

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

JAMIE METZL

DARWIN HACK'LENİYOR

ÇEVİRİ DUYGU AKIN

DARWIN HACK'LENİYOR

GENETİK

MÜHENDİSLİK

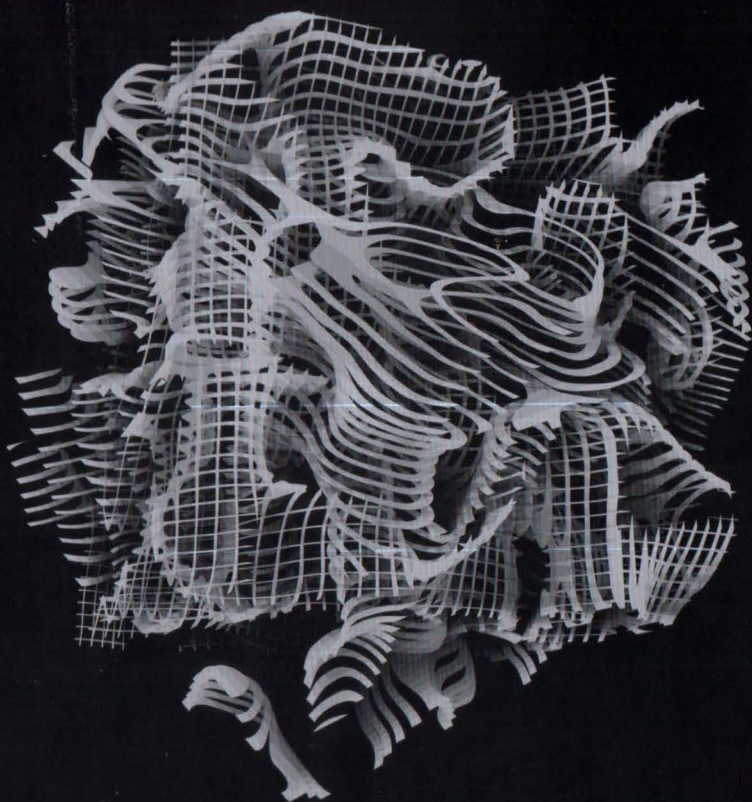
ve İNSANLIĞIN

GELECEĞİ

JAMIE METZL

Tellekt

T



DARWIN HACK'LENİYOR

GENETİK MÜHENDİSLİK VE İNSANLIĞIN GELECEĞİ

Tellekt_24

Darwin Hack'leniyor: Genetik Mühendislik ve İnsanlığın Geleceği, Jamie Metzl

Çeviri: Duygu Akın

Hacking Darwin

İlk basım (çeviriye kaynak alınan basım): Sourcebooks, 2019

İlk olarak ABD'de Sourcebooks, Inc. tarafından yayımlanmıştır. www.sourcebooks.com

Bu eserin Türkçe yayın hakları Nurcihan Kesim Telif Hakları Ajansı aracılığıyla alınmıştır.

© 2019, Jamie Metzl.

© 2021, Can Sanat Yayınları A.Ş.

Tüm hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

1. baskı: Mart 2021, İstanbul

Bu kitabın 1. baskısı 3000 adet yapılmıştır.

Yayına hazırlayan: Didem Bayındır

Editör: Akın Emre Pilgir

Düzeltili: Mert Tokur

Mizanpaj: Bahar Kuru Yerek

Kapak Tasarımı ve Uygulama: Bora Başkan

İç Kapak Görseli: Kerem Soyöz

Baskı ve cilt: Türkmenler Matbaacılık Reklam San. ve Tic. Ltd. Şti.

Maltepe Mah. Gümüşsuyu Cad. No: 16-18

İncirli, İstanbul

Sertifika No: 43087

ISBN 978-625-7118-13-2

Tellekt

tellekt.com • bilgi@tellekt.com

Maslak Mah. Eski Büyükdere Cad. İz Plaza, No: 9/25 Sarıyer/İstanbul

Telefon: (0212) 252 56 75 / 252 59 88 / 252 59 89 Faks: (0212) 252 72 33

Sertifika No: 43514

Tellekt, Can Sanat Yayınları Yapım ve Dağıtım Ticaret ve Sanayi A.Ş.'nin markasıdır.

twitter.com/tellekt • facebook.com/tellekt • instagram.com/tellekt

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - <https://rantey.org>

DARWIN HACK'LENİYOR

GENETİK MÜHENDİSLİK VE
İNSANLIĞIN GELECEĞİ

JAMIE METZL

ÇEVİRİ:
DUYGU AKIN

Tellekt

JAMIE METZL, hukuk alanındaki eğitimini Harvard Üniversitesi'nde, doktora eğitiminiyse Oxford Üniversitesi'nde aldı. Teknoloji fütüristi ve jeopolitik uzmandır. 2019'da Dünya Sağlık Örgütü'nün insan genom düzenlemesine yönelik uluslararası danışma komitesine atanan yazar, daha önce ABD Ulusal Güvenlik Konseyi'nde ve Senato Dış İlişkiler Komitesi'nde görev yaptı; aynı zamanda Kamboçya'da Birleşmiş Milletler insan hakları yetkilisi, Asia Society'nin başkan vekili ve bir biyoteknoloji şirketinde stratejiden sorumlu yönetici olarak çalıştı. Genome Project-Write Konsorsiyumu üyesi ve Kuzey Atlantik Konseyi'nin kıdemli üyelerinden olan Jamie Metzl, ayrıca *The Depths of the Sea* (Denizin Derinliği), *Genesis Code* (Yaratılış Şifresi) ile *Eternal Sonata* (Ebedî Sonat) adlı kitapları bulunmaktadır.

DUYGU AKIN, 1969'da doğdu. Ortaokul ve lise eğitimini Beşiktaş Atatürk Lisesi'nde, lisans eğitimini Boğaziçi Üniversitesi İngiliz Dili ve Edebiyatı Bölümü'nde tamamladı. Ardından British Council'ın İstanbul'da başlattığı British Cultural Studies (İngiliz Kültürel Çalışmaları) yüksek lisans programına başlayan Akin, programın ilk yılının sonunda British Council bursuyla eğitimini Warwick Üniversitesi'nde sürdürdü. 1995-2005 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 2005'ten beri Türkiye'nin önde gelen yayınevleri için çeviri yapan Duygu Akin'ın Can Yayınları, Doğan Kitap, Domingo Yayınevi, İş Kültür Yayınları, Okuyan Us Yayınları ve Yapı Kredi Yayınları gibi yayınevlerinden yayımlanan yüzden fazla kitap çevirisi bulunuyor.

“Yaşamımız zihnimizin bir ürünüdür.”

Gautama Buda

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ: GENETİK ÇAĞINA GİRİŞ	13
1. DARWIN'İN MENDEL'LE BULUŞTUĞU YER	27
2. KARMAŞIKLIK MERDİVENİNİ TIRMANMAK	65
3. KİMLİĞİN DEŞİFRESİ	85
4. CİNSELLİĞİN SONU	111
5. İLAHÎ KIVILCIMLAR VE PERİ TOZLARI	137
6. CANLILAR DÜNYASININ YENİDEN İNŞASI	167
7. TANRILARDAN ÖLÜMSÜZLÜĞÜ ÇALMAK	197
8. KENDİMİZİ TASARLAMANIN ETİĞİ	239
9. ÇOKLUKLAR İÇERİYORUZ	271
10. İNSAN İRKİNİN SİLAHLANMA YARIŞI	313
11. İNSANLIĞIN GELECEĞİ	349
OKUMA GRUBU REHBERİ	379
YAZARLA SOHBET	381

SİYASİ KATILIM REHBERİ	387
İLAVE OKUMALAR	389
DİZİN	391

TEŞEKKÜR

Bu kitabı sonsuza dek minnettar olacağım bazı inanılmaz insanların yardımı olmasa yazamazdım. Muhteşem araştırma asistanım Nicola Morrow'a kritik bilgileri derlediği için, Yujia He'ye Çin'deki gelişmelerle ilgili önemli bilgilerin izini sürmeye yardım ettiği için özel teşekkürlerimi sunarım. Nir Barzilai, Serena Chen, George Church, Robert Green, Houman Hemmati, Stephen Hsu, Matt Kabeerlein, Jay Menitove, Anton Merken, David Sable, Nathan Treff ve Rakhi Varma metnin ilk versiyonlarını okudular ve olağanüstü faydalı yorumlar sundular. Son derece etkili ve becerikli temsilcim Jill Marsal kitap için mükemmel editörü ve yayıncıyı bulmama yardım etti ve siyah ekranın karşısına ilk defa oturup biraz gerildiğimde içindeki Sigmund Freud'u hizmetime sundu. Sourcebooks'taki fevkalade editörüm Grace Menary-Winefield için ne desem az. Grace karşılaştığım en iyi editörlerden biri. Bu kitaba ve genel olarak editörlük ve yayıncılık sanatına olan tutkusu, fikrimin potansiyeline kavuşmasında kritik rol oynadı. Liz Kelsch, Lizzie Lewandowski, Chris Fancis, Cassie Gutman, Katie Stutz ve Sourcebooks ekibindeki herkes *Darwin Hack'leniyor*'u hayata geçirip dünyaya katma yolunda inanılmaz bir iş çıkardı. Yıllar içinde bu kitapta ele aldığım konularla ilgili konuşmalarına katılan ve düşüncelerimi genişletmeme yardım eden soru ve yorumlarıyla bana gelen binlerce kişiye de ayrıca teşekkürler. Kitabı sevgili Scott Newman'ın anısına, sevgili Irwin Blitt'in anısına, anne ve babam Kurt ve Marilyn Metzl'a, harika yeğenlerim Anna Rose ve Clara Bea Metzl'a ve Mallika Bhargava'ya adlıyorum.

GİRİŞ

GENETİK ÇAĞINA GİRİŞ

“Ne için gelmiştiniz?” dedi genç resepsiyon görevlisi.

New York Cryobank’a¹ ilk gelişimdi ve daha ilk andan rahatsızlık duyuyordum.

“Çoğu insan için bunu yapmanın iyi olduğunu düşünüyorum da ondan,” dedim omuz silkerek. “Dünyanın her yerinde üremenin geleceği üstüne konferanslar veriyor, beni dinleyenlere çocuk sahibi olmak isteyenlerin yumurta ve spermlerini 20’li yaşlarda dondurması gerektiğini söylüyorum. Kendim ise biraz geç kaldım.”

Görevli tek kaşını kaldırdı. *20 yıl kadar mı geç kaldınız*, der gibiydi. “Anlayamadım, donör müsünüz acaba?”

“Hayır.”

“Kemoterapiye veya sperminize zarar verebilecek başka bir tedaviye mi girmek üzeresiniz?”

1 Yumurta, sperm ya da nakledilebilir dokuları korumak için çok düşük sıcaklıkların kullanıldığı saklama yeri. (Y.N.)

“Hayır.”

“Ordudasınız ve sahada konuşlandırılmak üzere misiniz?”

“Hayır.”

“Formda geriye kalan tek kategori, *diğer* kategorisi,” dedi, tuhaf bir sessizliğin ardından. “Oraya mı yazayım sizi?”

Zaten kararsızlık içinde olduğumdan, düşünüp tarttığım seçeneklerden söz etmek istemedim. Belki günün birinde çocuk sahibi olmak isteyecektim, göreceli genç spermlerimi en azından şimdi dondurabilirdim. Belki insan güneş sisteminin geriye kalanına yayılırken spermimin uzaya gönderilmesini isteyecektim. Belki hali hazırda inandığım üzere, türümüz genetiğin değiştirildiği bir geleceğe doğru ilerliyordur ve çoğumuzun çocuğu yatakta ya da arabamızın arka koltuğunda değil, laboratuvarında döllenecektir. Başka ne çeşit belkiler doğarsa doğsun, atılacak ilk adım şimdi harekete geçmektir.

“Evet?” dedi görevli.

Manhattan merkezdeki antiseptik bir ofiste, çığır açan yeni teknolojiler ile kendi biyolojimin kesiştiği, evrimsel tarihimizin bu inanılmaz ânını algılamaya çalışarak gergin bir tavırla gülümsedim.

Biliminsanları ve teologlar gezegenimizde ilk yaşam kıvılcımının okyanus tabanındaki termal çatlaklardan mı yoksa ilahî müdahaleyle mi (veya her ikisiyle mi) oluştuğunu tartışadursun, bilime inanan çoğu insan, tek hücreli ilk organizmanın yaklaşık 3,8 milyar yıl önce ortaya çıktığını kabul eder. Bu mikroorganizmalar üremenin yolunu bulamasalar, birinci nesilden hemen sonra yok olurlardı. Ama yaşam bir yolunu buldu ve bölünebilen ilk mikroplar, küçük mikrobiyal ailelerini sürdürmeyi başardı. Bu ilk hücrelerin her biri geldiği hücrenin tıpatıp aynısı olsa, dünyamızda tek hücreli canlılardan başkası olmazdı, tabii sizler de bu kitabı okuyor olmazdınız. Oysa işler çok farklı gelişti.

Türümüzün tarihi aslında üreme sürecinde ortaya çıkan küçük hataların ve başka bazı değişikliklerin hikâyesidir.

Bu küçük varyasyonların bir birinden uzak farklılıklarla ayrılan

sayısız model ürettiği bir milyar yılın ardından, içlerinden bir ya da birkaçı basit, çokhücreli organizmalara dönüştü. Henüz bugünün standardında olmasalar da bu organizmalar üredikçe daha da büyük farklar üretebilme potansiyeline sahipti. Söz konusu varyasyonlardan bazıları o veya bu organizmaya besin elde etme ya da düşmanı def etmede küçük avantajlar sağlayarak, onlara yaşamı sürdürme ve daha da fazla mutasyona uğrama olanağı sundu. Böyle geçen iki buçuk milyar yılın ardından yaşamı ileriye götüren mutasyon ve rekabet, eşeyli üremenin ortaya çıkışıyla birlikte mucizevi bir sıçrama daha yaptı.

Eşeyli üreme sayesinde çeşitlilik yaratmanın radikal bir yolu doğdu ve anne babanın genetik bilgisi yepyeni şekillerde birleşti.² Bu inanılmaz süreç söz konusu basit organizmalardan bazılarını 540 milyon yıl kadar önce çığınca mutasyon geçirmeye itti ve balıkları da kapsayan, daha evvelden hayal edilemeyecek bir yaşam çeşitliliğini ortaya çıkardı. 350 milyon yıl kadar önce ise bazı balıklar sürünerek sudan çıktı ve evrimleşerek memelilere dönüştü. 300 bin yıl kadar önce bu memelilerin bazıları *Homo sapiens*'e dönüştü, yani bize.

Evrimsel tarihimiz en temel şekliyle böyle. Dolayısıyla her birimiz dört milyar yıl süren rastlantısal mutasyonlar sonucu çığrından çıkmış tek hücreli organizmalarız ve sağkalım uğruna verilen sonsuz müsabakada rakiplerini durmaksızın alt etmiş atalardan geliyoruz. Atanız hayatta kaldı ve ürediyse siz de buradasınız. Aksi takdirde burada değilsiniz. Bunun kısa adı *Darwin'ci evrim*. O evrim bizi bu noktaya getirdi. Ancak şimdi Darwin'ci evrim ilkelerinin kendisi mutasyon geçiriyor.

Bu noktadan itibaren mutasyonumuzun büyük kısmı rastlantısal olmayacak. Kendi tasarımıımız olacak.

2 Harvard'lı biyolog Michael Desai'nin hem klonal hem de eşeyli üreyebilen mayalar üstüne yaptığı ilginç araştırma, eşeyli üreyen mayanın eşeysiz üreyen muadiline kıyasla zararlı mutasyonların aza indirgenip yararlıların yayılması sayesinde iki kat hızlı adaptasyon olanağına sahip olduğunu ortaya koydu. Michael J. McDonald, Daniel P. Rice, ve Michael M. Desai: "Sex Speeds Adaptation by Altering the Dynamics of Molecular Evolution", *Nature* 531, No. 7593, 2016, 233-36. doi:10.1038/nature17143

Bu noktadan itibaren seçilimimiz doğal olmayacak. Kendi yönlendirmelerimize tabi olacak.

Bu noktadan itibaren türümüz gelecek nesilleri genetik olarak değiştirmek kaydıyla bizim bugün olduğumuzdan farklı bir şeye dönüşürecek ve evrimsel sürecimiz üstünde aktif denetime geçecek. Diğer bir deyişle bundan sonra Darwin'i hack'leme sürecine giriyoruz.

Muazzam uzantıları olan akıl almaz bir düşünce bu.

Homo sapiens türümüzün şimdiki versiyonu zaten bir son nokta değil, devam eden evrimsel yolculuğumuzda bir duraktı. İlerleyen zaman içinde bu süreci teknolojimizle ve umarız ki en iyi değerlerimizle hiç görülmemiş biçimde bizler yönlendireceğiz.

Bundan bin yıl öncesine gitsek, oradan bir bebek kaçırıp bugünkü dünyamıza getirsek, o çocuk büyüdüğünde başkalarından ayırt edilemeyecek bir yetişkin olur. Ancak bir kez daha zaman makinesine girip bugünden bin yıl sonrasına giderek yine aynısını yapsak, geri getireceğimiz bebek şimdiki standartlarımıza kıyasla genetik anlamda bir süper insan olur. Diğer çocuklardan daha güçlü, daha akıllı, pek çok hastalığa karşı dirençli, daha uzun ömürlü olur. Bunun yanında günümüzde belli türde dehası olan uç değer insanlarla ya da çok keskin duyuşsal algıya sahip hayvanlarla ilişkilendirilen birtakım genetik özelliklere sahip olur. Hatta insan veya hayvan dünyasında henüz bilinmeyen ama canlılardaki muazzam çeşitliliğin önünü açmış biyolojik yapıtaşlarından meydana gelen yepyeni bazı özellikler bile taşıyabilir.

"Diğer kategorisi uygun mu?" dedi resepsiyon görevlisi, dalıp gittiğim düşüncelerden beni uyandırarak.

Derin bir nefes aldım. "En iyi seçenek o sanırım."

"Hımm," diye mırıldandı, dalgın halimden rahatsız olduğunu belli ederek. "Ne kadar süreliğine saklamak istiyorsunuz?"

"Önce yüz yılla başlayalım, olmaz mı? Sonrasına bakarız."

Şüpheyi yüzüme baktı. "Kusura bakmayın beyefendi ama saklama programlarımız bir, üç ve beş yıllık."

Yüzümdeki ifade kaygımı ele verdi. “Beklediğimden epey daha kısa.”

“İstedığınız zaman uzatabilirsiniz.”

“İyi ama defalarca uzatmak demek bu,” dedim, omuz silkerek. “İhtiyaç duydukça sizin buralarda olacağınızı nasıl bilebilirim?”

“Endişelenmeyin. Biz burada olacağız. Ofisimizi yakın zamanda yeniledik.”

Yutkundum. Belli ki gelecekteki üreme konusunda düşüncelerimiz epeyce bir farklıydı.

Görevli, “Lütfen oturun ve şu formları doldurun,” diyerek bana bir not panosu uzattı. “Doktor hazır olduğunda sizi çağıracağım.”

Bembeyaz, gösterişsiz bekleme odasının asansör müziği eşliğinde kırmızı plastik sandalyeye oturup bir yandan formları doldururken, bir yandan bu noktaya nasıl geldiğimi düşünmeye başladım. Türümüzün, naçizane ben de dahil her bir üyesi için evrimsel gidişatı değiştirecek olan genetik teknolojilere düpedüz kafayı takmama yol açan tuhaf olaylar bir bir aklımdan geçti.

Her şey Clinton yönetiminin ikinci döneminde Beyaz Saray Ulusal Güvenlik Konseyi’nde çalıştığımda başlamıştı. O zamanki patronum, şimdiki yakın dostum Richard Clarke kendisine kulak veren herkese terörizmin Birleşik Devletler güvenliğine karşı ciddi tehdit oluşturduğunu ve Birleşik Devletler’in Usame bin Ladin denen gözlerden ırak terörist peşine çok daha agresif biçimde düşmesi gerektiğini anlatıp duruyordu. 11 Eylül’de uçaklar İkiz Kuleler’e çarptığında Dick’in (Richard) El Kaide’yle ilgili o zamanlar kehanet niteliğinde olan, şimdiyse herkesin bildiği notu, Başkan Bush’un bekleyen işler kutusuna sıkışıp kalmış, görmezden gelinmiş durumdaydı.

Dick hep Washington’da herkes tek bir şeye odaklandıysa emin olun ki çok daha önemli bir şey gözden kaçıyordu, derdi. Bu sözleri aklıma kazınmıştı. Beyaz Saray’dan ayrıldıktan sonra, bahsettiği o kritik öneme sahip ve yeterli ilgi görmeyen meselelerin ne olduğunu düşünmeyi sürdürdüm. Aklım sürekli o zamanlar genetik ve biyoteknolojide yeni yeni gerçekleşmeye başlayan devrime gidiyordu.

Daha çok bilgi edinebilmek için bulabildiğim her şeyi okumaya, dünyanın en akıllı bilimsinanı ve düşünürlerini takip etmeye başladım. Söz söyleyecek kadar malumata eriştiğime kanaat getirince de yabancı politika dergilerinde genetik devriminin ulusal güvenlik alanına olası etkileri üstüne makaleler yazmaya başladım.

2008 başlarında bir gün akıllı ve eksantrik Kongre üyesi California'lı Brad Sherman'dan beklenmedik bir telefon geldi. O sırada Birleşik Devletler Dışışleri'ne bağı Terörizm, Kitle İmha Silahları Yayılımını Önleme ve Ticaret Alt Komitesi'nin başkanı olan Kongre Üyesi Sherman, bana yeni nesil terörist tehditler üstüne uzun uzadıya düşündüğünü söyledi. Makalelerimden birini okuyup beğenmiş, şimdi yazdıklarım üstüne bir kongre oturumu düzenlemek istiyordu. Etkinliğin çerçevesini oluşturup katılımcıları belirlememi ve "Genetik Bilimi ve Diğer İnsan Modifikasyonu Teknolojileri" konulu Haziran 2008 kapalı oturumuna başsözcülük etmemi istediğinde onur duydum.

"Bundan 200 yıl sonraki nesiller dönüp çağımıza baktığında ve kendilerine bizim çağımızın dış politika alanındaki en büyük güçlüklerini sorduğunda," diye başladım tanıklığıma, "kanımca terörizm kritik bir öneme sahip olsa da, listelerinin ilk sırasında yer almayacak. Bugün burada sizlere bu beyanda bulunmamın nedeni, Amerikalılar ve uluslararası bir topluluk olarak genetik yapımızı yönetme ve idare etmedeki yeni becerilerimizle baş etme yollarımızın, listenin ilk sırasında yer alacağına inanıyor olmamdır."

(Oturumda sunumumun gördüğü ilgi, önemli bir şeylerin peşine düştüğüm ve hızla değişim geçiren bu büyüleyici konunun daha da derinlerine dalmam gerektiği, paylaşmaya değer bir mesajım olduğu yönündeki inancımı pekiştirdi.

Politika dergilerine yeni yazılar yazdım, ülkenin ve dünyanın

1 "Genetics and Other Human Modification Technologies: Sensible International Regulation or a New Kind of Arms Race?", Dışışleri Komitesi'nin Terörizm, Kitle İmha Silahları Yayılımını Önleme ve Ticaret Alt Komitesi'nde yapılan kapalı oturum, Temsilciler Meclisi, Yüzüncü Kongre, İkinci Calse, 19 Haziran 2008, Seri No. 110-201. https://fas.org/irp/congress/2008_hr/genetics.pdf

çeşitli yerlerinde insan genetik mühendisliğinin geleceği üstüne konuşmalar yapmaya başladım. Öğrenmeyi ve konuyla haşır neşir olmayı sürdürdükçe, giderek toplum olarak yaklaşan genetik devrime hazırlık için gerekenleri yapmanın yanına bile yaklaşamadığımıza ikna oldum. Zamanla mesajımı daha etkin paylaşabilmek için farklı şekilde iletişim kurmaya ihtiyacım olduğunu kavradım. Genetik politikasıyla ilgili konferanslarım gerekli etkiyi yaratmıyorsa, eskiden kullandığım alet çantasına yeniden el atmanın vakti gelmişti.

Binlerce dipnotla dolu, Kamboçya Soykırımı'nın önemli ama çoğunluk tarafından okunmamış tarihini anlattığım ilk kitabımın yayımlanmasının ardından olup biteni anlatacak en iyi yöntemin, yoğun içerikli ve kalın bir tarih kitabı değil, bir hikâye olduğunu anlamıştım. Hikâye anlatmak kendimizi bildik bileli yaptığımız bir şey. Bir zamanlar mağaralarda, ateş etrafında anlatılan öyküler şimdilerde dönüşüm geçirerek romanlarımızda, filmlerimizde, televizyon dizilerimizde ortaya çıkıyor. İkinci kitabım ve ilk romanım olan *The Depths of the Sea*'de de [Denizin Derinlikleri] Kamboçya geçmişi'nin trajedisi inceleniyordu ama bu defa Vietnam Savaşı'ndan sonra Tayland-Kamboçya sınırına çekilen insanların kesişen hikâyeleri üzerinden. Tarih kitabı Kamboçya felaketinin daha doğru bir aktarımı olsa da, roman çok daha sindirilebilir nitelikteydi.

Dolayısıyla yıllar sonra genetik devriminin kritik önem taşıyan meselelerini, kurgu dışı yazılarım ve konuşmalarımın da ötesinde canlandırabilme güçlüğüyle karşı karşıya kaldığımda bu stratejiye döndüm. Yazdığım bilimkurgu romanlarında –genetik devrimin olası etki ve uzantılarını inceleyen *Genesis Code* [Yaratılış Şifresi] ve yaşamı uzatmanın geleceği üstüne bir tahmin olan *Eternal Sonata* [Ebedî Sonat]– çığır açan genetik teknolojilerin insani düzeyde ne ifade edeceğini hayal ettim. İnsanları daha kolay özümseyebilecekleri yollarla genetik geleceğimizin hikâyesine çekmeye çalıştım.

Ancak sonra kitap turlarımı yaparken beklenmedik bir şey oldu. Etkinliklerime gelen insanlar bilimkurgusal dünyama yaşam katmak için tasarladığım kıyamet günü milisleri, entrikacı casuslar, fizizlenen aşklar ve sersemletici bombalar karşısında biraz heyecana kapıldılar ama gözleri en çok genetik devriminin ardında yatan ger-

çek bilimi ve bunun insan için taşıdığı anlamı anlattığımda ısıldadı. Bilimi bir romancı dili ve anlatımıyla açıkladığımda dinleyiciler gündelik yaşamlarında karşılaştıkları irili ufaklı pek çok bilimsel malumatın geleceğimizin hikâyesinde birbiriyle nasıl bağdaşıp kaynaştığını bir anda kavramış gibiydi. O noktadan sonra kendimi daha az kurgu tartışır ve türümüzü kökten dönüştürme potansiyeline sahip teknolojinin kendisi hakkında daha çok konuşurken buldum.

Kitap turları ve diğer etkinliklerde yaptığım hararetli sohbetler beni bilgimi artırmaya ve insan genetik mühendisliğinin geleceği, onunla kurduğum kişisel ilişki hakkında kendime daha da zorlayıcı sorular sormaya itti.

40'lı yaşlarımın ortasına geldiğimde günün birinde sahip olacağımı düşündüğüm çocuklara henüz sahip değildim. Bunun nedeni kısmen bilime, sağlıklı yaşama kendimi bildim bileli duyduğum, belki de tümüyle akılcı olmayan bir inanç ve zamanın yıkıcı etkileriyle biyolojinin zalimliğini denetleme konusuna karşı olumlu yaklaşımımdı. İliklerime dek bir teknoloji iyimseriyim ben, ancak dinleyicilerimle paylaşmak üzere dünyaya ilişkin çeşitli imgeler hayal ederken kendimi, teknolojinin sihrine iddia ettiğim kadar inanıp inanmadığımı sorgularken buldum.

150 yıllık genetik biliminin birikimiyle, milyarlarca yıllık evrimsel biyolojimizin değiştirilebileceğine gerçekten inanıyor muydum? İleride doğacak çocuğumu daha sağlıklı, daha akıllı ve güçlü kılacak genetik değişikliklerin onu aynı zamanda daha mutlu kılacağına gerçekten bahse girer miydim? Genetiği geliştirilmiş insanların geliştirilmiş becerileriyle, sömürgeci güçlerin geçmişte de yaptığı gibi başkalarına hükmedeceğinden, bir tarih öğrencisi olarak hiç korkmuyor muydum? Nazi Avrupa'sından bir göçmenin çocuğu olarak ebeveynlerin doğacak çocuklarını, yeterli birikime henüz ulaşmamış genetik kuramları temel alarak seçmeye ve tasarlamaya başlayabilmesi, hatta başlaması gerektiği fikrini kabullenmeye gerçekten razı mıydım?

Bu sorulara yanıtım ne olursa olsun, açık ve net olan bir şey vardı: Yaklaşık dört milyar yıllık tek bir kuralın bütünüyle süren

evrimden sonra türümüz şimdi başka bir kurallar bütünüyle evrimleşmeye başlıyordu.

Fransız yazar Jules Verne 1865'te yayımlanan ileri görüşlü romanı *Ay'a Yolculuk*'ta bir roketle kendilerini Ay'a fırlatıp paraşütle Dünya'ya dönen üç kişilik mürettebatı anlatıyordu. Anlatılanlar 1865'te tamamen hayali bir bilimkurguydu. İnsanı 100 yıl kadar sonra gerçekten Ay'a götürecek olan teknolojinin henüz çok azı gelişmişti. 1865'te Ay'a gitmeyi hayal etmek, bugün insanın farklı bir güneş sistemine gidişini hayal etmeye denkti; günün birinde mümkün olabilirdi ama nasıl yapacağımıza dair şimdilik elle tutulur bir şeyimiz yoktu. Bilim henüz o noktada değildi.

Bundan yüz yıl sonra 1962'de ABD Başkanı John F. Kennedy Houston'da podyuma çıkıp ünlü konuşmasını yaptı ve on yılın sonunda ABD'nin Ay'a insan göndereceğini ilan etti. Başkan Kennedy Soğuk Savaş'ın zirvesinde ABD'nin itibarını tehlikeye atmaktan çekinmemiştir çünkü 1962'de Ay'a başarılı iniş olanağı sağlayacak teknolojilerin hemen hepsi –roketler, ısı kalkanları, yaşam destek sistemleri ve karmaşık matematiksel hesaplar yapan bilgisayarlar– o gün mevcuttu. Başkan ne Jules Verne gibi uzak bir geleceğin hayalini kuruyor ne de bilimkurgu yapıyordu. Sadece ilave geliştirmeler gerektiren mevcut teknolojiye dayanarak bir çıkarım yapıyordu. Gereken neredeyse her şey yerli yerindeydi, hayata geçirilmesi kaçınılmazdı, tek mesele zamanlamaydı. Nitekim yedi yıl sonra Neil Armstrong *Apollo 11*'in merdivenlerinden inerek, “İnsan için küçük, insanlık için dev adım”ını attı.

Genetik devriminde bugünkü durum 1865'in değil, 1962'nin muadili. Türümüzün yeniden biçimlendirilmesine ilişkin konuşmaların spekülatif bilimkurgu sohbetleri değil, halihazırda var olan ve hızla gelişen teknolojilerin kısa vadede akla yatkın uzantıları olduğu söylenebilir. Türümüzün genetik yapısını değiştirmek için gerekli tüm araçlar mevcut. Bilimin kendisi mevcut. Hayata geçirilmesi kaçınılmaz. Tek değişken, bu sürecin 20 yıl önce mi sonra mı tam anlamıyla kalkışa geçeceği ve teknolojinin gelişimini yönlendirmede hangi değerler üzerinden hareket edeceğidir.

Moore Yasası, yani bilgisayarlarda işlem gücünün iki yılda bir yaklaşık iki kat arttığı gözlemi herkesçe bilinmese de, bunun etki ve uzantılarını hepimiz içselleştirdik. iPhone'larımız ve dizüstü bilgisayarlarımızın her yeni versiyonla birlikte öncekinden iyi olması ve daha fazlasını yapmasını istememizin nedeni de bu. Öte yandan kendimizinki dahil tüm canlı biyolojisini anlama ve değiştirme konusuna karşılık gelen bir Moore Yasası olduğu da gitgide daha açık ve net görülüyor.

Biyolojimizin de bir tür bilgi teknolojisi olduğunu zamanla daha iyi kavırıyoruz. Kalıtımımızın sihirle gerçekleşmeyip bir şifre olduğunu öğrendik ve o şifre bizim için giderek daha anlaşılır, daha okunabilir, yazılabilir ve hack'lenebilir bir nitelik kazanıyor. Tam da bu nedenle yakında diğer bilgi teknolojileri için sahip olduğumuz beklentilerin çoğuna kendimiz için de sahip olacağız. Kendimizi giderek pek çok açıdan Bilgi Teknolojisi, kısaca BT olarak göreceğiz.

Bu fikir pek çok insanı korkutuyor ve korkutmalı da. Öte yandan yaşama olumluluk katan akıl almaz olasılıklarıyla da heyecandırıcıdır. Hissiyatımız ne olursa olsun, genetik gelecek mevcut teknolojilerin temelleri üstünde yükselerek, kendimizi hazırladığımızdan çok daha erken gelecek.

Sağlık hizmetlerinin kalitesi arttıkça, ilk uygulamaların çoğu bize hem mucizevi hem de konforlu görünecek. İnsan genetiğini giderek daha iyi anlamamız sayesinde popülasyon ortalamaları üstüne kurulu mevcut genelleştirilmiş sağlık sisteminden (hassas tıp diye de bilinen) kişiselleştirilmiş sağlık sisteminin yeni dünyasına geçiş yapabileceğiz. O dünyada kendimize özgü, kişisel biyolojimiz temel alınarak hepimiz farklı tedaviler göreceğiz. Doktorunuz birebir size göre hazırlanacak ilacı ya da tedaviyi sunabilmek için bugünkünden çok daha derin düzeyde sizi tanımaya çalışacak. Bu yüzden de size en iyi tedaviyi bulacak olan doktorlarınız ve onların başvurduğu yapay zekâ algoritmalarının kullanımı için çoğu kişi elektronik sağlık kayıtlarına geçirilmek üzere kısa sürede genom analizi yaptıracak. Kişiselleştirilmiş hizmete sistemik geçişimizin hayati bir parçası olarak, çok geçmeden birçok insanın genom dizilimi yapılmış olacak ve bu da her şeyi değiştirecek.

Gelgelelim genlerin söylediği şey ile o genlerin kişinin yaşamı boyunca nasıl ifade edildiğini karşılaştıracak bir yol bulamadığımız sürece yeryüzü üstündeki herkesin dizilimini de yapsak bir anlamı olmayacak. Ancak elektronik ortamdaki sağlık ve yaşam kayıtlarına koyacağımız bilgi de tamı tamına bu tip bir bilgi zaten. Milyarlarca insanın genetik ve yaşam bilgilerini karşılaştırdığımızda karmaşık genetik şifreleri her geçen gün biraz daha kıracağız. Bu da kişiselleştirilmiş sağlık hizmetlerimizdeki doğruluk oranını dramatik ölçüde artırmakla kalmayacak, bizi büyük bir hızla hassas tıp paradigmasından kestirimci gücü günbegün artan tıp, sağlık ve yaşam paradigmasına doğru taşıyacak. Böylece insanın potansiyeli, ebeveynlik ve kader konusundaki düşüncesini şekillerimiz dönüşüm geçirecek.

Genetik teknolojilerin daha da devrimci uygulamaları ise hem bebek yapma yöntemlerimizin hem de yaptığımız bebeklerin doğasında devrim yaratacak.

Başlangıç olarak mevcut *in vitro* (laboratuvar ortamında) dölleme (IVF) ve bilgiye dayalı embriyo seçimi teknolojileri şimdi olduğu gibi sadece en basit genetik hastalıkların elenmesi ve cinsiyet seçiminde değil, aynı zamanda gelecekteki çocuğumuzun genetik yapısını daha geniş ölçekte seçmek için kullanılacak.

Yine örtüşen bir alanda, insan genetik bilimi devriminin ikinci aşamasında bir adım daha ileri gidilip IVF'de kullanılacak yumurta sayısı büyük ölçüde artırılabilecek. Bu da kan ya da deri hücresi gibi yetişkin hücrelerinden çok sayıda kök hücre elde edilmesi, o kök hücrelerin yumurta hücresine dönüştürülmesi, onlardan da yumurta yetiştirilmesi yoluyla yapılabilir.

Bu işlem insanlar için güvenli hale geldiğinde, IVF yöntemi uygulanan kadınlara ait on ya da on beş değil, yüzlerce yumurtanın döllenebilmesi mümkün olacak. Geleceğin bu ebeveynleri kendilerine ait az sayıdaki embriyonun tarama sonuçları yerine, yüzlerce hatta daha fazla embriyonun tarama sonucunu gözden geçirebilecek. Embriyo seçimi ise büyük veri analiziyle güçlendirilecek.

Pek çok ebeveyn gelecekteki çocuğunu sadece genetik olarak seçme değil, değiştirme olasılığını da düşünecek. Gen düzenleme

teknolojileri yıllardır mevcut olsa da CRISPR-Cas9 gibi yeni araçlarla gelen son gelişmeler, bizimki de dahil tüm türlerin genlerinin, eskiye kıyasla çok daha büyük bir doğruluk, hız, esneklik ve uygun maliyetle düzenlenmesini mümkün kılıyor. CRISPR ve benzeri yöntemler sayesinde günün birinde başka insanlardan, hayvanlardan, hatta ileride sentetik kaynaklardan alınan DNA'lar eklenerek embriyolara yeni özellik ve beceriler kazandırmak mümkün olacak.

Ebeveynler IVF ve embriyo seçimi sayesinde birçok genetik hastalık riskini ortadan kaldıracabileceklerini ve yüksek IQ gibi, hatta daha fazla dışadönüklük ve empati gibi olumlu algılanan özellikleri seçebileceklerini anladıklarında, giderek daha çoğu çocuğunun anne vücudu dışında döllenenmesini isteyecek. Birçok kişi seks yoluyla gebeliği tehlikeli ve gereksiz bir risk olarak görmeye başlayacak. Devletler ve sigorta şirketleri kaçınılabilir ve maliyetli genetik hastalıklara yaşam boyu ödeme yapmak zorunda kalmamak için ebeveyn adaylarının IVF ve embriyo seçimi yöntemini kullanmalarını isteyebilecek.

Ne tür katalizör ve öncü karışımlarıyla hayata geçerse geçsin, türümüzün korkunç hastalıkları ortadan kaldırıp sağlığını geliştirecek, ömrümüzü uzatacak türde teknolojik gelişmelerin peşini bırakacağını düşünmek imkânsız gibi. Bugüne dek –patlayıcıdan nükleer enerjiye, anabolik steroitten estetik cerrahiye– olası dezavantajlarına karşın yaşamımızı iyileştirme vaadi taşıyan her yeni teknolojiyi benimsedik; bu da bir istisna olmayacak. Genetiğimizi değiştirme düşüncesi bile muazzam bir alçakgönüllülük gerektiriyor ama insan olarak yol gösterici ilkemiz kibirli heveslerimiz değil, alçakgönüllülüğümüz olsaydı bugün zaten bambaşka bir tür olurduk.

Elimizdeki araçlarla kısa vadede genetik hastalıkları yok etmek, orta vadede diğer becerileri değiştirmek ve geliştirmek, uzun vadede ise kendimizi belki daha sıcak bir dünyada, uzayda veya başka gezegenlerde yaşamaya hazırlamak isteyeceğiz. Genetik yapımızı manipüle etmemize yarayan araçlar üstünde hâkimiyet kazanmak, zamanla belki de türümüzün en büyük yeniliği olarak, hayallere sığmayan bir potansiyele ve pek çok açıdan yepyeni bir geleceğin kili-dini açacak bir anahtar olarak görülecek.

Yine de bu hiçbirinin sarsıcılığını azaltmıyor.

Bu devrim hayata geçtikçe ideolojisi, dinî inancı, gerçek veya varsayılan güvenlik kaygıları yüzünden genetik gelişim konusunda herkesin içi rahat olmayacak. Hayat ne de olsa bilim ve şifrelerden ibaret değil. Biraz gizem, biraz şans ve bazıları için biraz ruh barındırıyor.

Türümüz ideolojik açıdan tek tip olsaydı, bu dönüşüm sadece zorlayıcı olmakla kalırdı. Fikir ve inanç ayrılıklarının böylesine engin; gelişim düzeylerinin böylesine farklı olduğu bir dünyada özellikle dikkatli olmazsak, dönüşümün bir felakete evrilme ihtimali var.

Dolayısıyla bazı hayati soruları sorup yanıtlamamız gerekiyor. Bu güçlü teknolojileri insanlığımızı genişletmek için mi, sınırlamak için mi kullanacağız? Bu bilimden yararlananlar ayrıcalıklı azınlıklar mı olacak yoksa yenilikler, çekilen acıları azaltmak, çeşitliliğe saygı duymak, küresel sağlığı ve herkesin refahını artırmak için mi kullanılacak? Son kertede insan genetik havuzunu tümüyle etkileyebilecek bireysel ya da kolektif kararları alma hakkı kimin olacak? Bir tür olarak, hatta belki birden çok tür olarak, gelecekteki evrimsel gidişatımızı ilgilendiren olası en iyi kolektif kararları alabilmek için nasıl bir süreç izlememiz gerek?

Soruların hiçbirine yanıt bulmak kolay değil ama her insanın bu sorularla pençeleşme sürecinin parçası olması şart. Hepimiz kendimizi 1962'de, Houston'da podyuma çıkıp genetik ve biyoteknoloji devrimlerinin ışığı altında türünün geleceğine dair konuşma yapmaya hazırlanan Başkan Kennedy gibi görmeliyiz. Konuşmalarımızın, örgütlerimizin, sivil hareketlerimiz, siyasi yapılarımız ve küresel kuruluşlarımızın süzgecinden geçerek ortaya çıkacak olan kolektif tepkimiz, pek çok açıdan kim olduğumuzu, nelere değer verdiğimizizi ve nasıl ilerleyeceğimizi belirleyecek. Ancak sürecin parçası olabilmek için hepimizin kendimizi bu konularda acilen eğitmesi gerekiyor.

"Bay Metzl, doktor sizi bekliyor," dedi resepsiyon görevlisi. Başımı hafifçe sallayıp hâlâ biraz gergin bir tavırla kafamı kaldırdım. Kapı arka koridora doğru aralanırken ağır ağır ayağa kalktım, bir an duraksadım ve ileriye doğru ilk emin adımımı attım.

Bu kitabı, insan genetik devrimi kaçınılmaz olsa ve hızla yaklaşırsa da devrimin gerçekleşme şeklinin hiç de kaçınılmaz olmadığını ve bazı çok önemli açılardan bize bağlı olduğunu ortaya koymak için yazdım. İlerleyişimizle ilgili en akıllı kolektif kararları alabilmek için neler olup bittiğini, nelerin tehlikede olduğunu anlamamız ve olabildiğince çok kişiyi konuyla ilgili konuşmalara, mütalaalara katmamız gerekiyor. Bu kitap işte bu süreci bir sıçrayışla başlatmak için verdiğim naçizane çabadır.

Kapı hepimize açık. Hoşumuza gitse de gitmese de hep birlikte kapıya doğru ilerliyoruz. Geleceğimiz bizi bekliyor.

DARWIN'İN MENDEL'LE BULUŞTUĞU YER

Washington DC'deki şık konferans salonunda toplanmış kalabalık Y kuşağı dinleyicisine, “Önümüzdeki on yıldan sonra çocuk sahibi olmayı düşünenler el kaldırsın,” dedim. Yaklaşık yarısı el kaldırdı.

45 dakikadır yaklaşan genetik devriminin bebek yapma şeklimizi ve nihayetinde de yapacağımız bebeklerin doğasını nasıl değiştireceğini ballandıra ballandıra anlatıyordum. Türümüzün genetiğin geliştirildiği bir geleceğe uyum sağlayıp benimsemesinin kaçınılmaz olduğuna neden inandığımı, bunun neden aynı anda hem heyecanlı hem de rahatsız edici olduğu ve çığır açıcı genetik teknolojilerin zararlarını en aza indirgeyip yararlarını optimize etmeyi sağlamak için neler yapmamız gerektiği konusundaki düşüncelerimi anlatmıştım.

“El kaldırıyorsanız ve kadınsanız, muhtemelen yumurtalarınızı dondurmalısınız. El kaldırıyorsanız ve erkekseniz, sizi de en kısa sürede spermlerinizi dondurmaya teşvik ediyorum.”

Dinleyiciler bana şüpheyle baktılar.

“Ne kadar genç ve sağlıklı, üreyebilecek kabiliyette olursanız olun,” diye devam ettim, “çocuğunuzun laboratuvar ortamında meydana getirilmesi olasılığı hiç de azımsanacak gibi değil. Dolayısıyla biyolojik olarak zirvede olduğunuz şu dönemde yumurta ve spermle rinizi dondurmanız fena olmaz.”

Büyük arzular peşindeki genç profesyonellerin çehresinde bir vesvese dalgası belirdi. İçlerinde fokurdamaya başlayan çelişkileri görür gibiydim. Şu an canlarını sıkı soruyla ben de onlarca yıl boğuşmuştum: Biyolojimizin mucizevi güzelliğiyle amansız zalimliği ni nasıl dengeleyebiliriz?

Hepimiz mucize kabilinden bir sürecin sonunda dünyaya geliyor ve hemen zamana, hastalıklara, doğal koşullara karşı verilen bitmek bilmez ve kaybedilmesi kaçınılmaz bir savaşa atılıyor. Bir yandan bize doğal gelen şeylere sıkı sıkıya bağlanıyor, bir yandan da doğayı ıslah etme yönündeki yılmaz çabalarımızla öne çıkıyoruz. Çocuklarımızın doğal biçimde sağlıklı doğmasını istiyor ama onları hastalıktan korumak için doğaya meydan okumakta neredeyse sınır tanımıyoruz.

Mavi döpiyesli genç bir kadın el kaldırdı. “Az önce genetik devrimin nereye gittiğini ve buna nasıl hazırlanmamız gerektiğini anlattınız ama ya siz? Siz kendi çocuklarınız için genetik mühendisliğe başvurur musunuz?”

Kendimden beklenmeyecek şekilde donup kaldım. Yıllardır insanlarla üreme üstüne yazıp konuşuyordum ama bu soru nedense hiç böyle doğrudan sorulmamıştı. Kadının sorusuna vereceğim yanıtı bilmediğim için durup düşündüm.

İnsan genetik bilimi öyle hızlı gelişti ki, hepimiz hâlâ arayışta kalamaya çalışıyoruz. James Watson, Francis Crick, Rosalind Franklin ve Maurice Wilkins 1953'te DNA'nın çifte sarmallı yapısını belirlediklerinde, yaşamsal kılavuzumuzun burgulu bir merdiven yapısına sahip olduğunu ortaya koymuşlardı. Bundan sadece çeyrek yüzyıl sonra gen dizilimi çözüldüğünde o kılavuzun okunabileceği ve çok daha iyi anlaşılabilirliği görüldü. Birkaç on yılın ardından genomu hassasiyetle düzenlemenin araçları geliştirildiğindeyse, biliminsan-

ları yaşam kodunu okuyup yeniden yazabilmeye başladı. Okunabilir, yazılabilir, hack'lenebilir; son yarım yüzyılda kaydedilen bilimsel gelişmeler biyolojiyi bilgi teknolojisinin bir türüne dönüştürdü ve insan deşifre edilemez bir varlık olmaktan çıkıp kaynağımız olan yazılım kodunun biyolojik taşıyıcısı haline geldi.

Genetiği BT gibi düşünmek zamanla korkunç hastalıklara yol açan ve acıyı artıran genetik varyasyon ve mutasyonları hem evrimsel çeşitliliğin bir bedeli hem de bilgisayar programına müdahale eden yazılım hataları gibi görmemizin önünü açtı. Aynı benzetme üzerinden gidersek, sistemimizin optimum düzeyde çalışmasını garantilemek için mevcut herhangi bir yazılımın güncellenmesini de istememiz doğal olmaz mı?

Düşüncelerim pelteleşmeye başlamıştı. Bakışlarımı yeniden odakladım. “Güvenliyse ve çocuğumu önemli bazı acılardan uzak tutabileceğimi biliyorsam,” dedim, sahnede yürüyerek, “yapardım. Çocuğumun daha uzun, daha sağlıklı, daha mutlu bir hayat yaşamasını sağlayacağıma canıgönülden inanıyorsam, yapardım. Hemen herkesin gelişkin yetilere sahip olduğu rekabetçi bir dünyada başarılı olabilmesi için çocuğuma özel yetiler katmam gerekiyorsa da, en azından üstüne ciddi ciddi düşünürdüm. Peki ya siz?”

Kadın yerinde kıpırdandı. “Kolay değil,” dedi, “demek istediğinizi anlıyorum ama tüm bu işte insana doğal gelmeyen bir şeyler var.”

“İzninizle biraz sıkıştırayım sizi bu konuda,” dedim. “Doğal derken neyi kastediyorsunuz?”

“Sanırım her şeyin insan tarafından değiştirilmeden önceki halini.”

“Peki, tarım doğal mı o zaman?” dedim. “Çünkü sadece 12 bin yıldır yapıyoruz.”

“Hem doğal hem de değil,” dedi ihtiyatla, doğanın sav kurarken temel almak için yaş tahta olduğunu fark ederek.

“Organik mısır doğal mı, örneğin? Dokuz bin yıl geriye gitsek, bugünün mısırına benzeyen bir şey bulamayız. Üstünden birkaç za-

vallı taneciği sarkan *teosinte* adlı yabancı bir ot buluruz olsa olsa. Şimdi buna binlerce yıllık aktif insan müdahalesini ekleyin, alın size bugün piknik masalarımızı onurlandıran bitki irisi sarı mısır. Whole Foods'dan aldıklarımız da dahil yediğimiz diğer meyve ve sebzelerin önemli bir kısmı da yine pek çok açıdan binlerce yıllık bilinçli ve seçici yetiştirmeyle elde edilmiş insan ürünleridir. Onlar doğal mı?"

"Gri alan diyebiliriz," dedi kadın, ilk baştaki doğal kavramına tutunmayı sürdürerek.

"Peki, atalarımız gibi avcı-toplayıcı toplumlarda yaşasak, daha doğal olur muyuz?"

"Muhtemelen."

Daha fazla zorlamak istemiyordum ama önemli bir noktayı vurgulamam gerekiyordu. "Siz bunu yapmak ister miydiniz?"

Muzip bir gülümseme belirdi yüzünde. "Oda servisi olacak mı?"

"Diyelim Four Seasons Oteli'ndesiniz ve berbat bir bakteriyolojik enfeksiyon geçiriyorsunuz," diye devam ettim. "On binlerce yıl önceki atalarımız gibi efsunlar ve yemişlerle mi tedavi edilmek istersiniz yoksa hayatınızı kurtaracak antibiyotiklerle mi?"

"Oyum antibiyotikten yana," dedi.

"Peki, o doğal mı?"

"Anladım demek istediğinizi."

Gözlerimi salonda gezdirdim. "Neyin doğal olduğuyla ilgili hepimizin yerleşik bazı fikirleri var ama doğal bildiklerimizin çoğu hiçbir şekilde doğal değil. Eskiden beri bize aşına gelen şeyler bunlar belki. Oysa biz binlerce yıldır dünyamızı değiştiriyoruz. Peki, çevremizi kuşatan biyolojik ve diğer sistemleri değiştirme işini bunca zamandır yapıyorsak, ebeveynlerimizden kalıtımla aldığımız biyolojimizi kader olarak mı görmeliyiz? Kendimiz ve çocuklarımızın vücudunu oluşturan donanımdaki küçük arızalar ve yazılım hatalarını çözme hakkımız, hatta sorumluluğumuz olduğu söylenemez mi?"

Dinleyiciler huzursuzlukla kıpırdandı.

“İleride doğacak çocuğunda, ölümüne yol açacağını bildiği korkunç bir hastalık olsa, hayatını kurtarmak için çocuğu ameliyata aldırmayı kabul edecekler el kaldırsın,” diye üsteledim.

Bütün eller havaya kalktı.

“Peki, o hastalığı daha baştan engelleyebilecek olsanız, engeller miydiniz?”

Eller havada kalmaya devam etti.

“Çocuğunun böyle bir riskle karşılaşmaması için bunu IVF’yle ve embriyo taraması yöntemiyle yapmayı kabul edenlerin eli havada kalsın.”

Eller yine havada kaldı.

“Peki, çocuğunuz henüz rahme yerleştirilmemiş bir embriyoyken, genlerinde güvenli biçimde küçük bir değişiklik yapılacak olsa?”

Ellerden birkaçı indi.

Elini indiren erkeklerden birine; mağaza kataloğundan fırlamış gibi görünen, 20’li yaşlardaki havalı gence döndüm. “Nedenini söyleyebilir misiniz?”

“Biz kimiz ki çocuklarımızı tasarlıyoruz?” dedi. “Biraz kaygan zemin hissi veriyor insana. Bir kez başladık mı, nerede duracağız? Sonunda Frankenstein’larımız olabilir. Bu da beni tedirgin ediyor.”

“Gayet yerinde bir konuya değindiniz,” dedim. “Etmeli de zaten. Hepimizi tedirgin etmeli. Heyecanla karışık bir korku hissetmiyorsanız, meseleyi anlamıyorsunuz demektir. Genetik teknolojiler insanın çektiği acıları hafifletecek ve hayal bile edemeyeceğimiz potansiyelleri açığa çıkarak harika şeyler yapmamızı mümkün kılacak. Yeni versiyonlarımız; *Homo sapiens 2.0* ve üstü, bu becerileri kullanarak daha da iyi teknolojiler geliştirecek, yeni dünyalar keşfedecek, muazzam sanat eserleri üretecek ve daha geniş bir yelpazeye yayılmış duyguları deneyimleyecek. Ancak bu işi doğru yapmazsak, aynı teknolojiler bizi tehlikeye atabilir, toplumları bötebilir, geliştirilmiş ve

geliştirilmemiş insanlar arasında baskıcı hiyerarşiler yaratabilir, çeşitliliği baltalayabilir, bizi insan yaşamının değerini düşürmeye ve metalaştırmaya itebilir, hatta büyük ulusal ve uluslararası çatışmalar yaratabilir.”

“O zaman kim karar verecek tüm bunların yönelimine?” dedi, başka bir kadın.

“İlerleyen yıllarda bireysel ve kolektif olarak soracağımız en önemli ve kayda değer soru da bu zaten,” dedim özellikle. “Vereceğimiz yanıt ise kim ve ne olduğumuzu, nerede yaşadığımız ve yaşayabileceğimizi ve insan olarak da tür olarak da nelerin bizim için mümkün olduğunu belirleyecek.”

Dinleyiciler yerlerinde doğruldu. Heyecan seviyesinin arttığını hissediyordum.

“Tüm bunlarla nereye gideceğimizi çözecek taraf bizler olmalıyız. İşte bu yüzden burada, sizlerle konuşuyorum. Bir bütün olarak türümüz, önümüzdeki yıllarda genetik geleceğimizle ilgili muazzam kararlar alacak. Bu kararların bazıları yasa çıkarmak gibi toplumsal düzeyde olacak ama nasıl bebek yapmak istediğimiz kararı gibi pek çok önemli olanı da tek tek bireyler tarafından alınacak. Her birey ya da çift türümüzün geleceği için karar aldığı hissine kapılmayacak belki ama kolektif olarak yaptığımız şey tam da bu olacak.”

Yaptığım tüm konuşmalarda yıllar içinde görmeye alıştığım o bilindik korku, merak ve şaşkınlık hissi salona yayılmaya başladı.

Ardından her zaman olduğu gibi eller havaya kalktı. Tıpkı New Jersey’de konuşma yaptığım yedinci sınıflar gibi, Google Zeitgeist, Tech Open Air, South by Southwest türü fikir festivallerindeki zirveye oynayanlar gibi, Exponential Medicine ve New York Bilim Akademisi’ndeki uzmanlar gibi, Stanford ve Harvard öğrencileri gibi ve dünyanın dört bir yanındaki biliminsanları, akademisyenler, iş dünyası öncüleri gibi, bu dinleyici kitlesi de söz konusu tarihi ânın her birimize dayattığı müthiş sorumluluğu anlamaya ve içselleştirmeye başlamıştı.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - <https://rantey.org>
Tür olarak tarihimizin akıl almaz bir bukûlme noktasında do-

ğan bir sorumluluk bu sözünü ettiğimiz. Öyle ki, biyolojimiz ile teknolojimiz örneği görülmemiş biçimde kesişiyor ve en kutsal gelenek ve âdetlerimizi alaşağı ediyorlar. Diğer dinleyiciler gibi Washington'lı Y kuşağı da genetik mühendislikte gelecek derken kastedilenin sadece çocuklarımızın ve bizim genlerimizde birkaç değişiklik yapmaktan ibaret olmayıp türümüz için yeni ve çok farklı bir gelecek yaratmakla alakalı olduğunu kavramaya başlıyordu.

Ne var ki nereye doğru gittiğimizi anlayabilmek için önce bir adım geri çekilip nereden geldiğimize bakmamız gerekiyor.

Yerküre üstündeki yaşamın ilk 2,5 milyar yılı boyunca tekhücreli atalarımız eşeysiz üremeye çoğaldı.¹ Örneğin bir bakteri bölünüp aynı genetiğe sahip iki ayrı bakteriye dönüşüyor, sonra aynı süreç tekrarlanıyordu. Bu da çok iyi iş gören bir yöntemdi çünkü eş bulmak için zaman ve enerji harcamaya gerek yoktu. Besin bulup bölündüğünüz sürece nesliniz devam ediyordu. Dezavantajı ise eşeysiz üreme sürecinin, belli bir topluluk içindeki tek hücreli organizmalar arasında fazlasıyla genetik tutarlılık yaratarak, daha ileride gelişecek olan yöneme kıyasla doğal seçim açısından seçenekleri sınırlamasıydı.

Gelgelelim bu tutarlılık kusursuz değildi. Bakteriler *pili* adını verdiğimiz mikroskobik zıpkınlar kullanarak diğer bakterilerden gen kapmanın yolunu buldular.² Eşeyli üreme bakterilerin yararlı mutasyonları aktarmasını sağlasa da, bakteriye bulaşan virüs gibi bazı riskler doğduğunda, bütün koloninin tehlikeye girmesine neden

1 İlk tek hücreli mikroplar 3,5 milyar yıl kadar önce iki sınıfa ayrıldılar: Bakteriler ve arkeler. Bazı biyologlar üçüncü bir sınıf olarak ökaryotları da savunuyor.

2 Bu davranışın hayret verici görüntüsü için bkz. Courtney K. Ellison, Triana N. Dalia, Alfredo Vidal Ceballos, Joseph Che-Yen Wang, Nicolas Biais, Yves V. Brun, ve Ankur B. Dalia. "Retraction of DNA-Bound Type IV Competence Pili Initiates DNA Uptake during Natural Transformation in *Vibrio* Gibberiae." *Nature Microbiology*, 2018, doi:10.1038/s41564-018-0174-y

oluyordu. Çünkü eşeyli üreyen bakteriler, savunma mekanizmalarında birbirinin aynısı, çok sayıda yetersizlik barındırıyordu. Eşeyli üreme bu durumu büyük çapta değiştirdi.

Biyolojide birbiriyle tıpatıp aynı kopyalar nadiren tümüyle kusesursuz olurlar. Zamanlamayı tamı tamına bilmemiz mümkün olmasa da fosil kayıtlarına göre bundan yaklaşık 1,2 milyar yıl önce bu basit organizmalardan biri tuhaf bir mutasyon geçirdi. Kendisini kopyalamak ya da diğer mikroorganizmalardan gen koparmak yerine bir yolunu bulup diğer mikroplarla eşleştirdi ve her iki tarafın DNA'sını birleştiren bir döl oluşturdu. Böylece eşeyli üreme gerçekleşti ve evrimsel olasılıklarda muazzam bir açılım oldu.

Durum itibarıyla ortada birbiriyle yarışacak talipler olmadığından, partner bulmak kendini çoğaltmaktan çok daha fazla enerji gerektiriyordu. İdeal partner arayışı içinde olanların, en iyi eşi bulup rakipleri savuşturabilmek için yeni ve ileri beceriler geliştirmesi gerekti. Ancak eş bir kez garantiye alınınca, bu tip bir üreme yoluyla genler çok daha iyi ve rastlantısal birleştirilebiliyordu ki bu da muazzam bir avantajdı.

Eşeyli üreyen organizmalarda, eşeysiz atalara kıyasla genetik nedenlerle kaybedenlerin sayısı daha fazlaydı ama genetik nedenle kazananların evrimleşme olasılığı da bir o kadar yüksekti. Eşeyli üreyen birbirinden farklı çok sayıda örneğin sürekli ortaya çıkmasıyla birlikte eşeyli üreyen türler değişen koşullara çok daha iyi uyum sağlayabilmeye, davetsiz misafirleri daha iyi savuşturmaya, daha iyi besin bulmaya başladılar ve evrimsel değişim süreci hızlandı. Bu türlerden biri olarak bizim evrimsel tarihimiz de genellikle rastlantısallıkla gelişen genetik mutasyon ve varyasyonlar sonucu muazzam sayıda yeni özelliğin doğmasından meydana gelir. Bu özellikleri kuşanan atalarımız avantaj sağlamak üzere birbirleriyle ve etraflarını saran ortamla rekabet ettiler. Darwin bu sürece *doğal seçim* adını verdi.

Eşeyli üreme sürecinin kendisi de zaman içinde evrimsel baskılarla yüzleşti ve farklı canlılar bu baskıya farklı şekillerde tepki verdi. Günümüzde yaşayan somonbalığı gibi bazı türler yumurtalardan hiç değilse bir kısmının spermle karşılaşması umuduyla dünyaya olabil-

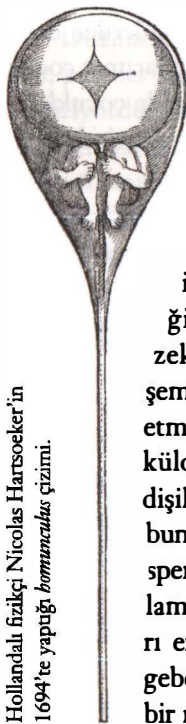
diğince çok sayıda yumurta bıraktılar. Nehir yataklarındaki deliklerle binlerce yumurta bırakmak hiç değilse bazılarının spermle döllenme olasılığını artırdı. Ancak bu yaklaşım aynı zamanda ebeveynlik olasılığını da ortadan kaldırdı. Kendi ebeveyninizle ilgili düşünceniz ne olursa olsun, ebeveynliğin muazzam evrimsel avantajlar sağladığı yadsınmaz bir gerçektir.

Başka bazı organizmalar ise –daha yakın atalarımız da dahil– dışarı çok sayıda yumurta göndermek yerine döl lenene dek yumurtaları dışının içinde saklayıp sonrasında embriyoyu vücutlarında büyüttüler. Üreme bir rulet oyunu olsaydı, somonbalığı gibi canlıların her rakama bir fiş koyduğu, bizim gibi canlılarınsa fişlerini sadece birkaç rakama koyduğu söylenebilirdi. Diğer memelilerden daha az sayıda yavru üreten ve onları yakınlarında tutan atalarımız çocuk yetiştirmeye daha büyük bir yatırım yaptılar. Bu sayede çocuklarımız yumurtadan çıkan tek başına bir somonbalığının geliştirebileceğinin çok daha ötesinde yetenekler geliştirebildi.

Eşeyli üreme çeşitliliği büyük bir hızla besleyerek, bitimsiz bir evrimsel silahlanma yarışı başlattı. Somonbalığı kazananlar arasına girdiğinde, büyük sayılarla üredi ama durum itibarıyla yakınında olmayan yavrularını yetiştirmek için de bir şey yapamadı. Bizler ise ilgiye muhtaç yavrularımızı doğumdan sonra koruyarak, beyin gelişimlerini sürdürme olanağı sunduk ve onlara bakıp büyüterek yeni beceriler edinmelerini sağladık. Böylece doğamız, yetiştirme şeklimiz için evrimsel olarak yarattı. Kazanıp üstünlük sağladığımızda ise medeniyeti inşa ettik.

Bünyemize işleyen cinsel dürtüler atalarımızın eşeyli üremeye devam etmesini sağladı, olup biten çoğu şeyin –en azından teknik düzeyde– farkına varmasalar bile. İlk medeniyetler üreme mucizesini tanrılara atfetti ama yapı itibarıyla sorgulamaya yatkın olan beynimiz etrafımızı saran dünyayı daha derinden anlamak için araştırmaya ararlanmıştı. Biyolojimizi anlama yolunda binlerce yıl yavaş bir ilerleme kaydetsek de felsefe ve bilimsel devrimin araçlarındaki ilerlemeler sayesinde bilgimiz önemli ölçüde genişledi.

Hollandalı Antonie van Leeuwenhoek 1677'de yatağından mutlulukla fırladı. O güne dek geliştirilmiş tüm mikroskoplardan çok daha iyisinin mucidi olarak kendi başına zaten kan, tükürük ve gözyaşı gibi bedensel sıvıları ayrıntısıyla incelemişti. Ancak bu defa eşini de işin içine kattı. Van Leeuwenhoek cinsel birleşmenin ardından menisinden aldığı küçük bir örneği mikroskoba koydu ve “ersıvı kurtçukları” diye tanımladığı şeylerin “suda yüzen yılanbalığı” gibi kıpır kıpır oynadığını görünce hayretler içinde kaldı.³ İşteği nasıl kaçtı o an, kim bilir! Peki, ne gibi bir rol oynuyordu bu kurtçuklar?



Hollandalı fizikçi Nicolas Hartsoeker'in 1694'te yaptığı *homunculus* çizimini.

O dönemde Avrupa'da Antik Yunan'dan gelen yerleşik görüşlerden birine göre erkek menisi *homunculus* içeriyordu; büyümeyi bekleyen minik insanlar. Bu hipoteze göre dişi bedeni de ekilen bir tohumun büyüdüğü toprak gibiydi. Alternatif bir inanca göre mini insanları içeren şey dişinin yumurtasıydı, yumurtanın gelişimini ise meni tetikliyordu. Üçüncü ve muhtemelen daha alık bir grup ise yaşamın bozuk etten çıkan sinekler gibi kendiliğinden ürediğine inanıyordu. 18. yüzyılda parlak zekâlı İtalyan Katolik rahip ve bilgin Lazzaro “Muhtesem” Spallanzani, üremeyle ilgili kendi hipotezini test etmek için yaratıcı bir deney geliştirdi. Taftadan minicik külotlar dikip giydirdiği erkek kurbağaların “sıvıları”nı dişilere aktarmasını engelledi. Günümüzde her genç bunu cinsel eğitimle öğrenir ama 18. yüzyılda erkek spermi külotla filtrelendiğinde, dişi kurbağanın gebe kalamaması büyük bir haberd. Spallanzani, dişi kurbağaları erkeğin spermiyle suni yolla dölediğinde ise dişiler gebe kaldı. Dişileri gebe bırakmak için spermin, hayati bir meni bileşeni olduğu artık açıklık kazanmıştı.⁴ *Muh-*

3 Priya Verma, “Reproduction and the Discovery of Sperm”, Elawoman, erişim 25 Haziran 2018, <https://elawomn.quora.com/Reproduction-and-the-Discovery-of-Sperm>.

4 F. Gilbert, “Structure of the Germes”, *Developmental Biology*, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 2000, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10005/>

teşem! Biliminsanlarının hem erkek hem de dişi üreme hücrelerinin yumurtanın dölllenmesine eşit katkı sağladığını keşfetmesi ise bir yüzyıl daha alacaktı.

İnsanın nasıl oluştuğuyla ilgili yeni bilgiler edinmek, atalarımızın içgüdüsel olarak sezdiği ama bir türlü tam olarak anlayamadığı bir şeyi daha kavramasını sağladı: Kalıtım bilimi.

* * *

Atalarımız kalıtımın işleyişiyle ilgili sezgisel bir fikir geliştirmiş olmalı. Uzun boylu bir erkekle uzun boylu bir kadının uzun boylu çocuğu olduğunda bir ipucu elde etmiş olmalılar. Uzun boylu bir erkekle uzun boylu bir kadının kısa boylu çocuğu olduğunda akılları karışmış, erkek belki de yan mağarada yaşayan ateşli Casanova'ya şüpheyile bakmış olmalı. Atalarımız işte bu sınırlı kalıtım bilgisinden yola çıkıp içinde yaşadığı dünyayı değiştirmeye başladı.

Örneğin göçebe avcı-toplayıcı atalarımız, çöplerine dadanan kurtlardan bazısının diğerlerine kıyasla daha dost canlısı olduğunu fark etti. 15 bin yıl kadar önce, muhtemelen Orta Asya'da, o dost canlısı kurtları birbiriyle çiftleştirmeye başlayıp sonunda köpekleri elde ettiler. İnsan müdahalesi olmasa doğa, büyük olasılıkla mağrur bir kurdu hav hav havlayan bir Chihuahua'ya dönüştürmezdi ama atalarımız yepyeni bir alt türün oluşumunu sağladı.

İnsan eliyle gelen yine benzer bir ıslah süreci bitkileri de dönüştürdü. 12 bin yıl kadar önce buzullar çekilmeye başladığında atalarımız yaban ortamından topladıkları yararlı bazı bitkileri yeniden ek-meye başladılar.⁵ Monsanto'nun genetik mühendisliği ürünü tohum-ları geliştirmesinden çok önce atalarımız yetiştirdikleri belli birkaç bitkinin, diğerlerine kıyasla daha farklı ve daha istenen şeyler yaptı-

5 Birkaç antropolog insanın ürün ıslahına 23 bin yıl kadar önce başladığını gösteren deliller ortaya koydu. Bkz. Ainit Snir, Dani Nadel, Iris Groman-Yaroslavski, Yoel Melamed, Marcelo Sternberg, Ofer Bar-Yosef, ve Ehud Weiss. "The Origin of Cultivation and Proto-Woods Long Before Neolithic Farming", *PLoS One*, 10, No. 7 (2015), doi:10.1371/journal.pone.0131422

ğını fark ettiler. Bu bitkilerin tohumlarını ettiklerinde, bir sonraki nesil bu defa aynı şeyi daha sık yapıyordu. Sonraki bin yıl süresince bu seçici yetiştirme yöntemi kullanılarak yabani bitkiler bugün bildiğimiz Ortadoğu buğday, arpa ve bezelyesine, Çin pirinç ve darısına, Meksika kabağı ve mısırına dönüştürüldü. Dünyanın dört bir yanında insanlar kendi kendilerine hayvan ya da bitki ıslahını keşfettikçe veya başkalarından öğrendikçe, kalıtımın doğası üstüne daha çok akıl yorulmaya başlandı.

Atalarımız kalıtımla uğraşmayı bilse de işleyiş hakkında çok az bilgi sahibiydi. Antik Yunan'da Hippokrates ve Aristoteles, Hindistan'da Charaka ve Endülüs'te Ebu'l Kasım El-Zehravi ile Yehuda Halevi insanda kalıtsallık konusunda hipotezler öne sürdülerse de hiçbiri konuyu tam olarak kavrayamamıştı.

1831'de merakla kavrulan İngiliz centilmeni bir kâşif Afrika, Güney Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda kıyılarında yapılacak beş yıllık bir keşif seferine katılmanın yolunu buldu. Ayrıntıları gözlemlemede özel yeteneğe sahip Charles Darwin çevresini dikkatle inceledi, çok sayıda örnek topladı ve titiz notlar aldı. 1836'daki İngiltere'ye dönüşünü izleyen 23 yılı saplantılı bir şekilde bulgularına kafa yorarak ve organizmaların evrimleşmesiyle ilgili sağlam bir hipotezin parçalarını bir araya getirerek harcadı. Kuramının Hristiyan ahlak dünyasında şok yaratacağını bildiği için eserini yayımlamadan önce yanılmadığına emin olmak istiyordu. Kendi görüşlerine tehlikeli biçimde yakın görüşlere sahip bir rakibin kısa süre sonra eserini yayımlatacağını öğrenince, nihayet *Doğal Seçilim Yoluyla Türlerin Kökeni*'ni 1859'da yayımladı.

Darwin'in başyapıtında açıkladığı kurama göre tüm canlı yaşamı birbiriyle bağlantılıdır ve türler evrimleşir. Evrimleşme kalıtsal özelliklerdeki küçük değişimlerin Darwin'in *doğal seçilim* adını verdiği süreç içinde birbiriyle rekabet etmesi sonucunda olur. Belli bir ortam için avantajlar sağlayan özelliklere sahip bir tür, zamanla o ortama başarıyla tutunur ve daha az avantajlı konfigürasyona sahip olanlara kıyasla daha çok ürer. Ortamın değişmesi halinde farklı özellikler, kesintisiz süren uyum ve evrim süreci içinde farklı seçilimsel baskılarla karşı karşıya gelir. Belli bir ortamda büyük avantaj sağlayan

bir özellik, başka ortamda dezavantaja dönüşebilir, tıpkı tersinin de olabileceği gibi. Darwin evrim kuramıyla hedefi gözünden vurmuştu ama kalıtsallığın moleküler düzeyde işleyişiyle ilgili çok az şey biliyordu. Bu gizemi çözmek ise başka bir dehaya düşecekti.

Darwin'in önemli çalışmasının yayımlandığı dönemde, gözlerden uzak Augustinus'çu rahip Mendel boş vaktini, analitik zihnini ve titiz kayıt tutma yeteneğini, kalıtsal özelliklerin nesilden nesle nasıl aktarıldığını anlamaya adanmıştı.

Çiftçi babanın akıllı oğlu Mendel (günümüz Çek Cumhuriyeti'nde yer alan) Brno'daki Augustinus'çu Aziz Tomas Manastırı'na 1843'te katıldı. Koyunlarda kalıtsal özelliklerin aktarımını daha iyi anlamaya çalışan keşişlerce halihazırda yürütülen çalışmalar hemen ilgisini çekti. Mendel'in yeteneğini fark eden başkeşiş, genç Gregor'u fizik, kimya ve zooloji eğitimi için Viyana Üniversitesi'ne gönderdi. Eğitimden dönen Mendel başkeşişi daha da iddialı deneyler yürütebilmesi için kendine yetki vermeye ikna etti. 1856 ile 1863 arasında 22 farklı türde, on bini aşkın bezelye bitkisini melezleyen Mendel, çeşitli özelliklerin anne baba bitkiden yavruya nasıl geçtiğini titizlikle kaydetti ve doğruluğunu bugüne dek büyük oranda koruyan kalıtım yasalarını özenle belirlemiş oldu.

İlk olarak, kalıtımla gelen her özelliğin bir çift gen tarafından tanımlandığını, bu iki genden her birinin anne ve babadan geldiğini doğruladı. İkinci olarak, her özelliğin, o özelliğe özgü iki gen tarafından, diğer özelliklerden bağımsız olarak belirlendiğini ortaya koydu. Üçüncü olarak, bir gen çiftinde aynı özellik için iki farklı gen varsa, bu genlerden birinin daima baskın olacağını gösterdi. Mendel devrim niteliğindeki bulgular içeren çığır açıcı çalışması *Experiments on Plant Hybridization*'ı [Bitki Melezlemesinde Deneyler] 1866'da yayımladı ve... hiçbir şey olmadı. Orijinal hali az okunan *Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn*'de [Brünn Doğa Tarihi Cemiyeti Zabıtnamesi] yayımlanan çalışmadan az sayıda biliminsanı haberdar oldu. Mendel'in akıl almaz çalışması o gün için kayıplara karıştı.

Ancak yine kalıtımın doğasını araştıran başka biliminsanları 1900'de Mendel'in muhteşem tezinin yurtık kopyalarına denk geldiklerinde, genetik çağın tohumları atılmış oldu. On yıl sonra biyo-

log Thomas Hunt Morgan, Mendel'in tanımladığı genlerin *kromozom* denen moleküler yapılar şeklinde örgütlendiğini kanıtladı. Bunu izleyen on yıllar içinde biliminsanları birbirinden farklı organizmalar üstünden genetiğin işleyişini ortaya koydular. Mendel'ci genetik tüm canlı yaşamına temel teşkil eden bir vasıta oldu. Darwin'ci evrimle birleştirildiğinde, kendi biyolojimiz de dahil tüm canlı biyolojisinin kilidini açacak, sonra da dönüşümünü sağlayacak hayati bir anahtar işlevi gördü.

* * *

Genetik kodun tamamını, DNA denen çok uzun *deoksiribonükleik asit* zincirleri oluşturur. DNA'nın işlevi, hücrelere protein yapımı için gerekli talimatları sağlamaktır. Bizim gibi eşeyli üreyen türlerde hemen hemen tüm hücrelerin çekirdeğinde (alyuvar hücresinde çekirdek yoktur) birbiriyle eşleşmiş ikili zincirden oluşan DNA'lar yer alır. Bunlardan biri anneden, diğeri babadan gelir. İnsanı bir pastaya benzetirsek, malzememizin yarısını annemizden, diğer yarısını babamızdan alırız.

Ancak DNA'mız un, şeker ve kabartma tozu yerine *nükleotit* denen dört farklı türde molekülden meydana gelir. Bu nükleotit "baz" lara, *guanin*, *adenin*, *timin* ve *sitosin* adı verilse de genelde hepsi ilk harfiyle anılır: G, A, T ve C. G'ler, A'lar, T'ler ve C'ler birbirine paralel iki ray üstünde, birbirine ancak degecek şekilde dizili trenlere benzer. Trenlerin diziliş düzeni, yani DNA'nın *gen* diye adlandırdığımız dizileri, belli bazı talimat setlerini meydana getirir ve bu talimatlar *ribonükleik asit* ya da RNA denen ileticiler sayesinde protein yapımını sağlamak üzere hücrelere taşınır. Proteinler hücrelerimizde hangi görev verilirse yerine getiren gerçek aktörlerdir; örneğin belli bir hücre tipine dönüşmek, doku ve organlarımızı yapılandırıp işleyişini düzenlemek, oksijen taşımak, biyokimyasal tepkimeler üretmek ve büyümek gibi.

Biz insanlarda genler bir araya gelerek hücrelerimizin içindeki 23 çift DNA zincirini –yani kromozomlarımızı– oluşturur ve her kromozom vücudumuzda belli bir işlev grubunu yönetir. İnsanda

yaklaşık 21 bin gen ve 3,2 milyar baz çifti –genomun, yani vücuttaki gen setinin tamamı üstündeki noktalar– vardır ve bu çiftlerde G'ler C'lerle, A'lar da T'lerle eşleşir.

Bizi en çok etkileyen genler, hücrelerimize protein üretmeleri için gereken talimatları sağlayanlardır. Ancak toplam DNA'nın neredeyse yüzde 99'u protein kodlamaz. Kodlama yapmayan bu genlere eskiden *hurda DNA* denirdi çünkü biliminsanları bunların önemli biyolojik işlevleri olmadığını düşünürdü. Bugün ise kodlamayan genleri saha kenarından takımına cesaret veren, taktik ve yol gösteren oyuncular gibi düşünebiliriz. Kodlamayan bu genler, genlerimizden çekirdek dışına talimatlar taşıyan bazı RNA moleküllerinin üretim yönetiminde ve protein kodlayan genlerin ifade edilme şeklinin düzenlenmesinde önemli rol oynarlar.

Çekirdeği olan hücrelerimizin her biri aslında vücudumuzun tamamının şablonunu içerir ama her hücre insanın tamamını yaratmaya çalışsa, sonuç kaos olurdu. Bu yüzden hangi genlerin ifade edileceğini belirlemek için *epigenetik* denen süreçle DNA'mızın işleyişi düzenlenir. Örneğin deri hücresinde karaciğer hücresinin ve diğer her çeşit hücrenin şablonu vardır ama deri hücrelerine deri üretmesini epigenetik “belirteçler” (markerler) söyler. Futbol takımı benzetmesine dönersek; maçta oyun planı oyuncuların hepsinde vardır ama her oyuncu talimat verildiğinde kendi işlevini yerine getirir.⁶

İşte bizi oluşturan döllenmiş yumurtanın o tek hücresi bu şekilde çoğalıp bizler gibi karmaşık varlıklara dönüşebilir. Söz konusu bu ilk hücre, tüm hücre çeşitlerini üretebilecek talimatları içerir, hücreler ise sonradan kendi işlevlerini yerine getirmek üzere farklı şekillerde özelleşmeye başlar. Ancak özelleşen hücreler bağımsız aktörler değil, birbirine bağlı bir hücresel ekosistemin farklılaşmış parçalarıdır. Organlarımızın vücut sistemimiz içinde birbiriyle işbirliği yapması gibi genlerimiz de dinamik genom sistemimiz içinde birbirini etkiler.

6 Yeni oluşan bir organizmada bu epigenetik belirteçlerin çoğu sıfırdan gelişir ama yeni bazı araştırmalar belirteçlerin küçük bir yüzdesinin organizmanın ebeveyninden kalıtımla alındığını ortaya koydu. Bu da bazı kişiler için Jean-Baptiste Lamarck'ın kuramlarının tamamen yanlış olduğuna dair önceki inancı sorgulamaya itti.

Tüm bunlar kulağa karmaşık gelebilir ki öyledir de. Sistemin işleyişini anlamamız tam da bu yüzden yüzlerce yıl sürdü. Üstelik daha yolun başındayız. Yine de kek yapıyorsak, elimizde bir tarifi olması, talimatların dilinden ve malzemenin yapısından anlamamız başlangıç için kritik adımlar sayılır. Biliminsanları genlerin yaşam dilinin de bir alfabesi olduğunu anladıklarında, kitabı okuyabilmek için harfleri çözmek zorundaydı. DNA'nın çifte sarmalı da harflerden oluşan bir kılavuzdu. Peki, o harfler ne diyordu?

Genomu anlamlı biçimde okuyabilmek, insanın tek başına yapabileceği iş değildi ama makineyle eşleştğinde durum değişti. 1970'lerin ortalarında Cambridge'li biliminsanı Frederick Sanger ile Alan Coulson hücre genomunu ayrıştırabilmek için jelin içinden elektrik akımı geçirmenin yaratıcı bir yolunu keşfetti; ayrışan parçaları boyayarak farklı nükleotitleri uzunluklarına göre sıralamak ve ortaya çıkan genetik örüntüleri okuyabilmek için jeli özel tasarlanmış bir fotoğraf makinesinden geçirmek. Bu birinci nesil genom dizileme işlemi yavaş ve pahalı olsa da dev bir adımdı.

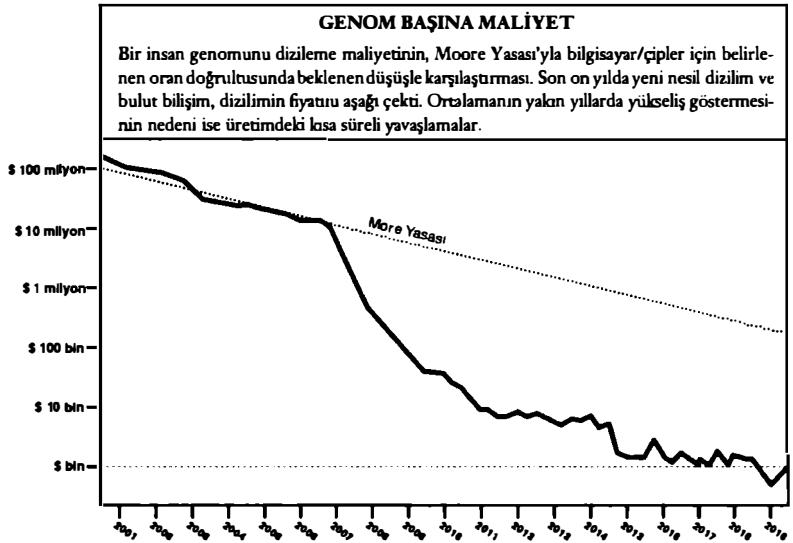
İşlemi otomatikleştiren ve DNA "harfleri"nin içinden geçen ışıkları daha iyi okumayı başaran Lee Hood ve Lloyd Smith gibi araştırmacılar, genom diziliminin hızı ve verimini artırmakla kalmayıp yeni bir büyük adımın da zeminini hazırladılar. ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri DNA dizileme makinelerinin yeni nesil gelişimini hızlandırmak için 1988'de büyük bir girişimi başlattığında, tüm genom analizini yapabilmek için daha da iddialı bir girişimin önü açılmış oldu.⁷

İnsan genomunu dizileme ve haritalama yönündeki ilk girişim olan ABD öncülüğündeki uluslararası İnsan Genom Projesi, 2,7 milyar dolara mal oldu ve 2003'te tamamlandığında 13 yıl sürmüştü. Bu süre içinde bilim girişimcisi Craig Venter yönetimindeki özel bir şirket, insan genom dizilimi için, devlet öncülüğündeki projeye kıyasla daha az kapsamlı ama çok daha hızlı, alternatif bir yaklaşım geliştir-

7 DNA dizilemesinin daha teknik bir tarihi için bkz. James M. Heather and Benjamin Chain, "The Sequence of Sequencers: The History of Sequencing DNA", *Genomics*, 107, No. 1, 2016, 1-8, doi:10.1016/j.ygeno.2015.11.003

di. Bu iki girişim birlikte, insanlık için gerçek anlamda dev bir adım oldu ve bunu yeni adımlar izledi. San Diego merkezli Illumina ve Çin merkezli BGI-Shenzhen gibi şirketlerin kurulması genom dizilimini rekabetçi, hızla büyüyen, multi milyar dolarlık küresel bir endüstriye dönüştürdü. DNA'yı proteinlerdeki küçük deliklerden elektrik gücüyle ittirerek, içeriğini kâğıt şerit okur gibi okuyan yeni nesil nano-gözenek dizilim sistemleri ise gen diziliminde daha da büyük devrimler yaratma potansiyelini taşıyordu.⁸

Teknolojinin doğruluk oranı ve gücü arttıkça maliyetlerde de büyük düşüş oldu. Aşağıdaki grafik, genom dizileme maliyetinin son 18 yılda ne kadar hızlı düştüğünü hakkında fikir verebilir.



Kaynak: "İnsan Genom Dizilemesinin Maliyeti," Ulusal Sağlık Enstitüleri, son değişiklik 30 Ekim, 2019, <https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/DNA-Sequencing-Costs-Dat>

8 John J. Kasianowicz and Sergey M. Bezrukov, "On Three Decades of Nanopore Sequencing", *Nature Biotechnology*, 34, 2016, 481-482.

Bugün tüm genom dizileme işlemi bir gün kadar sürüyor ve 600 dolardan az bir rakama mal edilebiliyor.⁹ CEO Francis deSouza 2017 başında şirketin çok da uzak olmayan bir gelecekte tüm genom analizini yaklaşık 100 dolara yapmasının beklendiğini duyurdu. Dizilimin maliyeti düşerek, gereken materyallerin maliyetine yaklaştıkça ve genom analiz işlemi ticarileştikçe daha az harcamayla daha fazla veri toplanabilecek. Genom bilimi büyük veri zorluğunun uç noktasını oluşturduğundan, daha fazla ve daha ucuz veri, daha fazla ve daha büyük keşiflerin temelini atacaktır.

Ancak dizilim her zaman her yerde olabilse, ticarileşse ve bedava olsa bile biliminsanları genomun ne dediğini anlamadığı sürece bunların hiçbir önemi kalmaz.

* * *

Bir Marslı insanların bilgiyi nasıl organize ettiğini öğrenmek için dünyaya gelse kitap denen şeylerimiz olduğunu anlamak zorunda kalırdı. Sonra bu kitapların kelimelerden, kelimelerin de harflerden oluştuğunu fark etmesi gerekirdi. İşte bu örnek, DNA'nın bir araya gelip genleri oluşturduğunu, genlerin kromozomların içine toplandığını, onların proteinleri kodladığını, proteinlerin de hücrelere ne yapacaklarını söylediğini belirlemeye denktir. Marslı daha sonra kitapların ne dediğini anlamak isterse, kelimelerin anlamını ve onları nasıl okuyacağını çözmek zorunda kalırdı. Benzeri şekilde biliminsanları da genlerin temelde nasıl organize olduğunu çözdüler ama organize olan bu genlerin ne yaptığını da anlamaları gerekti.

Neyse ki ellerindeki kozların sayısı günbegün artıyordu. Daha genel biyolojik süreçleri anlamalarına yardım edecek daha çok sayıda solucan, sinek, fare ve nispeten basit başka "örnek organizmalar"ın dizilimini yapan araştırmacılar, benzer türde organizmalardaki farklılıklar ile bu organizmaların genlerindeki farklılıklar arasında

9 "Industry Milestone: My Genome Price Drops to \$599", *Veritas Genetics*, 1 Temmuz 2019, erişim 20 Temmuz 2019, <https://www.veritasgenetics.com/revolutionary>

ilişkiler kurmaya çalıştılar. Bir hipotez oluşturduktan sonra aynı genetik mutasyonlara sahip organizmaları çiftleştirerek, ortaya çıkacak yavruda aynı özelliğin ifade edilip edilmeyeceğine baktılar. Nihayet bu işlem sonunda belli özelliklerin nasıl değiştiğini gözlemleyebilmek için canlı hayvanlarda farklı genleri kapatıp açmayı başardılar. Pek çok genin etkileşimini analiz edebilmek için gelişmiş bilgi işlem araçları kullandılar ve daha da büyük veri setlerini analiz edebilmek için daha geniş kapsamlı ilişkilendirme çalışmaları yaptılar.

Biyolojik yaşam sadece gen ifadesi üstüne kurulu olsa bile genetik veri setlerini anlamak zor olurdu, resmin tamamını öğrenmek ise bundan çok daha karmaşık. Genom hem organizmanın içindeki diğer karmaşık sistemlerle hem de organizmanın sürekli değişim geçiren çevresiyle etkileşim halinde olan, inanılmaz derecede karmaşık bir ekosistemdir. Genetik özellikler ile hastalıkların çok küçük bir yüzdesi, tekil genlerin ifadesinin bir sonucudur, çoğunluğu ise birlikte çalışan ve etraflarındaki daha geniş sistemlerle etkileşim içinde olan gen gruplarından kaynaklanır.

Sayıyı tamı tamına bilen yok ama tahminlere göre zekâ, boy ve kişilik tipi gibi karmaşık özellikleri belirlemede yüzlerce, belki binlerce gen rol oynar. Üstelik bu genler tek başlarına hareket etmez. Bir zamanlar sadece DNA ile hücrenin protein yapma makinesi arasında bir iletici olduğu sanılan ribonükleik asit, yani RNA'nın gen ifadesinde önemli rol oynadığı artık biliniyor. Epigenetik belirteçler de genlerin nasıl ifade edileceğini belirlemeye yardım eder. Birbirleriyle örtüşen bu süreçlerin karmaşık genetik özellikleri nasıl etkilediğini çözmek, genom araştırmalarının ilk aşamalarında hayli zordu. Öte yandan tek bir gen mutasyonunun yol açtığı nispeten düşük oranlı özellik ve hastalıkları çözmek, çok daha elverişliydi.

Kistik fibroz, Huntington hastalığı, kas distrofisi, orak hücre hastalığı ve Tay-Sachs hastalığı tek gen mutasyonu hastalıklarının örnekleri arasında yer alır. Mendel'in kalıtım kurallarına net biçimde uydukları için bunlara *Mendelyen hastalıklar* da denir. Hastalıklardan bazıları *dominant* (baskın) diye anılır çünkü çocukta hastalığın baş göstermesi için ebeveynlerinin birinden mutasyonun sadece tek bir kopyasını alması yeterli olur. Tay-Sachs gibi *resesif* (çekinik) hastalık-

larda ise çocuğun tehlikede olması için mutasyonu her iki ebeveyn-den alması gerekir. (Bazı ender örneklerde bu mutasyonlara sahip insanlar hastalığa yakalanmaz ki buna da büyük olasılıkla başka genlerin mutasyonu etkisizleştirmesi neden olur.) Bugüne dek tespit edilmiş yaklaşık 25 bin Mendelyen hastalıktan on bin kadarı, belli bir genin belli bir hastalık çıktısıyla eşleştirilmesine elverecek boyutta anlaşılabilirdi.¹⁰ Günümüzde bunların sadece yüzde 5 kadarı için tedavi mevcut.

Sözü edilen Mendelyen hastalıklara oldukça ender rastlanır. Örneğin ABD'de sadece 30 bin kişide bir kişi kistik fibrozla dünyaya gelir; on binde bir kişi Huntington hastalığını ve 7.250 erkekten biri Duchenne kas distropisini kalıtımla alır. Yakın ataları sıtmanın yoğun bölgelerde yaşamış gruplar arasında öne çıkan orak hücre hastalığı ise 365 Afrikalı-Amerikalı çocuktan birinde görülür. Başka bazı Mendelyen hastalıklar ise milyonlarda, hatta on milyonlarda bir görülür.^{11 12} Bunların çoğu ise korkunç acılara, hatta prematüre ölümlere neden olur. Ancak çok ender görüldükleri için toplum genelde bu hastalıkların tedavisine yapılacak yatırımlara kıyasla, kanser, kalp veya akciğer hastalığı gibi nüfusun daha yüksek sayıya, sese ve siyasi güce sahip kesimlerini etkileyen yaygın hastalıkların tedavisine yatırım yapma isteği duyar. Yeni bazı araştırmalar Mendelyen genlerdeki varyantların, metastatik prostat kanseri gibi daha yaygın hastalık-

10 "OMIM Entry Statistics", son değişiklik 24 Temmuz 2018, <http://www.omim.org/statistics/entry>.

11 Bkz. Jason L. Vassy ve diğerleri, "The Impact of Whole-Genome Sequencing on the Primary Care and Outcomes of Healthy Adult Patients", *Annals of Internal Medicine* 167, No. 3 (2017): 159, doi:10.7326/m17-0188; ve P. Natarajan ve diğerleri, "Aggregate Penetrance of Genomic Variants for Actionable Disorders in European and African Americans", *Science Translational Medicine* 8, No. 364, 2016, doi:10.1126/scitranslmed.aag2367

12 Yakın zamanda yapılan çalışmalardan az sayıda birkaçı, insanları Mendelyen hastalık riskine maruz bırakan mutasyonların nüfusun yaklaşık yüzde 15'inde mevcut olduğuna işaret ediyor. Bu doğruysa, söz konusu mutasyonların teşkil ettiği riskle ilgili değerlendirmemiz değişir ve muhtemelen bunları daha iyi anlama ve ele alma açısından mali teşvikleri de artırmamız gerekir. İnsan sperm ya da yumurta hücresi üretirken onlarca yeni mutasyon da ürettiği için, Mendelyen hastalıklara, düşük olasılıkla da olsa, ebeveyni belli bir mutasyon taşımayanlarda da gelişmesi mümkün olabilir.

larda sanılandan daha büyük rol oynadığına işaret etse de, bu ön bulgular henüz teşviklerin yapısını değiştirmedir.¹³

Tedavi için gerekli ilgi ve kaynağı bulma olasılığı düşük olan ender genetik hastalıkların sayısı bu kadar yüksek olunca, genetik teknolojilerin sağladığı yeni bilgilerden de ilham alan ebeveynler ve risk altındaki gruplar, çocuklarını korumak için kendileri yol aramaya başladılar.

* * *

15. kromozom üstündeki tek gen mutasyonunun neden olduğu genetik bir hastalık olan Tay-Sachs'la dünyaya gelmiş çocuklar genelde doğumda sorunsuz görünürler. Ancak kısa süre sonra sinir sistemlerinde tahribat başlar. Yaklaşık iki yaşına geldiklerinde çoğunluğu korkunç nöbetler ve zihinsel kapasitelerinde düşüş yaşar. Birçoğu görme yetisini yitirir ve tepkisizleşir. Çoğu beş yaşına varmadan acılar içinde ölür. Yaklaşık 27 Aşkenaz Yahudisinden biri Tay-Sachs mutasyonu taşıyıcısıdır. Eskiden dünyanın dört bir yanında bu hastalıktan her yıl yüzlerce insan ölürdü. Bugün ise hem bilim hem de toplumsal örgütlenme mucizesiyle hemen hemen tek bir kişi bile ölmüyor.

Biliminsanları 1969'da Tay-Sachs taşıyıcılarıyla bağlantılı enzim belirlediğinde, ebeveyn adaylarında taşıyıcılık durumunu tespit edecek bir kan testi geliştirildi ve dünya Yahudi cemiyetleri harekete geçti. ABD, Kanada, Avrupa, İsrail ve başka birçok yerdeki Yahudi cemiyet merkezleri ve sinagoglarda taramalar yapıldı. Her iki ebeveynin de taşıyıcı olduğu çiftlere evlatlık edinme ya da gebelikten sonra test yapılması önerildi. Hastalığı taşıyan embriyoya sahip anneler hemen hemen her zaman gebeliği sonlandırmayı seçti; acı verici bir tercih ama gelecekte çocuklarının ölümünü izlemekten daha az acılı belki de. Ortodoks Yahudi cemiyeti evlilik adaylarının genetik

13 Rachel D. Melamed ve diğerleri, "Genetic Similarity between Cancers and Comorbid Mendelian Diseases Identifies Candidate Driver Genes," *Nature Communications*, No. 1, 2015, doi:10.1038/ncomms8033

test yapmasını sağlaması ve taşıyıcıları birbiriyle evlenmekten uzaklaştırması için arabuluculara yetki verdi.

Gen diziliminin gelişimiyle birlikte Tay-Sachs'tan sorumlu mutasyon 1985'te belirlendi, o günden beri de sorumlu genin çok sayıda mutasyonu tespit edildi. Tay-Sachs artık Yahudi nüfus içinde son derece ender görülen bir hastalık.

Tay-Sachs için genetik taramanın kanıtlanan yararları ışığında bazı araştırmacı ve politika üreticiler şimdi başka kategorilerdeki ebeveyn adaylarına Mendelyen hastalıklar ve hastalık risklerini çocuklarına aktarma olasılıklarının değerlendirilmesi için "genişletilmiş taşıyıcı testi" adını verdikleri testleri yaptırma çağrısında bulunuyorlar.¹⁴

Genom dizilimi ve biyokimyasal enzim ölçümü nispeten basit bazı genetik hastalıkların kalıtımla aktarımını önlemek için başlatılan muazzam atılımlardı. Ancak genetik analiz, elde edilen bilgilerin uyarlanabileceği yeni seçeneklerle eşleştirilmediği sürece tek başına insanın bebek yapma yöntemini dönüştüremezdi. Eşleştirmenin sağlandığı *in vitro* döllenme yani IVF ve embriyo tarama devrimlerinin gelişiyse birlikte insanda bebek sahibi olma yolunun genetik analizle kökten değiştirilebileceği mekanizma yaratılmış oldu. Bu devrimlerin gelişi ise çoktandır belliydi.

* * *

Spallanzani'nin kurbağa kondomlarıyla yaptığı deneyden yüz yıl kadar sonra 1878'de, tavşan yumurtalarını inceleyen ve şans eseri Gregor Mendel'le aynı sırada Viyana Üniversitesi'ne devam eden-Viyanalı embriyolog Samuel Leopold Schenk cam kaplarda izole ettiği yumurtalara sperm verdiğinde, yumurtaların bölünmeye başla-

14 Bkz. Lidewij Henneman ve diğerleri, "Responsible Implementation of Expanded Carrier Screening", *European Journal of Human Genetics* 24, No. 6 Haziran 2016, e1-e12. Çevrimiçi basım 2016 Mart 16. doi: 10.1038/ejhg.2015.271; ve Nancy C. Rose, "Expanded Carrier Screening: Too Much of a Good Thing?", *Prenatal Diagnosis* 35, No. 10, 2015, 936-37, doi:10.1002/pd.4638

dığını keşfetti. Bunlar üreme sürecinin yeni yeni anlaşılmaya başlandığı yıllardı ama Schenk doğru bir çıkarım yapmış ve yumurtaların döllendiği sonucuna varmıştı. Memeli yumurtasının kapta döllenmesi, aynı zamanda döllenmiş yumurtaların anneye yerleştirilip gebeliğin sürdürülebileceği anlamına geliyor olabilirdi. Teoride evet ama pratikte; henüz değil. Bundan ancak 80 yıl sonra Amerikalı bilim insanı M.C. Chang camın içinde; Latince deyişle *in vitro* döllenmiş bir yumurtayı kullanarak bir tavşanı gebe yapmayı başardı. Gelgelelim tavşan yapmak, insan yavrusu yapmakla kıyaslanacak şey değildi. Onun da bir vakti vardı.

Londra, Kraliyet Tıp Derneği'nde 1968'de yapılan tarihî bir toplantıda, insan yumurtasının gelişimi konusunda dünyanın önde gelen uzmanlarından biyomedikal araştırmacı Robert Edwards, kadın pelvisinin muayenesi için cerrahi yöntem geliştirme alanında öncü bir isim olan kadın doğum uzmanı Patrick Steptoe'yla bir görüşme yaptı. Edwards Steptoe'ya birlikte *in vitro* döllenmenin insanlarda kısırlık tedavisinde kullanılıp kullanılamayacağını araştırmayı önerdi. Bunu izleyen on yıl boyunca ikili dur durak bilmeden çalıştı ve insanda *in vitro* döllenmenin mümkün olabilmesi için gerekenleri her yönüyle açıklayan, baş döndürücü bir hızla birbiri ardına yayınlanan başarılı makaleler yazdı.

Steptoe ve Edwards 1972'de insanlar üstünde deneylere başladı. Hemşire Jean Purdy'yle çalışarak yüzden fazla kadından yumurta aldılar, bunları spermle dölediler ve döllenmiş yumurtaları cerrahi yöntemle anne adaylarına yerleştirdiler. Bu denemelerin her biri başarısız oldu. Nihayet 1976'da bir kadın *in vitro* döllenmiş yumurtayla gebe kaldı. Ancak embriyo erken evrede rahim dışına tutununca gebelik başarısız oldu. Ardından 1977'de İngiltere, Bristol'den ev kadını Leslie Brown kliniğe adım attı. Leslie ile demiryolu işçisi kocası John dokuz yıldır bebek sahibi olmaya çalışmış, ümitlerini yitirmenin eşiğine gelmişlerdi.

Leslie'nin gebeliği yerleştirilen ilk döllenmiş yumurtayla başladı. Dokuz ay sonra, 25 Temmuz 1978'de sağlıklı bebekleri Louise hayata gözlerini açtı. Dünyanın dört bir yanında gazeteler bebeği "yüzyılın bebeği" diye müjdeledi. Birkaç ay gibi kısa bir süre sonra



“Masum bakışlı Louise Brown, doğumundan 18 saat sonra hastanede görülüyor. Şimdi sağlığı yerinde”, Kaynak: “The Birth of the World’s First Test-Tube Baby Louise Brown in 1978”, *News East West*, 21 Haziran 2013, <https://bit.ly/2J3Ymcr>

yapılan ankette Amerikalıların yüzde 93 gibi şoke edici bir oranı, anne dışında döllenmiş yumurtadan dünyaya gelen İngiliz bebeği duyduğunu söylüyordu.¹⁵

Louise kapta döllenmiş olsa da, genel algı onun ve onun gibi bebeklerin test tüpünde yapıldığı şeklindeydi. Bu yüzden de küçültücü bir tabirle dillere *tüp bebek* sözü yerleşti. O yıl Pew anketine katılan Amerikalıların çoğunluğu gibi birçok insanın işleme bakışı olumluydu.¹⁶ Ancak bazıları aynı fikirde değildi.

Katolik teologlar karıkoca arasında cinsel birleşme içermeyen ve işlemin sonunda anneye yerleştirilmeyen, dolayısıyla imha edilmesi gereken embriyolar da üretildiği için tüp bebek yöntemini “doğa dışı” ve “ahlaki rezillik” olarak addediyorlardı.¹⁷ Amerikan Tıp Derneği tüp bebekle bebek üretimini fazla agresif bulduğu için karşı çıkıyordu. *Nova* dergisi bunu “atom bombasından bu yana en büyük tehdit” olarak adlandıırıyordu. Öncü muhafazakâr biyoetikçi Leon Kass yöntemin insana “insan yaşamının insaniliğini; cismaniliğimizin, cinsel varlığımız ve atalarımız, torunlarımızla ilişkimizin anlamını” sorgulattığını söy-

15 Heather Mason Kiefer, “Gallup Brain: The Birth of In Vitro Fertilization”, *Gallup News*, 5 Ağustos, 2003, <http://news.gallup.com/poll/8983/gallup-brain-birth-vitro-fertilization.aspx>

16 “Gallup Brain”.

17 John M. Haas, “Begotten Not Made: A Catholic View of Reproductive Technology”, United States Conference of Catholic Bishops, 1998, <http://www.usccb.org/issues-and-action/human-life-and-dignity/reproductive-technology/begotten-not-made-a-catholic-view-of-reproductive-technology.cfm>

lüyordu.¹⁸ Leslie ve John Brown nefret mektuplarına boğuldu, hatta plastik fetüs konmuş kanlı karton kutular aldılar.

Ne var ki bu tür çoğu durumda olduğu gibi bir dönem şoke edici ve tartışmalı olan şey, zamanla kabullenildi ve normalleşti. “Tüp bebek” bilimi daha az tartışmalı bir konuma gelir ve daha teknik bir isim edinirken, bir grup biliminsanı keşfe açık bir sonraki sınırın hayalini kurmaya başlamıştı bile. Neden IVF sürecinde preimplantasyon (transfer edilmemiş) erken evre embriyolardan hücre alınıp, giderek gelişen dizilim teknolojisi ile dizilim yapılmıyordu ki?

IVF konusunda öncü isimlerden Edwards ve İngiliz meslektaşları Richard Gardner preimplantasyon tavşan embriyolarından birkaç hücre alınıp mikroskop altında taramadan geçirme ve doğacak tavşanın cinsiyetini belirleme işlemini henüz 1967’de anlatmıştı.¹⁹ Louise Brown’ın doğumundan 12 yıl sonra, 1990’da, doktorlar ilk defa preimplantasyon embriyoda hem cinsiyet için hem de cinsiyetle bağlantılı ya da tek gen bozukluğu kaynaklı birkaç hastalık için tarama yaptılar. Bu işlem zamanla *preimplantasyon genetik diagnoz/tanı*, yani PGD adını aldı. PGD prosedürü, özellikle de yüksek risk taşıyan anne adayları için hızla geliştirildi. PGS diye anılan ve yine paralel ve bağlantılı bir işlem olan *Preimplantasyon genetik tarama* da bilinen bir hastalık riskine sahip olmayan embriyoları, tutunma olasılıklarını değerlendirmek için tarama amacıyla geliştirildi. PGD ve PGS son zamanlarda daha geniş bir yelpaze olan *preimplantasyon genetik test*, (PGT) adı altında toplandı.

PGT yaklaşık 30 yıldır mevcut ama hâlâ bu olağanüstü önemli prosedürün ilk günlerinde olduğumuz söylenebilir. Biliminsanları PGT’yi ilk başlarda öncelikle düşük yapmaya neden olabilecek kromozomal anomalilerin belirlenmesinde kullandı. Test daha sonra hastalığa yol açan spesifik birkaç tek gen mutasyonu için kullanıldı. Bugün ise PGT tahminî on bin kadar tek gen mutasyonu hastalığı-

18 Jason Pontin, “Science Is Getting Us Closer to the End of Infertility”, *Wired*, 27 Mart 2018, <https://www.wired.com/story/reverse-infertility/>

19 G. Edwards and R.L. Gardner, “Sexing of Live Rabbit Blastocysts”, *Nature* 214, 1967, 576-577, <https://www.nature.com/articles/214576a0>

nın taranması amacıyla kullanılıyor.²⁰ Ana rahmindeki embriyolarda yapılan prenatal testin aksine PGT birden fazla sayıda erken evre döllenmiş yumurta, yani *blastokist*²¹ üstünde, laboratuvar ortamında gerçekleştirilebiliyor.

PGT'nin söz konusu transfer edilmemiş embriyolarda test ettiği hastalıkların çoğu, tek başına bakıldığında son derece ender rastlanan türden. Ancak toplu olarak düşünüldüğünde, aynısını söylemek zor. İstatistikler değişiklik gösterse de son çalışmaların ortaya koyduğu tahminlere göre bu hastalıklardan birini taşıyan geleneksel yöntemle döllenmiş çocukların oranı yaklaşık yüzde 1 ila 2 kadar.²² Sayıları hızla artan taranabilir tek gen mutasyonu hastalıklarına gelince; IVF ve PGT yöntemiyle döllenmiş bir çocuğun bu hastalıklardan taşıma olasılığı ise karşılaştırılamayacak kadar düşük.²³

IVF ve PGT kullanımıyla kaçınılabilecek zararlı genetik anomalilerin sayısı arttıkça, ebeveynler cinsel ilişkiye karşılık laboratuvar da çocuk üretmenin maliyet ve yararlarını tartmak durumunda kalacak. Kadının vücudunda gerçekleşen döllenmenin sağlık ve başka açılardan kayda değer yararları doğal olarak zamanla değişime uğramayacak –muhtemelen IVF işlemiyle ilişkilendirilen bazı küçük, ek riskler de ortaya çıkacak²⁴– IVF ve embriyo taramanın sağlık

- 20 Genome Editing and Human Reproduction, Rapor, 17 Temmuz, 2018, Nuffield Council on Bioethics. <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-and-human-reproduction-FINAL-website.pdf>, s. 10
- 21 Laboratuvar da beşinci veya altıncı güne kadar gelişmeye bırakılan, hücresel bölünmenin çok ileri aşamalarına gelen ve dış yüzeyi oldukça incelenmiş olduğundan rahim yüzeyine tutunma olasılığı yüksek olan embriyodur. (Y.N.)
- 22 Henry T. Greely, *The End of Sex and the Future of Human Reproduction*, Cambridge: Harvard University Press, 2016, 114, 331.
- 23 İşin matematiği bu ilk hesabın ortaya koyduğundan daha karmaşık çünkü PGT'nin doğruluk oranı genetik bozuklukların bazı kategorilerinde diğerlerine kıyasla daha yüksek. Örneğin, her iki ebeveynin de belli bir bozukluk açısından karma genli olduğu resesif durumların belirlenmesi, ebeveynden birinin karma genli taşıyıcı olduğu, diğerinin taşıyıcı olmadığı duruma göre istatistiksel olarak daha kolay.
- 24 Bkz. Chen, M., L. Wu, J. Zhao, F. Wu, M. J. Davies, G.A. Wittert, R.J. Norman, R. L. Robker, ve L.K. Heilbronn, "Altered Glucose Metabolism in Mouse and Humans Conceived by IVF", *Diabetes* 63, No. 10, 2014, 3189-198, doi:10.2337/db14-0103; ve Manon Ceelen, Jan P W Vermeiden ve Mirjam Van Weissenbruch, "Cardiometabolic Differences in Children Born After in Vitro Fertilization: Follow-Up Study", *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Haziran 2008, doi:10.1210/jc.2007-2432,

açısından gerçek ve algılanan yararları ise büyük olasılıkla zamanla artacak.

Ebeveynlerin çocuklarını zarardan korumak ve sağlıklı gelişimlerini sağlamak için aldıkları önlemleri düşünün. Anneler doğum öncesi vitaminler alır, kendilerinin ve çocuklarının ellerini antibakteriyel temizleyicilere bularlar, küçüklere arabada kemer takar, bisiklette kask giydirir ve sağlıklı gıdalar yedirirler. Her tehlikenin riski kendine göre farklılık gösterse de günümüzde ebeveynler bu riskleri olabildiğince azaltmanın, iş tanımlarının bir parçası olduğuna inanır ve farklı tercihler yapan ebeveynleri genelde küçük görürler. Aşı karşıtı harekete Amerikalı çoğu ebeveynin verdiği tepki bunun tipik bir örneğidir.

İlk kızamık aşısı 1963'te izin belgesi alana dek kızamık hastalığı dünyanın hemen her yerinde görülüyordu. 2000 yılında hastalığın ABD'de ortadan kalktığı ilan edilse de, yüksek bulaşıcılığa sahip bu hastalığa yakalanan vaka sayısı 2019'da, sayıları tehlikeli ölçüde yüksek olan ve artmaya da devam eden aşılammamış çocuklar arasında patlama yaptı. Çocuklarını hastalığa karşı bağışık kılmamayı seçen ebeveynler başka binlerce çocuğu tehlikeye attıkları için (haklı olarak) şiddetle kınandılar. Aşı karşıtlığı savunucuları çocuklarını bulaşıcı hastalıklara karşı aşılatmamakla “doğal” bir şey yaptıklarını ileri sürseler de iyi bir şey yaptıklarını söylemek zor.

19. yüzyılda İngiltere'de kullanıma giren ilk çiçek aşısından bu yana aşılar milyonlarca hayat kurtardı. Dünyanın çeşitli yerlerinde tekrarlanan çalışmalar aşının ne kadar güvenli olduğunu, bireysel ve toplumsal açıdan ne kadar muazzam avantajlara sahip olduğunu net bir şekilde kanıtladı.²⁵ Tüm bunlara rağmen aşılar karşı mantıkdışı

93/5/1682-8. Eylül 2019 tarihli bir Avustralya çalışmasında bebeklerde görünürde IVF'den kaynaklanan epigenetik anomalilerin, bu çocuklar erken yetişkinliğe vardığında “büyük oranda ortadan kalktığı” ve “gelişim ve sağlığı etkilediklerine dair doğrudan bir kanıt olmadığı” belirtildi. Bkz. Novakovic, Boris, Sharon Lewis, Jane Halliday, Joanne Kennedy, David P. Burgner, Anna Czajko, Bowon Kim ve diğerleri, “Assisted Reproductive Technologies Are Associated with Limited Epigenetic Variation at Birth That Largely Resolves by Adulthood”, *Nature Communications* 10, No. 1, 2 Eylül, 2019, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11929-9>

25 “Vaccines Do Not Cause Autism”, Centers for Disease Control, son değişiklik 23 Kasım 2015, <https://www.cdc.gov/vaccinesafety/concerns/autism.html>

ve yetersiz bilgilenmeden kaynaklı korkular varlığını sürdürdü. Yakın zamanda Jenny McCarthy, Jim Carrey ve Donald Trump²⁶ gibi ünlü isimlerin, aşının tehlikeleriyle ilgili bilimsel dayanağı olmayan iddialar ortaya atmasıyla, 2001'den beri ABD'de aşı yapılmayan çocuk sayısı dört katına çıktı.²⁷ Embriyo taraması konusunda da, bundan yararlanmak üzere harekete geçen ebeveynler ile bunu doğallığa aykırı bir bilimsel gelişme olarak reddeden ebeveynler arasında benzeri bir çekişme yaşanacaktır.

Müdahalesiz doğum öncesi kan testlerinde kalite ve kolaylığın giderek artmasıyla pek çok aile anne içinde gelişen embriyonun genetik durumu hakkında şimdiden eskiye kıyasla çok daha fazla bilgi ediniyor. Ancak ileri evrelerde sorunlara yol açabilecek genetik anomalileri temel alarak bir gebeliği sonlandırma kararı vermek, transfer edilmemiş embriyoda istatistiksel sağlık olasılıklarını temel alarak önceden seçim yapmaya kıyasla çok daha acı verici ve daha az avantajlı olarak görülecektir.²⁸

IVF ve PGT ile taraması yapılabilen tek gen mutasyonu hastalıkların sayısı artmaya devam edip maliyetler düştükçe ve IVF ile PGT'nin güvenliği geliştirildikçe, laboratuvar da preimplantasyon embriyo tarama ve seçmenin değeri de artacaktır. Ebeveynler ilk başlarda cinsel birleşme yoluyla üremeye duydukları inancı, embri-

26 Laura Entis, "Donald Trump Has Long Linked Autism to Vaccines. He Isn't Stopping Now That He's President", *Fortune*, 16 Şubat 2017, <http://fortune.com/2017/02/16/donald-trump-autism-vaccines/>. Başkan Trump Nisan 2019'da kızamık salgını iyice yoğunlaştıktan sonra insanların çocuklarına mutlaka aşı yaptırmaları gerektiğini nihayet söyledi.

27 Cary Funk, Brian Kennedy ve Meg Hefferson, "Public Opinion about Childhood Vaccines for Measles, Mumps, and Rubella", *Pew Research Center*, 2 Şubat 2017, <http://www.pewinternet.org/2017/02/02/public-opinion-about-childhood-vaccines-for-measles-mumps-and-rubella/>

28 Norbert Gleicher and Raoul Orvieto, "Is the Hypothesis of Preimplantation Genetic Screening (PGS) Still Supportable? A Review," *Journal of Ovarian Research* 10, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5368937/>. Genetik tarama üstüne 455 yerde yayımlanmış önemli araştırmada erken evre insan embriyosunda genetik anomali taraması yapıldığında yanlış pozitif oranının tahmin edilenden yüksek olduğu çünkü embriyonun kendini düzeltme becerisinin doktorlar tarafından yeterince fark edilmediği ileri sürüldü.

yo taramanın avantajlarıyla tartacaktır. Bu durum ise zaman içinde adil bir dövüş olmaktan çıkacaktır. Kaçınılması mümkün genetik hastalıkların sayısı arttıkça, eski yöntemle çocuk sahibi olan ebeveynler gitgide bugünün aşı karşıtı bağnazları gibi görülecektir.

Bebek yapma konusunda toplumsal normların değişmesiyle birlikte her geçen gün daha çok ebeveyn adayı cinsel yolla çocuk sahibi olmayı gereksiz bir risk olarak görmeye başlayacaktır. Şu an olduğu gibi tüm harikulade sebeplerinden ötürü seks yapmaya devam edeceğiz ama seksi sadece bebek sahibi olmak için yapmayacağız. Giderek daha çok ebeveyn, embriyo analizini, seçimini ve uzak gelecekte üstünde çeşitli değişimlerin yapılabilmesi için çocuklarının anne dışında döllenmesini isteyecektir.

Kimi ebeveyn ideolojik nedenlerle veya bir hoverkraftın arka koltuğunda kendilerini heyecana kaptırdıkları için bu işlemde çekilmeyi seçse de, cinsel birleşmeyle döllenmenin beraberinde getirdiği bedeller olacaktır. Komşu çocuğun önlenabilir bir genetik hastalıktan ölümünü izleyen kişiler, hangi noktada ebeveyni suçlamaya başlayacaktır? Bu aileleri kahraman direnişçiler olarak mı görecekler yoksa çocuklarına zarar veren gereksiz riskleri göze almış ideologlar olarak mı?

Ebeveyn adaylarının çocuklarında genetik anomalileri önlemek için nereye kadar gidebileceğini değerlendirmek amacıyla yakın zamanda İzlanda'da bir çalışma yürütüldü.

* * *

Down sendromu olan bebeklerde 21. kromozomdan, fazladan bir tane daha vardır; bu da kalp rahatsızlığına, gelişimsel ve bilişsel bozukluklara, kanser ve ölüm riskinde artışa ve başka bazı zorluklara yol açabilir. Ancak yine de bu kişilerin birçoğu hayati işlevlerini sürdürebilen, mutlu insanlar olur ve hem çevrelerindekiyle hem de genel olarak topluma anlamlı katkılarda bulunurlar. Down sendromlu çocuğu, kardeşi, eşi ya da arkadaşı olan çoğu insan onları bir lütuf olarak görür.

2000'lerin başından beri İzlandalı doktorlar, bebek bekleyen anneleri kamunun sağlık sigortası kapsamına alınmış tarama testlerinin, çocuklarında Down sendromu ya da başka genetik bozukluklar olup olmadığını yüksek bir doğrulukla gösterdiği konusunda bilgilendirmekle yükümlü. Bu testlerin kullanıma açılmasını takip eden on yıla yakın süre zarfında Down sendromu testi pozitif çıkan kadınların hemen hepsi gebeliklerini sonlandırmayı seçti.²⁹ İzlanda'nın Down sendromu tanısını takip eden gebelik sonlandırma oranları başka pek çok ülkeninkiyle benzer. Örneğin, Avustralya, Çin, Danimarka ve Birleşik Krallık'ta sonlandırma oranları yüzde 90 ile 98 arasında değişiklik gösterir.³⁰

Birleşik Devletler ise giderek şiddetlenen din kaynaklı kürtaj tartışmasıyla, diğer gelişmiş ülkeler arasında pek çok açıdan aykırı uçta. 2007'de yapılan araştırmada, fetüste "Down sendromu gibi ölümcül olmayan ama ciddi bir genetik bozukluk ya da durum söz konusuysa" ebeveynlerin gebeliği sonlandırma hakkı olduğuna inanan Amerikalıların oranı sadece yüzde 20 idi.³¹ Oysa gerçekte Down sendromu tanısı konduktan sonra Amerikalıların yüzde 67'si gebeliği sonlandırmayı seçiyordu, bu tip kürtajın yanlış olduğuna inananların yaklaşık yüzde 47'siyse durumla karşılaştığında yine kürtajı

29 Julian Quinones and Arijeta Lajka, "What Kind of Society Do You Want to Live In?: Inside the Country Where Down Syndrome Is Disappearing", *CBS News*, 15 Ağustos 2017, <https://www.cbsnews.com/news/down-syndrome-iceland/>

30 Susannah Maxwell, Carol Bower, and Peter O'Leary, "Impact of Prenatal Screening and Diagnostic Testing on Trends in Down Syndrome Births and Terminations in Western Australia 1980 to 2013", *Prenatal Diagnosis* 35, 2015, 1324-1330; Many Koetse, "The Last Downer: China and the End of Down Syndrome", *What's On Weibo*, 2 Mayıs 2016, <https://www.whatsonweibo.com/china-end-syndrome/>; Polina Bachlakova, "Why Are 95% of Danish Women Aborting Babies with Severe Developmental Disabilities?", *VICE News*, 24 Nisan, 2015, <https://www.vice.com/da/article/ex9daw/why-are-95-of-danish-women-aborting-babies-with-severe-developmental-disabilities-020>; Myrthe Jacobs ve diğerleri, "Pregnancy Outcome Following Prenatal Diagnosis of Chromosomal Anomaly: A Record Linkage Study of 26, 261 Pregnancies", *Plos One*, 11, 2016.

31 Yuval Levin, "Public Opinion and the Embryo Debates", *The New Atlantis* 20, 2008, 47-62, <https://www.thenewatlantis.com/publications/public-opinion-and-the-embryo-debates>

seçiyordu.” Bu çelişkili rakamlar, söz konusu kararların ne kadar zorlu olduğunu ortaya koyuyor.”

Evrensel tarama yöntemini ve Down sendromu göstergesi olan fetüslerin imhasını eleştirenlerin çok geçerli soruları var. Down sendromu olan birinin yaşamının başka herhangi birinden değersiz olduğunu kim söyleyebilir? Bu tür bir karar alınırken hangi olası ahlaki kriterler kullanılabilir? Bu son derece kişisel sorular insanlığımızın özüne temas ediyor. Ancak IVF ve preimplantasyon embriyo seçimi norm haline geldiğinde ebeveyn adaylarının kendilerine soraçağı sorular, bu varoluşsal sorular olmayabilir.

Gelişmiş ülkelerde çoğu anne ve ebeveyn şimdiden Down sendromu ve genetik bozukluklar teşhis edildiğinde mevcut gebeliği sonlandırmak gibi genelde acı verici olan bir kararı alıyorsa, yapılan tercih bir kap içindeki 15 kadar erken evre embriyo arasından hangisinin transfer edileceği gibi çok daha az kaygı verici bir karar olduğunda, neler olacağını hayal edin. Bu erken evre embriyoların hepsi ebeveyn adayının “doğal” çocuğu olacak ama içlerinden sadece bir ya da ikisi aynı anda gebelik için seçilebilecek.

Kısırlık tedavi kliniklerinde IVF uygulaması yapan doktorlar düşük yapma olasılığını azaltmak için halihazırda embriyo seçimi yapıyorlar. Bir anne adayının, zorluk yaratan ve yaşamı kısaltan hastalıkları kalıtımla alabilecek olanların da arasında bulunduğu transfer edilmemiş *in vitro* embriyoları seçerken agnostik olmasını gerçekten bekleyebilir miyiz? Tercih yapabilse ebeveyn adaylarının Down sendromlu veya Tay-Sachs gibi ölüm hükümlü hastalıkları olan bir bebeği bilerek transfer ettirmesinin yasal olmasını ister miyiz?

32 Jaimc L. Natoli ve diğerleri, “Prenatal Diagnosis of Down Syndrome: A Systematic Review of Termination Rates (1995-2011)”, *Prenatal Diagnosis* 32, 2012, 142-153, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pd.2910/abstract;jsessionid=48749E1687B-81B0E20AD95934451778E.f01t03>

33 Ohio, İndiana ve Kuzey Dakota’da 2017’de yürürlüğe sokulan yasalar, bu eyaletlerdeki doktorların Down sendromu tanısı nedeniyle kürtaj yapmasını yasakladı. Sözü edilen eyaletlerde gelecek yıllarda Down sendromuyla doğan bebek sayısında yukarı doğru bir hareket görürsek yasaların işe yaradığını anlayacağız. Görmezsek, ebeveyn adaylarının üreme arzularının ifadesi için alternatif yollar buluklarını farz edebiliriz.

Bu kitabı yazarken Facebook sayfamdan arkadaşlarıma gelecekte doğacak çocuklarına ek özellik ve beceriler katabilmek için transfer edilmemiş embriyoda gen düzenleme yapılmasına razı olup olmayacaklarını sordum. “Down sendromlu çocuğa sahip bir anne olarak,” dedi eski bir arkadaşım,

zor bir ikilem olduğunu söylemeliyim. Seçme şansım olsaydı sanırım [oğlumun] Down sendromlu OLMAMASINI seçerdim. Ancak hayatımız bu tanıyla birlikte gerçek anlamda zenginleşti. Ne olursa olsun yardıma daima hazır “ikinci bir ailemiz” var artık. Oğlum bana her gün yeni bir şeyler öğretiyor. Kendisi beş yaşına gelmiş çocuklar arasında tanıdığım en eğlenceli ve komik kişi. Öte yandan bu güne dek yaşadığı ve bundan sonra yaşayacağı zorlukları önleyebilecek olsam, sanırım önlemek isterdim. Her ebeveyn çocuğunun mutlu olmasını ve o mutluluğu yaratan şey her neyse o konuda kendini olabildiğince geliştirmesini ister.

Ebeveynlerin Down sendromu taşıyan embriyoları seçmeyeceğini söylemek asla bu tür anomalisi olan mevcut çocukların başkasının çocuğundan değersiz olduğu anlamına gelmez. Ancak dünyanın her yerinde ebeveynler, bu tür anomaliler ortaya çıktıktan sonra gebeliği sonlandırmak gibi çok daha zor bir kararı halihazırda aldığına göre ebeveyn adaylarının gebelik henüz başlamadan genetik hastalık taramasını özellikle istemesi olası görünüyor. Laboratuvarda transfer edilmemiş embriyolar arasından seçim yapmak, insanlara kürtajdan çok daha az acımasız gelecektir.

Devletler ve sigorta şirketleri de –en azından yürürlükte genel sağlık sistemi olan ve kürtaj tartışmasının dindiği yerlerde– bir zaman sonra kaçınılmaz olarak genetik hastalık olarak görülecek durumlara ömür boyu ödeme yapmak zorunda kalmamak adına IVF’yi ve preimplantasyon embriyo taramasını özendirmek için önemli teşvikler sunacaktır.³⁴ Basit bir hespla bunu görmek mümkün.

34 İnsanların sigorta şirketini hemen hemen iki yılda bir değiştirdiği mantıksız sağlık sisteminde ABD’de bu teşvikler azaltılmıştır.

Erken başlangıçlı genetik hastalıklarla doğan bebeklerin çoğu, hastanelerin yeni doğan yoğun bakım bölümünde yaklaşık üç hafta kalırlar ve bunun maliyeti günde ortalama üç bin dolar, bebek başına yaklaşık 60 bin dolardır. Maliyetler bu noktadan sonra da genellikle hızla artar.³⁵ ABD'de kistik fibroz tedavisinin yıllık ek maliyeti 15.571 dolar gibi amansız bir rakamdır. Kistik fibroz hastalığı olanların ortalama yaşam süresi 37 yıl olduğundan, kistik fibrozlu birinin yaşam boyu ek sağlık maliyeti yaklaşık 600 bin dolar olacaktır. ABD'de kistik fibroz hastalığı olan 30 bin kişinin yaşadığı düşünülürse, sadece kistik fibrozun yıllık ek maliyeti 467 milyon dolar civarındadır.³⁶ Aynı hesaplama modeli uygulandığında, Huntington hastalığı olan 30 bin Amerikalının tedavisi için yaşam boyu toplam 100 ila 150 milyon dolar arası, Down sendromu olan kabaca 200 bin Amerikalının tedavisi için ise 850 milyon dolarlık bir maliyete ulaşılır.³⁷ ³⁸ Bu maliyetlerin tümü çok sevilen

- 35 Henry T. Greely, *The End of Sex and the Future of Human Reproduction*, Harvard University Press, Cambridge, 2016.
- 36 Kees van Gool ve diğerleri, "Understanding the Costs of Care for Cystic Fibrosis: An Analysis by Age and Health State", *Value in Health* 16, 2013, 345-355, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1098301512042684>. 2010 tarihli bir çalışma kistik fibrozun önlenmesinde PGT kullanımının sağlayacağı tasarruflar konusunda çok daha agresifti. Kistik fibrozlu olan bir kişinin ortalama ek maliyetinin 63.127 dolar ve ortalama yaşam süresinin 37 yıl olduğunu ileri süren araştırmacılar, 37 yıllık sürenin kümülatif tasarrufunu, benimkinden çok daha yüksek bir rakam olan 33,3 milyar dolar olarak buldular. Ayrıca araştırmacılara göre, "Kistik fibroz hastalarının acı çekerek geçirdiği kümülatif 618.714 yıl ve binlerce kürtaj önlenebilir." Bu yüksek rakamlı tahminler evrensel embriyo taramasının maliyet/kazanç durumunu da güçlendiriyor. I. Tur-Kaspa ve diğerleri, "PGT for All Cystic Fibrosis Carrier Couples: Novel Strategy for Preventive Medicine and Cost Analysis", *Reproductive BioMedicine Online* 21, No. 2, 2010, 186-195. doi:10.1016/j.rbmo.2010.04.031.
- 37 Victoria Divino ve diğerleri, "The Direct Medical Costs of Huntington's Disease by Stage: A Retrospective Commercial and Medicaid Claims Data Analysis", *Journal of Medical Economics* 16, 2013, s. 1043-1050, https://www.researchgate.net/publication/241690299_The_Direct_Medical_Costs_of_Huntington's_Disease_by_Stage_A_Retrospective_Commercial_and_Medicaid_Claims_Data_Analysis
- 38 Daha yaygın genetik hastalıkların maliyet yekûnu, daha çok insanda görüldükleri için daha yüksek. Ancak bu bozuldukların tedavisinin maliyeti, ölçek ekonomileri yüzünden düşebilir de. Daha ender rastlanan beş bin kadar tedavisi mümkün tek gen mutasyonu hastalığından bazıları ise olağanüstü maliyetli. Çünkü bunlara o kadar az rastlanıyor ki sorunu ve en iyi çözümü bulmak çok büyük valüt ve enerji alabiliyor.

kişilere, potansiyelini ortaya çıkarabilmek ve yaşamından keyif alabilmek için her fırsatı hak edenlere yapılan gerekli yatırımlar. Dahası tek bir insanın bile acısını dindirmenin bedeli ölçülemez.

Oysa bizler kurumlarımız üzerinden bu tercihleri her gün yapıyoruz. Amerika, gayrisafi yurtiçi hasılasının tümünü belli bir hastalığın tedavi ya da iyileştirilmesine ayırsa muhtemelen önemli gelişmeler kaydederiz. Bu yatırımı yapmamamızın nedeni o hastalığa karşı kayıtsız olmamız değil, toplumların işlevlerini sürdürebilmek için birbirinden farklı ve değerli çıkarlar arasında denge sağlamak zorunda olması. Dolayısıyla herkesin preimplantasyon embriyo taramasına erişebilmesi için, toplumsal yararların maddi ve diğer maliyetlere ağır basması gerekir.

Birleşik Devletler'de tüm embriyoları transferden önce çeşitli genetik hastalıklar açısından taramanın maliyeti, o hastalıklarla doğan tüm insanları ömür boyu tedavi etme maliyetinden bir dolar daha az olsa, toplum ekonomik anlamda kârlı çıkar, bir yandan da çekilen genel acı ve ıstırap seviyesi azaltılmış olurdu. Tüm bu hastalıkların tedavisinin yıllık toplam maliyetini, her yıl ABD'de doğan toplam bebek sayısına bölersek, her ebeveyn adayının topluma ek maliyet yaratmadan IVF ve preimplantasyon embriyo tarama olanağından yararlanabileceği noktanın ne olduğuyla ilgili ön bir tahmine ulaşabiliriz. "Peçete üstüne" yapılan kaba bir hesaplama bunu gösterir cinstendir.

ABD'de her yıl yaklaşık dört milyon çocuk dünyaya geliyor. Bunların yüzde 2'sinin genetik hastalıklarla doğduğunu varsayarsak, 80 bin çocuktan söz ediyoruz demektir.³⁹ Bu çocukların her birinde kistik fibrozu olan birine yaşam boyu harcanan yaklaşık 600 bin dolarlık ek maliyete denk bir genetik hastalık olsa bu, sonraki 37 yıl içinde fazladan 48 milyar doların harcanacağı anlamına gelir. Şu an geleceğe ait bu harcamayı bugüne uyarlayacak biçimde öne alabile-

39 David Sable CDC (Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri) tahminlerini kullanarak yılda 150 bin hastalığı olan çocuk doğduğunu hesaplıyor, bunların 30 biniyse kalıtsal. Bkz. David Sable, "Why the Future of Precision Medicine Runs through the IVF Lab", *Forbes*, 22 Nisan 2018, <http://bit.ly/2FF2NaS>

cek bir embriyo tarama senedi yaratsak, çocuk sahibi olmak isteyen her Amerikalı kadın için IVF ve PGT'ye harcanmak üzere 16.500 dolarımız olurdu.⁴⁰ Hesabımıza hayatın ilerleyen yıllarında ortaya çıkan birçok başka genetik ve kısmen genetik hastalığı da –diyabet, Alzheimer ve bazı kanser türleri gibi– katarsak, 16.500 dolarlık tutar çok daha yükselir.

Birleşik Devletler'de IVF olağanüstü pahalı bir işlem ve bir uygulamanın maliyeti 12 bin dolar ile 30 bin dolar arası. Üstelik yakın zamana kadar sigorta tarafından karşılanmıyordu. Çiftler ortalama üç uygulama yaptırdıkları için bu maliyetler çoğu Amerikalı için hızla karşılanamaz miktarlara varıyor.⁴¹ Ancak diğer ülkelerde IVF maliyeti çok daha düşük. Türkiye'de rakam yaklaşık 8.500 dolar, İngiltere'de 8.000 dolar, İspanya'da 5.600 dolar, Meksika'da 4.000 dolar, Kore'de 3.000 dolar ve Polonya'da 1.200 dolar.⁴² IVF'nin 45 yaş altı kadınlar için limitsiz olarak devlet sigortası tarafından kapsandığı İsrail'de ulusal IVF oranları çift basamaklar üzerinden artıyor, başarı oranları yüksek ve yurtdışından gelen tıp turistleri için de maliyetler düşük.⁴³

ABD'de IVF ve embriyo tarama maliyetleri yüksek kalmayı sürdürürse, orta halli ebeveynler bile bu hizmetler için başka yerlere gidebilir. Oysa IVF ve embriyo tarama norm haline geldikçe tüm dünyada ebeveyn adayları bu hizmetlerin sağlık sigortalarına dahil edilmesini talep edecek, IVF hizmeti sunanlar arasındaki rekabet fiyatların düşmesine neden olacak ve erişimde, kalitede, transfer

40 Sözü edilen rakam 48 milyar doların 37 yıla ve sonra da 80 bin ebeveyne bölünmesiyle bulunmuştur.

41 "Findings Suggest Increased Number of IVF Cycles Can Be Beneficial", *The JAMA Network*, 22 Aralık 2015, <https://media.jamanetwork.com/news-item/findings-suggest-increased-number-of-ivf-cycles-can-be-beneficial/>

42 Said M. Yildiz ve M. Mahmud Khan, "Opportunities for Reproductive Tourism: Cost and Quality Advantages of Turkey in the Provision of In-Vitro Fertilization (IVF) Services", *BMC Health Services Araştırmaları* 16, 2016, 378, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4982316/>

43 Ido Efrati, "Israel Remains an IVF Paradise as Number of Treatments Rises 11% in 2016", *Haaretz*, 11 Mayıs 2017, <https://www.haaretz.com/israel-news/premium-israel-remain-as-ivf-paradise-as-number-of-treatments-rises-1.5470164>

edilmemiş embriyo genlerinin ne ifade ettiği konusundaki bilgimizde önemli bir artış olacaktır.⁴⁴ Tüketiciler, sağlık hizmeti sunanlar ve sigorta şirketleri ve/veya devlete katkı payı ödeyenler de aynı geliri talep etme arzusu duyacaktır.

İleri görüşlü işverenler şimdiden kendilerini göstermeye başladı. 2014'te Apple ve Facebook kadın çalışanları için yumurta dondurma maliyetini karşılayacaklarını ilan ettiler. Bu durum söz sahibi birkaç kadın tarafından kadınları anneliği ertelemeye ve çalışmayı sürdürmeye yönlendiren bir manevra olarak görüldü.⁴⁵ Ancak Facebook'tan Sheryl Sandberg de dahil çok sayıda insan bunu, kadınları üreme konusunda daha fazla seçenekle güçlendiren kaçınılmaz bir adım olarak gördü.⁴⁶ O zamandan bu yana Amazon, Chobani, Facebook, General Mills, Google, Intel, Microsoft, Proctor&Gamble, Spotify, Starbucks, Uber ve Wayfair de dahil birçok şirket çalışanlarının sağlık sigortasına doğurganlık tazminatını da katmaya başladı. Tazminat danışmanı firma Mercer'in bulgularına göre 2018'de 20 binden fazla çalışanı olan ABD kökenli şirketlerin yüzde 44'ü bir çeşit IVF tazminatı sundu ki bu da bir önceki yıla göre kayda değer bir artıştı.⁴⁷ Fertility IQ'nun yürüttüğü bir araştırmaya göre IVF tazminatı sağlayan şirketlerde çalışan kadınların, işverenlerine sadakatinde önemli bir artış hissediliyordu.⁴⁸ Bu tür tazminatları talep

44 David Sable, "The Seven Trends That Define the Future of IVF", *Forbes*, 28 Şubat 2015, <https://www.forbes.com/sites/davidsable/2015/02/28/the-seven-trends-that-define-the-future-of-ivf/#67c863c8494b>

45 Claire Cain Miller, "Freezing Eggs as Part of Employee Benefits: Some Women See Darker Message", *The New York Times*, 14 Ekim 2014, <https://www.nytimes.com/2014/10/15/upshot/egg-freezing-as-a-work-benefit-some-women-see-darker-message.html>

46 Charlotte Alter, "Sheryl Sandberg Explains Why Facebook Covers Egg-Freezing", *Time*, 25 Nisan 2015, <http://time.com/3835233/sheryl-sandberg-explains-why-facebook-covers-egg-freezing/>

47 Vanessa Grigoriadis, "IVF Coverage Is the Benefit Everyone Wants", *The New York Times*, 30 Ocak 2019, erişim 23 Haziran, 2019, <https://www.nytimes.com/2019/01/30/style/ivf-coverage.html>

48 The FertilityIQ Family Builder Workplace Index: 2017-2018, <https://www.fertilityiq.com/fertilityiq-data-and-notes/fertilityiq-best-companies-to-work-for-family-builder-workplace-index-2017-2018>

eden çalışanların sayısı arttıkça en iyi ve en rekabetçi işverenler de bunları sunmaya başlıyorlar.

Uygun maliyetli ve yaygın genom diziliminin; IVF'nin; embriyo seçiminin; kültürel tutumlar ve finansal modellerde yaşanan kaymaların birbiriyle kesişimi, gelecekte çok daha fazla insanı, şimdiye kadarından çok farklı şekillerde bebek sahibi olmaya itecek. Arabanın arka koltuğunda yaptığımız şey arka plana atılacak çünkü cinsel birleşmeyle çocuk yapan ebeveynler, genetik seçimin olanaklarından yararlanamayacak. Doğal yolla gebelikten uzaklaşmaya doğru bu kayma, genom bilgimizin artışı çizgizel olsaydı, olasılık düzeyinde kalabilirdi. Fakat genlerimizi ve ifade ediliş şekillerini anlama doğrultusunda kat edilen üssel ilerlemenin ışığında bu, kaçınılmaz görünüyor.⁴⁹

PGT işlemiyle önden implant edilmiş embriyolardan alınan, çekilmiş ve dizilimden geçirilmiş hücrelerden nihayetinde neler öğrenebileceğimizi değerlendirebilmemiz için öncelikle genlerin işlevinin ne olduğu ve kim olduğumuzu belirlemede ne kadar önem taşıdıkları konusunda çok daha büyük sorular sormamız gerekiyor.

49 Transfer öncesi embriyo tarama yönteminin bugüne kadar benimsenme hızının öngörülenden yavaş olduğunun farkındayım. Bunun nedeni, işlemin henüz gelişme aşamasında ve pahalı oluşu, pek çok yetki bölgesinde de sigorta kapsamı dışında kalışı olabilir. Tabii tıbbi ve toplumsal normların gelişmeye devam etmesi de bir başka etken. Bazı bölgeler PGT'yi farklı oranlardan benimsiyor olabilir ama ben, benimsenme oranlarının zaman içinde her yerde artacağını, en büyük sıçramanın Çin gibi yerlerde olacağını öngörüyorum.

KARMAŞIKLIK MERDİVENİNİ TIRMANMAK

Genetik devrim kendimizi anlama girişiminde bize atalarımızın hayal dahi edemeyeceği yöntemler sundu. 20 bin yıl önce yaşamış birine insanın şifrelerden oluştuğunu anlatmaya çalışmak, ona hayat tecrübesini katbekat aşan bir şeyi benimsetmek olurdu. Ancak bilime duyduğumuz büyük ve genellikle de hak edilmiş inanca rağmen, hayatın kavrayışımızı aşan alanlarında atalarımızın benimsediği tevazu dolu takdiri korursak, bizler de akıllılık etmiş oluruz. İnsan genetik mühendisliğinin görünürde en net ve basit hedeflerinden sayılabilecek tek gen mutasyonu hastalıklar bile içimizde bu tür bir tevazu uyandırmalı.

Tek gen mutasyonlarını spesifik genetik hastalıklarla güvenilir biçimde ilişkilendirmenin ardında onlarca yıl boyunca büyük güçlüklerle kaydedilen aşamalar yatıyor. Üstelik bu hikâye ilk bakışta sanıldığından çok daha karmaşık. Belli genetik hastalıklarla ilişkilendirilen genlerin birçoğu o hastalıkların belirtilerini taşıyan insanlarda keşfedildiği için, araştırmacılar benzer genetik mutasyonları taşıyan ama o veya bu nedenle, kim bilir belki kendilerini koruyan başka genler yüzünden, söz konusu hastalığı sergilemeyen insanlar

hakkında gerektiği kadar bilgi sahibi değiller. İşte bu nedenle ne kadar çok insanın –sadece belli hastalıkları sergileyenlerin değil her tür insanın– gen dizilimini çıkarırsak, basit görünen genetik bir alanın bile ne denli karmaşık olduğunu o kadar iyi anlarız. Hepimizin şu veya bu sebeple birer genetik mutant olduğunu, kimimizde hastalığa neden olup kimimizde olmayan mutasyonlar taşıdığımızı zamanla öğreniriz.

Kendi de karmaşık ve interaktif olan genetik yapımız, çok sayıda biyolojik sistemimizin daha da karmaşık yapısı içinde varlığını sürdürür; epigenom, transkriptom, proteom, metabolom, mikrobiyom ve virom o sistemlerden sadece birkaçıdır. Bu çok bileşenli bireysel biyolojimiz çevremizin çok daha geniş olan bağlamına gömülüdür.¹

İşte 20 yıl önceki ilk dönemlerde yaşanan coşkunun ardından şimdi pek çok biliminsanın, genetiğimizi ve hem içimizde hem de çevremizde etkileşim halinde bulunan diğer sistemleri anlayabileceğimiz süre konusunda çok daha temkinli tahminlerde bulunmasının nedeni budur. Pahalı olmayan, hızlı ve doğruluk oranı yüksek olan genom analizi sayesinde devasa gelişmeler kaydettik ama veri toplama yetimiz henüz topladığımız veriyi anlama yetimizle denkleşmedi. “Bilgi toplamayı, bilgi ediniminde ve bilgiyi kavramada muadil bir artışla bir tutma hatasına düştük,” diyor Boston Üniversitesi biyomühendisi James Collins *Nature*'da.²

Ancak teknoloji konusundaki bu yerinde tevazumuzu, tür olarak haklı sebeplerle geçmişten bu yana yaptığımız gibi, doğamızdan gelen kibirle dengeliyoruz. Başta genlerimiz olmak üzere, içimizde

- 1 “Çoklu -om” sistemleri biyolojisi üzerine daha fazla bilgi için bkz. Yehudit Hasin, Marcus Seldin ve Aldons Lusism, “Multi-Omics Approaches to Disease”, *Genome Biology*, 5 Mayıs 2017, erişim 26 Haziran 2018, <https://genomebiology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13059-017-1215-1>; Marc Santolini ve diğerleri, “A Personalized, Multiomics Approach Identifies Genes Involved in Cardiac Hypertrophy and Heart Failure”, *NPJ Systems Biology and Applications* 4, No. 1, 2018, doi:10.1038/s41540-018-0046-3
- 2 Erika Check Hayden, “Human Genome at Ten: Life Is Complicated”, *Nature* 464, 2010, s. 664-667, <https://www.nature.com/news/2010/100331/full/464664a.html>

var olan bu karmaşık biyolojik sistemlerin her birini zamanla daha da deşifre edilebilir hale getirme yolunda ilerliyoruz.

İnsan genomunun bir çırpıda üstesinden gelmek imkânsız olduğundan, genetik bilimciler karmaşıklığın basamaklarını maya gibi, meyve sineği, kancalıkurt, kurbağa, fare ve zebra balığı gibi, bizimkine benzer pek çok gene ve biyolojik sisteme sahip olan ama daha basit ve hızlı üreyen örnek organizmaların biyolojik sistemlerini anlamaya çalışarak tırmanıyorlar. Tüm canlıların ortak bir atası olduğu için bu varlıkların genetik yapısı da onlardan ne zaman ayrıştığı-mıza bağlı olarak az veya çok bizlere benziyor. Örneğin insan ve meyve sineği 700 milyon yıl kadar öncesinden ortak bir atayı paylaşıyor. Çok daha yakın bir akrabamız olan fareden ise sadece 80 milyon yıl önce ayrıştık, ki bu da her ikimizin peynire olan düşkünlüğünü açıklıyor (şaka). İşte bu nedenlerle meyve sineğiyle DNA'mızın yüzde 60'ı, fareyle ise yüzde 92'si ortak.

Sözü edilen akrabalarımız adına ne talihsizlik ki genetik araştırmalarımızın büyükyükünü onlar üstlendiler. Çalışmaların ilk dönemlerinde genlerinde mutasyon yaratmak ve çeşitli değişikliklerin ne gibi fiziksel sonuçlara yol açtığını görmek için bu hayvanlar zararlı radyasyona maruz bırakıldılar. Günümüzdeyse çok çeşitli genetik araçtan yararlanılarak model organizmalarda genler nakavt ediliyor (KO)³, yani işlevsizleştiriliyor ve dünyanın birçok laboratuvarında hastalıkları ve genetik özellikleri incelemek için fareler ve diğer hayvanların genetiği değiştiriliyor.⁴ Bu süreçler sayesinde yavaş ama sağlam adımlarla bizimki gibi karmaşık biyolojik sistemlerin işleyişini daha iyi anlamaya doğru ilerliyoruz.

California Teknoloji Enstitüsü biyoloğu Eric Davidson gibi

3 Nakavt etme tabiri kobayın genlerinin etkin olmaktan çıkarılması için kullanılır. İngilizce makalelerde genelde *knock-out*'un kısaltması olan "KO" şeklinde geçer. (Ç.N.)

4 İnsan hastalıklarıyla bağlantılı genlerin yaklaşık yüzde 60'ının sineklerde eşleniği var. Araştırmacılar her çeşit insan hastalığını yaratmak ve tedavisinin bulunmasını sağlamak için daha yakın akrabamız olan farelerin yüzlerce türünü ürettiler. Model organizma araştırması insan hastalıklarına tedavi bulma açısından mutlak surette hayati bir çalışma olsa da hayvanlarda ciddi acıya neden olabiliyor. Bu nedenle hem hayvan deneylerinin devam etmesini hem de bunların sağlam etik ilkeler doğrultusunda kontrolünü sağlamamız gerekiyor.

araştırmacılar yıllardır model organizmaların karmaşık biyolojik sistemlerini daha iyi anlamanın yolları üstünde çalışıyor. Davidson sistematik olarak denizkestanelerinde çoklu proteinleri işlevsizleştirip gen ifadesini kontrol ederek, her değişimin diğer proteinler ve gen ifadeleri üstünde yarattığı etkileri gözlemliyor. Ekibiyle birlikte bu bilgiden yararlanarak büyük bir titizlikle kaç farklı protein ve genin etkileşim içinde olduğunu gösteren dinamik bir harita hazırlıyor. Amacı denizkestanesinin genel biyolojik sistemiyle ilgili temel ilkelere ortaya çıkarmak. Hâlâ yapacak çok işi olsa da Davidson çalışmalarını “hareketli parçalarını kavrayabildiğiniz takdirde, anlamak istediğiniz sistemle ilgili her şeyin kavranabileceğinin ilkesel bir kanıtı” olarak tanımlıyor.¹ İşte hızla gelişen sistem biyolojisi dalına can veren ilke de bu. Her geçen gün daha çok biliminsanının katıldığı bu alanda çalışanlar, canlılar dünyasının dinamik ve etkileşimli ağlardan oluşan ağını anlamaya gayret ediyor.

Yeni genetik araçlar birden fazla geni kapatıp açmayı mümkün kılrsa da genlerin karmaşık insan özelliklerine nasıl katkıda bulunduğunu gerçekten anlayabilmek için çok daha sofistike bir entegrasyon işlemi gerekiyor. Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları da (GWAS) işte bunu yapmaya başlıyor.

İnsanların genetik açıdan birbiriyle benzeşen özellikleri benzeşmeyenlerden çok daha fazla olsa da çeşitliliğimiz ve hastalıklarımızın sorumlusu aslında nispeten az sayıdaki genetik farklılıklarıdır. Farklılıklar bu yüzden de oldukça önemli. Eski günlerdeki gibi aynı genetik hastalığı taşıyan gruplar arasında sözü edilen tek gen mutasyonlarını arama yöntemine karşılık, GWAS sistemiyle bilinen yüzler, binler, hatta milyonlarca genetik varyasyona bakılarak, farklı sonuçlarla eşleşebilen farklılık ve örüntüler aranıyor.

Gen dizileme yapıldıktan sonra G, A, T ve C bazlarının sırası dijital dosyalara dönüştürülüyor. GWAS'ta kalabalık insan gruplarının genomunu tarayarak belli bazı genetik hastalık ve özellikler ile ilişkili genetik varyasyonları arayan bir bilgisayar algoritması da

mevcut. Her GWAS, (biliminsanlarının *tek nükleotit polimorfizmi*, [SNP] adını verdiği) bu varyasyonlardan binlercesini arayabiliyor. Aramalar sonucunda ne kadar çok bağlantılı mutasyon bulunursa, gelecekteki çalışmaların doğruluğu da o kadar yüksek olacak.

GWAS'ın ve muazzam miktarda genetik veriden anlam çıkarmaya çalışan diğer yöntemlerin işleyişini anlayabilmek için bir ormanı kavramaya çalıştığınızı düşünün. Sizden başkalarının yıllarca ağaçlar ve dallardan oluşan bu labirentte gezindiğini ve ormanda en önemli şeylerin bulunduğu –şelaleler, hayvan beslenme alanları, özel bitkiler vb.– en önemli binlerce yeri belirlediğini hayal edin. Başka birçok ormanda yaptığımız gezilerin deneyimiyle bu tür alanların önemli olduğunu biliyoruz. O halde ormanı daha iyi anlamanın yollarından biri, bu etkili alanlardan birine gidip neler olduğuna bakmak olabilir. GWAS da belli bazı genetik belirteçlerin –aradığımız şeyle ilişkili olduğu, önceden işaretlenmiş olanların– ne yaptığını bakarak, genomun engin ölçeğinde aynı şeyi gerçekleştiriyor.

GWAS'ın ötesinde yeni nesil analiz (NGS) araçları da araştırmacıların “belli bir genom”daki protein kodlayan tüm genlerin, ardından da genomun bütün genlerinin dizilimini yapmasına olanak sağlıyor. Protein kodlayan genlere bakmayı, ormandaki en önemli alanları birbiriyle ilişkilendiren bir izlek bulmaya ve izlek üstündeki farklı noktaların birbirine nasıl bağlanıp etkileşime girdiğini anlamaya benzetebiliriz. Tüm genom analizi yapmak ise ormanın tamamına bakmak gibidir; çok daha büyük ve karmaşık, ama nihayetinde ormanı sadece en önemli yerlere bakmaktan çok daha iyi anlamamızı sağlayacak bir iş.

Ormanın tamamı ya da genomun tamamı gibi dev bir veri setine odaklanmak çok daha göz korkutucu bir analiz işidir. Birkaç şelale ya da bitki hakkında veya birkaç hedef gen hakkında fikir edinmek bizim için, tüm ormanın ya da genomun karmaşık ekosistemini anlamaktan çok daha kolaydır. Gelgelelim geniş çaplı ekosistemleri anlayabilirsek, orman hakkında; insan genomu özelinde ise kendimiz hakkında, çok daha fazlasını öğrenebiliriz.

Tek bir genetik mutasyonun nasıl bir hastalık ya da özelliğe yol

açtığına bakmaktan uzaklaşıp genler ve diğer sistemlerden oluşan karmaşık bir örüntünün nasıl belli bir sonucu yarattığına bakmaya başladıkça, beynimizin sınırlı kapasitesi yüzünden nedensellik bağlantısı kurmamız giderek zorlaşır. İşte bu yüzden, bir yanda genetik ve biyoteknoloji devrimleri arasındaki kesişim, öte yanda yapay zekâ ve büyük veri analizindeki devrimler, hikâyemiz açısından hayati önem taşıyor.

* * *

Pek çoklarınınca dünyanın en karmaşık masa oyunu sayılan eski Çin oyunu go, geçmişten bu yana Çin kültürü ve stratejik düşünüşünde merkezi rol oynar. 2.500 yıl önce icat edilen go tahtası 361 kareden oluşur ve oyunculardan biri siyah, diğeri beyaz taşları tahtaya yerleştirir. Sırayla her oyuncu karşıdakinin taşlarını kuşatmaya ve taşı tahtadan indirmeye çalışır. Oyun bittiğinde en çok alana sahip olan oyuncu kazanır. Go oyununun karmaşıklığını gözler önüne sermek gerekirse; ilk iki hamleden sonra ortalama bir satranç hamlesinde yaklaşık 400 seçenek vardır, go'da ortalama bir hamle için ise yaklaşık 130 bin seçenek bulunur.

IBM'in Deep Blue bilgisayarı 1996'da büyük satranç şampiyonu Gary Kasparov'u yendikten sonra bile çoğu gözlemci bilgisayarın dünya go şampiyonunu yenmesi için henüz yıllara ihtiyaç olduğunu düşünüyordu. Ne de olsa go'nun matematiksel karmaşıklığı Deep Blue'nun bilgisayımsal yaklaşımını boşa çıkarıyordu. Ancak Google DeepMind'in AlphaGo programı 2016 ve 2017'de profesyonelleri ağırlayan bir yarışma serisinde ileri yapay öğrenme becerilerini devreye sokarak Koreli ve Çinli go şampiyonlarını bozguna uğrattınca dünyanın dikkatini üstüne çekmeyi başardı.

AlphaGo programı go oynamayı kısmen insanlar tarafından oynanan yüz binlerce go karşılaşmasının dijital kayıtlarını izleyerek öğrendi. 2017'nin ilerleyen aylarında Google DeepMind insan oyunlarını incelemeye gerek duymayan AlphaGo Zero adlı yeni programı çıkardı. Programcılar oyun inceleme yerine algoritmaya go'nun temel kurallarını yüklemiş ve en iyi stratejileri öğrenmesi

için kendine karşı oynaması talimatını vermişlerdi. AlphaGo Zero üç gün sonra önde gelen ustaları alt etmiş olan orijinal AlphaGo programını yendi.

AlphaGo Zero Go'da herkesi yenebilir çünkü muazzam bir veri alanındaki sayısız katmana sahip örüntüleri, herhangi bir insanın kendi başına asla tanıyamayacağı kadar iyi tanıyabiliyor. Teknoloji girişimcisi Elon Musk ile müteveffa Stephen Hawking'in de aralarında yer aldığı birçok insan yapay zekânın insanın ayağını kaydırıp yerine geçeceği, günün birinde da ona zarar vereceği kaygısıyla bu alandaki hızlı gelişmelerden korktu.⁶ Mevcut teknolojik gelişim düzeyimizde bu tür korkular teoride kalıyor olsa da yapay zekâyı kullanarak biyolojimizin sırlarını keşfetmeye başlamak artık teori değil. Bugün yapay zekâ teknolojisinin ayağımızı kaydırmak değil, bizi geliştirdiği açıkça görülüyor.

Enformasyon ve bilgi işlem devrimlerinin bilgiyi saklama ve işleme yöntemlerimizi ne şekilde dönüştürdüğü üstüne binlerce kitap yazıldı. 1880'lerde o gün için büyük miktar gibi görünen verilerin işlenmesinde delikli kartlar önemli bir rol oynadı. Manyetik bant ilk kez 1920'lerde bilgi depolama için kullanıldı ve geliştirilen makinelerle Nazi ve Japonların gizli kodlarının kırılıp İkinci Dünya Savaşı'nın kazanılmasını sağladı. Bundan kısa süre sonra Macar asıllı Amerikalı dâhi John Von Neumann anabilgisayar, kişisel bilgisayar ve son kertede internet devriminin önünü açan modern bilgisayarın temellerini attı. Şimdi ise birbirine bağlı büyük veri ve yapay zekâ devrimleri, içimizde ve çevremizde üretilen ve giderek artan dağlar kadar veriden günbegün daha çok anlam çıkarmamızı sağlıyor.

Büyük veri analitiği kalıbında ilk kelimenin *büyük* olması tesadüf değil. Son iki yılda insanlık tarihinin toplamında üretilenden daha çok veri üretildi ve bu bize durmaksızın hızlanan bir süreç içinde hiç

6 Holley, Peter, "Elon Musk's Nightmarish Warning: AI Could Become 'An Inunortal Dictator from Which We Would Never Escape'", *The Washington Post*, 6 Nisan 2018, https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2018/04/06/elon-musks-nightmarish-warning-ai-could-become-an-immortal-dictator-from-which-we-would-never-escape/?noredirect=on&utm_term=.b662dac58897.

olmadığı kadar büyük şeyler yapma olanağı sağladı.⁷ Veri analizinde ki bu devrim türümüzün problem çözme becerisini muazzam ölçüde artırdı.

Thomas Edison New Jersey, Menlo Park'ta fonograf, ampul, elektrik şebekesi, film çekme makinesi ve başka birçok icat üstünde çalışırken tek başına çözemediği bir sorunla karşılaştığında, muhtemelen birkaç yüz gibi nispeten az sayıda insanla konuşabiliyor ve sınırlı sayıda kitap ve gazeteden bilgi edinebiliyordu. Bugün ise türümüzün büyük kısmı internet üzerinden bir ağla birbirine bağlı. Böylece başkalarının çözüme ulaştırdığı problemlerin üstünden atlayıp kendi kendimize en iyi ele alabileceğimiz yeni sorunlara odaklanabiliyoruz.

Eskiden Edison gibi parlak insanlar öldüğünde edindikleri bilgi de büyük oranda onlarla birlikte mezara giderdi. Bugün bilgi ve birikimimizin çok daha fazlası erişebilir dijital kayıtlarımızda saklanıyor. Geliştirmeye devam ettiğimiz veri işleme ve bilgi toplama araçları ise sonsuza dek yaşayacak. İnsanın ölümü bireysel ve ailevi bir trajedi olmayı sürdürüyor (ve genelde berbat bir şey olmaya devam ediyor) ama kolektif bilgimize ve türümüzün gelişimine eskisinden çok daha az etki ediyor. Akıllı telefonlarımız sayesinde şimdiden çoğumuz birçok açıdan geçmişin büyük düşünürlerinden bile akıllıyız. Artık nefes kesen, hızla gelişen araçlarımızla işlevsel olarak birleşiyor ve pek çok önemli açıdan bu konuda kârlı çıkıyoruz.

Büyük veri ve yapay öğrenme devrimleri şehir planlamadan sü-rücüsüz arabalara ve uzay yolculuğuna kadar her tür sistemi çözmemize yardım ediyor. Ancak bu ikisinin en önemli etkileri arasında biyolojimizi anlama ve onu manipüle etme becerisi olacak. Go'da üstünlük sağlamak zor olsa da insan biyolojisinin örüntülerini tanımak bundan çok daha karmaşık. AlphaGo Zero'nun daha genel bir versiyonu olan DeepMind'ın AlphaZero algoritması go'da şampiyon olmakla kalmadı, satrançta ve karmaşık Japon strateji oyunu *shogi*'de de önde gelen şampiyonlar ile kendinden daha az gelişkin algoritma-

7 “How Much Data Does the World Generate Every Minute?”, *IFL Science*, <http://www.iflscience.com/technology/how-much-data-does-the-world-generate-every-minute/>

ları alt etti. Ardından 2019'da insan rakiplerini Quake III ve StarCraft II gibi daha da karmaşık bilgisayar oyunlarında yendi.⁸

Bu oyunların AlphaZero'ya yüklenen kuralları nispeten basitti. Biyolojimizin “kural” ve amaçlarına günün birinde hâkim olmamız mümkün ama şu an için yapay zekâ araçlarımızla bile onları anlamakta zorlanıyoruz.

O noktaya gelebilmek için öncü biliminsanları, insan genomunu daha iyi anlamaya yarayacak büyük veri analizi ve derin öğrenme araçlarını devreye sokuyorlar. Derin öğrenme yazılımı yalnızca meme kanseri ve diğer kanserlerin tıbbi görüntülemelerine insan radyologlardan daha büyük doğrulukla tanı koymada değil, aynı zamanda hastalık tanısı koymaya, hatta hastalıkları öngörmeye başlayabilmek için hastanın genom bilgisi ve elektronik kayıtlarını sentezlemede de kullanılıyor.

Dünyanın çeşitli yerlerinde şirketler bu süreci hızlandırmak için yarış içindeler. Örneğin yenilikçi Kanadalı şirket Deep Genomics yapay zekâ ile genom bilimini birleştirerek, hastalıkların işleyişindeki örüntüleri ortaya çıkarmaya çalışıyor. Çünkü kendi deyişiyle, “Tıbbın geleceği yapay zekâyâ dayalı olacak zira biyoloji insanların anlayamayacağı kadar karmaşık.”⁹ Google ile Çin şirketi Wuxi NextCODE da yakın zamanda genetik dizilemenin ürettiği muazzam miktarda veriden anlam çıkarmak üzere tasarlanmış bulut tabanlı, oldukça sofistike yapay zekâ sistemleri üretti. Boston kökenli Biogen ise var gücüyle bu muazzam veri setlerinden anlamlı örüntüler çıkarma becerisini kuantum hesaplamayla güçlendirmenin yollarını araştırıyor.¹⁰

Derin öğrenme teknikleri geliştikçe, analizi yapılmış genomlara ait daha fazla ve daha büyük veri setleri elde edildikçe ve sistem

8 Cade Metz, “DeepMind Can Now Beat Us at Multiplayer Games, Too”, *The New York Times*, 30 Mayıs 2019, <https://www.nytimes.com/2019/05/30/science/deep-mind-artificial-intelligence.html>

9 Deep Genomics, <https://www.deepgenomics.com/>

10 Sara Castellanos, “Quantum Computing May Speed Drug Discovery, Biogen Test Suggests”, *The Wall Street Journal*, 13 Haziran 2017, <https://blogs.wsj.com/cio/2017/06/13/quantum-computing-may-speed-drug-discovery-biogen-test-suggests/>

biyolojisinin temelinde yatan ilkeleri deşifre etme yetimiz arttıkça, yapay zekâ ve genom biliminin ortaklığı da güçlenecektir.

Genom veri setinin genişlemesiyle birlikte biliminsanları karmaşık genetik örüntülerin spesifik bazı sonuçları nasıl doğurduğunu anlayabilmek için yapay zekâ araçlarını kullanacaktır. Burada asıl fayda sadece çok sayıda insanın dizilimini yapmaktan değil, aynı zamanda bu kişilerin genotipini (genetik yapı) fenotipiyle (yaşamları süresince genlerinin nasıl ifade edildiği) karşılaştırmaktan sağlanacaktır. Ortak bir veritabanında analiz edilmiş genomlar ile eşleştirilen ayrıntılı yaşam kayıtlarının sayısı ne kadar artarsa, genlerimiz ve diğer biyolojik sistemlerimizin yaptıklarını o kadar iyi anlayabileceğiz.

“Dünyanın en değerli kaynağı artık petrol değil, veridir,” deniyordu 2017’de *The Economist*’te.¹¹ Genom bilimi özelindeyse bu, insanların biyolojisini, yaşamlarının pek çok yönüne ilişkin mümkün olan en spesifik bilgilerle eşleştiren kaliteli veridir, diye ifade edilebilir.¹²

Bunca engin genetik veriyle yaşam kaydını bir araya getirmek, nispeten birörnek sayılabilecek elektronik sağlık ve yaşam kayıtlarının yapay zekâ algoritmaları tarafından analiz edilmesini gerektirir. Bugünkü sağlık, tıp ve yaşam kayıt sistemlerinin çeşitliliği ise büyük genom veri havuzlarının paylaşımını, olması gerektiğinden zor hale getiriyor. İdeal bir dünyada herkesin tüm genom analizi yapılırdı ve hem kişisel hem sağlık verileri standart bir elektronik kayıt sistemine doğru biçimde kaydedilirdi. Araştırmacılar da bu kayıtlara açık ağ üstünden erişebilirdi.

Gerçek dünyadaysa en özel bilgilerimizin arama yapılabilen bir veri tabanında tanımadığımız insanların erişimine açık olması

- 11 “The World’s Most Valuable Resource Is No Longer Oil, but Data”, *The Economist*, 6 Mayıs 2017, <https://www.economist.com/news/leaders/21721656-data-economy-demands-new-approach-antitrust-rules-worlds-most-valuable-resource>
- 12 Stephen Hsu, “Genomic Prediction of Complex Traits”, The Paul G. Allen Frontiers Group (lektör), 19 Ocak 2018, <http://infoproc.blogspot.com/2018/01/allen-institute-meeting-on-genetics-of.html>

fikri çoğumuzu korkutuyor... Haklı nedenlerle elbet. Öte yandan dünyanın çeşitli yerlerinde birçok araştırmacı, şirket ve devlet, büyük veri havuzlarına duyulan kolektif gereksinimimiz ile veri gizliliğine duyulan bireysel arzumuzu dengelemenin değişik yollarını araştırıyor.

* * *

İzlanda genetik olarak dünyanın en homojen toplumlarından biri. 9. yüzyılda az sayıda ortak atanın kurduğu, sonrasında da çok az göçmenin geldiği ve yüzyıllar öncesine dek uzanan ayrıntılı soy, doğum, ölüm ve sağlık kaydının bulunduğu bu ülke genetik araştırma için ideal bir laboratuvar gibi. İzlandalı nörolog Kári Stefánsson 1996'da deCODE Genetics adlı şirketin kurucu ortaklarından biri oldu. Şirketin çeşitli hastalıkları daha iyi anlama ve tedavisini bulma amacıyla İzlandalıların gen havuzunu incelemek gibi iddialı bir amacı vardı. deCODE gerekli veriyi toplayabilmek için İzlanda Parlamentosu'nu ulusal sağlık kayıtlarını şirket erişimine açmaya; çoğunluğu şirketin hissedarı haline gelen İzlandalılarıysa şirkete kan bağışı yapmaya ikna etti.

İsviçreli ecza devi Hoffmann-La Roche 1998'de deCODE'u 200 milyon dolara satın aldığı anda, birçok İzlandalı ihanete uğradığını düşündü. Bunu takip eden davayla deCODE'un ulusal sağlık kayıtları sistemine erişimi kaldırıldı ve kişisel kayıtların paylaşımı için herkesin onayı gerekli kılındı. Ancak deCODE ile Hoffmann-La Roche İzlandalıları işbirliği sonucu geliştirilecek tüm ilaçlara ücretsiz erişim hakkı tanıyınca, çoğu İzlandalı yeniden onay verdi. deCODE'da bugün 100 bin kan örneği var, elindeki genetik havuz ve veri havuzunu ise çeşitli hastalıklarla bağlantılı genlerin keşfi için kullanıyor. Hatta kalp krizi için yeni bir tedavi bile geliştirdi.¹³ Bir diğer ecza devi AstraZeneca 2018 başında, 2026 itibarıyla kendi klinik denemelerinden yarım milyon genomun dizilimini yapmayı planladığını

13 Michael D. Lemonick, "The Iceland Experiment", *Time*, 12 Şubat 2006, <http://content.time.com/time/printout/0,8816,1158968,00.html#>

duyurdu.¹⁴ Büyük genetik veri havuzu biriktirme çabalarına devletler de epeyce müdahil olmuş durumda.

Başbakan David Cameron'ın 2012'de gösterişli bir açılışla başlattığı ve Genomics England tarafından Britanya'da yürütülen 100.000 Genom Projesi'nde, ülkenin Ulusal Sağlık Servisi'ne kayıtlı (NHS) nadir hastalığa ve kansere yakalanmış hastalar ve ailelerinin genom dizilimi yapıyor. Genetik hastalıkları daha iyi anlamak ve tedavilerini ilerletmek amacıyla genetik bilgilerin sağlık kayıtlarıyla eşleştirilmesini hedefleyen 100.000 Genom Projesi "Birleşik Krallık genom endüstrisinin gelişimine ivme kazandırma" gayesi güdüyordu.¹⁵ Ardından kapsamı genişleten NHS Genomic Medicine Service, Ekim 2018'de belli bazı kanser türü ve nadir hastalığı olan tüm yetişkinlere genom dizileme olanağı sunulacağını duyurdu. Bir başka Britanya kaynağı İngiltere Biobank ise bugün 500 bin Britanyalının genetik ve sağlık kayıtlarına sahip ve araştırmacılar için dünyanın en önemli genetik veritabanı haline geldi.¹⁶

Amerikalılar tümleşik sağlık sistemi eksikliğinin, devletlerin öncülük ettiği bu tür girişimleri ABD'de zorlaştıracığını düşünebilir ama yakın zamanda devreye sokulan ABD planı da daha az iddialı sayılmaz. ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri yıllar süren ertelemelerin ardından 2018'de genom analizlerini, sağlık kayıtlarını, düzenli kan örnekleri ve diğer kişisel bilgilerini All of Us Araştırma Programı'na sunmaları kaydıyla her tür sosyoekonomik, etnik ve ırksal gruptan hedeflenmiş bir milyon Amerikalıyla çalışmaya başladı.¹⁷ Kongre bu

14 "Harnessing the Power of Genomics through Global Collaborations and Scientific Innovation", *AstraZeneca*, 12 Ocak 2018, erişim 5 Ağustos, 2018, <https://www.astrazeneca.com/media-centre/articles/2017/harnessing-the-power-of-genomics-through-global-collaborations-and-scientific-innovation-12012018.html>

15 "The 1,000 Genomes Project", Genomics England, <https://www.genomicsengland.co.uk/the-100000-genomes-project/>

16 "About UK Biobank", Biobank, erişim 23 Haziran, 2019, <https://www.ukbiobank.ac.uk/about-biobank-uk/>

17 All of Us, National Institutes of Health, <https://allofus.nih.gov/> ; Gina Kolata, "The Struggle to Build a Massive 'Biobank' of Patient Data", *The New York Times*, 19 Mart 2018, <https://www.nytimes.com/2018/03/19/health/nih-biobank-genes.html>; Megan Molteni, "The NIH Launches Its Ambitious Million-Person Genetic Survey", *Wired*, 5 Mayıs 2018, erişim 1 Haziran, 2018, <https://www.wired.com/story/all-of-us-launches/>

program için on yıllık ve 1,45 milyar dolarlık bütçeyi onayladı ve ABD'nin dört bir yanında kayıt merkezleri kurulmaya başlandı. Gizlilik kaygılarıyla bürokratik yavaşlık sorunları aşılabilirse bu girişim genetik araştırmaları ilerletme adına çok şey başarabilir. Birleşik Devletler Savaş Gazileri İşleri Bakanlığı da kendi biyobankası Million Veterans Programı'nı başlattı. Amaç 2025 itibarıyla bir milyon gazinin genetik analizini, genotipiyle, sağlık ve hizmet kayıtlarıyla eşleştirebilmek.¹⁸

Genetik bilgi için erişilebilir, büyük veri havuzlarına duyulan toplumsal gereksinimle, genetik veriler üstünde bir miktar denetim sahibi olmak isteyen bireysel gereksinimi dengelemeye çalışan yaratıcı bazı özel sektör modelleri de ortaya çıkmaya başladı. Eski Illumina çalışanlarınca kurulan San Diego kökenli genç şirket LunaDNA çok sayıda şirket ve kliniğin elinde bulunan küçüklü büyüklü, dağınık genetik veri setlerini birleştirip arama yapmaya elverişli bir bütüne dönüştürmeyi hedefliyor. Bunun için de genetik bilgilerini paylaşmaya gönüllü insanları kripto parayla ödüllendiriyor.¹⁹ Bu tür yaklaşımlar akla yatkın, ne de olsa insanların genom analizi, tıpkı internetteki arama geçmişleri gibi yakında tüketicilerle paylaşılmaya değer avantajları olan çok önemli bir ticari değere dönüşecek. Boston kökenli Personal Genom Project de ulusal genetik veri havuzlarından oluşan açık kaynak temelli bir koalisyon oluşturmaya çalışıyor.²⁰

18 2018 itibarıyla 600 bin kadar gazinin analizi yapıldı. "Million Veteran Program (MVP)", Office of Research and Development, U.S. Department of Veterans Affairs, <https://www.research.va.gov/mvp/>

19 Luna DNA, erişim 17 Haziran 2018, <https://www.lunadna.com/>. Nebula Genomics de tüketicilerinin genetik bilgilerinin nasıl kullanıldığını anlamalarına yardım etmek ve bu bilgiyi çevreleyen ticari faaliyetten yararlanmalarını sağlamak için *blockchain* teknolojisini kullanıyor. "Nebula Genomics", erişim 27 Ağustos 2018, <https://www.nebulagenomics.io/>

20 2005'te kurulan Personal Genome Project sağlık ve diğer yaşam kayıtlarıyla eşleştirilmiş engin genetik veri havuzlarını birleştirmek amacıyla açık kaynak ve gönüllülük stratejisi üzerinden hareket eden uluslararası bir genom koalisyonudur. Personal Genomes Project'i yöneten Open Humans Project'in kurucu ortaklarından Madeleine Price Ball'a göre Mart 2018 itibarıyla ABD, Kanada, Birleşik Krallık, Avusturya ve Çin'deki ortaklar hep birlikte sadece 522 genom üzerinden bir veri havuzu oluşturdular.

Şaşırtıcı olmasa da Çin de endüstriyel çapta kendi büyük veri genetik havuzunu oluşturmak üzere agresif bir çalışma başlattı. Ülkenin kısa süre önce duyurusunu yaptığı hassas tıpta ulusal liderliği geliştirme amaçlı dokuz milyar dolar bütçesi olan 15 yıllık yatırım, dünyadaki diğer örnekleri gölgede bırakır nitelikte.²¹ Yine Çin Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu'nun biyoteknoloji endüstrisi için geliştirdiği 13. Beş Yıllık Plan'la ülkede tüm yeni doğanların en az yüzde 50'si için genom analizi hedefleniyor. Ayrıca yerel yönetimler ve özel şirketlerle işbirliği içinde yürütülen başka yüzlerce genom analizi ve klinik veri toplama projesine de destek veriliyor.²² Çin aynı zamanda ülke çapında tüm elektronik sağlık kayıtları için tek ve paylaşılabılır bir format oluşturma ve alınan gizlilik önlemlerinin araştırmacılar, şirketler ve devletin verilere erişiminde engel teşkil etmemesini sağlama yolunda da azimle ilerliyor.

Tahminlere göre dünyanın çeşitli yerlerinde sarf edilen bu tür çabaların sonucunda on yıl içinde iki milyara varan insanın genom analizi yapılacak.²³ Bunca veriden anlam çıkarmak, onları elektronik sağlık ve yaşam kayıtlarıyla ilişkilendirmek, sonra da insanın diğer biyolojik sistemlerine ilişkin büyük veri setleriyle entegre etmek, bu-

- 21 David Cyranoski, "China's Bid to Be a DNA Superpower", *Nature* 534, 2016, s. 462-463, <http://www.nature.com/news/china-s-bid-to-be-a-dna-superpower-1.20121>
- 22 Örneğin Çin'in Jiangsu bölgesi Ulusal Sağlık ve Aile Planlama Komisyonu'yla işbirliği yapıyor. Amaç bir milyon insanın gen analizini yapmak ve Asya'nın en büyük analiz platformu ve biyomedikal büyük veri analiz merkezini oluşturmak. Çin şirketi BGI Shenzhen ve İzlanda şirketi deCODE'un yan kuruluşu WuXi NextCode da muazzam genom veritabanları oluşturuyor. Bkz. Dou Shicong, "Jiangsu Government Unveils Plans to Sequence Genes of 1 Million Subjects", *Yicai Global*, 30 Ekim 2017, <https://www.yicai.com/news/jiangsu-government-unveils-plans-sequence-genes-1-million-subjects>; "Jiangsu Officially Launches Million Population Genome Sequencing Project", *China News*, 29 Ekim 2017, <http://www.chinanews.com/gn/2017/10-29/8362987.html>; Preetika Rana, "Made-to-Order Medicine: China, U.S. Race to Decode Your Genes", *The Wall Street Journal*, 20 Eylül, 2017, <https://www.wsj.com/articles/china-rushes-to-surpass-u-s-in-decoding-citizens-genes-1505899806>; David Cyranoski, "China Embraces Precision Medicine on a Massive Scale", *Nature News*, 6 Ocak 2016 <https://www.nature.com/news/china-embraces-precision-medicine-on-a-massive-scale-1.19108>
- 23 Bertil Schmidt ve Andreas Hildebrandt, "Next-Generation Sequencing: Big Data Meets High Performance Computing", *Drug Discovery Today* 22, 2017, s. 712-717.

gün sahip olduğumuzdan çok daha fazla bilgi işlem gücü gerektiriyor. Ancak süperbilgisayar işlem kapasitesinin dünyada giderek artmasıyla birlikte istenen noktaya gelemeyeceğimizi düşünmek için bir neden yok.²⁴

Genom analizini yaptırıp yaptırmamak bireylerin kendi kararına kalsaydı, bu kadar büyük miktarda genetik ve kişisel bilgiyi paylaşılabilir dijital veritabanlarında bir araya getirmek neredeyse imkânsız olurdu. Bunun yerine, genelleştirilmiş tıp sisteminden kişiselleştirilmiş tıbbın yeni dünyasına doğru kolektif geçişimizi sağlarken, hayatının herhangi bir noktasında doktora ya da hastaneye giden hemen hemen herkese standart prosedür olarak analiz yapılacaktır.

* * *

Bugünkü tıp dünyamız ortalamalar üstüne kurulu. Örneğin her ilaç herkeste işe yaramıyor ama insanların makul bir yüzdesinde bile yarıyorsa yetkililer genelde onay veriyor. Standart bir muayeneye ilaçla tedavi edilebilecek bir rahatsızlık yüzünden gittiğinizde, verilen ilacın işe yarayıp yaramayacağını öğrenmenin genelde tek bir yolu oluyor; kullanıp denemek. Yaygın kan inceltici Warfarin'i alırsanız ve işe yararsa, ilacın biyolojinize uygun olduğu anlaşılıyor. Ancak Warfarin'in iç kanamaya ve muhtemel ölüme neden olabildiği yüz kişiden biriyseniz, işe yaramadığını acı bir şekilde öğrenebilirsiniz.

Ayrı ayrı her insanın bedensel işleyişi hakkında bilgimiz henüz yetersizken, işi yürütmenin tek yolu genelleştirilmiş tıptı. Giderek yaklaşan kişiselleştirilmiş tıp dünyasında ise bu yaklaşım bir çeşit sülûkle tedavi gibi görülecek. Artık sadece doktora görünmek yerine, yapay zekâ temsilcisiyle eşleşmiş doktora görüneceksiniz. Baş ağrısından kansere varana dek bütün rahatsızlıklarınızın tedavisi, tedavinin sizin gibi birinde ne kadar işe yaradığı göz önüne alınarak seçilecek. Sağlık ve bakım kayıtlarının temelini, herkesin kendi biyo-

24 Valeria D'Argenio, "The High-Throughput Analyses Era: Are We Ready for the Data Struggle?", *High-Throughput* 7, 2018, 8.

lojisi –cinsiyet, yaş, mikrobiyom durumu, metabolik göstergeleri ve genleri de dahil– oluşturacak.

“Doktorlar her hastanın eşsiz olduğunu baştan beri biliyordu,” demişti ABD Başkanı Barack Obama 2015’teki ulusa seslenişte, “ve tedaviyi baştan beri ellerinden geldiğince kişiye göre ayarlamaya çalışıyorlardı. Örneğin kan nakli kişinin kan grubuna göre eşleştiriliyor; önemli bir keşifti bu. Peki, kanser tedavisini genetik kodumuzla eşleştirmek de bir o kadar kolay ve standart olsaydı? Hastalık için en doğru ilaç dozajını bulmak, ateş ölçmek kadar kolay olsaydı?” Obama yönetimi bundan kısa bir süre sonra “Tıpta, araştırma ve teknoloji üstüne; hastaları, araştırmacıları ve hizmet verenleri bireyselleştirilmiş sağlık hizmetinin gelişimi yönünde güçlendirecek politikalar üstüne kurulu yeni bir çağı başlatmak” amacıyla tasarlanan Hassas Tıp Girişimi’nin duyurusunu yaptı.²⁵

Bu amaç doğrultusunda kaydedilen ilerlemeler tek tek girişimler bazında ölçülüyor. 2018’de (Danville, Pennsylvania kökenli) Geisinger Sağlık Sistemi standart önleyici sağlık hizmeti kapsamında tüm hastalarına ücretsiz genom analizi yapacağını duyurdu. Geisinger’in ön araştırmasıyla hastaların yüzde 3,5’inde harekete geçmeyi gerektiren bulgular keşfedildi.²⁶ Hastalar açısından gelecek için olası tehlikelerin ortaya çıkarılması yararlı, hatta hayat kurtarıcı olabilir. Sağlık sistemi açısından hasta analizi, daha iyi hizmetin önünü açabilir ve kısa vadede ek hizmetlerden daha yüksek gelir elde edilmesini olanak tanıyarak, ileride ciddi durumların önlenmesini mümkün

- 25 “White House Precision Medicine Initiative”, National Archives and Records Administration, <https://obamawhitehouse.archives.gov/node/333101> . Hassas Tıp Girişimi daha sonra Cancer Moonshot ve All of Us girişimlerine evrildi. William Lane ve meslektaşları 2018’de tüm genom analizinin kan naklinde geleneksel kan grubu belirleme modeline kıyasla çok daha hassas sonuçlar ortaya koyabildiğini ve bu sayede hayat kurtarabildiğini gösteren önemli bir çalışmayı yayınladı. Robert Flower, Eileen Roulis, ve Catherine Hyland, “Whole-Genome Sequencing Algorithm for Blood-Group Typing”, *The Lancet Haematology* 5, No. 6, 2018, doi:10.1016/s2352-3026(18)30064-4
- 26 Ellie Kincaid, “Geisinger Says DNA Sequencing as Preventative Care Is Ready for the Clinic”, *Forbes*, 9 Mayıs 2018, erişim 12 Mayıs 2018, <https://www.forbes.com/sites/elliekincaid/2018/05/07/geisinger-says-dna-sequencing-as-preventative-care-is-ready-for-the-clinic/#60fc3ba34d63>

kılabilir. Toplumsal açıdan ise genetik anomalilerin erken aşamada belirlenmesi, genel nüfusun sağlığında artış sağlamanın yanı sıra ilerisi için hizmet maliyetlerini azaltma potansiyeli de taşıyabilir.²⁷

Her ne kadar sağlık sistemlerinin verimsizliği, birinci basamak hekimler arasında genetik uzmanlığın yetersizliği ve dünya genelinde sağlık kültürünün muhafazakârlığı, geçiş sürecini yavaşlatsa da milyonlarca, milyarlarca insan kişiselleştirilmiş tıbbı geçiş kapsamında, bir noktada genom analizini yaptıracak.²⁸ Böylece türümüzün genetik, yaşamsal ve sağlık verileri elektronik kayıtlar altına alınacak ve bu sayede karmaşık biyolojilerimizin genel çaplı analizi yapılabilecek.

Genom dizilimi yapılan insanların sayısı artıp dizilimin maliyeti düştükçe ve büyük veri analizi için gereken bilgi işlem gücümüz geliştikçe, karmaşık genetik örüntüleri anlama yetimiz de artacak. Zamanla tek gen mutasyonlarının yarattığı etkileri daha iyi anlamının ve anladığımız mutasyonlara her gün yenilerini katmanın ötesinde, koroner kalp hastalığı gibi, diyabet ve hipertansiyon gibi poligenik, yani çok genli hastalıklara yol açabilecek karmaşık genetik örüntüleri de kavramaya başlayacağız.

Genetik bilimi açısından tek gen mutasyonu hastalıklarını anlamak nispeten daha kolay. Tek gen mutasyonu pek çok yönden bir açma-kapama düğmesi gibi çalışır. Bu durumlardan biri olduğunda hastalığa büyük olasılıkla yakalanır, diğeri olduğunda yakalanmazsınız. Ancak genetiğin büyük kısmı bu kadar basit değil. Özelliklerimizin çok büyük çoğunluğu onlarca, yüzlerce veya binlerce gen tarafından belirleniyor ve birçok durumda söz konusu genlerin her biri diğerlerine kıyasla nispeten küçük bir rol oynuyor. Böyle bir durumda sonsuza dek arasak da açma-kapama düğmesini bulamadıklarımız olabilir, çünkü öyle bir düğmeleri olmayabilir. Ancak gelişen yapay zekâ becerilerimiz nasıl diğer veri setlerinde örüntüler bulmamızı

27 Tüm bunlar elbette ki herkes için çok sayıda amacından sapmış teşvikler yaratan, son derece mantıkdışı ABD sağlık sisteminde yerleşik olan şeyler.

28 Robert Green ve diğerleri, "Whole-Genome Sequencing in Primary Care", *Annals of Internal Medicine* 167, No. 3, 2017, doi:10.7326/17-9040

sağlıyorsa, elimizde konuyla ilgili yeterli veri olduğu sürece aynı araçlarla karmaşık genetik özellikleri de giderek daha iyi öngörebiliyoruz. Bir insanda genetik olarak bir hastalığın, bozukluğun ya da özelliğin gelişmesi riskine “poligenik risk skoru” deniyor. Bu sözleri unutmayın. Hayatınızı değiştirecekler.

Poligenik skor, bitki ve hayvan ıslahında 30 yıldır kullanılsa da insanla uyumluluk olasılığı son birkaç yılda aniden arttı. Skorlar, koroner kalp hastalığı, atrial fibrilasyon, tip 2 diyabet, inflamatuvar bağırsak hastalığı ve meme kanseri dahil birçok karmaşık hastalığın risk seviyesini değerlendirmede giderek artan (ama kusursuz olmayan) bir doğruluk oranıyla kullanılıyor. *Nature Genetics*'in Ağustos 2018 sayısında yazılana göre, “Poligenik risk skorları artık benzer veya daha büyük hastalık riski taşıyan nadir tek genli mutasyonlarla bulunabilecek olandan hatırı sayılır oranda yüksek bir nüfus kesitini tespit edebiliyor.”²⁹

2017'de kurulan start-up şirketlerinden Genomic Prediction bunun gibi ileri bilgisayar modelleme tekniklerini kullanarak transfer edilmemiş bir embriyoda, zihinsel yetersizlikler ve özellikler de dahil çeşitli karmaşık genetik hastalıkların gelişme riskini yüzdesel olarak hesaplıyor.³⁰ Şirket geleceğin kapsamı genişletilmiş PGT'sinin ilk örneklerinden biri. İstatistiksel olasılıklar üstüne kurulu bu tür bir “poligenik skor” sistemi, çok sayıda tek gen mutasyonu hastalığını öngörmeye bugünkü özgüvenimiz ile gelecekte yüzlerce ya da binlerce genin minimal katılımından etkilenen çok daha karmaşık hastalıkları öngörme yetimiz arasında köprü oluşturacak.

Yeni doğmuş bebeğinizi hastaneden eve getireceğinizi hayal edin. Tam çıkacağınız sırada doktor geliyor ve sizi tebrik ederken, genetik teste göre çocuğunuzun 50 yıl sonra erken başlangıçlı irsi

29 Amit V. Khera ve diğerleri, “Genome-Wide Polygenic Scores for Common Diseases Identify Individuals with Risk Equivalent to Monogenic Mutations”, *Nature Genetics* 50, 13 Ağustos 2018, doi:10.1038/s41588-018-0183-z

30 “About Genomic Prediction”, *Genomic Prediction*, erişim 5 Ağustos 2018, <https://genomicprediction.com/about/>

Alzheimer hastalığına yakalanma riskinin ortalamadan yüzde 50 yüksek olduğunu söylüyor. Neler hissedeceğinizi düşünün. Bugün çoğumuz sırf bunu söylediği için bile kızarız doktora. Ama neden? Yeni doğmuş çocuğumuzda meme kanserine ortalamadan çok daha yüksek bir yatkınlık varsa bilmek istemez miyiz? Bilip de bu mutasyonun olmayanlardan çok daha erken bir dönemde yıllık mamografi yaptırtmasını istemez miyiz? Oğlumuzda tip 2 diyabete yatkınlık varsa, onu ileride koruyacak olan diyet ve egzersiz alışkanlığını erkenden aşılama istemez miyiz? Elbette isteriz. Ebeveynler ileride hata oranı yeterince azaltılmamış öngörücü sağlık bilgisinden korkmayı sürdürmek yerine onu talep edecek ve doktorlar da bu talebi karşılayacaktır.

Bir Amerikan hastanesinde doğan hemen hemen her bebeğe yasalar uyarınca kan testi yapılması gerekir. Genelde topuktan alınan kanda çeşitli metabolik, kan ve hormonal anomalilere bakılır. Amerikan hastaneleri ve diğer hastanelerdeki az ama giderek artan sayıda yeni doğan yoğun bakım ünitesi artık kritik derecede hasta bebeklerin tüm genom analizini yapmaya başladı. Bu sadece başlangıç. Şimdilerde bütün yeni doğanlar için evrensel bir genetik tarama sistemi geliştirmeyi hedefleyen büyük çalışmalar yürütülüyor. Bu tarama ile olası anomalilerin şiddeti ve ihtimaline bakılarak muhtemel genetik risklerin ve o riskler için mevcut tedavilerin puanlaması yapılacak.³¹ Genom analizi maliyetinin günden güne düşmesi ve yararlarının artmasıyla birlikte tüm genom dizileme işlemi kuşkusuz yeni doğanlar için topuktan alınan kana yapılan test kadar normal olacak.

Analiz yaptıranların sayısı arttıkça ve veri analizimizin niteliği iyileşmeye devam ettikçe hassas tıbbımız da hızla yeni modelleriyle öngörücü sağlığa doğru evrilecek. Doktorlar giderek belirtilerden çok, nedenleri temel alan tanılar koyacak ve müdahalelerimizin oda-

31 Bkz. David J. Hunter, ve Jeffrey M. Drazen, "Has the Genome Granted Our Wish Yet?", *The New England Journal of Medicine* 380, No. 25, 20 Haziran 2019, 2391-393. doi:10.1056/nejmp1904511; ve Robert Plomin, *Blueprint: How DNA Makes Us Who We Are*, Penguin Books, Londra, 2019

ğ1 tedaviden önlemeye doğru kayacak.³² Ne var ki karmaşık genetik bozuklukları önleme ve tedavi etmek asla genetik yolculuğumuzun son noktası olamaz. Aksine henüz başlangıcı olabilir. Yardımla üreme teknolojilerinin büyük veri analiziyle, yapay öğrenmeyle ve yapay zekâ ile eşleştirilmesi giderek yalnızca bebek yapma şeklimizi değil, yaptığımız bebeklerin yapısını da değiştirecek.

Hastalıkların karmaşık genetiğini çözme arayışında, bunların etki ettiği bedensel sistemleri de anlamamız gerekiyor. Örneğin bilişsel zayıflamanın genetiğini kavrayabilmek için zekânın genetiğini anlamaya çalışacağız. Erken yaşlanmanın genetiğini değerlendirebilmek için önce yaşlanmanın daha kapsamlı genetik mekanizmalarını anlamamız gerekecek. Kısa boyluluğu anlamak için boy uzunluğunun biyolojisini kavramamız gerekecek. Diğer bir deyişle genetik anomalileri anlamaya çalışmak ve genetik karmaşıklığımızı kavramanın basamaklarını tırmanmak, bizi varlığın genetiğini anlamaya zorlayacak.

En insani özelliklerimizin genetik temellerini anlamaya başlamak ise bizi, genetik devrimin sağlığımızla sınırlı olmadığını fark etmeye zorlayacak. Bu devrim bugün kim ve ne olduğumuz, yarın ne olabileceğimizle ilgili. Çünkü o, birbiri ardına gelip çoğalan adımlarla, bir tür olarak evrimsel gidişatımızı değiştirecek.

32 Laura V. Milko, Julianne M. Odaniel, Daniela M. Decristo, Stephanie B. Crowley, Ann Katherine M. Foreman, Kathleen E. Wallace, Lonna F. Mollison, Natasha T. Strande, Zahra S. Girmay, Lacey J. Boshe, Arthur S. Aylsworth, Muge Gucsavas-Calikoglu, Dianne M. Frazier, Neeta L. Vora, Myra I. Roche, Bradford C. Powell, Cynthia M. Powell, ve Jonathan S. Berg, "An Age-Based Framework for Evaluating Genome-Scale Sequencing Results in Newborn Screening", *The Journal of Pediatrics* 209, Haziran 2019, 68-76, doi:10.1016/j.jpeds.2018.12.027

KİMLİĞİN DEŞİFRESİ

Üreme Sağlığı Kliniği'ne tekrar hoş geldiniz. Yıl 2035.

On yıl kadar önce buraya geldiğinizde güzel kızınızın korkunç bir tek gen mutasyonu hastalığıyla doğma ihtimalini ortadan kaldırmak için IVF ve embriyo tarama işlemleri yaptırınız. Kızınız şimdi on yaşında, büyüyüp serpiliyor ve embriyo taramanın çocuk sağlığını artırmada oynadığı role duyduğunuz inancı günbegün güçlendiriyor. Öte yandan okul çıkışı onu diğer çocuklarla gördüğünüzde, genetik anomaliyle doğanlar için üzüntü duyuyorsunuz; ebeveynleri gelişigüzel ve tehlikeli türden gebe kalma yöntemine kapılmak yerine laboratuvarı dölleme yaptırmış olsa, kolaylıkla kaçınılabilecek anomaliler.

Kızınızı yetiştirdiğiniz on yıl boyunca genetik bozukluklar ve özelliklere etki eden çok sayıda genin belirlendiğine ve bu keşiflere her gün yenilerinin eklendiğine dair haberleri dikkatle takip ettiniz.

Şimdi on yıl önce geldiğiniz üreme kliniğine döndünüz ve bekleme odasından çıkıp doktorun muayenehanesine giriyorsunuz. Ancak pek çok şey farklı görünüyor gözünüze.

“Doktor hanım,” diyorsunuz, içeri girerken, “sizi görmek ne güzel. Geçen gelişimde IVF ve embriyo seçiminden o kadar memnun kaldım ki şimdi tekrar yaptırmak istiyorum.” Muayene odası da az önce geldiğiniz bekleme odası gibi on yıl öncekinden çok daha konforlu görünüyor. Duvarların antiseptik beyazı yerini şimdi açık mavi ve lavanta gibi yumuşak pastelere bırakmış. Sandalyeler sanayi tipi olmaktan çıkıp modern tarza bürünmüş. Havada hafif bir gül kokusu var.

Doktor samimi bir gülümsemeyle sizi karşılamak üzere yerinden kalkıyor. “Herkes aynı şeyi söylüyor. Cappuccino alır mıydınız?”

Soru sizi afallatıyor. Ne zamandan beri muayene odasında özel kahve hizmeti sunuluyor? Son gelişinizden bu yana yardımla üreme sektörü, anlaşılan rekabetçi bir müşteri hizmetleri alanına dönüşmüş. “Kafeinsiz mi alırsınız?”

“Bu defa nispeten daha kolay bir süreç yaşayacaksınız,” diyor doktor ve başını çevirip siparişinizi kahve makinesine söylüyor. “On yıl önce yumurtalarınızdan on tanesini döllememizi istemekle son derece öngörülü davrandınız.”

“Kalan dokuz embriyonun dondurulduğunu bildiğim için gönülüm biraz daha rahat şu son birkaç yıldır. Diğer seçenekleri düşünmüş olmam tuhaf geliyor şimdi bana. O sıralar başka çocuk istediğimden bile emin değildim. Ama birkaç yıldır bir çocuğum daha olması gerektiği hissinden kaçamıyorum.”

“Biz de o hissi alıp dolu dolu, güzel mi güzel bir gerçeğe dönüş-türmek için elimizden geleni yapacağız. Şeker alır mıydınız?”

“Sadece bir kaşık lütfen.”

“Size önerim şöyle,” diyor doktor, turkuvaz rengi seramik fincanla yanınıza gelerek. “Kalan dokuz embriyonuzdan altısını çözdürelim, sonra da geçen defa yaptığımız gibi preimplantasyon genetik test için her birinden beş hücre alalım.”

“Tamam,” diyorsunuz. Görünen o ki doktorunuz on yıl önceki pratik yaklaşımından bir şey yitirmemiş.

“Ardından altı embriyonun her birinden aldığımız hücrelerin analizini yaparız ve geçen defaki gibi bu olası çocuklardan hangilerinin tek gen hastalıkları taşıyıcısı olacağını size bildiririz.”

“Tamamdır,” diyorsunuz büyük bir güvenle, kahvenizden bir yudum alarak. Kahve mükemmel demlenmiş bu arada.

“Ancak son on yılda çok şey değişti,” diye devam ediyor doktor. Size doğru eğiliyor. “O ilk günlerde sadece tek gen mutasyonu bozukluklarıyla cinsiyet, saç ve göz rengi gibi basit birkaç özelliğin testini yapabiliyorduk. Şimdi daha karmaşık genetik bozukluklara yol açabilen çoklu genlerin örüntüleri hakkında bilgimiz muazzam arttı. Bu bozuklukların bazıları hayatın hayli ileri yıllarında ortaya çıkabiliyor. Sözüünü ettiğim örüntüler kişiden kişiye değişebildiği ve bizler son derece karmaşık olan genomun tamamını henüz anlayamadığımız için, bu tür analizlere sadece yön göstericilik yapan öngörüler olarak bakabiliyoruz. Bugün artık iki değerden ibaret çıkarımlarla, on yıl önce konuştuğumuz tek gen mutasyonu hastalıkları veya bozukluklarının açma-kapama düğmeleriyle yetinmiyoruz. Size yüzdeli öngörüler sunabiliyoruz. Örneğin bir embriyodan dünyaya gelen çocuğun X hastalığına Y yaşına gelmeden önce yakalanma olasılığı yaklaşık yüzde 70 diyebiliyoruz. Ama bu, söz konusu çocuğun mutlaka o hastalığa yakalanacağı anlamına gelmiyor. Sadece onun genlerine sahip birinin bu hastalığa yakalanma olasılığı var demiş oluyoruz. Tabii bu, çocuğun doğduktan sonra deneyimleyeceği çevresel faktörler hesaba katılmadan verilen bir bilgi. Anlatabildim mi acaba?”

“Evet,” diyorsunuz, geçen seferkinden biraz daha temkinli bir tavırla.

“Öte yandan bu tür öngörülerini artık genetikten etkilenen en ciddi ve ıstıraplı hastalıkların çoğu için yapabiliyoruz; erken başlangıçlı Alzheimer, kalp hastalığı, bazı kanserler gibi. Bunların hepsini embriyo seçimiyle önlemeniz mümkün olmayacak ama riskleri ertelleyerek ya da riskten kaçınarak, çocuğunuz için olasılıkları kesinlikle iyileştirebileceksiniz.”

“Sahiden çok şey değişmiş,” diyorsunuz.

“Yasalar gereği size, bu öngörücü bilgileri isteyip istemediğinizi sormak durumundayım. Elbette ki istememe hakkına sahipsiniz. İsteddiğiniz takdirde de tabletteki şu formu imzalamanız gerekiyor.”

Tablet kalemini alıp imzayı atıyorsunuz. Neden istemeyesiniz ki? Embriyolardan birini transfer ettireceksiniz zaten. Neden sağlıklı yaşam şansı en yüksek olanı seçmeyesiniz?

“Yine yasalar gereği transferin gerçekleşmesi ve gebeliğin oluşması halinde embriyolarınızda hastalıkla ilintisiz diğer özelliklerin ifade edilme olasılığını bilmek isteyip istemediğinizi de sormak durumundayım. Bu da tamamen size kalmış.”

Soruyu kavradıkça yavaş yavaş kasılmaya başlıyorsunuz. Yanıtı bildiğinizi hissediyor ama yine de soruyorsunuz: “Ne tür özellikler?”

“En revaçta olanlar arasında daha uzun ve sağlıklı yaşama olasılığına işaret eden gen örüntüleri var mesela.”

“Eh, bunun cevabını bilmek için dâhi olmak gerekmiyor,” diyorsunuz, rahat bir nefes alarak. Bu sürecin tüm meselesi uzun ve sağlıklı bir yaşam değil mi zaten, diyorsunuz kendinize.

“Bazı insanlar hastalıkları önlemekten uzaklaştığımız oranda tedirginleşiyorlar. Birçok hastalık da yaşla bağlantılı olduğundan, hastalıkla savaşmak istiyorsak, çocuklarımızı yaşlanmaya karşı da korumamız gerekiyor.”

“O insanların bazıları da siz doktorların tanrıyı oynadığınızı düşünüyor,” diyorsunuz.

Doktor bu ima karşısında dertli dertli gülümsüyor. “Bazı insanlar yardımla üremenin ileri gitmek anlamına geldiğinden, insanlara doğanın –veya hangi ilahî varlığa inanıyorlarsa onun– sahip olmamızı istemediği seçenekleri sunduğumuzdan eminler gerçekten. Her ebeveyn adayının kendini ne şekilde rahat hissettiğini bilmek bu yüzden de çok önemli. Siz bize neyi uygun bulduğunuzu söyleyin, biz onu başarmanıza yardım edelim.”

“On yıl önceki gelişim gibi olsa şu an çok daha fazla şüphelerim

olurdu. Ama şimdi uzun ve sağlıklı yaşam şansı en yüksek embriyoyu seçmemenin gelecekteki çocuğumun elinden bir şeyleri almaya denk olduğunu görebiliyorum. Onun yaşamına sağlıklı yıllar eklemek değil de o yılların elinden alınmasını önlemek gibi bir şey bu.” İmza atmak üzere kalem bir kez daha elinize alıyorsunuz.

Doktor beklemenizi işaret ediyor. “Uzun ömür genetik taramalardan sadece biri. Boyu da büyük oranda tahmin edebiliyoruz. Devam edeyim mi?”

“Bir yerde uzun boylu insanların kısıllara kıyasla daha yüksek gelir sahibi olduğu ve özsayıgılarının daha yüksek olduğunu okumuştum.”

“Çalışmaların çoğu buna işaret ediyor.”

Birkaç santimetre daha uzun boy, başka bir embriyoyu seçmenize neden olacak kadar önemli mi diye düşünüyorsunuz? Gerçi bu embriyoların hepsi sizin olası doğal çocuklarınız. Diğer her şey eşitse neden daha uzun olanını seçmeyesiniz ki? Uzun boyluyu seçmenin, kısa olanı seçmemekten bir farkı yok, diyorsunuz kendi kendinize. Derin bir nefes alıyorsunuz. “Neden olmasın? Büyütmenin âlemi yok. Başka bir sürü şeyin seçimini yapıyorum zaten.” Kalem elinizde giderek ağırlaşıyor.

Doktor bir kez daha usulca elini kaldırıyor. “Bir diğer tarama da IQ,” diyor yumuşak ama ciddi bir sesle. Sözlerinin ne anlama geldiğinin belli ki farkında.

Siz ise konuyla ilgili yeni makaleleri gördünüz ama doğacak çocuğunuzun IQ’sunu seçme fikriyle içiniz hâlâ rahat değil. “Test ne kadar doğru?” diyorsunuz, zaman kazanmaya çalışarak. “Böyle bir şeyi bilmemiz mümkün mü gerçekten?”

“Bunların hepsi olasılık zaten ama tahminler konusundaki becerimiz giderek artıyor. IQ sadece genetikle ilgili değil. Çocuğunuzu nasıl yetiştirip eğittiniz de çok önemli. Ama ağırlıklı olarak genetik bir özellik; bilhassa da yaş ilerledikçe.”

“Peki ama IQ’su yüksek olursa daha mutlu olacak mı çocuğum?”

“Kimse bilemez,” diyor doktor. “Konunun kendisi bile hâlâ tartışmalı. Birçok kişi IQ’nun kültürel anlamda yanlı olduğunu söylüyor. Öte yandan toplumun kendisi de kültürel anlamda yanlı olabiliyor. Dolayısıyla hangi noktada olduğumuzu söylemek zor. Tabii IQ ile başka birçok önemli yaşamsal akıbetler arasındaki bağıntıyı inkâr etmek de mümkün değil.”

Bir kez daha iç geçiriyorsunuz. Çocuğunuzun beyinsel işlevini seçmeyi gerçekten isteyip istemediğinizi soruyorsunuz kendine. IQ’sunu optimize etmezseniz, bu tercihiniz yüzünden sizi sever mi, yoksa sizden nefret mi eder?

“Dünyanın çeşitli yerlerinde yapılan birçok çalışma yüksek IQ’lu insanların ortalamada düşük IQ’lulara kıyasla daha uzun yaşamaya eğiliminde olduğunu gösteriyor,” diye ekliyor doktor.

“Nereden biliyorlar?” diyorsunuz temkinle. Sesinizde insancıl bir şüphe var.

“Pek çok yerden. İskoç devleti 1930’larda aynı gün İskoçya’daki bütün 11 yaş çocuklarına test yaptı. 60 yıl sonra araştırmacılar test sonucu olan IQ’larla, o çocukların yaşamsal deneyimleri arasındaki bağlantıları inceledi. Toplumsal sınıf ve başka birçok etken eşitlendiğinde bile sonuçlar yüksek IQ’lu çocukların ortalamada daha uzun yaşadığını gösterdi. Devam niteliğindeki çalışmaların sonuçları da aynı şeyi ortaya koydu.”

“İyi ama IQ tek bir şey değil ki. Gerçek anlamda nasıl bilebilirler?” diyorsunuz, gelecekteki çocuğunuzun kimliğini, araştırma sonuçlarına indirgemek istemeyerek.

“Haklısınız. IQ pek çok insanın reddettiği karmaşık bir kavram. Yüksek IQ’nun insanı daha akıllı yapmadığını söyleyenler bile var.”

“Peki, bir insanın IQ’su yüksekse bu onun daha iyi bir sanatçı, daha sadık bir dost, daha sevgi dolu bir ebeveyn olmasını sağlar mı?” diyorsunuz.

“Doğru sorular soruyorsunuz. Hepsinin de yanıtı ‘hayır’. Bunların hiçbirine yönelik kanıt yok. Ama yüksek IQ’yla okulda, kari-

verde, zenginlik yaratmada ve sosyallikte başarı arasında bağıntı olduğuna işaret eden çok sayıda istatistiksel araştırma var.”

İster istemez yumuşadığınızı hissediyorsunuz. IQ’nun her şeyi ölçmediğini ve insanın basit bir IQ puanından çok daha fazlası olduğunu biliyorsunuz ama IQ kavramını hepten reddedip yanıldığınızı takdirde bedelini çocuğunuzun ödemesine hazır mısınız? Bu da bir risk. IQ’su en yüksek embriyoyu seçmeseniz bile seçeceğiniz embriyonun daha iyi bir sanatçı ya da daha şefkatli bir insan olacağının garantisi yine yok. Kim bilir, belki o özellikler de başka birçok özellik gibi IQ’yla pozitif bağıntılıdır.

İçinizden bir ses yanlışlık var bu işte diyor; diğer embriyolara kıyasla nispeten yüksek IQ’lu olanı seçmekte değil, IQ’su yüksek olan embriyoyu *seçmemekte* bir yanlışlık var. Gelmiş geçmiş siyaseten en doğru düşünceniz değil belki bu ama şu an amansız bir dürüstlük ânı. Parmaklarınızın arasındaki kalemi iyice sıkıyor, başınızı kaldırıp bakıyorsunuz.

“Dahası da var,” diyor doktor, ciddi bir ifadeyle. “Kişilik tipleri üzerine son araştırmalardan da söz etmem gerekiyor size.”

“Kişilik tipleri mi?” diyorsunuz, boğazınız düğümlenerek. Hiçbir şey mi kalmamış insan olmanın gizeminden geriye?

“Hayatınızda başkalarına kıyasla daha dışadönük insanlar vardır eminim.”

“Evet, tabii,” diyorsunuz, kız kardeşinizi düşünerek.

“Dışarıya karşı daha açık veya daha nevrotik insanları da bilirsiniz?”

“Bilirim.” Kardeşinizin kocası ve altı aylık yavruluk döneminin ardından şimdi aşırı beslenmiş, asabileşmiş köpekleri.

“Hatta sadist ve zalim insanlar da tanıdığınızdır.”

Dün bozuk olan su püskürtücü robotuna tekme atan öfkeli komşunuz geliyor aklınıza.

“Kişilik tipinin pek çok temeli vardır ama,” diye devam ediyor doktor, “genetik bunlar içinde belki de en büyüğüdür.”

“Bir saniye,” diyorsunuz, yine insanlığınıza dokunulduğunu hissederek. “Siz şimdi bana dondurucunuzdaki şu küçük embriyolar-dan hangisinin Rahibe Teresa, hangisinin Jeffrey Dahmer olacağını anlayabileceğimi mi söylüyorsunuz?”

Doktor espri yapıp yapmadığınızdan emin değil gibi. Temkinli davranmayı seçiyor. Gelip yanınızdaki sandalyeye oturuyor. “Demek istediğim şu ki,” diyor yumuşak bir sesle ama kelimelerin üstüne basa basa, “farklı kişilik tiplerinin altında yatan genetik örüntüleri artık anlamaya başlıyoruz ve transfer edeceği embriyoyu seçerken bu bilgiyi edinmek isteyenler, yasa gereği bu hakka sahipler. Öncesinde feragat belgesi imzalamak kaydıyla.”

“İnsan kişiliğini pek çok farklı kaynaktan edinir,” diyorsunuz, insan olmanın o sihirli bilinmezliğine tutunmayı sürdürerek. “Tüm bunları nasıl genetiğe indirgeyebilirsiniz?”

“İndirgeyemeyiz,” diyor doktor, “nokta.” Sözlerinin sindirilmesi için bir an durup bekliyor. “Ama istatistiksel olasılıklar *sunabiliriz*. Bunu tercih ederseniz, altı embriyonuzun içinden hangi kişilik tipini tercih ettiyseniz, istatistiksel olarak diğerlerine kıyasla o tipe sahip olma olasılığı en yüksek olanı seçebilirsiniz.”

“Bu işte bir acayiplik var,” diyorsunuz. “Starbucks’tan kendime bebek ısmarlıyorum sanki: Yağsız süt, duble espresso, biraz da mocha şurubu.”

“Benim işim sizi o veya bu şekilde ikna etmek değil,” diyor doktor, arkasına yaslanarak. “Sadece seçeneklerinizi anlatıyorum. Sonuçta karar size kalmış.”

Zihniniz şimdi tıklar tıklar işliyor. Kendi çocukluğunuzu düşünüyorsunuz; anne babanız ikiye ikiye toplayamazken, sizin matematikte iyi olduğunuzu gördüklerinde nasıl şaşırdıklarını. Okuldaki yetenek gösterisinde utancınızı yenip şarkı söylediğinizde, kendinizle nasıl gurur duyduğunuzu. Yaşamınız boyunca gün yüzüne çıkan onca bilinmezi düşünüyorsunuz. Ebeveyniniz sizin için menüden tercihler yapsa yine böyle hisseder miydiniz? Gösteride şarkı söylemeyi başardığınızda bu kadar mutlu olur muydunuz yoksa dışadö-

nüklüğünüzü genetik olarak optimize ettiğiniz için başaracağınızı zaten bilir miydiniz?

Sonra düşünüyorsunuz da o embriyoların hepsi sizin doğal çocuklarınız zaten. İçlerinden biri başka ebeveynlerin de benzer kararlar aldığı bir dünyaya gelecek. Eğer önümdeki yılları doğacak çocuğumun her yönden gelişip serpilmesine katkıda bulunmaya adanacaksam, neden en iyi olasılıklara sahip olanı seçmeyeyim? Kolunun titrediğini hissediyorsunuz. Eliniz farkında olmadan kalemi daha da sıkıyor.

İmzalamak ya da imzalamamak; işte bütün mesele bu.

* * *

Genetiğimizin işleyişini ne kadar iyi anlarsak, ileride dünyaya gelecek çocuklarımızda daha çok –ve genetik anlamda daha karmaşık– özellik seçme konusunda o kadar gelişeceğiz.

Bilgimizin sınırları konusunda tevazuyu daima korumamız gerekse de ezelden beri sınırları zorlayan atılgan ve kibirli bir tür olduğumuz bir gerçek. Atalarımızda grupla avlanmayı, dili, sanatı ve karmaşık toplumsal yapıları mümkün kılan beyinsel yetiler geliştikçe, çevreyi değiştiren araçlar geliştirme becerisi de arttı. Bizler tarımı, kentleri ve tıbbi geliştirdiğimiz gün doğaya, onun bizi, bizim de onu ilk bulduğumuz haline nanik yaptık.

Yine de hayalî üreme kliniğimizde yapacağımız tercihler, bizi biz yapan şeyin ne kadarının doğuştan gelen biyolojimizden, ne kadarının etrafımızı kuşatan çevreden kaynaklandığını bilmemizi gerektiriyor. Bir hastalık ya da özellik minimal oranda genetikse, IVF ve PGT sürecinde onu seçmemiz büyük bir fark yaratmaz. Huntington hastalığı gibi dominant tek gen mutasyonu hastalıklarında veya göz rengi gibi genetik özelliklerde belirleyici olan ise neredeyse tümüyle genlerdir. Ömür boyu sigara içmekten kaynaklanan akciğer kanseri söz konusu olduğunda belirleyicilik genlerde değildir.

Genetik hastalıklarımızı gidermek ve genetik özellikleri seçe-

bilmek için öncelikle kendimizin ve her bir bozukluk ya da özelliğimizin ne ölçüde genler tarafından belirlendiğini çözmemiz gerekir. Biyolojinin nerede bitip çevrenin nerede başladığını değerlendirmek, aslında doğayla çevre arasındaki dengeye ilişkin sonu gelmez tartışmamızı da tanımlamanın bir yoludur.

Bizden önceki nesiller binlerce yıldır bunu tartışıyor. Platon insanın bilgisinin doğuştan geldiğine inanırdı. Bu savına sonradan gözde öğrencisi Aristoteles karşı çıktı. Ona göre bilgi edinilen bir şeydi. Konfüçyüs MÖ 6. yüzyılda şu ünlü sözleriyle oyunu farkında olmadan Aristoteles'ten yana kullanmıştı: "Bilginin maliki olarak dünyaya gelenlerden değilim ben." 7. yüzyılda Descartes insanın belli bazı idealarla dünyaya geldiği yönündeki Platon'cu inancını dile getirdi. Bunlar hayata genel yaklaşım ve tutumumuza dayanak oluşturan fikirlerdi. Öte yandan Hobbes ve Locke, kişinin özelliklerini sadece yaşanmış deneyimlerin belirlediğine inanıyordu. Bugünlerdeyse hemen herkes doğa mı çevre mi tartışması yanıtının "her ikisi" olduğunda hemfikir. Çünkü doğa da çevre de birbiriyle kesintisiz etkileşim içinde olan dinamik sistemler. Gelgelelim bunun şüphe götürmez bir doğru olması, ne kadarımızın genetik olarak belirlendiğini çözme meselesini önemsizleştirmiyor.

Sadece felsefi bir soru değil bu. Ağırlıklı olarak doğadan ibaretsek, kim olduğumuzu önemli ölçüde genetiğimiz belirliyorsa, o zaman sorun giderme ve değişim yaratmanın genetik düzeyde gerçekleşmesi gerekir. Ancak ağırlıklı olarak çevreden ibaretsek, daha çok etrafımızı kuşatan çevresel faktörlerden etkileniyorsak, o durumda çeşitli sonuçları değiştirmek için çok daha tehlikesiz çevresel değişimler işimizi görebilecekken, karmaşık genetiğimizi değiştirmeyi düşünmemiz çılgınlık olur.

Doğa ile çevre arasına net bir çizgi çekmek imkânsız olabilir ama farklı nesillerle yapılan ikiz çalışmaları, biliminsanlarının kim olduğumuzu etkileme konusunda genetiğin oynadığı rolü anlamasına yardım etti. Doğumda birbirinden ayrılan tek yumurta ikizleri, genetiğin rolünü anlamada özellikle büyük fırsatlar sağlar. Genetiğin rolü ne kadar büyükse, ayrı yetiştirilen ikizlerin birbirine benzer olma ihtimali o kadar yüksektir.

Tek yumurta ikizleri doğumda genetik olarak birbirinin neredeyse birebir kopyası gibidir; dolayısıyla insanlar yüzde 100 genetik varlıklarsa, bu ikizlerin de yaşamları boyunca tümüyle özdeş kalmaları gerekir. İkizlerde şizofreni iyi bir test vakasıdır. Bu kronik beyinsel bozukluk tek yumurta ikizlerinin yaklaşık yarısında, her iki tarafta da görülür. Ayrı yumurta ikizlerinde yüzde 15'ten az olan bu durum, şizofrenin kayda değer bir genetik temeli olduğunu düşündürür. Ancak bu rahatsızlık bütün tek yumurta ikizlerinde paylaşılmadığından, önemli bazı çevresel ve genetik olmayan etkenlerin de rol oynadığını biliriz.

Psikolog ve genetik bilimci Thomas Bouchard'ın onlarca yıl yayılmış olup doğumda birbirinden ayrılmış ikizlere odaklanan çalışmaları da, ayrı yetiştirilen tek yumurta ikizlerinde kişilik özellikleri, ilgi alanları ve tutumların paylaşılması olasılığının, birlikte yetiştirilen tek yumurta ikizleriyle hemen hemen aynı olduğunu ortaya koydu.¹ Doğumda ayrıldıktan sonra ilerleyen yıllarda bir araya gelen tek yumurta ikizlerinin şaşırtıcı derecede benzer olduklarını keşfetmelerile ilgili akıl almaz hikâyeleri hepimiz biliriz.

Tek yumurta ikizi Jim Lewis ve Jim Springer 1940'ta, doğumdan dört hafta sonra birbirlerinden ayrıldılar. 39 yıl sonra yeniden buluştuklarında her ikisi de tırnaklarını yiyor, kesintisiz baş ağrısı çekiyor, aynı marka sigarayı içiyor ve aynı Florida sahiline aynı stil arabayla gidiyorlardı. 1988'de aynı Kolombiya hastanesinde dünyaya gelen iki ayrı tek yumurta ikizi kardeşlerin her çiftinden biri hata sonucu yanlış aileye verildi. 25 yıl kadar sonra olmadık bazı tesadüfler sonucu hata ortaya çıktığında, ailelerden biri şehirli ve varlıklı, diğeri taşralı ve yoksul olduğu halde tek yumurta ikizlerinin, biyolojik kardeşleri olduğunu sandıkları kişiye kıyasla birbiriyle çok daha fazla ortak yönleri olduğu görüldü.²

1 Bouchard ve diğerleri, "Sources of Human Psychological Differences: The Minnesota Study of Twins Reared Apart", *Science* 250, 1990, 223-228, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2218526>

2 Nancy L. Segal, *Accidental Brothers: The Story of Doubly Exchanged Twins and an Examination of Nature vs. Nurture*, St. Martin's Press, New York, 2018.

Bu hikâyeler sadece birer anekdot değil, daha derin bir genetik mesajın göstergesi niteliğinde. Ancak ikiz çalışmaları ikizler arasındaki benzerliklerin çevresel etkenlerden çok, genetik ve biyolojik etkenlerle ilintili olduğunu gösterse de bu, sevgi, ebeveynlik ve sağlanan ilgi ve bakımın kritik önemini hiçbir şekilde geçersiz kılmıyordu.³ Dünyanın çeşitli yerlerinde bu tür çok sayıda çalışma yürütüldü.

2015'te girişimci bir grup biliminsanı, geçmiş 50 yılda yapılmış ikiz çalışmalarından elde edilen bulguları kullanarak 2.748 gibi muazzam sayıda araştırma makalesinden çıkarımlar yapmaya çalıştı. Grup 39 farklı ülkedeki 14.558.903 ikiz çiftinde 17.804 özelliği inceledi. Genetik ve çevresel etkilerin dengesini daha kesin belirleyebilmek için büyük veri analizinden yararlanan biliminsanları, ölçümü yapılan tüm insan özelliklerinin en azından kısmen; bazılarının ise diğerlerinden daha fazla, kalıtsal olduğunu doğruladılar. Üst üste, ölçümü yapılan sinir, kalp, kişilik, oftalmolojik ve kulak burun boğaz rahatsızlıklarının büyük oranda genetik olduğu bulundu. Tüm özellikler geneline bakıldığında, ölçümü yapılan bütün özelliklerin ortalama kalıtsallığı yüzde 49'du.⁴ Bu bulgular doğruysa insanın aşağı yukarı yarısı genetiği tarafından belirleniyor demektir. Bu da klasikler için iyi haber olsa gerek. Ne de olsa hem Platon hem de Aristoteles haklıymış.

Genel anlamda yarı doğal yarı çevresel oluşumuz sağduyuya yakın geliyor. Çoğu ebeveyn yeni doğan çocuklarının neşeli, gergin ya da asi mizacını ânında sezdiğini söyler. Bunun bir kısmı şüphesiz çocuk büyüyüp iyimser, sinirli veya kavgacı olduktan sonra devreye giren tarihsel revizyonizmdir. Ancak bir kısmı da bizi biz yapan şeyin önemli oranda kalıtımla gelen biyolojimize dayandığını fark edişimizdendir. Şu an için hemen hemen yarımız doğadan geliyor ve bazı özelliklerimiz diğerlerinden daha genetik diye düşünersek, kendimizdeki o genetik ve biyolojik kısmı anlamada ne kadar ileri gidebiliriz?

3 "Sources of Human Psychological Differences".

4 J. Polderman ve diğerleri, "Meta-Analysis of the Heritability of Human Traits Based on Fifty Years of Twin Studies", *Nature Genetics* 47, 2015, 702-709, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25985137>

Sezgilerimiz ve araştırmalarımız sayesinde biliyoruz ki boy uzunluğu ağırlıklı olarak genetik bir özellik ama her zaman değil. Protein, kalsiyum ve A ile D vitaminleri de çocukların potansiyelleri dahilinde gelişiminde hayati rol oynuyor. 1990’larda Kuzey Kore’yi yıkım yaratan bir kıtlık vurduğunda, yaygın yetersiz beslenme bir nesil boyunca genç Kuzey Korelilerin gelişimini sekteye uğrattı. Kıtlıktan önce yetişkinliğe erişmiş Kuzey Koreliler Güney Kore ortalama boy uzunluğuna daha yakındı. Ancak 1990’larda büyüme çağında olan daha genç Kuzey Koreliler, Güney Koreli akranlarından yedi buçuk santimetreye varan ölçüde kısaydı.⁵ Bu da bize genleriniz neyi öngörüyor olursa olsun, çocukluğunuzda gerekli besinleri almadığınız takdirde boy gelişiminizin sekteye uğrayabileceğini gösteriyor.

Eğer boy ağırlıklı olarak genetikse, bir sonraki adımımız boyumuzun uzunluğu konusunda en çok hangi genlerin söz sahibi olduğunu bulmaktır. İnsanı çok uzun ya da çok kısa yapabilen az sayıda tek gen mutasyonu mevcuttur. FBN1 genindeki bir mutasyon örneğin, Marfan sendromuna neden olabilir. Bu bozukluk genelde insanların ekstra uzun kol açıklığıyla birlikte çok uzun boylu ve ince olmasına yol açar. (Olimpik yüzücü Michael Phelps ve ABD Başkanı Abraham Lincoln’da bu mutasyonun belirtileri vardır.) Öte yandan akondroplazi FGFR3 geninde, kısa uzuvlu cüceliğe yol açan bir mutasyondur.

Ancak tek gen mutasyonlarının boy üzerinde büyük etki yarattığı bunun gibi örnekler nadirdir. Çoğu durumda boy yüzlerce, hatta binlerce genin yanı sıra beslenme gibi çevresel faktörlerden etkilenir.⁶ Uzmanlar insanlar arasındaki boy farkının yüzde 60 ila 80

- 5 Daniel Schwegendiek, “Determinants of Well-Being in North Korea: Evidence from the Post-Famine Period”, *Economics & Human Biology* 6, 2008, 446-454. Gebe bir kadının yetersiz beslenmesi bilişsel fonksiyon azalmasına, kısa boya, bağışıklık eksikliğine, daha kısa ömre ve başka birçok soruna yol açabilir. Caroline H.D. Fall, “Fetal Malnutrition and Long-Term Outcomes”, *Maternal and Child Nutrition: The First 1,000 Days*, 74th Nestlé Nutrition Institute Workshop Series, 2013, 11-25, doi:10.1159/000348384.
- 6 Chao-Qiang Lai, “How Much of Human Height Is Genetic and How Much Is Due to Nutrition?”, *Scientific American*, 11 Aralık 2006, <https://www.scientificamerican.com/article/how-much-of-human-height/>

kadarının genetik temelli olduğuna inanıyor.⁷ Bu da akla yatkın geliyor. İnsanda boy genellikle zürafa boynu gibi tek bir uzun parçası var diye uzun değildir. Aksine her bir parçamız biraz daha uzun olduğu için uzun boylu oluruz. Bugün itibarıyla boy uzunluğunu o veya bu şekilde etkilediğine inanılan 800 kadar farklı gen belirledik.

Genetik boy belirleyicilerin tam listesi henüz ortaya çıkarılmasa da teorik fizikçi, Michigan State Üniversitesi araştırma bölüm başkan yardımcısı ve Genomic Prediction'ın kurucularından Stephen Hsu boy uzunluğunun halihazırda bilinen genetik faktörlerle nasıl doğru biçimde öngörülebileceğini gösteren inanılmaz çalışmalar gerçekleştirdi. İngiltere Biobank'ten gelen 500 bin genom analizinden yola çıkan Hsu ve çalışma arkadaşları sadece genetik özelliklere bakarak insanların boyunu öngörmeye çalıştı. Yapılan hesapların ardından genetik yatkınlıklarla insanların gerçek boy ölçülerini karşılaştırdılar. İlginçtir ki genetik verilere bakarak kişinin gerçek boyunu, ortalama bir 2,5 santimetrelik bir aralık dahilinde tahmin etmeyi başardılar.⁸

Bir insanın boyunu genetik özelliklerine bakarak öngörebilmek, gelişim sorunlarını çocuğun hayatının erken dönemlerinde yakalamak açısından yararlıdır. Ancak bu araştırmanın uzanımları çok daha geniş. Bu tek karmaşık özelliği öngörebilmek; herhangi bir karmaşık özelliği ve birçok karmaşık, kalıtsal genetik hastalığı anlama, öngörme, seçebilme ve son kerte de değiştirebilme olasılığını artırmanın da kapısını aralıyor. Araştırmacılar benzeri hesaplama algoritmalarını şimdiden topuk kemiği yoğunluğunu öngörmeye kullanıyorlar. Bunun yanında bir hastalığa ve özelliğe sahip yeterli sayıda insanın genom analizi paylaşılabılır bir veritabanına aktarıldığı anda, aynı yöntem Alzheimer, atrial fibrilasyon, koroner kalp hastalığı, yumurtalık kanseri, şizofreni, tip 1 diyabet gibi hastalıklara ve

7 Louis Lello ve diğerleri, "Accurate Genomic Prediction of Human Height", *BioRxiv*, 2017, <https://www.biorxiv.org/content/early/2017/10/07/190124>

8 Lello ve diğerleri; Stephen Hsu, "Genomic Prediction of Complex Traits", The Paul G. Allen Frontiers Group (lektör), 19 Ocak 2018, <http://infoproc.blogspot.com/2018/01/allen-institute-meeting-on-genetics-of.html>

diğer poligenik özellikler karşısındaki kısmi genetik yatkınlığı öngörmede de kullanılabilir.⁹

Tamamen genetik bir özellik, yüzler ya da binlerce değil, sadece birkaç genetik belirteçten etkilendiyse, onu öngörmenin daha kolay olması akla yatkın geliyor. İşte genetik anlamda basit olan özellikleri öngörmeye kıyasla karmaşık özellikleri öngörmek için daha büyük veri havuzuna ihtiyaç duymamızın nedeni de bu. Öte yandan bir özellik kısmen genetikse, onun kalıtsal olan kısmını öngörebilmek için sadece genetik veri setlerinden yararlanabiliriz. Eğer belli bir özelliğin hem ne kadar kalıtsal olduğuna ilişkin bir fikrimiz hem de onu etkileyen genlerin sayısına ilişkin kaba bir tahminimiz varsa, ancak o zaman bu özelliğin genetik olan kısmını yalnızca genetik verilere bakarak öngörebilmek için kaç kişinin genom analizi ve yaşam kaydına gereksinim duyacağımızı tahmine kalkışabiliriz. Kronik yetişkin hastalıkların en yaygınlarında bu rakamın bir milyon kadar olduğu tahmin ediliyor. Birçok psikiyatrik hastalık için ise sayı muhtemelen bir ila iki milyon kadar.¹⁰ Çoğu poligenik özelliğin genetik bileşeni büyük olasılıkla bir milyon civarı genel veri setiyle kolaylıkla öngörülebilir; veri setlerinin niteliği ne kadar iyiye, öngörü de o kadar iyi olur.

Boy uzunluğu ve genetik hastalık riski son derece karmaşık ve ağırlıklı olarak genetik özelliklerdir. Ne var ki insan özelliklerinin en önemli ve karmaşıklarından biri olan zekâyı ele almak, hepsinden zor olacaktır.

* * *

Bir kavram olarak ortaya çıkışından bu yana insanlar zekânın

9 Ian J. Deary, "Intelligence", *Current Biology* 23, 2013, R673-R676, [http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(13\)00844-0](http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(13)00844-0); Yan Zhang ve diğerleri, "Estimation of Complex Effect-Size Distributions Using Summary-Level Statistics from Genome-wide Association Studies across 32 Complex Traits and Implications for the Future", *BioRxiv*, 2017, <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2017/08/11/175406.full.pdf>; Stephen Hsu, "Genomic Prediction of Complex Traits".

10 "Estimation of Complex Effect-Size Distribution".

ne olduğu ve nasıl ölçüleceğini tartışıyorlar. Genel anlamıyla zekâyı tanımlamak, şimdiye dek pek çok kişi tarafından denense de son derece güçtür. "Akıl yürütme, plan yapma, problem çözme, soyut düşünme, soyut fikirleri kavrama, hızlı öğrenme ve deneyimler üzerinden öğrenme yetisi" pek çok şeyi kapsasa bile bir o kadarını da dışarıda bırakır."

Bunun nedeni tüm özellikler gibi zekânın da ancak belli bir bağlam çerçevesinde değerli olması ve ne kadar farklı insan tipi varsa o kadar farklı zekâ tipinin olmasıdır. Kimse mutlak anlamda akıllı, güzel ya da güçlü değildir. Bir insanı çevresinden alıp çıkardığınızda, sahip olduğu zekâ türünün değeri artabilir de azalabilir de. Albert Einstein çoğumuzdan akıllıydı ama onunki gibi bir zekânın kıtlık döneminde yiyecek ya da su bulmaya yarayacak türden olduğundan emin değilim.

Zekâyı derecelendirmenin her türlü özünde ayrımcılık içerir diyen sav, politik olarak cazip gelse de bir tür olarak gelişim kaydetmemiz için zekâyı hem genel olarak hem de spesifik işler bazında derecelendirmemiz ve en yetkin kişilerin kendilerine en uygun işleri yapmasını sağlamamız gerekir (ki nükleer istasyonlarımızı soyut sanatçılarımız yönetmesin). İnsanların genetik kapasitelerinin rolleriyle eşleşebileceği ve genel zekânın öncelik kazanacağı bir dünyada, böyle bir çeşitlilikten maksimum yarar sağlayabilmek için (bir yandan kendi insanlığımızın ayırdına daha iyi varırken, bir yandan da) tanım itibarıyla birbirinden farklı zekâ türlerine saygı duymamız gerekecektir. Ancak zekânın çok değişik çeşitleri olduğunu söylemek, bazı türlerinin aynı zamanda hiyerarşik olduğunu kabullenmemize engel olamaz; özellikle de belli bağlamlar çerçevesinde.

Zekânın kalıtsallığı konusunda mücadele, belki de diğer pek çok özellikten daha cansiparane biçimde, yıllardır sürüyor. 1800'lerin sonlarında örneğin, İngiliz bilim insanı ve âlim Sir Francis Galton –kendisiyle daha sonra öjeninin [soy ıslahı] çirkin çehresini tartışırken tekrar buluşacağız– İngiliz asilzadeleriyle sıradan halkın

duyusal ve diğer niteliklerini ölçüp karşılaştırmaya kalkmıştı. Seçkinlerin genetik üstünlüğünü kanıtlamaya yönelik bu yanlı çaba bir yere varmadı ama zekâyı ölçme fikrinin bile baştan kaygı verici olduğunu ortaya koydu. 20 yıl kadar sonra Fransız psikolog Alfred Binet çocuklar için, kimin okulda özel yardıma ihtiyaç duyduğunu belirlemeyi amaçlayan sorular tasarladı. Ortalama bir öğrencinin bu soruları kolayca yanıtlanabileceği inancına dayanarak, yanıtlayamayan çocuklar ortalamadan düşük zekâ sahibi olarak değerlendirildi.

Standart, ortalama zekâ diye bir şeyin olduğu ve insanların bu çıtanın altında ya da üstünde kaldığı fikri Alman psikolog William Stern tarafından daha da geliştirildi. Stern ortalama zekâ bölümü ya da seviyesini (IQ) 100 olarak sabitledi. Bir insanın IQ'su 120 ise bu modele göre ortalamadan yüzde 20 yüksek zekâyı sahipti. (IQ) 80 ise yüzde 20 düşük oluyordu. Amerikalı psikolog Charles Spearman çocuklarda bilişsel yetilerle birden fazla konu arasında bağıntı olduğunu –belli bir alanda iyi olanların, başka bazı alanlarda da iyi olma yatkınlığına sahip olduğunu– fark etti ve *genel zekâ faktörü* kavramını geliştirdi.¹²

Bunu izleyen yıllarda IQ kavramı dünyaya hızla yayıldı ve en ünlü kullanımı Birinci Dünya Savaşı sırasında ABD ordusu olmak üzere sayısız kurum tarafından çoklu görevlere uyarlanabilir genel yatkınlığı değerlendirmek amacıyla kullanıldı. IQ testleri ABD ordusuna belli türde yatkınlıkları ölçmede yardım ettiyse de gruplar arası IQ dengesizliğini gösteren sonuçlar da Princeton'lı Carl Brigham gibi önde gelen bazı akademisyenlerce –ileriye dönük kötü bir alamet gibi– göçün ve ırksal entegrasyonun Amerikan gen havuzunu zayıflatacağı savında kullanıldı.

Tartışmalı geçmişine karşın pek çok çalışmanın gösterdiği ve hayalî doğum uzmanımızın da açıkladığı gibi IQ ile kişinin sağlığı, eğitim düzeyi, refahı ve yaşam süresi arasında kayda değer bir bağın-

12 Charles Spearman, "‘General Intelligence’ Objectively Determined and Measured", *American Journal of Psychology* 15, No. 2, 1904, 201-93, <http://dx.doi.org/10.2307/1412107>

tı bulunur.¹³ Atalarımızın işine yarayan –bellek, örüntü tanıma, dil becerisi ve matematik yeteneği de dahil– genel bilişsel yetilerin birçoğu ile IQ arasında pozitif bağıntı vardır, yüksek IQ'lu insanlar ise başka birçok bilişsel testte de iyi puan almaya yatkındır. IQ yine de onu eleştiren birçok kişi için kendi kendini doğrulayan, hatalı, farklılığa saygı göstermeyen, ırksal ve sosyoekonomik anlamda yanlı, tehlikeli ve genel olarak hayli şaibeli olmayı sürdürüyor.¹⁴

Bu tartışma Richard Herrnstein ve Charles Murray'nin yazdığı 1994 tarihli *The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life* [Çan Eğrisi: Amerikan Yaşamında Zekâ ve Sınıf Yapısı] adlı kitabın yayımlanmasından sonra çığrından çıktı. Kitapta zekâ Amerikan toplumu için yeni bir ayırım çizgisi olarak tanımlanıyordu. Kitabın başında yazarlar genel faktör bilişsel yetisinin güvenilir biçimde ölçülebileceği, insanları birbirinden ayırdığı ve yüzde 40 ila 80 oranında kalıtsal olduğu görüşünü savunuyordu. Herrnstein ve Murray zekânın genetik ve çevresel bileşenlere sahip olduğunu kabul etse de IQ testlerinde neden bazı grupların diğerlerine kıyasla daha az puan aldığının genetikle açıklanabileceği ve yoksul kadınların üremesini engelleyici devlet teşvikleri sayesinde Birleşik Devletler'de IQ ortalamasının artırılabilirliği yönünde tartışmalı görüşler ileri sürüyordu.¹⁵ İnsanlar ve gruplar arasındaki zekâ farklılıkları, IQ ve ırk gibi tabu konularını aynı anda ortaya atan Herrnstein ve Murray ilerici kamuoyunun oklarına hedef oldu.

The New York Times'ın köşe yazarı Bob Herbert *The Bell Curve*'ü

- 13 Brian Resnick, "IQ, Explained in 9 Charts", *Vox*, 10 Ekim 2017, <https://www.vox.com/2016/5/24/11723182/iq-test-intelligence>. Robert Plomin ve Sophie Von Stumm, "The New Genetics of Intelligence", *Nature Reviews Genetics* 19, No. 3, 2018, 148-59, doi:10.1038/nrg.2017.104
- 14 Patrick F. McKay ve diğerleri, "The Effects of Demographic Variables and Stereotype Threat on Black/White Differences in Cognitive Ability Test Performance", *Journal of Business and Psychology* 18, 2003, 1-14, <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1025062703113>. Ayrıca bkz. Daphne Martschenko, "The IQ Test Wars: Why Screening for Intelligence Is Still So Controversial", *The Conversation*, 10 Ekim 2017, erişim 26 Haziran, 2018, <https://theconversation.com/the-iq-test-wars-why-screening-for-intelligence-is-still-so-controversial-81428>
- 15 Richard J. Herrnstein ve Charles A. Murray, *The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life*, Free Press, New York, 1997. Kitap ilk olarak 1994'te basıldı.

"Ciddiyetli akademik çalışma kılığına bürünmüş edepsiz bir ırksal pornografi" olarak tanımlandı.¹⁶ Genel zekâ faktörü kavramını uzun zamandır eleştiren Harvard'lı Jay Gould doğum öncesi beslenme, ev hayatı ve nitelikli eğitime erişim gibi başka bazı çevresel faktörlerin, kişinin zekâsı üstünde Herrnstein ve Murray'nin hesaba kattığından çok daha önemli bir etkisi olduğunu ileri sürdü.¹⁷ Başkaları da kitabı indirgemeci, bilimsel açıdan baştan savmacı ve tehlikeli biçimde yanlı olmakla eleştirdi.¹⁸

Ne var ki bu çekişmeli ortamda bile önemli sayıda araştırmacı, bir yandan genetik bilimini tartışmalı ırk ve toplumsal cinsiyet politikalarıyla ilişkilendirmemeye özen gösterirken, diğer yandan genel bilişsel yetinin büyük oranda genetik ve kalıtsal olduğu ilkesini savundu. Önde gelen 52 akademisyen 1994 Aralık'ında *The Wall Street Journal*'da yer alan ortak bir bildiride zekânın tanımlanabileceği ve doğrulukla test edilebileceğini, büyük oranda genetik ve kalıtsal olduğunu ve "IQ ile önemli birçok eğitimsel, mesleki, ekonomik ve toplumsal sonuç arasında, belki de diğer tüm ölçülebilir insan özelliklerinden de güçlü bir ilişki olduğunu" ileri sürdü.¹⁹ Herrnstein ile Murray küçük düşürücü politikalar öneren hatalı mesajcılar olsalar da, IQ'nun gerçek, ölçülebilir ve kalıtsal genetik bir bileşene sahip olduğu fikri kolayca savuşturulacak gibi değildi.

- 16 Bob Herbert, "In America; Throwing a Curve", *The New York Times*, 26 Ekim 1994, erişim 26 Haziran 2018. <https://www.nytimes.com/1994/10/26/opinion/in-america-throwing-a-curve.html>
- 17 Stephen Jay Gould, "Curveball", *New Yorker*, 28 Kasım 1994, <http://www.dartmouth.edu/~chance/course/topics/curveball.html>. *The Bell Curve*'ün derin, güçlü bir eleştirisi için ayrıca bkz. Siddhartha Mukherjee, *The Gene: An Intimate History*, Vintage, Londra, 2017, 343.
- 18 Bu eleştirilerin bir derlemesi için bkz. Steve Fraser, *The Bell Curve Wars: Race, Intelligence, and the Future of America* BasicBooks, New York, 1998. Ayrıca bkz. Eric Siegel, "The Real Problem with Charles Murray and 'The Bell Curve'", *Scientific American Blog Network*, 12 Nisan 2017, erişim tarihi 17 Haziran 2018. <https://blogs.scientificamerican.com/voices/the-real-problem-with-charles-murray-and-the-bell-curve/>
- 19 Yeni baslası Linda S. Gottfredson, "Mainstream Science on Intelligence: An Editorial with 52 Signatories, History, and Bibliography", *Intelligence* 24, No. 1, 1997, 13-23, doi:10.1016/s0160-2896(97)90011-8. Amerikan Psikoloji Birliği benzeri sonuçlara ulaşan kitabın bulgularını değerlendirmek üzere özel bir ekip görevlendirdi.

Onlarca yıldır yapılan tek yumurta ikizi ve diğer ikiz çalışmaları IQ'muzun ne kadarının genlerimize, ne kadarının deneyimlerimize dayalı olduğunu anlamamıza katkı sağladı. 1979 ile 1990 arasında yürütülen Minnesota İkiz Aileleri Çalışması'nda erken dönemde birbirinden ayrılan ve ayrı yetiştirilen 137 ikiz çiftinin –81'i tek yumurta, 56'sı çift yumurta ikizi– takibi yapıldı. Boy uzunluğunun genetik yapısı üstüne çalışan araştırmacıların bulgularıyla benzer biçimde Minnesota bilimcileri de IQ'nun yüzde 70 oranında genetik temelli olduğunu, sadece yüzde 30'unun farklı yaşamsal deneyimlerden kaynaklandığını buldular. Bu da başka birçok ikiz çalışmasıyla örtüşen bir sonuçtu.²⁰ Zekânın genetiğine ilişkin daha yeni bir literatür tarama çalışması da IQ'nun yaklaşık yüzde 60'ının kalıtsal olduğunu öngördü.²¹ IQ öğrenme ve büyüme sürecimizde ifadesini bulan ve gerçekleşen bir şeyin ölçümü olduğu için (nitekim yeni doğanlara bu yüzden IQ testi yapmayız), genetik kalıtsallığı da yaş arttıkça artma eğilimi gösteriyor.²²

Her şeye rağmen, kısmen de olsa genetik temelli bir IQ kavramının kendisi bile hâlâ hassas bir konu olmayı sürdürüyor. Minnesota İkiz Aileleri Çalışması gibi araştırmaların sosyoekonomik açıdan yanlı olup olmadığı sorusu defalarca gündeme geldi. Virginia Üniversitesi psikoloji profesörü Eric Turkheimer 2003'te zekâdaki kalıtsallık oranının, birçok çalışmada test edilen orta sınıf ağırlıklı ikizler kadar, yoksullar için de geçerli olup olmadığını test etmeye karar verdi. İlginçtir ki sonuca göre IQ'da genetik öngöstergelerin doğru-

20 "Sources of Human Psychological Differences".

21 Plomin ve I. J. Deary, "Genetics and Intelligence Differences: Five Special Findings", *Molecular Psychiatry* 20, 2014, 98-108, <https://www.nature.com/articles/mp2014105.pdf>

22 Thomas J. Bouchard, "The Wilson Effect: The Increase in Heritability of IQ with Age", *Twin Research and Human Genetics* 16, No. 5, 2013, 923-30, doi:10.1017/thg.2013.54. IQ göreceli bir terim olduğundan, yaşlandıkça diğer insanlarla göreceli bir şekilde yaş aldığımız için genetiğin IQ'dan daha önemli bir etmen olması gerek. Bir diğer çalışma ise yetişkin IQ'sunun yüzde 80 oranında kalıtımla aktarılabilir olduğuna işaret etti. Valerie S. Knopik ve diğerleri, *Behavioral Genetics*, Worth Publishers, 2016; Susan Bouregy, Elena L. Grigorenko ve Stephen R. Latham, *Genetics, Ethics and Education*, Cambridge University Press, Cambridge, 2017.

luk oranı, daha az avantajlı ailelerden gelen çocuklar için daha düşüktü.²³ Bunun açıklamalarından biri, IQ testlerinin ciddi biçimde yanlı ve hatalı olması olabilir. Bir diğer açıklama, bu dezavantajlı durumlarda olumsuz çevresel faktörlerin, olumlulara kıyasla nispeten daha büyük bir etki yaratması olabilir; tıpkı gıda kıtlığının Kuzey Kore’de 1990’larda doğan çocuklarda, nüfusun geri kalanına kıyasla çevresel faktörleri daha önemli kılması gibi.

Çok sayıda çalışmadan çıkan, IQ’nun tamamen değilse de büyük oranda genetik olduğunu söyleyen bulguları kabul edersek sorumuz, IQ’nun ardında yatan genetik özellikleri nasıl anlayacağız sorusuna dönüşüyor. Bu yanıt için biliminsanları son yıllarda IQ’ya etki eden binlerce geni bulmaya yönelik sayısız çalışma yürüttüler. 2016 itibarıyla zekâyla bağlantılı sadece birkaç genetik varyant²⁴ belirlense de o zamandan bu yana binden fazla yeni varyant tespit edildi.²⁵ Kaydedilen aşama hayret verici belki ama belirlenen gen ve gen varyantlarının her biri, insanlar arasında tahmin edilen IQ farklılık-

- 23 Eric Turkheimer ve diğerleri, “Socioeconomic Status Modifies Heritability of IQ in Young Children”, *Psychological Science* 14, 2003, 623-628.
- 24 Mutasyon ve varyant aşağı yukarı aynı şeydir ama biz hastalıkla bağlantılı ve genelde ender olduğunda buna mutasyon; hastalıkla bağlantısız özellikleri etkilediğinde ve daha yaygın olduğunda varyant diyoruz. Bazı araştırmacılar son zamanlarda bu vurguyu yapabilmek için mutasyon yerine patojenik varyant terimini kullanmaya başladılar. Hastalıklarla özellikler arasındaki çizgi fazlasıyla geçişken olduğundan, bu iki terim genelde birbirinin yerine kullanılabilir.
- 25 D. Hill ve diğerleri, “A Combined Analysis of Genetically Correlated Traits Identifies 187 Loci and a Role for Neurogenesis and Myelination in Intelligence”, *Molecular Psychiatry*, 2018, doi:10.1038/s41380-017-0001-5, <https://www.nature.com/articles/s41380-017-0001-5>; D. Zabaneh ve diğerleri, “A Genome-Wide Association Study for Extremely High Intelligence”, *Molecular Psychiatry* 23, 4 Temmuz 2017, 1226-1232, <https://www.nature.com/articles/mp2017121>; Gail Davies ve diğerleri, “Ninety-Nine Independent Genetic Loci Influencing General Cognitive Function Include Genes Associated with Brain Health and Structure”, *BioRxiv*, 2017, <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2017/08/18/176511.full.pdf>; Robert Plomin ve Sophie von Stumm, “The New Genetics of Intelligence”, *Nature Reviews Genetics* 19, 8 Ocak 2018): 148-159, doi:10.1038/nrg.2017.104, <https://www.nature.com/articles/nrg.2017.104>. Bu kitap yayımlandığında sayı muhtemelen 200’ü geçecek; Danielle Posthuma ve diğerleri, “Genome-wide Association Meta-analysis in 269,867 Individuals Identifies New Genetic and Functional Links to Intelligence”, *Nature Genetics*, 1 Temmuz 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29942086>

larının ancak çok küçük bir yüzdesine karşılık geliyor.²⁶ Zekâyı etkileyen ve büyük olasılıkla sayıları binlerce olan gen arasından bin kadarını belirlemek, genel tabloya baktığımızda bize, yaşayan ya da dünyaya gelmemiş bir insanın zekâsı hakkında çok az bilgi sağlıyor.

Ancak yine de...

Bu genleri genetik devriminin henüz ilk aşamalarında böylesine büyük bir hızla belirlemiş olmamız, analizi yapılan insanlar ve bu insanların kayıtlarına erişim arttıkça; bilişim araçları ve büyük veri analiz kapasitesi geliştikçe; daha çok para, insan, eğitim, iş alanı ve devlet kaynağı devreye sokuldukça; bundan çok daha fazla geni bulacağımız yönünde güçlü işaretler veriyor.²⁷ IQ'ya etki eden genlerin toplam sayısının, tanım itibarıyla (insan genomundaki genlerin sayısı olan) 21 binden az olması gerekir. IQ'ya destek veren genleri belirleme hızımız son birkaç yılda katlanarak arttı ve bu süreç aynı şekilde devam edecek.

IQ'nun genetik şifresini kırma yolunda büyük aşamalar kaydettik ve önümüzde hâlâ uzun bir yol var ama IQ genetik yapı olarak boy uzunluğundan ne kadar daha karmaşık? İki kat mı, üç kat mı, beş kat mı? On kat karmaşık olmadığı kesin.

Steve Hsu'nun ön analizi ve biyoistatistikçi Yan Zhang ile Johns Hopkins Üniversitesi'ndeki meslektaşlarının etkileyici çalışmasına göre bir milyon kadar insanın genom analizi ve yaşam kaydı erişilebilir olduğunda, ortalama yüzde 50 ve üstü kalıtsallığa sahip çoğu özellik, görece yüksek bir doğrulukla öngörülebilecek.²⁸ Şimdilik di-

26 Suzanne Snickers ve diğerleri, "Genome-Wide Association Meta-analysis of 78,308 Individuals Identifies New Loci and Genes Influencing Human Intelligence", *Nature Genetics* 49, 2017, 1107-1112.

27 Araştırmacılar şimdiden, tek gen mutasyonlarını belirleyerek genel zekâ çıkarımı yapma yönündeki "aşağıdan yukarıya" türü bir modelden, tüm bu mutasyonlarda belirlenen örüntülerden elde edilen büyük veri analizine dayalı daha "yukarıdan aşağı" bir yaklaşıma doğru geçiş yapmaya başladılar.

28 Yan Zhang ve diğerleri, "Estimation of Complex Effect-Size Distributions Using Summary-Level Statistics from Genome-wide Association Studies across 32 Complex Traits and Implications for the Future", *BioRxiv* (2017), <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2017/08/11/175406.full.pdf>; Stephen Hsu, "Genomic Prediction of

yelim ki insan zekâsı Hsu ve Zhang'in hesabından beş kat daha karmaşık. Bu da beş milyon insanın genom analizi ve kaydını gerektirir. Günümüz standartlarına göre bu yüksek bir sayı olsa da, önümüzdeki on yıl içinde analizi yapılması muhtemel iki milyar insana kıyasla hiç de öyle değil.

Anlaması ve sayısallaştırması belki bundan da karmaşık olan bir insan özelliği de kişilik tipidir. Kişilik insan özelliklerinin en mahremlerinden biridir. Nitekim doğum doktoru seçim seçeneklerinden biri olarak onu sunduğunda yutkunmanızın nedeni de buydu. Myers-Briggs gibi testler farklı kişilik tiplerini sayısallaştırma girişiminde bulunsa da, bu işlem hâlâ göze bilimden çok zanaatmış gibi görünür.

1950'lerde geliştirilmiş önde gelen bir kişilik kuramı, insanda kişilik tiplerini beş ana kategoriye ayırır: Dışadönüklük, nevrotiklik, deneyime açıklık, sorumluluk ve uyumluluk. Hepimiz kuşkusuz bu tiplerden her birinin spektrumu üstünde bir yere denk geliriz ve bu tür ölçümler kaçınılmaz biçimde göreceli ve öznel. Yine de arkadaşlarımızı ve aile üyelerimizi en az ve en çok dışadönük, nevrotik vb şeklinde sıralayabiliriz. Dolayısıyla kategorilerin anlamsız olduğu da söylenemez.

İkiz çalışmalarının her zamanki gibi kişilik tiplerinde de söyleyecek çokça sözü vardı. Minnesota ikiz araştırmacıları, "Yapılan çok sayıda kişilik ve mizaç, meslek ve hobiler; sosyal davranışlar ölçümünde, ayrı yetiştirilen tek yumurta ikizlerinin, birlikte yetiştirilen tek yumurta ikizleriyle hemen hemen aynı olduğu görüldü. Aynı evde yetiştirilmenin etkisi birçok psikolojik özellik açısından yok sayılabilir nitelikteydi," şeklinde şaşırtıcı bir sonuca vardı.²⁹

İkiz çalışmaları araştırmacılar için kişilik tipinin genetiğini in-

Complex Traits", The Paul G. Allen Frontiers Group (lektör), 19 Ocak 2018, <http://infoproc.blogspot.com/2018/01/allen-institute-meeting-on-genetics-of.html>; "Heritability", SNPedia, son değişiklik 13 Mart 2018, <https://www.snpedia.com/index.php/Heritability>. Ortalama yüzde 50 ve üstü kalıtsallığı olan bazı hastalıklar ve insan vücudu rahatsızlıklarının genel bir listesi için: SNPedia.com

celemek için tek yol değil. San Diego, California Üniversitesi'nden biliminsanları, yüz binlerce insanın genom bilgisiyle, aynı insanların 2016'da *Nature Genetics* dergisinde yayımlanan bir çalışmadaki ankete kişilik tipiyle ilgili verdikleri yanıtları birleştirerek karşılaştırma yaptı. Kendini benzer kişilik tipinde tanımlayan insanların genom analizini kıyasladıklarında, kişilik özellikleriyle anlamlı biçimde ilintili olan altı genetik belirteç tespit ettiler. Dışadönüklük WSD2 ve PCDH15 genlerindeki varyantlarla, nevrotizm L3M-BTL2 genindeki varyantlarla ilintiliydi.³⁰ UC San Diego araştırmacıları genomda yalnız birkaç noktaya bakarak, kişinin ne tip bir kişiliğe sahip olacağını kabaca öngörebileceklerini sezdiler.

Ancak karmaşık yapıları kişilik tiplerimizin az sayıda ender örnek dışında sadece ve hatta önemli ölçüde, bu tür tek gen mutasyonlarından etkilenme ihtimali neredeyse yok gibi. Poligenik skor uygulaması artık otizm, nevrotiklik, depresyon ve dikkat eksikliği bozukluğu da dahil olmak üzere çeşitli bozukluklar için (hâlâ kusurlu da olsa) giderek daha iyi düzeyde öngörülebilirliğin kapısını aralıyor. Bu tür özelliklerin çoğu herkeste var olan niteliklerin ekstrem bir ifadesinden başka bir şey olmadığı için, gelecek yıllarda kişiliğin genetik dayanaklarını daha iyi belirleyebileceğimizden emin olabiliriz.³¹

Boy, zekâ ve kişilik tipinin genetiğini araştıran çalışmalar en mahrem, en karmaşık ve en insani özelliklerimizin bile genetik bileşenlerini giderek daha büyük bir doğruluk oranıyla deşifre edebileceğimizi gösteriyor. Bu özelliklere temel oluşturan genetik yapıyı tümüyle ortaya çıkarmayı yıllarca başaramasak bile sınırlı ama artan genetik bilgimizi giderek büyüyen bir güvenle sağlık ve üreme alanında uygulamaya sokmak için mutlaka eksiksiz bilgi sahibi olmaya

30 Min-Tzu Lo ve diğerleri, "Genome-Wide Analyses for Personality Traits Identify Six Genomic Loci and Show Correlations with Psychiatric Disorders", *Nature Genetics* 49, 2017, 152-156, <https://www.nature.com/articles/ng.3736>

31 Bkz. S. Sanchez-Roige, J.C. Gray, J. MacKillop, C.H. Chen, ve A.A. Palmer, "The Genetics of Human Personality—Sanchez-Roige—2018—Genes, Brain and Behavior—Wiley Online Library", *Genes, Brain, and Behavior*, 29 Aralık 2017, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gbb.12439>; ve Robert Plomin, *Blueprint: How DNA Makes Us Who We Are*, MIT Press, Cambridge, 2018.

gerek duymayacağız. Nüfus ortalamaları üstüne kurulu genelleştirilmiş sağlık sistemimizden bireysel biyolojimiz üstüne kurulu hassas tıbbı doğru, oradan da öngörücü tıbbı, öngörücü sağlığa ve gitgide genetik yatkınlıklarımızı önceden gören ve proaktif tepkiler veren öngörücü yaşama doğru geçiş yapacağız. Çoğu kişi genetik teknolojilerle sağlık hizmetleri çerçevesinde karşılaştığı için bu teknolojilerin etkisi tıp ve sağlığın sınırlarını aşıp genel yaşama uzandığında onlara biraz tuhaf gelecektir. Ancak genlerimiz sadece sağlık durumumuzla ilgili bilgi sağlamaz. Genomumuz hastalık ya da sağlık genomu değil ne de olsa, *insan* genomu. Genetik teknolojilerin sağlıkla bağlantılı uygulamaları ne denli önemli olsa da sağlık, genetik teknolojilerin bizi götürdüğü yol üstünde sadece bir ilk duraktır.

Genlerimiz olasılıklar yelpazemizin yönlerini birçok açıdan şekillendirir ve insan olarak kim ve ne olduğumuzu belirleyen şeyin temelini oluştururlar. Kimliğimizin ana direğidir onlar. Bir düşünün, ebeveynler yeni doğan bebeklerinden alınan tükürük örneğini “üreticiden tüketiciye” hizmet veren özel bir genetik şirketine gönderip belli türde zekâ, fiziksel özellik ya da kişilik tipine olan genetik yatkınlıklarla ilgili gerçek ve esas alınabilir nitelikte bilgi edinebilse, neler olurdu? Bilim henüz bu tür öngörülerin anlamlı olmasını sağlayacak noktaya gelmedi ama bu durum yakında değişecek. Yapılan analiz ebeveyne kızlarının soyut matematik ya da sürat koşusunda iyi olacağına veya dışa dönük kişiliği olacağına işaret eden bir genetik yatkınlığın bilgisini verse, bu bilgi ebeveynlikle ilgili düşüncelerini değiştirir mi? Çocuklarını matematik kampına göndermeye, gençlik sporlarına teşvik etmeye veya tiyatro kulübüne yazdırmaya daha mı yatkın olurlar?

Bu tür olasılığa dayalı bilgilere alıştığımızda, söz konusu genetik öngörüler, üremeye ilişkin kararlarımızla entegre etmeye de başlayacağız.

Yeni seçeneklere sahip olmanın insan açısından olası etkilerini düşünmek, 2035’te üreme sağlığı kliniğine yaptığınız ziyarette canı-

nızı sıktı. Ne var ki bu sınırlı bilgiyle bile her birimiz öyle ya da böyle doktorun tabletini imzalama kararıyla karşı karşıya kalacağız.

2035'te bu tür kararlar vermenin güvenliği, sonraki döneme kıyasla nispeten düşük olacaktır. 2035'te bu embriyoların her biri tıpkı sizin gibi genetik ebeveynin doğal ve düzenlenmemiş yavrularıdır. Genetikle ilgili anlayışımızda tamamen yanlış olduğumuz ortaya çıksa bile IVF uygulayan tüm ebeveynler ve geleneksel preimplantasyon embriyo seçimi, her çocuk gibi “doğal” bir çocukla sonuçlanacaktır.³² Gelgelelim biyolojiyi hack'lemenin giderek türümüzün yeni işletim moduna dönüştüğü şu zamanda, genetik teknolojilerimizi üreme sürecine uygulama işinin, birkaç preimplantasyon embriyonun seçimiyle sınırlı kalması çok düşük bir ihtimaldir.

32 IVF ve PGT yöntemiyle çocuk sahibi olmanın cinsel üremeden daha az güvenli olduğu kanıtlanırsa, bu hesap değişecektir. IVF ve PGT yöntemi geleneksel olarak yaş ileri ve riskli gebelik yaşayan kadınlara uygulandığından, bu değerlendirmeyi yapabilmek için “benzer nitelikte” anne adaylarıyla kıyaslama gerekecektir. Şimdiye dek durumun böyle olduğunu gösteren işaretlerin sayısı çok az.

CİNSELLİĞİN SONU

Kitabın girişinde size her şeyi anlatmadım. Hikâyeyi biraz erken sonlandırdım. Bir kelimeyi sakladım.

Şimdi itiraf ediyorum ki Cryobank'teki doktor, hemşire görevi de yapan şen şakrak danışma görevlisinin beni *mastürbatoryuma* götüreceğini söylemişti. Evet, var böyle bir terim.¹

Görevli beni koridordan geçirip elime plastik kabı verdiğinde birazcık kızardım. Kadın bir zamanlar muhtemelen süpürge dolabı olan küçük bir odanın kapısını açtı. Beyazlara bürünmüş, tıbbi malzeme dolabının hükmettiği bu odanın amacına işaret eden tek şey, ekranda oynayan pornoydu. Hangi videoyu oynatacaklarını seçerken profilime göre bir tercih yapmışlar mıdır acaba, diye düşündüm. Gördükleri bir özelliğim dövmelelere meraklı olduğumu mu düşündürmüştü acaba?

1 “Masturbatorium”, Wiktionary, son değişiklik 7 Haziran 2017, <https://en.wiktionary.org/wiki/masturbatorium>

Yıpranmış bir dergi yığınınını işaret ederek, “Dergiler rafta,” dedi hemşire, profesyonel bir ses tonuyla. “Bunu beğenmezseniz öteki DVD’ler şu çekmecede türüne göre sıralı duruyor. Sıvı örneğini kabın içine alın ve kapağını sıkıca kapatın. İşiniz bittiğinde kabı tezgâha bırakın, ben oradan alırım. Başka bir ihtiyacınız var mı?”

Başımı iki yana salladım. İçine saklanabileceğim bir delik mesela?

Hemşire dışarı çıkıp kapıyı kapatırken, kısık sesli inlemeler arasında huzursuzca gözlerimi tuhaf odada gezdirdim. Evrimin benim için düşündüğü şey bu muydu gerçekten? Beni bekleyen işe, bundan daha uygunsuz az ortam vardı herhalde. Dişçi koltuğu mesela.”

Her şey tuhaf olsa da öğle molam bitmeden işime dönmüştüm bile. O kadar da kötü değildi aslında. Ne de olsa erkeğim ben.

Sağlıklı ortalama bir erkek yaşamı boyunca 500 milyardan fazla sperm hücresi üretir. Her boşalmada bunların 40 milyon ila 1,2 milyar kadarı atılır. Diğer birçok memeli türü gibi biz de büyük miktarda sperm üretiriz çünkü biz de milyonlarca yıldır spermimizi arzulanan dişinin yumurtasına olabildiğince yaklaştırmak için diğer erkeklerle rekabet etmekteyiz. Türümüzün yapısına bakılırsa spermin bini bir para. İşte mastürbatoryumun bir ekran ve eskiden kalma bir DVD oynatıcı dışında teknolojiden nasibini almamış, süpürge odasından bozma bir yer olmasının nedeni de bu.

Kadınlar içinse durum bambaşka.

İnsanın dişisi zaman içinde yumurtaya dönüşen iki milyon yumurta folikülüyle dünyaya gelir. Foliküllerin çoğu ergenlik çağından önce kapanır ve geriye sadece 300 ila 400 kadarı kalır. Bunlar ilerleyen yıllarda döllenmeye elverişli yumurtalara dönüşme potansiyeline sahiptir. Aradaki büyük fark da işte budur: Erkekteki toplam 500 milyar sperm hücresi, kadında toplam 400’e varan yumurta hücresi.

2 “Odontophilia”, Urban Dictionary, erişim 26 Haziran 2018, <https://www.urbandictionary.com/define.php?term=Odontophilia>

3 Kitabı okuyan odontofiller kusuruma bakmasın!

Erkeklerde spermin çıkarılma kolaylığına karşılık, kadın yumurtasının çıkarılması kıyas götürmez bir zorluktur.

Kadınların IVF işleminde yumurtaların toplanmasından önce maksimum sayıda folikül ve yumurta gelişimini garantilemek için beş haftaya varan bir hormon hapı/enjeksiyonu alımına katlanmaları gerekir. Yumurtalık uyarıcı bu ilaçlar östrojen seviyesini yükseltir ve mide bulantısı, şişkinlik, baş ağrısı, bulanık görüş ve sıcak basmasına neden olmakla kalmayıp tehlikeli kan pıhtılaşması ve yumurtalıkların aşırı uyarılması riskini de artırır.

Kadının yumurtalıklarındaki folikül duvarına tutunan yumurtaların gelişimini gözlemlemek için ultrasondan yararlanan IVF doktorları, foliküllerin olgunlaşmasını bekledikten sonra yumurtaların alınması için kadına anestezi uygularlar. Ardından vajinanın üst kısmından geçirilen bir iğne yumurtalığa girer ve yumurtayı vakumlayarak çeker. Çıkarılan yumurta plastik kaba konur. Kadın anesteziden uyandıktan ve dinlendikten sonra genelde eve gönderilir ama bu noktadan sonra en az birkaç saat, kimi zaman da daha uzun süre kramplar yaşayabilir.

Milyonlarca kadın yumurta toplama işleminin acısına ve ender de olsa olası tehlikelerine göğüs gerer çünkü zihinlerindeki annelik vaadi bu güçlüklerle ağır basar. Yine de bu, söz konusu işlemin zorluktan bir şey eksilmez.

IVF imkânsız bir şey değildir ama kolay olmadığı da kesin. Cinsel birleşmeyle gebe kalmakla kıyaslandığında kimi zaman daha zor ve daha keyifsizdir. Bazılarımız mahalli üreme sağlığı doktorumuzdansa 3,8 milyar yıllık evrime daima daha çok güvenecektir ama bedeli ve yararlarıyla birlikte IVF, biz insanların birincil üreme biçimi olan cinsel birleşmeyle giderek daha çok rekabet edecektir; özellikle de güvenilirliği ve çok yönlülüğü arttıkça.

Louise Brown'ın 1978'deki doğumundan bu yana sekiz milyondan fazla IVF bebeği, diğer bebeklerden ayırt edilebilir bir sağlık durumu olmaksızın dünyaya geldi. ABD'de tüm bebeklerin yaklaşık yüzde 1,5'i IVF yöntemiyle doğuyor. Japonya'da bu rakam yüzde

5'leri buluyor.⁴ IVF yalnız yaşı büyük ve yüksek riskli annelerin gebeliğine değil, birçok gey ve lezbiyen çift de dahil olmak üzere yeni kategorilerin de biyolojik çocuk sahibi olmasına katkı sağladı. Üreme hizmetleri, donör vasıtasıyla dölleme, taşıyıcı annelik ve değişen toplumsal normlar, 1980'ler ve 1990'lardan başlayarak daha çok sayıda gey çiftin ABD ve başka bazı ülkelerde kendi çocuklarına sahip olmasının önünü açtı. ABD Yüksek Mahkemesi'nin 2015'teki "Obergefell ve Hodges" davasında eşcinsel evliliğin anayasa tarafından korunması yönündeki tarihî kararı ise gey ailenin normalleşme yönündeki gidişatını daha da hızlandırdı.

Bugünkü teknolojiyle biyolojik olarak yarı kan bağıyla çocuk sahibi olmak isteyen gey erkekler genelde yumurta için donör bulmak durumunda kalıyor. Yumurta çoğu zaman erkeklerden birinin spermiyle dölleniyor, ardından taşıyıcı anneye aktarılıyor. Lezbiyen çiftler için de elbette sperm donörü gerekiyor. Bu da Gallup'a kendini lezbiyen, gey, biseksüel ya da trans olarak (LGBT) tanımlayan nüfusun tahminen yüzde 4'ü için yardımla üremenin çoktan istisna olmaktan çıkıp norm olduğu anlamına geliyor.⁵ LGBT topluluğu, diğer alanlarda olduğu gibi toplumsal değişimde de öncü konumunda yer alıyor.

IVF'nin tüm kadınlar arasında daha yaygın bir yöntemle dönüşebilmesi için gebe kalmak hakkında bu gibi farklı düşüncülerin ana akıma daha çok karışması gerekiyor; tıpkı bugün Danimarka'da olduğu gibi.

- 4 Japonya hem IVF doğumlarında en yüksek orana hem de sanayileşmiş ülkeler içinde en düşük başarı oranına sahip. Bunun nedeni kısmen IVF tedavisi gören kadınların diğer ülkelerdeki muadillerinden yaşça büyük olması, kısmen de Japonya'daki IVF endüstrisinin tutarsız standartlara sahip olması. Bkz. "A Corked Tube: No Country Resorts to IVF More Than Japan—or Has Less Success", *The Economist*, 26 Mayıs 2018, <https://www.economist.com/asia/2018/05/26/no-country-resorts-to-ivf-more-than-japan-or-has-less-success>
- 5 Gary J. Gates, "In U.S., More Adults Identifying as LGBT", *Gallup*, 11 Ocak 2017, <http://news.gallup.com/poll/201731/lgbt-identification-rises.aspx>. ABD ve küresel LGBTQIAP nüfusunun tam ölçümü doğası itibarıyla eksikler içeriyor ve özellikle genç nesiller arasında yaygın olan cinsiyet ve cinsel yönelim akışkanlığını hesaba katıyor. Bkz. Katy Steinmetz, "Inside the Efforts to Finally Identify the Size of the Nation's LGBT Population", *Time*, 18 Mayıs 2016, <http://time.com/lgbt-stats/>

IVF modelinin aynı zamanda kadınlar için daha kolay, daha az klinik ve daha acısız olması da şart ki bu yola da şimdiden girilmiş durumda.

* * *

İkinci çocuğunuz doğduktan on yıl sonra, yani 2045'te bir çocuk daha istediğinizi düşünün. Günün her ânı dolu geçen son derece meşgul bir yöneticisiniz. Kendiniz ve partnerinizin genetik mirasıyla gurur duyuyor, biyolojik olarak yüzde 100 size ait bir çocuk istiyorsunuz. İkinci çocukta, gözünüze şimdi bile olumlu görünen özellikleri seçme yönündeki deneyiminiz veri güdümlü içgüdülerinizi daha da pekiştirdiği için, bu defa olabildiğince çok genetik bilgidan yola çıkarak preimplantasyon embriyonuzu seçmekte tereddüttünüz az. Pek çok kişi gebelik için taşıyıcı tutmayı seçtiği, hatta birkaçı suni rahimle denemeler yaptığı halde siz doğacak çocuğunuzun rahim ortamı tarafından kollanmasını istiyor, kendiniz gebe kalmayı tercih ediyorsunuz.⁶ Ancak yine de maksimum yararı muhafaza ettiği müddetçe süreci olabildiğince kolaylaştırmak niyetindesiniz. Şansa zorlu yumurta toplama işlemini yaşamamız gerekmiyor çünkü üreme sürecinizi artık akıl almaz derecede hack'leyebilecek durumdasınız.

Sabah ofiste personel toplantısı yaparken asistanınız içeri girip kolunuza küçük dokunmatik flebotomi cihazını, yerleştiriyor. Cihaz kanınızdan yedi yemek kaşığına denk, yüzlerce mililitreyi küçük bir kabın içine doğru emerken, siz bir şey hissetmeden sunumunuza devam ediyorsunuz. İşte bu kadar. Şu kısacık sürede eski IVF yumurta toplama modeliyle asla başarılamayacak bir şeyi başardınız ve bunu insanın hayal gücü ile bilimsel gelişimin bir diğer mucizesi sayesinde yaptınız: Kök hücre sihrinin çözülmesi.

"Muhteşem" Spallanzani gibi biliminsanlarının çalışmaları sayesinde insanda üremenin, erkek sperm hücresi dışı yumurta hücre-

6 Alex Hudson, "Babies Born Using an Artificial Womb 'possible in a Decade'", Metro, 14 Mayıs 2019, <https://metro.co.uk/2019/05/14/human-babies-born-using-an-artificial-womb-possible-in-a-decade-8156458>

sini döllediği zaman gerçekleştiği ortaya çıktı. Eğer hayatımız döl-
lenmiş tek bir yumurta hücresi olarak başlıyorsa ve o hücre ayrışıp
insanı oluşturan farklı türde hücrelere dönüşüyorsa, aynı mantıkla
bir tohumdan gelen hücremsi bitkiden de, söz konusu ilk hücrelerin
türeyebilmesi gerekir. Ama nasıl?

Rus biliminsanı Aleksandr A. Maksimov'un 1908'de gelişerek
herhangi türde bir hücreye dönüşebilen öncü hücreyi tanımlarken
bitki benzetmesinden yararlanması tesadüf değildi. Sonraki yıllarda
bilimciler bir organizma için gerekli farklı türde hücrelerin tümüne
dönüşebilen, ardından organizmanın devamı için daha özelleşmiş
formlar halinde her hücre tipini yeniden oluşturan bu akıl almaz
"kök hücreler" hakkında çok daha fazlasını öğrendiler. Kök hücreler,
ileriki aşamada, dalların oluşmasını sağlayacak tohumlardır.

Araştırmacılar onlarca yıl kök hücreyi anlamaya, belirlemeye ve
izole etmeye çalıştılar. Nihayet 1981'de Britanyalı araştırmacı Mar-
tin Evans ile Matthew Kaufman fare embriyolarından kök hücre çı-
karmayı başardı. Bu işlem insan embriyosu üstünde ilk kez 17 yıl
sonra iki farklı Amerikalı araştırma ekibi tarafından gerçekleştirildi.
İnsan embriyonik kök hücresinin keşfi önce biliminsanları, ardından
halk arasında bir beklenti dalgası yarattı.

1988'de her ikisi de önde gelen insan embriyonik kök hücre
araştırmacısı, Wisconsin Üniversitesi'nden gelişim biyolojisi uzmanı
Jamie Thomson ile Johns Hopkins Üniversitesi'nden John Gearhart
CNN'e kök hücrenin doğurabileceği çok sayıda mucizeyi anlattı.
Thomson ile Gearhart'ın iddiasına göre kök hücreler omurga yara-
lanması, kalp krizinden sonra kalp kası hücrelerini ve hastalık ya da
radyasyondan zarar gören organları tamirde kullanılabilirdi. Ayırı-
ca diyabet tedavisinde insülin üretimini teşvik etmek, Parkinson te-
davisinde beyin hücrelerinin dopamin salgılamasını sağlamak ve
HIV gibi hastalıklara direnmeleri için kan hücrelerini genetik olarak
değiştirmek için kök hücreden yararlanılacaktı.⁷

Bu tür mucizeleri gerçekleştirmek amacıyla embriyonik kök

7 Elizabeth Cohen, "Researchers Isolate Human Stem Cells in the Lab", *CNN Interacti-
ve*, 5 Kasım 1998, <http://www.cnn.com/HEALTH/9811/05/stem.cell.discovery/>.

hücre kullanma fikri dünyada birçok insanı büyülerken, bazılarını dehşete düşürdü. Embriyonik kök hücre, isminden de anlaşılacağı gibi embriyodan elde edilir. Bu hücreler hemen her örnekte üreme kliniklerinde bulunan transfer edilmemiş embriyolardan alınır. Yaşamın döllenmeyle birlikte başladığına inananlar için laboratuvar kabı içindeki bu erken evre embriyolar birer insandı. Dolayısıyla –hayat kurtaran tedavileri keşfedebilmek için de olsa– ileri teknoloji araştırmaları için ıskartaya çıkmış embriyoları yok etmek cinayetten farksızdı. Amerika'nın yaşam hakkı hareketi vakit kaybetmeden kök hücre biyolojisini hedef aldı.

“Kök hücreler bir anda her yerde,” diyordu *Time* dergisi, Temmuz 2001’de.

Bir zamanlar ezoterik sağlık dergilerinin derinlerine sürgün edilmiş mikroskobik kümeler şimdi ulusun baş sayfalarına taşındı... [ve] Washington’da siyasi gündeme oturdu. Hücrelerin etrafında dönen tartışma geleneksel ittifakları bozma, yaşam algımıza meydan okuma ve kimi kürtaj karşıtlarını son derece tatsız bir pozisyona konumlandırma tehlikesi taşıyor: Bir yandan “yaşamın kutsallığı”nın özünde yatan katı sınırları koruyup bir yandan aramızda yaşayanlara yardım amacıyla bu hücreleri toplamak mümkün mü?... Bazı yaşam yanlısı (kürtaj karşıtı) savunucular araştırma için kök hücre kullanımını İkinci Dünya Savaşı sırasında Nazi doktorların yaptıklarına benzetiyor. Ne var ki bu hücreler aynı zamanda milyonlarca dertli hasta ve yakını için de büyük umut vaat ediyor.

Bilimsel gelişim ile muhafazakâr taban arasına ve kendi kabine üyelerinin birbiriyle çelişen fikirleri arasına sıkışan ABD Başkanı George W. Bush sonunda orta yolu buldu. 9 Ağustos 2001’de yeni üretilmiş insan embriyonik kök hücre serilerini içeren araştırmalara ilişkin federal fona yasak getirildiğini duyurdu. Bu da ABD yönetiminin kriterini karşılayan ve halihazırda araştırmacılar tarafından kullanımda olan yetmiş bir kök hücre serisine hâlâ erişilebileceği anlamına geliyordu. Ancak yeni ya da başka kök hücre serisi kullanan araştırmacılar ABD devlet fonundan yararlanamayacaktı.

Bush yönetimi Kral Süleyman yöntemiyle kimseyi memnun

edemedi. Kök hücre araştırma savunucuları için erişilebilir kök hücre serilerinin sayısını sınırlamak, sayısız yaşamı kurtarıp iyileştirebilecek hayati araştırmaları yavaşlatmaktan başka işe yaramayacaktı. Karşı çıkanların pek çoğu içinse herhangi bir embriyonik kök hücrenin kullanımı, yaşamın kutsallığını kirletmek demekti ve bir küfürden ibaretti. ABD'li araştırmacıların bir kısmı çalışmalarını daha az kısıtlamayla sürdürebilmek için Singapur ve İngiltere gibi ülkelere taşındı. New York ve California'daki aktivistler Bush yönetiminin kısıtlamalarına iyi finanse edilmiş, eyalet temelli araştırma destek kuruluşları olan New York Kök Hücre Vakfı ve California Rejeneratif Tıp Enstitüsü'nü oluşturarak karşılık verdi.

Neden sonra adı sanı bilinmez bir Japon araştırma enstitüsünde yapılan keşif, kök hücre araştırmasının kapılarını ardına kadar araladı ve biyolojik esneklik anlayışımızı kökten değiştirdi.

* * *

Çoğumuz biyolojiyi lineer olarak ileriye doğru hareket eden bir süreç gibi düşünürüz. Hepimiz tek hücre olarak hayata başlar, karmaşık varlıklara dönüşürüz. Doğar, yaşlanır ve ölürüz. Oysa doğa hilelerini gözler önünde saklar. Normalde hiçbirimiz bozuk süttan taptaze peynir yapmayı beklemeyiz ama 30 yaşında iki yetişkinin, 30 değil, 60 değil, sıfır yaşında bir bebeği dünyaya getirmesini doğal karşılarız. Hücrelerimiz belli ki vakti başa sarmanın yolunu gayet iyi bilirler.

Oxford'lu biyolog John Gurdon 1950'lerde bazı hayvan hücrelerinin kendi kendini yenilemesi üstüne kafa yoruyordu. Acaba özelleşmiş olan hücreler –deri veya karaciğer hücresi ya da başka türde yetişkin hücreleri– ayrışmamış hallerine dönmelerini sağlayacak örtük bir yeti sahibi olabilir mi, diye düşündü. Bu hipotezini test etmek için bir kurbağa yumurta hücresinin çekirdeğini, tamamen erişkin ve özelleşmiş bir kurbağa hücresinin çekirdeğiyle değiştirdi. Kelimenin tam anlamıyla katışıklaştırılmış yumurta hücrelerinden oluşan bu dizinin sonu, kurbağa spermiyle döllendikten sonra bir yere varmasa da, içlerinden birkaçı mucizevi biçimde tuttu ve sağlıklı kurbağa yavrularına dönüştü. Gurdon doğru koşullar altında her ye-

tişkin hücrenin yapı itibarıyla gelişimsel süreçte geriye gidip embriyonik bir kök hücrenin eşdeğerine dönüşebildiğini kanıtlamıştı.

Gurdon'ın inanılmaz keşfi araştırmacıların zihnini Benjamin Button gibi davranan hücre olasılığına açtıysa da bunun nasıl başarılabacağıнын yolunu göstermedi. Japon veterinerlik araştırmacısı Shinya Yamanaka o yolu bulmakta kararlıydı.

Yamanaka Osaka'da geçen çocukluğunda saatleri, radyoları parçalarına ayırıp yeniden birleştirmeye bayılırdı. Cerrahlik kariyerine atıldıktan sonra hastalarının karşılaştığı en ağır hastalıklardan bazılarını iyileştirememek, onu hücre biyolojisini daha iyi anlama arayışına itti. Yeniden okula dönerek farmakoloji dalında doktora yaptı ve fare genetiğine odaklandı. John Thomson'ın kök hücre yaratma çalışmasını ve John Gurdon'ın DNA çekirdeğinin yeniden programlanabilirliğiyle ilgili bulgularını öğrendikten sonra hücrenin gizil potansiyelini deşifre etme yoluna baş koydu.

Yıllar süren titiz çalışmaların ardından Yamanaka ve ekibi 2006'da yalnızca dört "ana gen" tarafından şifrelenmiş proteinlerin zamanı geri döndürüp herhangi bir yetişkin hücreni yeniden kök hücreye dönüştürebildiğini keşfetti. Tıpkı kök hücrenin gelişimsel süreçte ileri yönelip deri, kan, karaciğer, kalp ya da diğer 200 insan hücre tipinden birine farklılaşması gibi sözü edilen Yamanaka faktörleri de herhangi bir deri, kan, karaciğer veya başka tip hücreyi, embriyonik kök hücrenin eşdeğerine geri döndürebiliyordu. Yamanaka bunlara *indüklenmiş pluripotent kök hücre* (iPSC) adını verdi. O artık hücreyi parçalarına ayırmış ve biyolojik saatin tik taklarının nasıl geriye döndürülebileceğini göstermişti.

Yamanaka ile Gurdon 2012 Nobel Ödülü'nü kazandı çünkü keşifleri, insanın yumurta üretim şekli de dahil, biyolojinin önemli bir kısmında devrim yaratma potansiyelini taşıyordu.

Japon hücre biyoloğu Katsuhiko Hayashi ve Mitinori Saitou 2012'de Yamanaka faktörlerini kullanarak yetişkin farenin deri hücrelerini laboratuvar ortamında yeniden programladıklarını ve iPSC hücrelerine dönüştürdüklerini duyurdular. Ardından yeni kimyasallar ekleyerek bu kök hücreleri yumurta ve sperm progenitor hücrele-

rine, yani yumurta ve spermin öncüllerine dönüştürdüler. Bu yapay hücreleri farenin yumurtalığına yerleştirdiklerinde, hücreler olgunlaşarak yumurtaya dönüştü. İndüklenmiş sperm öncüllerini fare testisine yerleştirdiklerinde ise hücreler olgunlaşarak sperme dönüştü. Elde edilen indüklenmiş yumurta ve sperm, fare IVF'sinde kullanıldı ve ortaya tamamen sağlıklı fare yavruları çıktı. iPSC ile üretilen bu sperm ve yumurtaların başarı oranı son derece düşük olsa da sonuç muazzam bir atılımdı.⁸ Deri hücrelerinden sperm ve yumurta üretilmiş, sağlıklı farelerin dünyaya getirilmesinde kullanılmıştı.

Bundan iki yıl sonra, 2014'te İngiltere ve İsrail'den biliminsanları aynı bulguya ulaşmanın yolunu buldular ama bu defa yetişkin deri hücrelerinden laboratuvar ortamında insan yumurta ve spermi ürettiler.⁹ İşlemin etkinliği yine fazlasıyla düşüktü. Ardından Eylül 2018'de Saitou ve meslektaşları insan kan hücrelerinden öncül yumurta hücresi ürettiklerini ve bunları fare embriyonik hücrelerinden geliştirilmiş küçük yumurtalıklara yerleştirdiklerini duyurdu. Bu indüklenmiş öncül insan yumurtası hücreleri insan döllenmesi için yeterince olgun olmasa bile o nokta da artık kışkırtıcı derecede yakındı. Çok sayıda bilinmeyen varlığı işlemin yakın vadede insanlar için güvenli olmasına izin vermiyor olabilir ama bilim hızla geliyor ve insan üremesinin geleceği (ve sizin 2045'te klinikteki deneyiminiz) açısından görünen olasılıklar muazzam.¹⁰

- 8 Hayashi, "Offspring from Oocytes Derived from In Vitro Primordial Germ Cell-Like Cells in Mice", *Science* 16, 2012, 971-975, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23042295>. İlginçtir ki Hayashi indüklenmiş kök hücre teknolojisini, nesli tehlike altında olan beyaz gergedanın kurtarılması için kullanma çabalarına da öncülük ediyor.
- 9 David Cyranoski, "Rudimentary Egg and Sperm Cells Made from Stem Cells", *Nature*, 24 Aralık 2014, <https://www.nature.com/news/rudimentary-egg-and-sperm-cells-made-from-stem-cells-1.16636>
- 10 Naoko Irie, Shinseog Kim ve M. Azim Surani, "Human Germline Development from Pluripotent Stem Cells In Vitro", *Journal of Mammalian Ova Research* 33, 2016, 79-87; Naoko Irie ve M. Azim Surani, "Efficient Induction and Isolation of Human Primordial Germ Cell-like Cells from Competent Human Pluripotent Stem Cells", *Germline Stem Cells*, Steven X. Hou ve Shree Ram Singh, (yay. haz.) *Methods in Molecular Biology* 1463, 2016, 217-226. Burada temkin de gerekli. Yamanaka'nın dört "ana gen"inden biri -myk- kanserin en agresif tetikleyicilerinden biri.

Yumurta toplama işlemi yaptıran ortalama bir kadından olası bir dölleme için yaklaşık 15 yumurta elde edilir. Yumurtalardan bir kısmı çoğu zaman döllenmeye elverişli olmadığından veya embriyo-da bir sorun olduğundan, IVF'de yüksek zayıt oranı normaldir. Bu yüzden de seçime uygun erken evre embriyo sayısı 15'in hayli altında kalır. İndüklenmiş kök hücre teknolojisi ise bu sayıyı büyük oranda artırabilir.

Toplantı sırasında asistanınızın sizden aldığı o yüzlerce mililitrelilik kan, yaklaşık 300 milyon periferik kan mononükleer hücresini, (PBMC) içerir; tek hücre çekirdeğine sahip kan hücreleri. Bu PBM-C'lerin (veya başka herhangi türde bir yetişkin hücresinin) her biri Yamanaka faktörleriyle indüklenmiş kök hücreye dönüştürülebilir. Ardından, Hayashi ve Saitou'nun geliştirdiği işlemle bu milyonlarca kök hücrenin her biri, öncül yumurta hücresine, nihayetinde de yumurtalara dönüştürülebilir.

Artık yüzlerce, binlerce, belki milyonlarca yumurtanız var. Babanın sperm hücreleri zaten yüz milyonlar civarında. Ancak babanın spermi hemen elde edilemeyecek durumda olsa veya baba kısır olsa bile aynı işlem uygulanarak iPS hücrelerinden sperm üretilir. Spermle yumurtalar gereken sıcaklıkta bir kabin içine konduğunda ya da sperm hücreleri yumurtalara enjekte edildiğinde, 15 kadar dölllenmiş yumurta yerine, binlercesi elde edilir. Daha sonra laboratuvar gelişkin yapay zekâ araçları kullanarak dölllenmiş yumurtaları makine sıralamasına tabi tutar, biçim ve biyoloji açısından optimum özellikte olanlar belirlenir. Kısacası bugün üreme sağlığı kliniğinde embriyologların yaptığı şeyler, teknolojiyle yapılmış olur. Bir sonraki adımda döllenen yumurtalar beş ila yedi gün boyunca, her biri yüz kadar hücreye ulaşana dek büyütülür; ardından her bir blastokistten [dölütçük] beş kadar hücre çıkarılıp analizi yapılır.

Genom analizinin maliyeti yakında göz ardı edilebilir düzeylere ineceği için bu erken-evre embriyoların analizi de ucuz, kolay ve çabuk olacaktır. O günlerde -elektronik sağlık ve yaşam kayıtları, büyük veri analiziyle de eşleştirilen- düşük maliyetli, evrensel dizileme sayesinde insan genomuna ilişkin pek çok yeni sır açıklığa kavuş-

turulmuş olacağından, söz konusu binlerce embriyonun her birinden elde edilecek bilgi, günümüz standartlarına kıyasla hayret verici boyutlarda olacaktır. Dolayısıyla 2045'te bu, büyük olasılıkla bebek yapma sürecinin normal bir bileşeni sayılacaktır.

Robot aygıtın kanınızı aldığı haftalardan bu yana siz normal yaşamınızı sürdürüyorsunuz ama kan örneğiniz metamorfoz geçiriyor. Klinikte Yamanaka faktörleri kullanılarak kan hücreleriniz indüklenmiş pluripotent kök hücrelere dönüştürüldü. Kök hücreler ise tıpkı on yıl önce IVF sürecinde vücudunuzun içinde üreyenler gibi öncül yumurta hücrelerine dönüştü. Tek fark, bu defa vücudunuzdaki çok daha fazla yumurtanın üretilmiş olması.

Bir süredir heyecanınız içinizde büyüyor. Üçüncü çocuk fikrini yıllardır konuşuyorsunuz ve o büyük gün geldi çattı.

Tamamen farazi konuştuğumuz için hikâyeye partneriniz olarak koyabileceğimiz kişi hakkında gönlümüzce deneme yapabiliriz. Örneğin kocanız olabilir ama başka herhangi biri de olabilir. Yüzde 100 kendi biyolojik çocuğuna sahip olmak isteyen iki erkeği de düşünebiliriz. Babalardan birinin spermi, diğersinin de yetişkin hücresinden indüklenen yumurtaları kullanılabilir. Veya yumurta da sperm de aynı erkekten üretilebilir ve o kişi çocuğunun hem annesi hem de babası olur. İşte şimdiye dek hiç olmadığı kadar mümkün görünen bir senaryo.

Amerikalı ve Çinli biliminsanları iki erkek fareden, yaşayabilir yavrular üretmeyi çoktan başardı. Çinli biliminsanları Kasım 2018'de bir fare yumurtasından başarılı ve etkin biçimde kök hücreler aldıklarını, bunları indükleyerek sperm hücrelerine dönüştürdüklerini, başka bir dişi farenin yumurtalarını bu spermlele dölediklerini ve sonuçta sağlıklı fareler ürettiklerini duyurdular. Böylece yavruların genlerinin yarısı ilk anneden, diğers yarısı ikinci anneden gelmiş oldu. Son araştırmalar üç boyutlu veya üçboyutlu yazıcıyla basılacak yumurtalıklarla, yumurta üretebilme olasılığına işaret ediyor. Bu yumurtalıklar foliküllerle doldurulup bir erkeğe veya trans kadına yerleştirilebilir.

Siz şimdiden erkek gebe kıyafeti alışverişi çıkmayın ama biyolojinin asla eskisi gibi olmadığını da bilin!

* * *

Büyük gün geldiğinde klinikte, heyecanla çağrılmayı bekliyorsunuz.

Bekleme odası on yıl önceki ziyaretinizden beri epeyce değişmiş. Yumuşak ışıkların altında duran şık kanepeye oturmuş, spa müziği dinlerken, ABD'nin 50 milyar dolar değerindeki "yardımla üreme teknolojisi" sektöründe artık daha büyük ve rekabetçi bir markaya dönüşen bu klinikten şaşmadığınız için memnunsunuz.

Kapı açılıyor, doktor gelip sizi selamlıyor. Duvarlarda şimdi dev ekranlar var. Doktor bir plaj görüntüsü seçmiş, yerinize geçerken kendinizi şöyle keyifle deniz kıyısında bir masaya oturmuş gibi hissediyorsunuz. Dalgaların tatlı sesi ruhunuzu yatıştırıyor.

Tüm bu çabaları takdir ediyorsunuz ama aklınızda daha önemli şeyler var. Artık 20 yıldır bilimsel yardımla üreme dünyasının içindediniz ve iki harika çocuğunuz var; biri üniversiteye giden sağlıklı, zinde, 20 yaşında bir genç, diğeri evdeki zeki, sanatçı ruhlu, iyimser çocuk. Bu defa ikna edilmeye ihtiyacınız yok. "Evet?" diyorsunuz, beklentiyle.

"Tamam," diyor doktorunuz, "başlayalım bakalım. Kan örneğiniz bir hafta önce sorunsuz biçimde ulaştı. Kanınızı sentrifüleyerek gereken hücreleri çıkardık. Ardından hücreleri yeniden programlayarak kök hücreye döndürdük. Onlarla da öncül yumurta hücrelerini ve ardından yumurtalarınızı ürettik. Yumurtalarınızdan on bin tanesini dölemeye karar verdik ancak makine bunları beş bine indirdi. Bu beş bin yumurtayı geliştirerek, altı günlük embriyolara dönüştürdük."

"Çok büyük sayılar bunlar," diye araya giriyorsunuz.

"İşin matematiği böyle," diyor doktor. "Anlamlı bir tercih yapabilmek için çok sayıda embriyoya ihtiyacımız var. Beş bin blastokistin her birinden beş hücre çıkarıp analiz ettiğimizde, elimizdeki sonuç şöyle..."

İşte beklediğiniz an. Nefesini tutuyorsunuz.

Kumsal görüntüsü bir anda kayboluyor ve duvarlar sayılarla dolu koca bir çizelgeye dönüşüyor. Ayağa kalkıp gözlerinizi hayretle duvarlarda gezdiriyorsunuz.

“İlk anda biraz karışık gelebilir ama çizelge listelenen sonuçlara sahip her bir embriyonuz için olasılıkları gösteriyor,” diyor doktor. “Y ekseninde erken evre embriyolarınız var. X ekseninde dünyaya gelmesi halinde her embriyonun belli rahatsızlık ya da özelliklere sahip olma olasılığı.”

O kadar çok özellik var ki, çizelge odayı boydan boya dolaşıyor. “İnanılmaz gerçekten. Bilim ne kadar hızlı geliyor.”

“Üremenin geleceğine hoş geldiniz,” diyor doktor.

Duvara yaklaşp Alzheimer başlığı altındaki sütunu işaret ediyorsunuz. “O zaman şu sütundaki ‘90’ sayısı, bu embriyoların yaşam süreleri içinde yüzde 90 olasılıkla Alzheimer olacağı anlamına mı geliyor?”

“Aslında hayır,” diyor doktor. “Sayıların hepsi olumlu sonuç olarak değerlendirilen şeye kıyasla belirleniyor. Yüzde 90, seçilmesi halinde o embriyonun erken evre kalıtsal Alzheimer *olmama* olasılığının yüzde 90 olduğunu söylüyor. Yüksek rakamlar genelde söz konusu özellik için olmasını isteyeceğiniz şeyler.”

“Anladım,” diyorsunuz. “Şuradaki de çok iyi bir koşucu olabilir, öyle mi?”

“O erkekte –erkek embriyosu– hızlı kasılan kaslara genetik yatkınlık var. Elbette ki genler ne derse desin, koşucu olabilmesi için kararlılıkta da yüksek puanının olması ve iyi eğitim alıp iyi beslenmesi, olumlu rol modellere maruz kalması gibi şeyler gerekiyor.”

Büyülenmişçesine duvarlara bakıyorsunuz. Sonra kafanıza dank ediyor. “Annem bana hep sen olduğun halinle mükemmelsin derdi.”

“Şunu tekrar söylemek isterim ki,” diyor doktor, “bunların hepsi sizin doğal çocuklarıdır. Tıpkı cinsel yolla dölleneler gibi, tıpkı geçen sefer IVF ve embriyo seçimi yaptığınızda olduğu gibi. Yumurtta sayınızın, onları doğal olarak üretime yetinizle sınırlı olduğu za-

manki gibi. Biz sadece seçeneklerin sayısını artırdık. Bu niteliklerin hepsi, iyi olanlar da, tehlikeli olanlar da, sizin genetik mirasınız. Hepsi sizin ve partnerinizin milyarlarca yıl geriye giden soyunun genetiğini yansıtıyor. Değişim hepimiz için zor ama son kerte de sorulan soru, bu seçeneklerle mi daha iyi durumda olduğunuz, yoksa eskisi gibi pek çok şeyin şansa bırakıldığı durumla mı, sorusu.”

“En yüksek karma notu bulmaya mı çalışıyorum şimdi ben?” diyorsunuz, yaşam mucizesinin bir grafik üstündeki yüzdelere indirilmesi fikriyle cebelleşmeyi sürdürerek.

“Doğa aptal değil,” diyor doktor, düşünceli bir tavırla. “Evrım de gelişigüzel değil. Sadece bizim adımıza yıllar içinde, bugün gözümüze çok da müthiş görünmeyen bazı ödün-kazanım kararları vermiş. Bunların hepsine büyük bir tevazuyla yaklaşmamız gerekiyor.”

Etrafınızı saran sayılar çağlayanına bakıyor, tevazuya dair bir şey göremiyorsunuz. Bazı embriyolarınızın tip 1 diyabet olmama olasılığı yüzde 10, erken evre Alzheimer olmama olasılığı ise yüzde 20. Bu işte hâlâ bir terslik var. Genetik bozukluğu olan insanların sadece farklı olduğunu zaten biliyordunuz. İçlerinden bazısının, örneğin otizmlili bazı insanların, sözde normal akranlarını çok aşan süper güçleri var. Başınızın tek bir onayıyla tüm bu rahatsızlıklar arasından tercih yapmak nasıl bir şey?

Gelgelelim bu işin duvardaki sayılardan ibaret olmadığının da farkındasınız. Gözlerinizi yumuyor ve gelecekteki torunlarınızı, hafızası günbegün eriyen üçüncü çocuğunuzun elini tutarken veya erken ölümü ardından mezarında ağlarken hayal ediyorsunuz. Sağlığı onaylayıcı tercih *yapmayarak* bir sonraki çocuğunuzun kaderiyle Rus ruleti oynayabilecek misiniz? Hatta çocuğunuza siz ve partnerinizin genetik yapısının mümkün kıldığı en iyi genetik olasılıkları vermemeyi aklınızdan geçirebilecek misiniz? Kibir buyusa ben de kibirliyim o zaman. “Bir sonraki adım ne?”

Doktor size doğru eğiliyor. “Öncelikle öncemli hastalıklara yüksek yatkınlığı olan embriyoları elemeliyiz. Bu da hastalık durumu sütununda 0 ile 50 arası bir oran bulunanlar anlamına geliyor. Bunca seçenek varken, ne diye acı çekme olasılığı yüksek embriyoları seçelim?”

Gitti canım Kafka'yla Van Gogh, diye düşünüyorsunuz. "Sonra?"

"Genlerden o veya bu şekilde etkilenen öyle çok özellik var ki... Bu tablodaki algoritma her bir özelliği, genetik faktörlerin o özellik açısından ne kadar önem taşıdığına duyduğumuz güvenilirlik düzeyine göre tartıyor. Örneğin saç ve göz rengi açısından, genlerinizin sonucu belirlediği konusunda neredeyse yüzde 100 bir kesinlik var. Başka bazı özellikler, örneğin müzik yeteneği içinse belirlediğimiz genlerin etkili olduğu konusundaki güvenilirliğimiz sadece yüzde 50."

"O halde ne yapmamız gerekiyor?"

"Önceliklerinizi sıralamada zorlu bazı seçimler yapmanız gerekiyor," diye devam ediyor doktor. "Her şeyi seçmek, bir anlamda hiçbir şeyi seçmemek gibi bir şey. Empati sizin için gerçekten önemliyse, en üst kategoriye onu koyun. İyi bir maraton koşucusu olmak sizin için hoş ama o kadar da önemli değilse, sonuçları saptırmamak için onu aşağılara koyun. Anlatabiliyor muyum?"

Yarım yamalak bir yanıt veriyorsunuz. Aklınız duvarda sahneleyen olası gelecekler tablosuna sabitlenmiş. Derin bir nefes alıyorsunuz.

"Başlayalım mı?"

* * *

Seçici üremenin türümüzü dönüştürmede bizi nerelere götürebileceğini anlamak için buzdolabımızın içine bakmamız yeterli.

Yabani tavuk, gayet geçerli bazı nedenlerle ayda sadece bir yumurta yumurtlar. Somonbalığının aksine, yavrusunu kendi yetiştiren türlerden olan yabani tavuklar yetiştiremeyecekleri sayıda yavru üretemez. Üreme büyük enerji tükettiğinden, daha çok yumurtlamak yabani tavuklarda, istikrarlı besin akışını emniyete alma konusunda baskı yaratır. Ayrıca çok yumurtlamak yabani tavukları etrafta gezinen yırtıcılara karşı da daha savunmasız kılar. Doğurgan yabani dişiler için ayda yaklaşık bir yumurta yumurtlamak, milyonlarca yıla yayılmış evrimsel zorunluluklar açısından dengeleyici bir eylemi temsil eder.

Bundan sekiz bin yıl kadar önce insanlar ilk olarak *Gallus gallus*

adı verilen Asya kızıl orman kuşundan tavuğu evcilleştirdiler. Yeni evcilleşmiş tavuklardan en çok hangisinin yumurtladığını gözlemlemek içinse, bir Gregor Mendel zekâsına ya da genetik dalında doktora ihtiyaç duymadılar. En çok yumurtlayan tavukları üretebilmek için çiftçilere bir IVF kliniği, hatta tavuklar için telefonda bir arkadaşlık uygulaması gerekmedi. Bilime lafı edilmeyecek kadar az başvurarak, milyonlarca yıllık evrim sonucu gelişmiş bir tavuk özelliğini büyütebilmek için seçici üretimi uyguladılar.

Bugün bir Amerikalı yılda ortalama 268 yumurta tüketiyor, ABD'nin yıllık toplam tüketimi ise 87 milyarı buluyor. Bunu da günde ortalama bir yumurta yumurtlayan 270 milyon tavuk üretiyor. Küresel olarak her yıl dünya çapında 50 milyarı bulan evcilleştirilmiş tavuk ordusunun ürettiği 1,2 trilyon yumurta tüketiliyor. Birçok insan dünyada bu yumurtaları üreten çok sayıda tavuk çiftliğini tehli-keli ve kirletici bir musibet olarak görmeye başladı.

İslah edilmiş bu tavukların yabani atalarıyla aynı oranda yumurtladıklarını hayal edin. O durumda dünyada var olan 50 milyar tavuğun yerine 775 milyar tavuğa ihtiyacımız olurdu. İnsanlar ne hissederd, düşünün. Dünya bir tavuk gezegenine dönüşürdü.

Gallus gallus hâlâ Güneydoğu Asya ormanlarında serbestçe gezindiğinden, ıslah edilmiş tavukları yabani atalarıyla karşılaştırmamız zor değil. Tıpkı evcilleştirilmiş köpeklerle, onların atası olan kurtları karşılaştırmamanın zor olmadığı gibi. İslah edilmiş tavuklar daha fazla yumurtlamanın yanı sıra daha az agresif, daha sosyal, aktif ve hareketlidir. İnsan, ıslah ettiği diğer hayvan ve bitkilerde olduğu gibi tavuğu da başarıyla hack'ledi.

Yine zaman makinemize girsek ve sekiz bin yıl öncesine dönüp tavuk evcilleştiren insanlara bir tavuğun kaç yumurta yumurtlayabileceğini sorsak, "Ayda 30" kulaklarına, bugün bir kadının dokuz ayda otuz bebek doğurması kadar saçma gelirdi.

Burada önemli olan nokta biyolojinin hack'lenmeye, ilk bakışta sanıldığından çok daha yatkın olması. Bizler bunu sezgisel olarak da biliyoruz çünkü etrafımızı saran karmaşık yaşam formlarının tümü aynı kökten evrildi. Ne var ki tavuk örneği, kendi biyolojimizin bile

seçici üreme ile sandığımızdan çok daha manipüle edilebilir özellikte olabileceğine işaret ediyor.

Tavukları aklımızda tutarak şimdi de daha uzun, daha sağlıklı ya da her nasıl tanımlarsak tanımlayalım, daha iyi yaşaması için hack'lemek isteyeceğimiz başka bir organizmaya göz atalım.

Sizin benim gibi her *Homo sapiens*, zamanı kısıtlı bir donanım ve bolca hatalı bir yazılımla dünyaya gelir. Vücudumuzdaki hücrelerin çoğu ortalama iki yılda bir tümünden yenilenir. Kök hücrelerimizin sihriyle kendimizi tekrar tekrar kopyalayıp yeniden yarattığımız süreçte, yeni hücrelerimizin genetik kodunda küçük hatalar baş göstermeye başlar. Önceleri fazla zarar vermez bu bize çünkü hücrelerimizin içinde hataları düzelten veya hasar vermelerini engelleyen bir mekanizma vardır. Ancak yaşımız ilerledikçe hataların sayısı artar, bizimse onlarla savaşma kabiliyetimiz azalır. İşte bu hatalardan bazısına *yaşlanma*, bazısına da *kanser* adını veriyoruz.

Son 150 yılda söz konusu hatalara ilişkin bilginiz arttıkça, onlara karşı durmamızı sağlayacak başlangıç niteliğinde bazı hack'ler de geliştirdik. Genetik bir hastalığı her tedavi edişimizde yaptığımız işte tam da budur. Örneğin kemik iliği nakli yapılırken, doktorlar radyasyonla kişinin hatalı hematopoietik (kan yapıcı) hücrelerini yok eder, sonra da hastaya donörden alınan sağlıklı hücreleri verirler. Ancak altta yatan sorun kalıtsal bir genetik hastalıksa, kemik iliği nakliyle iyileşmiş biri bile hastalığı kalıtımla çocuklarına geçirebilir.

Peki, genetik hastalıkları ortadan kaldırmak ya da belli bazı özellikleri güçlendirmek gibi genetik değişiklikleri, tavuklarda yumurta üretimini artırırken yaptığımız gibi kendi türümüzde de iyiden iyiye ileri götürsek, neler olurdu? Zamanla kendi biyolojimize de, atalarımızın eskiden ayda bir kez yumurtlayan tavuklara baktığı gözle baksak nasıl olurdu: İnsanın pratik zekâsı ve seçici üretimle aşılabilecek bir zorluk gözüyle. Üstesinden gelmemiz gereken ilk sorun zaman olurdu çünkü biz insanlar yavaş üreyen bir türüz.

Dünyaya tamamen âciz ve kendimize bakamayacak durumda gelir, neyin ne olduğunu öğrenebilmek için yıllarımızı veririz. Ergenliğin başlarında bazılarımız karşı cinste bir farklılık olduğunu kavra-

maya başlar ama ne olduğunu da tam kestiremez. Yine bu dönemde bazılarımız karşı cinsin işleyişini çözmemiz gerektiğini çünkü, Aman Tanrım!, günün birinde onlardan çocuk yapmak durumunda kalabileceğini kavradığında bir korkudur başlar. Elini ayağını nereye koyacağını bilmeyen sivilceliler olarak flört sürecine adım atarız, daha ileride, 20'li yaşlarımızda ise biraz yol yordam öğreniriz. İşin tadını alınca koşuyu erken tamamlamak istemez, genelde akıllı bir tercih yapabilmek için olabildiğince çok insan tanımaya çalışırız. Nihayet ABD'de kadınlar için ortalama 27,5, erkekler için ortalama 29,5 yaşında, dünya genelinde ise biraz daha düşük yaşlarda, evleniriz. Yine ABD'de 28, dünyada ise 26 yaş civarında kadınlar ilk çocuklarını doğurur ve süreç yeniden başlar.¹¹ Bir neslin tamamlanması insanda 28 yıl, tavukta altı aydır. İşte genetik değişimi iyiden iyiye ileri götürmenin, bizim gibi yavaş üreyen hayvanlara kıyasla tavuklarda çok daha hızlı olmasının nedeni budur.

Peki, insan neslinin döngüsünü tavuktaki gibi altı aya indirebilmek için bu süreci hızlandırsak ne olurdu? Bunu da bebeklerin daha kısa sürede büyümesini sağlayarak değil, transfer edilmemiş embriyoları birbiriyle çiftleştirerek yapsak? Fikir kulağa distopik bir bilimkurgudan fırlamış gibi geliyor ama çok da uzak olmayan bir gelecekte gerçek olması mümkün.

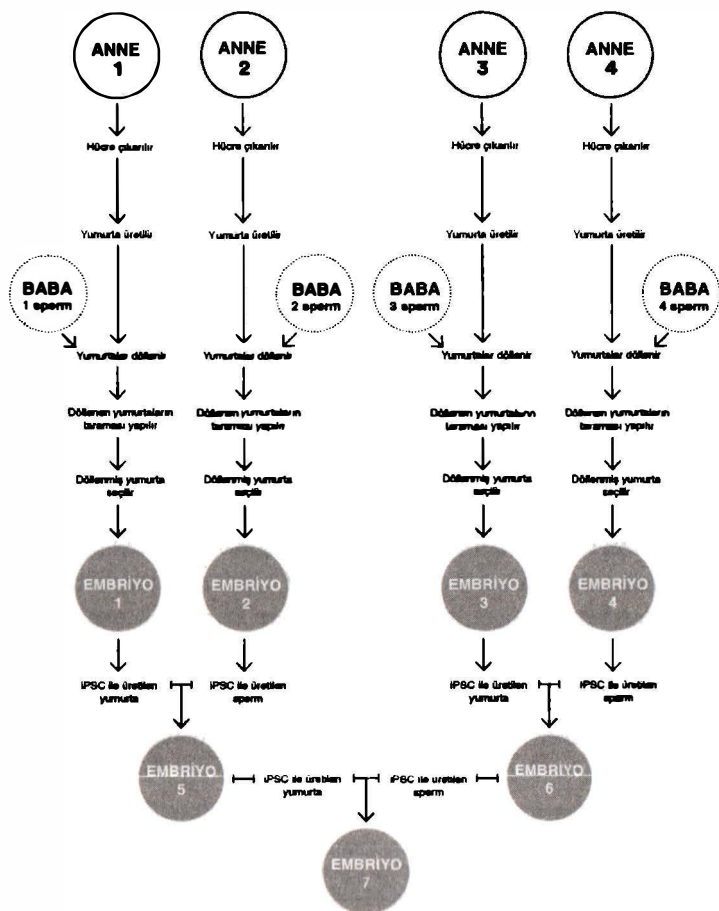
İşe anneden kan örneği alıp periferik kan mononükleer hücrelerini indükleyerek kök hücre elde etmekle başladığımızı, ardından bunlardan yüzlerce yumurta ürettiğimizi düşünelim. Sonra yumurtaları babanın spermiyle dölleyelim ve (istediğimiz kriterlere dayanarak) embriyolardan birini seçelim. Ama bu aşamada elimizdeki erken evre embriyosunu anneye transfer etmek yerine içinden birkaç hücre çıkartıp bunlardan yeni cinsiyet hücreleri üretelim. Bu varsayımın amacına uyması için yeni cinsiyet hücrelerimiz yumurta olsun.

Şimdi başka bir anne ile babanın da tamamen aynı süreçten geçtiğini hayal edelim. Ama preimplantasyon embriyodan çıkarılan hücrelerden yumurta yerine sperm üretmiş olsunlar. İkinci embriyo-

11 *CIA World Factbook*, Central Intelligence Agency, erişim 21 Mayıs 2018, <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2256.html>

nun spermini kullanarak birinci embriyonun yumurtasını döllersek, embriyolar yavrularının biyolojik ebeveyni olur, en baştaki anne baba ikilileri ise büyükanne ve büyükbaba olur. Ardından bu torun embriyo, tümüyle farklı ebeveyn ve büyükanne büyükbabadan gelen başka bir embriyoyla çiftleştirilebilir. Böylece en baştaki anne ve baba, büyük büyükanne ve büyükbaba olur (en baştaki preimplantasyon embriyolar ise büyükanne ve büyükbaba). Bu süreç, en azından teoride sonsuza dek bu şekilde sürdürülebilir.

İşte bu işleyişin görsel bir temsili:



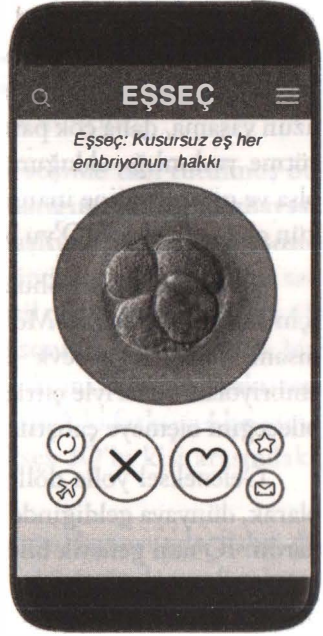
Embriyonuzla çiftleşecek en doğru embriyoyu bulmak ve o arada soyiçi çiftleşmeden uzak durmak kuşkusuz preimplantasyon embriyolar için bugün eş arayan yetişkinlerin yaşadığına denk bir süreç gerektirecektir. Günün birinde belki ebeveynlere, transfer edilmiş kıymetli minik embriyoları için en uygun eşi bulmaya yardım edecek bir uygulama geliştirilir.

Bu süreç pratik nedenlerden dolayı nesil başına altı ay sürer ve istenirse sonsuza dek devam ettirilebilir. Altı aylık embriyolar genetik ebeveynlere dönüşebilir. Bir yıllık dondurulmuş embriyo (veya üç aylık bebekler) büyükanne büyükbaba olabilir. Bu işlem uygulanarak, bugün tek bir neslin tamamlandığı sürede 56 nesil tamamlanabilir ki bu da

Kublay Han ile aramızdaki nesil mesafesine denktir. Bir yüzyıl içine üç buçuk nesil yerine, 200 nesil sığdırabiliriz; bu sayıda nesil, şimdiki haliyle bizi tekerleğin icat edildiği döneme kadar geri götürebilir. Eskinin deneme-yanılma yöntemi yerine genom analizi ve biyolojik sistemler analiziyle hızlandırılmış kararlar alarak, seçici üreme üzerinden insanda nesil değişimini gerçekleştirebiliriz ve bu gözümüze, tavuklardaki kadar kolay şekillendirilebilir bir şey gibi görünebilir.

Peki, geleceğin insanları tavuklarda yaptığımız gibi genetik değişikliği ileri götürebilmek adına neden insan embriyosu çiftleştirmek gibi ürkütücü ve insanlık dışı bir şeyi akıllarına getirsin?

Getirmeyebilirler elbet, yapılabilirliği olan bu işlem de bir düşünce deneyi olarak kalabilir. Öte yandan geleceğin nesilleri belki de sayılara bakar.



IQ'nun yüzlerce, hatta binlerce genden etkilendiğini, bunların çoğunda da etkinin nispeten küçük oranlarda olduğunu gördük. Yüksek IQ'lu insanların, daha düşük IQ'lu akranlarına kıyasla daha uzun yaşama, daha çok para kazanma ve daha tatminkâr ilişkiler yürütme yatkınlığı olduğunu da gördük. Dolayısıyla seçme şansları olsa ve güvenilirliğine inansalar bazı ebeveynlerin çocuklarına mümkün olan en yüksek IQ'yu bahsetme dürtüsü hissedeceğini biliyoruz.

Oxford'dan Carl Shulman ve Nick Bostrom, "Bilişsel Artırım İçin Embriyo Seçimi: Merak Ürünü mü, Ezber Bozucu mu?" adlı insanı düşünmeye sevk eden makalelerinde, transfer edilmemiş embriyoları birbiriyle çiftleştirmek kaydıyla IQ'da nasıl bir artış olabileceğini ölçmeye çalıştılar.¹²

Geleneksel yolla döllenmiş bir çocuğun IQ'su, tekil bir örnek olarak, dünyaya geldiğinde sahip olduğu IQ'nun genetik bileşeni kadardır. IQ'nun genetik bileşeni aynı ebeveynlerden gelen farklı embriyolar –tek yumurta ikizleri hariç– arasında çeşitlilik gösterdiğinden, üretilebilecek embriyo sayısı arttıkça IQ seçeneği aralığının da genişleyeceğini kolayca varsayabiliriz. Bu da demektir ki seçenek sayısı fazlaysa yüksek IQ'lu bir preimplantasyon embriyo seçme olasılığımız da fazladır.

Sulman ve Bostrom'un hesabına göre bugünkü IVF yöntemiyle aynı ebeveynlerden dölenen on kadar embriyoda, en yüksek ve en düşük IQ arasındaki ortalama fark 12 puan kadardır. Oysa indüklenmiş kök hücre prosedürünü kullanarak işe 10-15 yerine 100 döllenmiş yumurtayla başlarsak, bu yüz seçenek içinde en yüksek ve en düşük genetik IQ potansiyeli arasındaki ortalama fark yaklaşık yirmi puan olur. Bin embriyo yapmak, en yüksek ve en düşük IQ arasındaki ortalama farkı yaklaşık 25 puana yükseltebilir.

25 IQ puanı, 1.000 preimplantasyon embriyoyu üretme ve test etme karşılığında yetersiz bir kazanç olarak görülebilir ama aradaki

12 Carl Shulman ve Nick Bostrom, "Embryo Selection for Cognitive Enhancement: Curiosity or Game-Changer?", *Global Policy* 5, 2014, 85-92, <https://nickbostrom.com/papers/embryo.pdf>

fark ortalamada, olağanüstü farklı yaşamsal deneyimlerin önünü açabilir. Einstein'ın IQ'sunun 160 olduğu tahmin ediliyor. Hiç aptal olmasa da bir Einstein sayılamayacak Arnold Schwarzenegger'in tahmini IQ'su ise 135. Başka söze gerek yok sanırım.

Mevcut haliyle zaten yüksek oranda seçime tabi tutulmuş bu embriyoları birbiriyle çiftleştirme matematiğine baktığımızdaysa, sayılar hayret verici boyutlara varmaya başlıyor. Shulman ve Bostrom'un tahminine göre onluk gruplar içinde en yüksek IQ'ya sahip olduğu için seçilen embriyolar beş nesil çiftleştirilirse IQ'da 65 puanlık sıçrama elde edilebilir. On nesil sonra ise 130 puanlık bir sıçrama. 130 IQ puanı, bir Einstein ile daimi bakım gerektiren şiddetli zihinsel engelleri olan bir kişi arasındaki farktır. Aksi yönde de Einstein ile gelmiş geçmiş en yüksek IQ'lu kişi arasındaki farktır.

Stephen Hsu olası sıçramanın boyutu konusunda daha da iyimser. Normalde bazı insan genlerinin zekâ üstünde ya olumlu ya da olumsuz etkisi var ki bu da normal bir zekâ eğrisi sonucunu doğuruyor. Bu genlerin her biri olumlu etki yaratacak yöne çevrilebilirse oluşacak toplam etki, 100 standart sapma IQ ortalamasından çok daha yüksek zekâ düzeyinde bir insan ortaya çıkarabilir. Hsu'ya göre zekâyla bağlantılı genlerin büyük kısmını önümüzdeki on yıllık süre içinde belirleyeceğimiz için, geleceğin ebeveynleri preimplantasyon embriyolar arasında, zekâyla bağlantılı genlerin ifadesine bakarak seçim yapabilir ve 1.000 IQ'ya sahip üstün zekâlı bir insan yaratabilir.

Bu katsayılar ve ortalamaların arasında saklı bir diğer şey de gerçek anlamda çarpıcı uç değer yetilere –örneğin matematik, müzik dehasına veya ileri düzey bilgisayar kodu yazabilme becerisine– sahip gelecekteki çocukların, düşünüş şeklimizde Einstein, Konfüçyüs, Marie Curie, Isaac Newton, Shakespeare ve David Hasselhoff gibi dehalardan da büyük bir devrim yaratabilecek olmaları. “Maksimal bir tipte aynı anda var olabilecek âlimlik benzeri yetiler hayal edebiliriz,” diyor Hsu. “Görüntü ve dilleri hatırlamada kusursuza yakın bir bellek; süper hızlı düşünebilme ve hesap yapabilme; zihinde, yüksek geometrik boyutlarda bile güçlü bir canlandırma; aynı anda bir-

birine paralel çok sayıda analizi ve düşünce akışını yürütebilme; liste daha uzayıp gider.”¹³

Tabii 1.000’lik bir IQ’nun insan açısından ne anlama geleceğini bilemiyoruz. Evrim artıklarla, korumalarla ve bir şeyden vazgeçip başka şey kazanmalarla dolu. IQ’su 1.000 olacak şekilde tasarlanmış bir insanın aklını kaybetmesi, tehlikeli bir sosyopata dönüşmesi ya da hiç görmediğimiz türde sinirsel bir hastalığa yakalanması gayet mümkün, hatta ihtimal dahilinde. İnsan olarak gerçek anlamda dünyaya gözlerini açmadan önce çiftleştirilmiş embriyolarda hangi zararlı mutasyonların nesiller boyu ileriye taşınacağını bilmek olağanüstü zor olacak. Dolayısıyla üstün zekâlı insanlar yaratmanın elbette birtakım devasa toplumsal ve etik içerimleri olacak.

Gelecekte insanların, gelmiş geçmiş en büyük dahilerden bile üstün IQ’ya sahip olabileceği fikri kulağa kuşkusuz çılgınca geliyor ve birçok insanı da ürkütüyor. Peki, bugünkü IQ kapasitemizin bizi, ayda tek bir mütevazı yumurta yumurtlayan yabani tavuklardan farksız kılıyor olması mümkün değil mi? Kim bilir, belki bugüne kadarki evrimimiz, diğer sağkalım zorunluluklarımızı dengeleme açısından zekâmızı öyle optimize etti ki, çok büyük IQ kazanımı için fiziksel olarak çok daha büyük beyinlerimizin olması gerekiyordu. Bu da şimdi sahip olduğumuz kafatasının kısıtlı alanı çerçevesinde mümkün değildi.¹⁴

Eğer böyleyse, bu varsayımsal sorunun çözümlerinden biri geleceğin çocuklarını daha büyük kafatasıyla optimize etmek olabilir. Ray Kurzweil gibi fütüristlerin öngörüsüne göre biyolojik beynimizin sınırlı kapasitesi bizi makinelerimizle birleşmeye itecek, böylece zihinsel kapasitemiz fiziksel alanın kısıtlamasına toslamadan, belki de bulut ortamında, katlanarak büyüyecek. Türümüz o zaman bile (en azından yapay zekâ kendi kodunu yazmaya başlayana dek) yapay zekâyı yönlendirecek kodları yazabilmek ya da bu anlayış ve bilinç

13 Stephen Hsu, “Super-Intelligent Humans Are Coming”, *Nautilus*, 16 Ekim 2014, http://nautil.us/issue/18/genius/super_intelligent-humans-are-coming

14 Birçok bilimkurgu filminde gelişkin uzaylıların kocaman kafalı olmasının nedeni de budur.

genişlemesini herkesin erişimine açabilmek için, IQ'su bugünkü normalin çok ötesinde olan süper biyolojik dehalara ihtiyaç duyabilir.¹⁵

Kadınlar en az bir on yıl daha preimplantasyon embriyolar arasından seçim yapamayacak, insan embriyoları da çok uzun bir zaman (belki de hiç) birbiriyle çiftleştirilemeyecek. Ancak böyle bir şey olursa ya da olduğunda, çok sayıda can yakıcı etik soruyla karşı karşıya kalacağız. Büyük büyük büyük büyük torununu doğuran bir annenin sorumluluğu, doğrudan biyolojik bir çocuğa karşı sorumluluğundan herhangi biçimde farklı olur mu? Laboratuvar ortamındaki transfer edilmemiş embriyoların hakları var mıdır? Embriyoları rızaları olmadan birbirleriyle çiftleştirmek bir tür kölelik midir?

İnsanda üremeyi bu denli hack'lemek bugün bize tuhaf gelse de böyle bir işlem sonucu doğan her çocukta yüzde 100 katışıksız insan DNA'sı olacaktır. Bu size teselli gibi görünmediyse, türümüzü kökten dönüştürme konusunda çok daha büyük potansiyele sahip olan gen düzenleme teknolojilerini konuşmaya henüz başlamadığımızdandır.

İLAHÎ KIVILCIMLAR VE PERİ TOZLARI

Devrim yaratan fikirlerle devrim yaratan teknolojiler genelde el ele yürür.

Bezelyelerle deneyler gerçekleştiren Gregor Mendel 100 yıl sonra bilgisayarların yapacağı karmaşık hesapları hayal bile edemezdi. Röntgen fotoğrafçılığı ve mikroskop olmasa Watson, Crick, Franklin ve Wilkins DNA'nın çift sarmallı yapısını asla keşfedemezdi. Mikroişlemci olmasa Fred Sanger, Alan Coulson, Leroy Hood ve diğerleri genom dizilimini asla geliştiremezdi. Karmaşık algoritmalar ve ileri teknoloji ürünü işlemci çipleri olmasa dünyanın dört bir yanında insan genomunu çözmeye çalışan araştırmacılar ordusu şimdi hiçbir yere varamamış olurdu.

Birbirine bağlı gelişen araçlar ve fikirler arasındaki bu tango, bir tür olarak kendimize ilişkin algımızda durmaksızın kaymalar yaratıyor. Atalarımız kendilerini belki ilahî kıvılcımla peri tozunun ürünü olan aşk çocukları zannederken, şimdi çoğumuz kendimizi kodların bir ürünü olarak görüyoruz. Makinelerimizi öyle bir dille konuşturuyoruz ki, o dil zamanla kendi içsel işleyişimizin metaforuna dönü-

şüyor. Sadece bilimsel değil, kavramsal bir sıçrayış bu yaşadığımız. Rastlantısal mutasyon ve doğal seçilime dayalı milyarlarca yıllık Darwin'ci evrimin ardından gelen bu kayma, bize doğacak çocuklarımızı seçmekle kalmayıp, genetik kodlarını hack'lemeye de başlayacağımız bir geleceğin hayalini sunuyor.

Biliminsanları genomun sırlarını çözmeye başlar başlamaz, değişikliklerin nasıl yapılacağını da düşünmeye başladılar. 1960'larda radyasyon kullanarak basit organizma ve bitkilerde gelişigüzel genetik mutasyonları tetiklemeye çalıştılar. Son derece yavaş, pahalı, hata oranı yüksek ve zorlu bir işlemdi bu. Arzulanan ve keşfedilen mutasyonların her birine karşılık yüzlerce, binlerce, hatta milyonlarca sonuçsuz ya da zararlı mutasyon gerçekleşebilirdi. 1980'ler ve 90'larda bir organizmadan alınan genleri diğerine daha hatasız eklemenin yolunu bulmak büyük bir adımdı ama hâlâ genleri değiştirmenin çok daha iyi, hızlı ve hedefe odaklı yolları aranıyordu. Yakın zamanda bu süreç gerçek anlamda ivme kazandı.

Amerikalı genetik bilimci Aron Geurts ve Howard Jacob 2009 tarihli önemli bir çalışmada genomu hassasiyetle düzenleyebilmek için DNA'ya bağlanmak üzere tasarlanmış çinko *parmak nükleaz*, (ZFN) adlı bir protein grubunun nasıl kullanılacağını detaylarıyla anlattılar. ZFN ile proteinler DNA'ya bağlanarak belli bir yerden çift iplik kesimi oluşturacak şekilde dikkatle tasarlanıyor. DNA sarmalını kıvrılarak uzanan bir merdiven gibi düşünürsek ZFN'nin de tırmanırken tutunduğunuz yerlere kesik attığını söyleyebiliriz.

Bu teknoloji çok geçmeden her tür laboratuvar deneyinde, fare, sıçan, inek, domuz ve insan olmayan diğer memelilerin genomunun düzenlenmesinde, eskisinden çok daha yüksek bir hatasızlıkla uygulandı. ZFN kısa sürede dünyanın bütün araştırma laboratuvarlarında yaygın gen düzenleme teknolojisi konumuna erişti. Ne var ki hâkimiyeti uzun sürmedi.

2011'de daha da kullanışlı bir gen düzenleme aracı geliştirildi. *Transkripsiyon aktivatör benzeri efektör nükleazlar* da (TALEN) yine tuhaf isimli ama çığır açıcı nitelikte bir araçtı. TALEN de DNA

merdivenine çift kesik yapıyordu ama ZFN'den daha esnek ve çok yönlüydü, ayrıca daha geniş genetik hedef alanlarını daha büyük kesinlikle düzenlemede kullanılabiliyordu.

Henüz birkaç yıl öncesi gibi antik bir çağda TALEN'ler adeta büyüden farksızdı. Çok sayıda insan hastalığının daha etkin ve etkili modellerinin çıkarılmasında ve genom düzenlemesi yapılmış fare, sığır, domuz, keçi, koyun, hatta maymun üretmede kullanılıyordu. İşlem geliştirilerek farelerde genetik bir göz hastalığını kaldırmada kullanıldı ve insan hastalıklarının tedavisine katkı açısından son derece ümit verici olasılıklar barındırıyordu. TALEN'in taşıdığı önemi fark eden itibarlı dergi *Nature Methods* onu "2011 Yılıının Yöntemi" olarak niteledi.¹ Ne var ki kullanımı ZFN'den kolay olsa ve o dönemde olağanüstü hızlı görünse de nasıl baktığınıza bağlı olarak, çeyrek yüzyıldır ya da milyarlarca yıldır oluşmakta olan ve artık eli kulağında çığır açıcı gen düzenleme aracının yanında TALEN de bir hiçti.

Bu yeni aracın hikâyesi en küçük organizmaların arasında başlıyordu.

Bakteriler en eski yaşam formlarından ve hayatta kalmayı en iyi başaran canlılardan biridir. Virüsler minik DNA paketlerini içine yerleştirecekleri bitmek bilmez konak arayışlarıyla, bakterilere bir milyarı aşkın bir zamandır saldırırlar. Bunu kötülüklerinden yapmazlar. Konak hücrelerini ele geçirip virüs üreten mini makinelere dönüştürmek virüsün hayatta kalması için elindeki tek stratejidir. Virüsler agresiftir agresif olmasına ama kendi savunmacı sağkalım stratejilerini geliştirmemiş olsalar, bakteriler de bunca zaman hayata tutunamazlardı.

Japonya, Osaka Üniversitesi'nde bir kromozomal DNA dizisini

1 "Method of the Year 2011," *Nature Methods* 9, 2012, 1, <https://www.nature.com/articles/nmeth.1852>

incelemekte olan araştırmacılar 1987'de bir dizi kod kümesinin içinde belli genetik kod dizilerinin tekrar ettiğini gördüler. İki yıl sonra genom analizi yapılmış yüksek oranda tuz toleranslı bakteriler üstünde çalışan Francisco Mojica adlı genç İspanyol araştırmacı da yine aynı tip palindromik (baştan ve sondan okunuşu aynı olan; "ka-bak" gibi), tekrarlanan kod kümelerinin bakteri DNA'sında karşısına çıktığını fark etti.

Ortaya çıkardığı dizileri, diğer araştırmacıların ortak GenBank veritabanına koyduklarıyla karşılaştıran Mojica, bakterinin palindromik tekrarlı kod kümelerinin belli birtakım virüslerde bulunan aynı kod kümelerinden bazılarıyla eşleştiğini gördü. O sırada kimse bu kod kümelerinin ne olduğunu ya da bir önem taşıyıp taşımadığını bilmiyordu. Ancak Mojica ve Fransa'dan Giles Vergnaud ile Alexander Bolotin gibi başka araştırmacılar yordamalar sonucu bakterilerin kod tekrarlarını bir çeşit bağışıklık sistemi olarak kullandığı çıkarımına ulaştı.² Hollandalı araştırmacı Ruud Jansen daha sonra bu dizilere Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats [düzenli aralıklarla bölünmüş kısa palindromik tekrar kümeleri] adını verdi. Söylemesi zor olduğu için daha kullanıcı dostu denebilecek CRISPR kısaltmasını seçti.

Aynı sıralarda dünyanın en büyük yoğurt şirketi Danisco'da çalışan biliminsanları Bolotin'in çalışmasından haberdar oldu. *Streptococcus thermophilus* bakterisi sütü yoğurda dönüştürme işleminin ana dayanağı olduğu için Danisco'nun biliminsanları Philippe Horvath ile Rodolphe Barangou bu bakterilerin bir virüs saldırısına verdiği tepkiyi çözebilirlerse, yoğurt ve peynir kültürlerinde ara sıra görülen bozulmayı önlemenin de yeni yollarını keşfedebileceklerini düşünmeye başladılar.

Mojica, Bolotin ve diğerlerinden aldıkları derslerden yola çıkan Horvath ile Barangou bakteri kültürlerini virüslere maruz bırakarak bakterilerin çoğunu öldürdüler. Ancak hayatta kalan bakterileri tekrar tekrar kültürle çoğalttıklarında ve aynı virüslere maruz bı-

raktıklarında, bakterilerin virüsleri savuşturmada giderek iyileştiğini gördüler. Vergnaud ve Bolotin'in tahmin ettiği üzere bizim suçlu geçtiğimizden sonra bağışıklık kazanmamız gibi bakteriler de virüslere karşı bağışıklık geliştiriyordu. Bu CRISPR tekrarlarının nereden geldiğini ve nasıl işlediğini anlamak, araştırmacıları dünya üstündeki mikrobiyal yaşamın tarihinin çok daha derinlerine bakmaya zorladı.

Virüslerle bakteriler arasındaki savaş uzun zamandır sürse de yeni genom dizilim araçları daha derin bir düzeyde incelemeyi mümkün kılana dek biliminsanları işleyişi hakkında fazla bilgi sahibi değildi. CRISPR'ın keşfi genom dizilimi ile büyük veri analizinin keştiği noktada ortaya çıktı. "CRISPR'ın kahramanları" bakterinin kendini savunmasının ardında yatan genetik kodun şifresini çözen şifre kırıcılarıydı.

CRISPR, bakterinin bir virüse maruz kaldıktan sonra kendi genetik kodu içine sakladığı ve vahşi batıdaki "Aranıyor" posterlerine benzer bir afiştir. Bakteri geçmişteki karşılaşmalarda virüsün DNA'sından kalan küçük parçaları kendi genetik kodu içinde arşivleyerek, kötü virüslerin genetik bir "eşkali"ni oluşturur.

Virüs bir gün elini kolunu sallayarak hücreye girerse, bakteri hemen araştırma amacıyla bir RNA gönderir. RNA'nın görevi, virüsün DNA'sını araştırmak ve orada bakterinin arşivlediği CRISPR genetik hedef listesindeki kodlarla örtüşen bir kodun olup olmadığına bakmaktır. RNA böyle bir kod bulursa, bakteri virüsteki eşleşen koda bağlanarak, virüsün DNA'sını, tam da eş kodun olduğu yerden kesip ayıracak bir enzim kullanır. İşlem başarılı olduğunda viral saldırganlar parçalarına ayrılır, bakteri saldırıdan sağ çıkar. Pi-yano kaldığı yerden çalmaya devam eder, barın müşterileri de iskambil oyununa geri döner.

Ancak bu hikâye sadece bir virüs ve bakteri hikâyesi değildir. Bazı bakteriler milyonlarca yıl önce başka yaşam formlarının da hücreleriyle kaynaştığı için, virüslerle bakteriler arasında süren savaşın sonucunda doğan kod, yaşam tayfı üstünde yer alan neredeyse tüm hücreler tarafından kopyalanmıştır. Artık biliyoruz ki

CRISPR tüm canlıların kodunu düzenlemeye yarayacak ve bildiğimiz anlamıyla biyolojik yaşamı değiştirebilecek anahtarı elinde tutuyor.

CRISPR bilimine odaklanan araştırmacıların sayısı arttıkça, bu müthiş ve yeni aracı anlama yolunda atılan büyük adımlar da güm-bür güm-bür geldi. 2010'da Sylvian Moineau ve meslektaşları CRISPR-Cas9 sisteminin (CRISPR'la bağlantılı dokuz numaralı gen) DNA üstündeki öngörülebilir ve belirli yerlerde çift iplikli kesikler yapabildiğini gösterdi. Bir sonraki yıl Emmanuelle Charpentier iki farklı tip RNA'ya ait küçük parçacıkların, Cas9 enzimine hedefe kadar nasıl rehberlik ettiğini keşfetti.

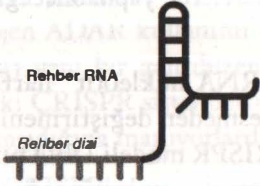
Ertesi yıl yani 2012'de Charpentier ve yeni çalışma ortağı Berkeley'li biyokimyager Jennifer Doudna, Martin Jinek'le birlikte CRISPR-Cas9 sistemini, akıllıca bir yolla herhangi bir DNA ipliğine kesik yapacak biçimde kullanılabilen hassas bir araca dönüştürdü. Ekip, sistemi yeni DNA eklemek için kullanmanın yolunu da keşfetti. DNA kendi üstünde kesik oluştuktan sonra kesğin bulunduğu yerden yeniden bağlanmaya çalışıyor ve araştırmacıların açıklığa uygun biçimde konumlandığı DNA'ya tutunuyordu. Bu da gen düzenleme işlemini eskisine kıyasla çok daha kolaylaştırıyordu. Ertesi yıl Doudna, Charpentier ve Harvard/MIT araştırmacısı Feng Zhang CRISPR-Cas9'un insan genomunda aynı anda birden fazla yeri hedefleyecek şekilde kullanılabileceğini duyurdu.

CRISPR'ı tek bir cümleyle özetlememiz gerekirse şöyle diyebiliriz: CRISPR sistemleri bakterilerin kendilerine saldıran virüslere kesik atmada kullandıkları minik makasın aynısını kullanarak, belirlenen bir yerdeki herhangi bir genetik kodu kırpar ve gerekirse oraya yeni genetik kod ekler. Aşağıdaki tablo bu konuda genel bir fikir verebilir.

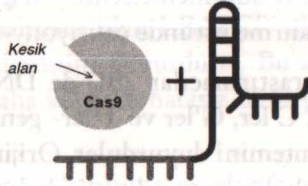
CRISPR-Cas9 sistemi eski gen düzenleme yaklaşımlarına kıyasla olağanüstü avantajlara sahip olduğu için gerçekten önemli bir buluştur. ZFN ve TALEN'ler tasarlanması aylar süren ısmarlama sistemlerken, CRISPR teknolojisi hep aynıdır, oluşturulması birkaç

BİR GENİN CRISPR/CAS9 TEKNİĞİYLE DÜZENLENMESİ

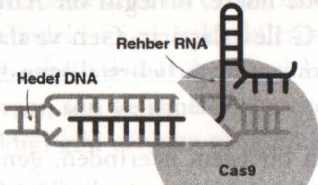
1 Biliminsanları "rehber RNA" denen bir genetik dizi oluştururlar. Bu dizi **değiştirmek istedikleri** DNA parçasıyla uyumludur.



2 Dizi Cas9 denen bir proteinle birlikte hücreye eklenir, Cas9 DNA'yı kesen bir makas işlevi görür.



3 Rehber DNA hedef DNA dizisine yönelir ve Cas9 onu kesip çıkarır. İşleri tamamlandığında rehber RNA ile Cas9 sahnedan ayrılır.



4 Artık eski DNA'nın yerine başka bir parça konmuştur ve enzimler kesikleri onarır. İşte bu kadar! Bir DNA'yı düzenlemiş oldunuz.



günden az sürer ve maliyeti nispeten düşüktür. Ancak bu kıyas götürmez avantajlarına karşın CRISPR sisteminin de yetersizlikleri vardır. CRISPR kullanarak DNA'nın çift iplikçğine kesik atmak ZNF veya TALEN ile daha isabetlidir ama bu tür agresif kesikler daha da büyük ve beklenmedik etkilere yol açabilir.

Bilim dünyası ve popüler medya CRISPR-Cas9'u göklere çıkarırken, atılan istikrarlı adımlar CRISPR-Cas9'un hem sanılandan daha çok yönlü olduğunu hem de hassas gen düzenlemede son söz değil, sadece başlangıç olduğunu açıkça gözler önüne serdi.

CRISPR sistemi şu anda bir makastan çok, hücre içinde zamanla gerçekleşen genetik değişimleri kaydeden, spesifik virüs türlerini belirleyen, enfeksiyon testi yapan, genomu uzamsal olarak yeniden düzenleyen ve başka birkaç işlevi yerine getiren çok amaçlı bir İsviç-

re çakısı gibi görülüyor.' Şimdilerde genoma CRISPR-Cas9'dan daha az hatayla bağlanabilen ve onu kesebilen yeni enzimler belirleniyor. Bu yeni CRISPR'ların –CRISPR-cpf1 (diğer adıyla 12a), CRISPR-Cas3, CRISPR-13, CRISPR-CasX ve CRISPR-CasY gibi isimlerle– sayısı giderek artıyor. Yeni yapay zekâ algoritmaları da CRISPR düzenlemelerinin en uygun nerelerde yapılabileceğini değerlendirme üstünde çalışıyor.

Araştırmacılar 2017'de DNA ve RNA nükleotit "harfler"ini –A'lar, C'ler, G'ler ve T'ler– genomu kesmeden değiştirmenin yeni bir yöntemini duyurdular. Orijinal CRISPR modeli DNA'nın burkularak dönen merdiveninde kesik yapmayı gerektiriyordu, modifiye işlem ise genleri, merdiveni hiç kesmeden değiştiriyordu. Araştırmacılar bunun için DNA atomlarını normalde yapacaklarından farklı biçimde eşleşmeye yönlendirdiler. A'ların T'lerle, C'lerin G'lerle eşleştiğini hatırlayın. O halde hücre, örneğin bir A'nın C olduğunu sanırsa, onu T ile değil, G ile eşleştirir. Gen ve ifadesi değişir ama DNA'ya kesik yapmanın getirdiği belirsizlikten kaçınılmış olur.

Ardından CRISPR-SKIP denen bir işlem üzerinden, gen düzenlemenin hatasızlığı ve güvenilirliğini daha da artırmak için baz düzenleme teknolojisi kullanıldı. Bu yaklaşımla tek bir baz düzenlendiğinde hücre, hedeflenen protein kodlayıcı gen zincirini "atlıyor" ve "okumuyordu." İlk bulgular CRISPR-SKIP'in genomda hasara yol açan mutasyonları etkisizleştirmede kullanılabileceğine ve hedef hatası etkisinin başka birçok CRISPR sisteminden çok daha az olacağına işaret ediyor.³

Daha sonra araştırmacılar Haziran 2019'da genomu çift iplikli kesme işleminin olası tehlikelerinden kaçınarak, gen düzenlemenin başka bir yolunun daha geliştirildiğini duyurdular. Bazı bakterilerin

3 "SHERLOCK, DETECTR, CAMERA: Three New CRISPR Technologies", AACCC, erişim 8 Mayıs 2018, <https://www.aacc.org/publications/cln/cln-stat/2018/march/15/herlock-detrctr-camera-three-new-crispr-technologies>

4 Michael Gapinske ve diğerleri, "CRISPR-SKIP: Programmable Gene Splicing with Single Base Editors", *Genome Biology* 19, No. 1, 2018, doi:10.1186/s13059-018-1482-5

birbiriyle genetik bilgi alışverişi yapmasını sağlayan transpozonlar, yani “sıçrayan genler”e el koyan araştırmacılar, bu yolla büyük genetik dizileri hedef genomlara tam da istendiği şekilde eklemeyi başardılar. Cas9 moleküler makasının yerine moleküler yapıştırıcı kullanmak gibi bir şeydi bu. Bir sonraki ay Çinli biliminsanları yayınladıkları bir makalede “RNA’nın programlanabilir düzenlenmesi için endojen ADAR kullanımı”nın kısaltması olan LEAPER adını verdikleri yeni bir gen düzenleme sistemini duyurdular. Bu sistemin önceki CRISPR sistemlerinden daha kolay ve hatasız olma potansiyeli taşıdığına inanıyorlardı.⁵

CRISPR’ın gen düzenlemede kullanımına ek olarak, genlerin işleyişini yöneten epigenetik belirteçlerin ve genetik bilgiyi alıp hücre için talimatlara dönüştüren rehber RNA’ların düzenlenmesinde kullanımı yolunda da önemli gelişmeler kaydediliyor.⁶ İnsan geni düzenlemesinin ilk evrelerinde şüphelerin ortaya attığı, gen ifadesi üstündeki epigenetik etkilerin etkin gen düzenlenmesini başta sanıldığından çok daha karmaşık hale getirdiğini söyleyen haklı uyarılara karşın, son gelişmeler epigenetik düzenlemenin “gen ifadesini istenildiği gibi yeniden programlamanın eşiği”ne getirdiğini açıkça ortaya koydu.⁷

- 5 Liang Qu, Zongyi Yi, Shiyong Zhu, Chunhui Wang, Zhongzheng Cao, Zhuo Zhou, Pengfei Yuan, Ying Yu, Feng Tian, Zhiheng Liu, Ying Bao, Yanxia Zhao ve Wensheng Wei, “Programmable RNA Editing by Recruiting Endogenous ADAR Using Engineered RNAs”, *Nature Biotechnology*, 15 Temmuz 2019, <https://www.nature.com/articles/s41587-019-0178-z>
- 6 Pratiksha I. Thakore ve diğerleri, “Editing the Epigenome: Technologies for Programmable Transcription and Epigenetic Modulation”, *Nature Methods* 13, 2016, 127-137, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4922638/>; ve Cassandra Willyard, “The Epigenome Editors: How Tools Such as CRISPR Offer New Details about Epigenetics”, *Nature Medicine* 23, No. 8, 2017, 900- 03, doi:10.1038/nm0817- 900; Ianis G. Matsoukas, “Commentary: RNA Editing with CRISPR- Cas13”, *Frontiers in Genetics* 9, 2018, doi:10.3389/fgene.2018.00134
- 7 David Cano-Rodriguez ve Marianne G. Rots, “Epigenetic Editing: On the Verge of Reprogramming Gene Expression at Will”, *Current Genetic Medicine Reports* 4, 2016, 170-179, <https://link.springer.com/article/10.1007/s40142-016-0104-3>; Heidi Ledford, “CRISPR: Gene Editing Is Just the Beginning”, *Nature* 531, 2016, 156-159, <https://www.nature.com/news/crispr-gene-editing-is-just-the-beginning-1.19510>

Gen düzenlemede değişim giderek hızlanırken, süreç de daha ucuz ve hatasız olma yolunda ilerliyor. Küresel ağ oluşturan bilim camiası bugün sadece Gregor Mendel gibi nispeten tecrit hayatı yaşayan bir keşiş için değil, henüz on yıl önce dünyanın en sofistike biliminsanları için bile hayal edilemeyecek bir düzey ve hızda fikirlerini paylaşıyor. Tüm bunların netlikle ortaya koyduğu bir şey varsa, o da kendimizinki de dahil bütün genomları düzenleme yetimizin akıl almaz bir hızla geliştiği ve muhtemelen daha büyük sıçrayışlarla uzun süre gelişmeye devam edeceği.

Temel bitki ve hayvan deneyleriyle uygulamalarından, giderek önemi büyüyen beşeri kullanımlara doğru adım adım bir ilerleyiş çoktan başlamış durumda.

Hassas gen düzenleme alanında normalleşmenin ilk aşaması, bu araçların kullanımıyla temel araştırmaların ilerletilmesini içeriyor. CRISPR-Cas9'un ilk etapta sağladığı yararların en önemlilerinden biri ise spesifik DNA dizilerini çalışma amaçlı hedefleyip izole edebilme olanağına erişmek. Biliminsanları “moleküler makas” kullanarak spesifik bir DNA dizisini hızla, kolaylıkla ve düşük maliyetle kesebildiklerinde, hasara uğramış bir genin hücreler ve organizmalar üstündeki etkilerini de araştırabiliyorlar. Bu da bilimsel çalışmalar açısından çok önemli çünkü araştırmalar giderek gerçek dünyada bitkiler üstünde, laboratuvar ve çiftlik hayvanları ve başlangıç niteliğinde de olsa insanlar üstünde gerçekleşecek uygulamalara dönüşebiliyor.

Örneğin Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nden bir bitki patolojisi uzmanı polifenol oksidazın (PPO), yani oksidasyona tepki veren bir enzimin kodlamasını yapan gen ailesinin tamamını hedef almak için CRISPR'dan yararlandı.⁸ Biliminsanları elmanın kararmasına yol açan bir enzimin üretimini denetleyen geni CRISPR ile susturdu ve gen düzenlemesi yapılan “Arctic elma” artık dilimlense ve dışarıda

8 Emily Waltz, “Gene-Edited CRISPR Mushroom Escapes U.S. Regulation”, *Nature* 532, 2016, 293, <https://www.nature.com/news/gene-edited-crispr-mushroom-escapes-us-regulation-1.19754>

bırakılsa da kararmıyor.' Yıkıcı etki yaratan halkalı leke virüsünden kaçınmak için genleri düzenlenen virüs-dirençli Rainbow papaya, şimdiden süpermarketlerde yerini aldı, çürümeye dayanıklı Innate patates de öyle. Del Monte firması diğer ananaslara kıyasla daha fazla likopen antioksidanı içerecek şekilde pembe ananasın genetiğinin düzenlenmesi için onay aldı. Daha iyi nişasta üreten bir mumsu mısır, daha çok lif ve daha az gluten içeren buğday, sıcak iklimlerde yetiştirilmesi daha kolay olan domatesler ve omega-3 yağ asitleri güçlendirilmiş ketencik de CRISPR teknolojisi sayesinde yolda. Biz in-

- 9 "Arctic elma"nın da kararmayan mantarların da içinde yabancı DNA bulunmadığından, ikisi de pratikte bilinen ~~anımıyla~~ GDO değil. 28 Mart 2018'de ABD Tarım Bakanı Sonny Perdue yabancı DNA eklenmemiş ve gen düzenlenmesi yapılmış bitkilerin ~~bakanlıkça~~ GDO olarak ele alınmayacağını duyurdu. Bu karar gıdada yapılan herhangi bir genetik değişiklikten kaygı duyan pek çok GDO taraftarları arasında paniğe yol açıyor. Kasım 2018'de ABD, Kanada ve Brezilya'nın da dahil olduğu 13 ülkeden oluşan koalisyon Cenevre'deki Dünya Ticaret Örgütü toplantısında tarımda genom düzenlemeye olanak sağlayan politikaları destekleyeceğini duyurdu. Amy Maxmen, "Genetically Modified Apple Reaches U.S. Stores, but Will Consumers Bite?" *Nature* 551, 2017, 149-150, <https://www.nature.com/news/genetically-modified-apple-reaches-us-stores-but-will-consumers-bite-1.22969>. Ayrıca bkz: "Secretary Perdue Issues USDA Statement on Plant Breeding Innovation", USDA, 28 Mart 2018, erişim 1 Haziran 2018, <https://www.usda.gov/media/press-releases/2018/03/28/secretary-perdue-issues-usda-statement-plant-breeding-innovation> ve Emily Waltz, "CRISPR Crops—Exempt from GMO Regulations—Reaching U.S. Market in Record Time", *Genetic Literacy Project*, 15 Ocak 2018, <https://geneticliteracyproject.org/2018/01/15/crispr-crops-exempt-gmo-regulations-reaching-us-market-record-time/>. Avrupa Adalet Mahkemesi de 2018'de yayımlanan mütalaada benzeri bir sonuca vardı: "Opinion of Advocate General Bobek delivered on 18 January 2018(1)", Dava C-528/16, erişim 6 Haziran 2018, <http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&-docid=198532&pageIndex=0&doclang=EN&mode=req&dir=&occ=first&part=1&-cid=779174>. Bu AB kararı daha sonra Avrupa'nın en yüksek mahkemesince bozuldu ve mahkeme Temmuz 2018'de CRISPR gibi gen düzenleme teknikleriyle değiştirilmiş ürünlerin, yabancı DNA eklenmemiş bile olsa GDO'larla aynı ciddiyette düzenlemelere tabi olacağı kararını verdi. "Organisms Obtained by Mutagenesis Are GMOs and Are, in Principle, Subject to the Obligations Laid Down by the GMO Directive", Court of Justice of the European Union, basın bildirisi No. 111/18, Lüksemburg, 25 Temmuz 2018, C-528/16 davasının kararı, <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-07/cp180111en.pdf>. Nisan 2019'da Avustralya hükümeti yabancı DNA eklenmediği sürece bitki ve hayvanlarda CRISPR gen düzenleme kullanımını kısıtlamama kararı aldı. Anna Salleh, "Gene Editing of Plants and Animals Gets Green Light. Is CRISPR Bacon Next?" *ABC News*, 30 Nisan 2019, <https://www.abc.net.au/news/science/2019-04-30/crispr-gene-editing-in-the-food-chain/11053622>

sanlar yediğimiz yoğurtla, bahsedilen türde bitkilerle ve yakında besinlerimiz arasına katılacak başka birçok gen düzenlemesi yapılmış yiyeceklerle, CRISPR kullanılarak düzenlenmiş genleri şimdiden vücudumuza alıyoruz.

Mahsullerde gen düzenlemenin amacı mantarlarımızın kararmasını, patateslerimizin çürümmesini önlemekle sınırlı değil. Bu teknoloji aynı zamanda milyarlarca dolarlık ürünü koruyarak dünyanın en yoksul ülkelerinde yaşayan milyonlarca insanın hayatını kurtarma potansiyelini de barındırıyor.¹⁰ Nüfusun çok büyük bir oranının geçimlik tarımla uğraştığı, ortalama sıcaklıkların arttığı ve nüfusun büyüdüğü Afrika ve Güney Asya'da bu ihtiyaç özellikle önem taşıyor. Tahminlere göre küresel nüfus 2050'ye gelindiğinde 10 milyara varacak ve yaşamı sürdürebilmek için yaklaşık yüzde 50 daha fazla yiyeceğe gereksinimimiz olacak. Beslenme alışkanlıklarımızı değiştirmeyiz, okyanus ve su yollarımızı canlandırmaz ve teknolojiyi dünyanın en savunmasız insanların yaşadıkları yerlerde ekin yetiştirmesine katkı için sunmazsak, bu orana asla erişemeyiz. Yetersiz yerel altyapının olumsuz etkisiyle de birleşen iklim değişikliğiye geleneksel ürünlerin giderek yetiştirilemez hale gelmesine yol açacak.¹¹

Microsoft'un kurucusu ve hayırsever Bill Gates'in sözleriyle, gen düzenlemeden yararlanarak daha dayanıklı, daha hızlı büyüyen ve daha az suya gereksinim duyan pirinç ve tahıl çeşitleri geliştirmek, "muazzam ölçeklerde hayat kurtarıcı etki yaratabilir."¹²

Gen düzenleme araçları hayvanlar üstünde de yoğun biçimde kullanılıyor. Biyolojik araştırmalar için genleri düzenlenmiş labora-

10 A vitamini genetik mühendislikle musıra, manyoka ve tatlı patatese; demir fasulye ve inci darısına, çinko da pirinç ve buğdaya katıldı. Blz. Heather Ohly ve Nicola Lowe, "Scientists Are Breeding Super-Nutritious Crops to Help Solve Global Hunger", *The Conversation*, 1 Haziran 2018, erişim 3 Haziran 2018, <https://theconversation.com/scientists-are-breeding-super-nutritious-crops-to-help-solve-global-hunger-89815>

11 Daha fazla bilgi için blz. "Creating a Sustainable Food Future", World Resources Institute, 15 Nisan 2019, Erişim 18 Temmuz, 2019, <https://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future>

12 Bill Gates, "Gene Editing for Good", *Foreign Affairs*, Mayıs-Haziran 2018, erişim 3 Mayıs 2018, <https://www.foreignaffairs.com/articles/2018-04-10/gene-editing-good>

tuvar faresi ve sıçan üretmenin yanı sıra CRISPR'la başka birçok hayvanın genleri ve gen ifadesi değiştiriliyor. Örneğin Gates Vakfı, Global Alliance for Livestock Veterinary Medicines'in [Hayvancılık Veteriner İlaçları İçin Küresel İttifak] genetiği değiştirilmiş "süper inekler" üretme çabalarına destek veriyor. Bu inekler geleneksel olanlara kıyasla daha çok süt üretmenin yanında çok yüksek sıcaklıklara dayanabilecek.¹³ Kendi kızında yumurta alerjisi olan bir biliminsanı, CRISPR-Cas9 kullanarak hipoalerjenik tavuk yumurtası tasarlıyor. Araştırmacılar yine CRISPR'la ticari çiftlik işletenlere yılda milyonlarca dolar tasarruf sağlayabilecek, virüse dirençli ve daha hızlı gelişen domuzlar, parazite dirençli ve boynuzsuz sığırlar tasarlıyorlar.

Pratik uygulamada yeri daha az olan bir örnek ise Çin'in BGI-Shenzhen firmasının ürettiği mikrodomuzlar. Maksimum 15 kilograma, yani ortalama erişkin bir domuzun yedide bir ağırlığına erişebilen mikrodomuzlar, laboratuvar hayvanı ya da evcil hayvan olarak tasarlandı.¹⁴ Harvard'lı George Church ise CRISPR'ı ve endüstriyel ölçekli, çok yönlü, otomatikleştirilmiş genom mühendisliği araçlarını kullanarak, Asya fili embriyolarında aynı anda çok sayıda geni değiştirmek kaydıyla nesli tükenmiş yünlü mamutu hayata döndürmenin yollarını araştırıyor.¹⁵

- 13 Tom Whipple, "Bill Gates Pumps Millions into Quest for a Supercow", *The Times*, 26 Ocak 2018, <https://www.thetimes.co.uk/article/bill-gates-pumps-millions-into-quest-for-a-supercow-7swc6dntw>. Sığırlarda genom düzenlemesinin yaygınlaştırılması çabaları FDA denetleyicilerinin, genetiği değiştirilmiş bazı boynuzsuz sığırların genomlarına düzenleme sürecinde kullanılan bakteri DNA'sından bir miktar karıştığını keşfetmesiyle darbe aldı. Bu durumda sığırlar pratikte GDO kategorisine girdi. Durum yeni bazı bilimsel, denetisel ve etik sorular uyandırdı. Bkz. Antonio Regalado, "Gene-Edited Cattle Have a Major Screwup in Their DNA", *MIT Technology Review*, 29 Ağustos 2019, <https://www.technologyreview.com/s/614235/recombinetics-gene-edited-hornless-cattle-in-a-major-dna-screwup/>
- 14 Sara Reardon, "Welcome to the CRISPR Zoo", *Nature* 531, 2016, 160-163, <https://www.nature.com/news/welcome-to-the-crispr-zoo-1.19537>. BGI Shenzhen 2017'de muhtemelen basından gelen ilgi şirketin ilk halka arz değerini düşürdüğü için mikrodomuz programından vazgeçtiğini duyurdu.
- 15 Bu işlemin anlatımı için bkz. Ben Mezrich, Woolly: *The True Story of the Quest to Revive One of History's Most Iconic Extinct Creatures*, Simon & Schuster, New York, 2018; ayrıca George Church ve Ed Regis, *Regeneris*, Basic Books, 2014, New York, 10-11.

Yünlü mamutlar bir yana, yiyeceklerimiz ve evlerimizde genleri düzenlenmiş bitki ve hayvanlara yer açmak, gen düzenlemenin genel anlamda daha geniş bir düzeyde kabul görmesini sağlayacak. Gen düzenleme araçlarının hastalık iyileştirme ve tedavisi açısından barındırdığı vaatler, teknolojilerin toplumsal kabulüne hız kazandıracak.

Bu kitabın konusu son noktada türümüzü değiştirecek olan ve kalıtımla aktarılabilir genetik değişiklikler olsa da bugünden o geleceğe uzanan yol, hastalık tedavisi ve sağlığın iyileştirilmesinde kalıtımla aktarılamayan genetik tedavilerin uygulanmasından geçecektir. Evrimsel sürecimizi dönüştürmek, genetik devriminin varacağı nihai noktadır ama bulunduğumuz yerden kaçınılmaz olarak gittiğimiz yere uzanan yolda tıp, hayati bir ara istasyon olacaktır.

* * *

Hastalık tedavisi için hayatta olan bir insanın genlerini değiştirme olasılığı 1980'lerde öne çıkarıldığında bu, potansiyel barındıran ama düşük ihtimalli bir sıçrama olarak görülüyordu. İlerleyen yıllarda çok sayıda hastalığın önlenmesi ve tedavisinde gen manipülasyonuna başvurmak, gitgide daha gerçekçi bir olasılığa dönüştü. Gen tedavisi hastalıklarla savaşta geleneksel cerrahi veya ilaç gibi yöntemlerin yerine genleri kullanarak hastalık önleme ya da tedavi etme yoluna gider. Bunu da mutasyona uğramış bir geni nakavt edip (KO) yani etkisizleştirip yerine aynı genin sağlıklı bir kopyasını koyarak ve/veya vücudun belli bir hastalıkla savaşına yardım edecek yeni bir gen ekleyerek yapar.¹⁶ Tüm bunların kulağa heyecanlı gelmesine ve gerçekten heyecan verici olmasına rağmen, gen tedavilerini sağlık alanında hayata geçirme süreci hep engellerle dolu bir süreç olmuştur.

16 Gen tedavisi ile gen düzenleme arasındaki fark bazen akıl karışıklığına neden olur çünkü birbiriyle yakından ilintilidir. Genetik mühendislik ve gen düzenleme, çok daha başka işlevsellikleri olan ve gen tedavilerinde kullanılan araçlardır. Bütün gen tedavileri genetik mühendisliktir ama bütün genetik mühendislikler, gen tedavisi değildir.

1999'a gelindiğinde Pennsylvania Üniversitesi doktorları, orni-tin transkarbamilaz eksikliği (OTC) hastalığı olan 18 yaşındaki Jesse Gelsinger'ı tedavi etmek için gen tedavi biliminin yeterince geliştiği kanaatine vardılar. Ender görülen bu genetik hastalık kanda amon-yak seviyesinin yükselmesine ve genelde beyin hasarına ve erken ölü-me neden olur. Gelsinger manipüle edilmiş nezle virüsünün içinde verilen düzeltici OTC gen infüzyonunu almasını takip eden dördün-cü günde hayata veda etti.

Jesse Gelsinger'ın ölümü kişisel ve ailevi bir trajedi olmakla kal-madı, Amerika'da hastalıklar için gen tedavisinin uygulanmasını da ani bir kesintiye uğrattı. ABD o dönemde dünyada bu teknolojiler aç-ısından açık arayla önde gelen merkezlerdendi. FDA (Gıda ve İlaç Da-iresi) Pennsylvania Üniversitesi'nin insanda gen tedavisi denemelerini sürdürmesini yasakladı, Birleşik Devletler'de devam eden 69 gen teda-visi denemesini incelemeye aldı ve gen tedavisi denemelerinde hasta güvenliğinin seviyesini büyük oranda yükseltti.¹⁷

Ancak gen tedavisinin yavaşlama olasılığı karşısında araştırma-cılar daha iyi ve güvenli gen transferi protokolleri geliştirmeye koyul-dular.¹⁸ Bunu izleyen yıllarda gen düzenleme teknikleri geliştikçe, gen tedavisi için yeni umutlar yeşerir oldu. 2009'a gelindiğinde *Science* dergisi "gen tedavisinin dönüşü"nü yılın en önemli atılımı ilan etti¹⁹ ve yakın zamanda CRISPR gibi daha iyi gen düzenleme araçlarının geliştirilmesi de gen tedavilerinin geleceğini iyice aydınlattı.²⁰

- 17 Barbara Sibbald, "Death But One Unintended Consequence of Gene-Therapy Trial", *Canadian Medical Association Journal* 164, 2001, 1612, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC81135/>; Osagie K. Obasogie, "Ten Years Later: Jesse Gelsinger's Death and Human Subjects Protection", *The Hastings Center*, 22 Ekim 2009, <https://www.thehastingscenter.org/ten-years-later-jesse-gelsingers-death-and-human-subjects-protection/>
- 18 Roland W. Herzog, Ou Cao, ve Arun Srivastava, "Two Decades of Clinical Gene Therapy—Success Is Finally Mounting", *Discovery Medicine* 9, 2010, 105-11, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3586794/>
- 19 "Two Decades of Clinical Gene Therapy".
- 20 Calvin J. Stephens ve diğerleri, "Targeted In Vivo Knock-in of Human Alpha-1-antitrypsin CDNA Using Adenoviral Delivery of CRISPR/Cas9," *Gene Therapy* 25, No. 2, 2018, 139-56. doi:10.1038/s41434-018-0003-1

Bugün etkin biçimde birçok gen tedavi protokolü araştırılıyor olsa da en heyecan uyandırıcı olanı ve medyada en çok dikkat çekenlerden biri, insan T hücrelerinin yetisini genetik olarak artırmaya yönelik çalışmadır. T hücreleri vücudun doğal bağışıklık tepkisinde hayati rol oynayan beyaz kan hücreleridir. CAR-T tedavisinde, belli kanser hastalıkları olan kişilerin vücudundan kan hücreleri çıkarılır ve genetik mühendislikle T hücrelerinin kimerik antijen reseptörü (CAR) ifadesine ilişkin yetisi artırıldıktan sonra kanserle savaşan süper güçler olarak yeniden kişinin vücuduna verilir.

Bu yöntemle Novartis ilaç firması tarafından 2017'de yapılan denemelerde ilk üç ayda hastaların yüzde 83'ünün kanserinde önemli oranlarda gerileme görüldü. Şimdi kanser için gen tedavisi üstünde çalışan Novartis, Gilead, Juno Therapeutics, Celgene ve Servier gibi çok sayıda şirkete yatırım amaçlı milyarlarca dolar akıyor ve dünyada yüzlerce klinik deneme sürdürülüyor. CAR-T tedavisinin önünde hâlâ ciddi engeller var, hatta klinik denemelerde az sayıda da olsa yaşamını yitirenler oldu ama gen alma, düzenleme ve geri verme artık kanserle, ileride ise başka hastalıklarla savaşta daha büyük rol oynayacak. Bu ilerlemeyi kabul eden FDA ve Ulusal Sağlık Enstitüleri, Ağustos 2018'de gen tedavisine yönelik özel gözetim işlemlerini önemli ölçüde azaltacaklarını duyuran ortak bir bildiri yayınladı. Bunun nedeni "gen tedavisindeki risklerin tümüyle tedaviye özgü ve öngörülemez olduğuna veya bu alanın halen, güvenlik sağlama konusunda mevcut çerçeve dışında kaldığına ve özel gözetim gerektirdiğine işaret eden yeterli delilin olmaması" idi.²¹

Birleşik Devletler Gıda ve İlaç Dairesi Ocak 2019 itibarıyla gen tedavisi denemeleri için 800'ü aşkın başvuru almıştı.²²

Ardından FDA Yöneticisi Scott Gottlieb kamuya FDA'nın 2020 itibarıyla yılda 200'den fazla başvuru alacağını ve "bugün bu ürünlerle ilgili çalışmaların ve klinik başarı oranlarının değerlendirmesine bakıldığında, yılda 10 ila 20 hücre ve gen tedavi ürününün onay-

21 Francis S. Collins ve Scott Gottlieb, "The Next Phase of Human Gene-Therapy Oversight", *The New England Journal of Medicine*, 15 Ağustos 2018, doi:10.1056/nejmp1810628

22 "The Next Phase of Human Gene- Therapy Oversight".

lanacağı” öngörüsünü beyan etti.²³ Aynı yıl Pennsylvania Üniversite-si’nde iki farklı türde kanseri olan hastalar üstünde gen tedavisi de-nemelerinin başlamasını takiben gen düzenleme bilimcisi Fyodor Urnov, NPR’a, “2019 bisikletin yan tekerlerinin çıkarılacağı ve CRISPR’ın dünya için en olumlu anlamıyla neler yapabileceğini her-kesin göreceği yıl” şeklinde bir açıklama yaptı.²⁴

Vücuttan hücre alıp düzenledikten sonra geri koymak, gen tera-pisinde ileriye atılmış dev bir adımdı ama ondan da büyüğü, CRISPR ve diğer araçları vücudun hâlâ içinde olan sorunlu hücrelerin düzen-lenmesinde kullanma becerimizin artışıydı. Vücut içindeki hücreleri düzenlemek sadece hastalık tedavisinde değil, insan embriyosunda gen düzenlemede de yepyeni olasılıklara kapı araladı.

Örneğin son çalışmalarda canlı farelerin içinde yetiştirilen has-talıklı insan karaciğerini tedavi etmek ve ana rahmindeki fare emb-riyolarında, normalde akciğer kanserine neden olabilecek mutasyon-ları gidermek için CRISPR gen tedavisi uygulandı.²⁵ Bu tip *in vivo* (canlı içi) tedaviler henüz başlangıç aşamasında olsa da doğuştan ge-len körlük, hemofili B, beta-talasemi, Duchenne kas distrofisi, kistik fibroz, orak hücre hastalığı ve spinal kas atrofisi tedavisinde ümit verici ön sonuçlar ortaya koyuyor. George Church, Feng Zhang ve diğerlerinin ortaklığıyla kurulan Editas gibi, Jennifer Doudna ve di-ğerlerinin ortaklarıyla kurulan Caribou Biosciences gibi inanılmaz

- 23 “Statement from FDA Commissioner Scott Gottlieb, MD, and Peter Marks, MD, PhD, Director of the Center for Biologics Evaluation and Research on New Poli-cies to Advance Development of Safe and Effective Cell and Gene Therapies”, U.S. Food and Drug Administration, 15 Ocak 2019, <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/statement-fda-commissioner-scott-gottlieb-md-and-pe-ter-marks-md-phd-director-center-biologics>
- 24 Rob Stein, “First U.S. Patients Treated with CRISPR as Human Gene-Editing Tri-als Get Underway”, NPR, 16 Nisan 2019, <https://www.npr.org/sections/health-sho-ts/2019/04/16/712402435/first-u-s-patients-treated-with-crispr-as-gene-editing-hu-man-trials-get-underway>
- 25 H-Y Xue ve diğerleri, “In Vivo Gene Therapy Potentials of CRISPR-Cas9”, *Gene Therapy* 23, 2016, 557-559, <https://www.nature.com/articles/gt201625>; ve “CRISPR Gene Editing Successfully Treats Lethal Monogenic Lung Disease in Utero”, *Ameri-can Journal of Medical Genetics* Kısım A179, No. 7, Temmuz 2019, 1116. doi:10.1002/ajmg.a.61213

yeni şirketler de CRISPR gen düzenleme ile çok sayıda hastalığın tedavisinde yeni yöntemler geliştirme yolunda azimle ilerliyor. Kasım 2017'de California'da 40 yaşında bir adam, genleri vücudunun içinde düzenlenen ilk insan oldu. Amaç, Hunter sendromu denen metabolik bir hastalığı tedavi etmekte.

Araştırmacılar 2019'da yine *in vivo* gen tedavisiyle AIDS'e yol açan HIV virüsünü, bugün insan olmayan primatlar üstünde de test edilen bir yöntemi kullanarak canlı farelerin genomundan mucizevi biçimde yok ettiler.²⁶ Bundan kısa süre sonra 18 hasta Harvard'da yürütülen kliniksel bir deneye kaydoldu. Burada vücutlarının içinde CRISPR gen düzenlemeleri yapılacak ve eksik olan genin bir versiyonu eklenecekti. Amaç kalıtımla gelen bir körlük türünü tedavi etmekte.²⁷ Tek bir hastada mevcut hastalıkları iyileştirmeye yönelik gen tedavileri, gelecek nesillere geçecek ve kalıtımla aktarılabilen genlerin düzenlenmesine kıyasla daha az tartışmalı olsa da bu yaklaşımın tartışmasız olmayacağı kesin. İyi gelişmiş embriyolarda, farklılaşmış hücrelerin *ana rahminde* gen düzenlenmesinin yapılmasında, hatta çocuklar veya yetişkinlerdeki özelliklerin genetik altyapısının düzenlenmesinde kaydedilen ilerlemeler, bize insani yaşamsal dönünün tamamı üstünde maksimum yarar elde etmek için müdahaleleri şekillendirme imkânı sunacak.²⁸

Temmuz 2019'da Amerikalı doktorlar CRISPR'ı ilk defa bir hastanın genlerini düzenlenme amacıyla kullandılar. Bu vakada amaç, orak hücre hastalığının tedavisiydi.²⁹

- 26 Prasanta K. Dash ve diğerleri, "Sequential LASER ART and CRISPR Treatments Eliminate HIV-1 in a Subset of Infected Humanized Mice", *Nature News*, 2, 2019, <https://www.nature.com/articles/s41467-019-10366-y>; *Nature Communications*, Sayı 10, No. 2753, 2019.
- 27 Marilyn Marchione, "First CRISPR Study inside the Body to Start in US", *APNEWS*, 25 Temmuz 2019, <https://apnews.com/132d29e760834699b12c0e5b0a77e4c0>
- 28 Omaththage P. Perera, Nathan S. Little ve Calvin A. Pierce, "CRISPR/Cas9 Mediated High Efficiency Knockout of the Eye Color Gene Vermillion in *Helicoverpa Zea* Boddie", *PLoS One* 13, No. 5, 2018, doi:10.1371/journal.pone.0197567
- 29 Rob Stein, "In A 1st, Doctors In U.S. Use CRISPR Tool To Treat Patient With Genetic Disorder", NPR, 29 Temmuz 2019, <https://www.npr.org/sections/health-shots/2019/07/29/744826505/sickle-cell-patient-reveals-why-she-is-volunteering-for-landmark-gene-editing-st>

Gen düzenleme devrimini ileriye doğru ittiren başka gelişmeler de gen tedavilerindeki bu hızlı olgunlaşmayı tetikleyen etkenler arasında. Örneğin Silikon Vadisi start-up şirketlerinden Synthego araştırmacılara günler içinde teslim edilebilen ve CRISPR'la düzenlenmiş ısmarlama insan hücresi ve başka canlı hücreleri satıyor. Inscripta isimli başka bir şirket CRISPR için gerekli bütün araçları tek bir tıkla ulaşılabilecek duruma getirmeye çalışıyor. *Wired*'ın Mayıs 2018 sayısında yazanlara göre bu yeni şirketler “bundan sonra en büyük bilgi-işlem platformunun biyoloji olacağı, DNA'nın bu platformu işleten kod olacağı ve CRISPR'ın da programlama dili olacağı” iddia-sındalar.³⁰ Halihazırda uygulanan genetik sağlık müdahaleleri, tedavi edilen kişilerin gelecek nesillere aktarılmasa bile bu tür tedavilerin geniş bir kabul görüp talep edilmesi, kamuda insan genetiğini değiştirme konusunda daha büyük bir rahatlamanın oluşmasında önemli rol oynayacaktır.

Sözü edilen tüm bu atılımlar, fikirlerle yeniliklerin birbirini beslediği baş döndürücü bir hızla gerçekleştiğinden, bu kitabın son düzeltmeleri teslim edildikten sonra yeni genom düzenleme ve gen tedavisi mucizelerinin yaşanacağına şüphe yok. CRISPR'dan daha hassas bazı gen düzenleme araçlarının geliştirileceği de kesin. Gelecek yıllarda gen tedavileri en yıkıcı hastalıklarımızı iyileştirmede temel ve giderek güçlenen bir strateji haline gelecek, onun sayesinde çok daha iyi durumda olacağız.

Korkunç hastalıkları iyileştirmek için insan hücrelerinin düzenlenmesi fikrine alışmak, CRISPR ve diğer araçları kullanarak insan genomunu hassas ve güvenli düzenleyebilme kabiliyetimizde de bir rahatlama ve güven oluşturacaktır. Rahatlama seviyesi arttıkça da biliminsanları, doktorlar ve ebeveyn adayları aynı araçların, neden o hastalıkların ilk baştan önlenmesinde kullanılmadığını sorgulamaya başlayacaktır.

30 Megan Molteni, “Biology Will Be the Next Great Computing Platform”, *Wired*, 3 Mayıs 2018, erişim 4 Mayıs 2018, <https://www.wired.com/story/biology-will-be-the-next-great-computing-platform/>



Mitokondriler hücrenin mini güç kaynaklarıdır. Hücre sitoplazması (hücreyi yumurta gibi düşünürsek, sarısı çekirdek, beyazı da sitoplazma olur) içinde yüzen mitokondriler milyonlarca yıl önce hücrelerimizle birleşmiş simbiyotik bakterilerin mirasıdır. Sayıları 21 bini bulan genlerimizin hemen hepsi hücre çekirdeğinin içindedir ama çok az bir miktarı; sadece 37 tanesi, mitokondrilerin içinde yer alır.¹¹ Her iki ebeveyninden gelen DNA'ların bir birleşimi olan çekirdeksel DNA'nın aksine mitokondriyal DNA (mtDNA) neredeyse tümüyle anneden çocuğa geçer.

Çoğu insanın mitokondrileri vücudun gereksinim duyduğu enerjiyi hücrelerden almasına olanak sağlayan sağlıklı yapılardır. Ancak yaklaşık 200 kişiden birinde hastalığa yol açan mtDNA mutasyonu bulunur ve yaklaşık 6.500 kişiden birinde mitokondriyal hastalık belirtileri görülür. Bu tehlikeli mutasyonlar öncelikle çocukları etkiler ve çoğu zaman sistemik organ yetmezliğine neden olur. Belirtiler genellikle yaş arttıkça şiddetlenir ve beyin, karaciğer, kalp ve diğer vücut sistemlerinin hücrelerinde giderek daha büyük hasar yaratır.

Mitokondriyal hastalığı olan herkes genç yaşta ölseydi, bu hastalık insan gen havuzundan çoktan silinmiş olurdu. Ancak görünüşe göre annenin mitokondriyal problemleri çocukları arasında eşitsiz biçimde dağılıyor ve bu da çocuklardan bazılarının sağlıklı yaşamasına olanak sağlarken, bir kısmının hastalıkları idare ederek yaşamasına, bir kısmının da erken yaşta, korkunç biçimde ölmesine yol açıyor.

Mitokondriyal hastalığı olan ebeveynler binlerce yıl çocuklarının çektiği acılara anlam veremedi, kaderi suçladılar. Ancak kader İsveçli endokrinolog Dr. Rolf Luft için yeterli bir açıklama değildi. Luft ilk kez 1962'de bir hastaya mitokondriyal hastalık tanısı koydu. Başlarda mitokondriyal hastalığı anlama yolunda dev adımlar atılsa

da tedavinin bulunması veya anneden çocuğa aktarımın önlenmesinde çok az yol kat edildi.

New Jersey, Üreme Tıp ve Bilim Enstitüsü'nden Jacques Cohen ve meslektaşları 1990'larda bu alanda bir işleme öncülük etti. Buna göre sağlıklı bir yumurtanın sitoplazmasından alınan sıvı, sitoplazma sorunlarının kısırlığa yol açtığı düşünülen bir yumurtaya enjekte edildi. Bu yöntemle doğan on yedi bebek mitokondriyal hastalık taşımasa da fetüslerden ikisinde ağır genetik bozukluk belirtisi vardı.³² FDA buna karşılık 2001'de kliniklere bu prosedürü uygulamadan önce izin alma şartı koştı. Güvenirlik geçmişinin yetersizliği yüzünden çok az başvuru oldu. Hiç onay verilmedi.

Çalışmaya temel oluşturan bilim yine de ilerlemeye devam etti. Son on yılda İngiltere ve Birleşik Devletler'deki ekipler iki yeni mitokondriyal nakil prosedürü geliştirdi. Bunlardan birinde hatalı mitokondri taşıyan anne adayının yumurtasından alınan sağlıklı çekirdek çıkarılıp mitokondriyal hastalık taşımayan donör bir kadının çekirdeği çıkarılmış yumurtasına yerleştirildi; yumurtanın sarısını tutup, beyazını donörle değiştirmek gibi. Diğer prosedürde aynı işlem yumurta döllendikten sonra erken evre embriyoya yapıldı; bilimciler embriyodan çekirdeği çıkarıp donör ebeveynlerden gelen çekirdeği çıkarılmış embriyoya yerleştirdi.

Mitokondriyal hastalık taşıyan anne adayları bu yeni yöntemi öğrendikçe ilgilenenlerin sayısı arttı. Ancak bazı gözlemciler endişeliydi. Mitokondriyal nakil kalıtımla aktarılabilen bir tedavi. Donör mitokondrisiyle doğan bir kız çocuğu o mitokondriyal DNA'yı kendi kızına da aktaracak ve bu sonsuza dek devam edecek. (Bu nedenle DNA testi ile soyuna baktıran kadınlar annelerinin annesinin annesinin annesine ve yaklaşık 160 bin yıl önceki ortak kadın atamız "mitokondriyal Havva"ya kadar anneleri hakkında bilgi edinebilirler.) Mitokondriyal nakil tedavisiyle doğan bir çocukta

32 Serena H. Chen ve diğerleri, "A Limited Survey-Based Uncontrolled Follow-Up Study of Children Born after Ooplasmic Transplantation in a Single Centre", *Reproductive BioMedicine Online* 33, No. 6, 2016, 737-44, doi:10.1016/j.rbmo.2016.10.003

toplam donör DNA'sının miktarı çok küçük olsa da bilimsel açıdan insan DNA'sını gelecek tüm nesiller açısından değiştirmek büyük bir olaydır.

Birleşik Krallık mitokondriyal tedaviler ve olası sonuçları üstüne ayrıntılı değerlendirme konusunda tüm ülkelerden fazlasını yaptı. Mucize "tüp bebek" Louise Brown'ın 1978'de Manchester'da doğumundan kısa süre sonra Birleşik Krallık, İnsan Döllenme ve Embriyoloji Araştırma Komitesi oluşturdu. Komite 1984'te yardımla üremenin geleceği üstüne muazzam bir rapor ortaya koydu, ardından 1987'de ileriye dönük yasama programının ana hatlarını belirleyen resmî rapor sunuldu. Kritik önem taşıyan bu çalışma 1990 İnsan Döllenme ve Embriyoloji Yasası'yla ve yasa da, tahmin edeceğimiz gibi İnsan Döllenme ve Embriyoloji Kurumu'nun (HFEA) kuruluşuyla sonuçlandı. O zamandan bu yana HFEA Britanya'da üreme teknolojilerinin denetlenme ve düzenlenmesinde inanılmaz çalışmalar yürüttü.

1990 yasası mitokondriyal tedavileri göz önüne almadığı ve bundan ötürü tedavilere yetki veremeyeceği için konu, 2010'da araştırmacıların Birleşik Krallık Sağlık ve Sosyal Bakım Bakanlığı'ndan yönetmelikleri mitokondriyal nakle izin verecek şekilde değiştirmesini istemesiyle masaya yatırıldı. Hükümet ise bu basit yönetmelik kararını değerlendirmek yerine beş yıllık yoğun bir müzakere süreci başlattı. Sürece uzmanlardan oluşan paneller, halka açık forumlar, yasa taslağıyla ilgili yorum yapma fırsatları ve sağlık bakanlığının çıkardığı maliyet-fayda analizleri de dahildi. 2015'te HFEA'nın klinik denemeleri yetkilendirme izninin olup olmayacağı parlamento-nun her iki kamarasında tam oylamaya sunuldu ve oybirliğiyle onaylandı. HFEA ardından ek bazı çalışmaların da sonuçlarını bekledi ve bu prosedürlerin güvenlik ve etkinliği üstüne uzman isimlerle başka paneller de düzenledi.³³

33 Rosa J. Castro, "Mitochondrial Replacement Therapy: The UK and U.S. Regulatory Landscapes", *Journal of Law and the Biosciences* 3, 2016, 726-35, <https://academic.oup.com/jlb/article/3/3/726/2566730>

Birleşik Krallık'taki süreç ailelerin mahremiyetini korumak adına gizlilik içinde yürütülse de, Nisan 2019'da Yunanistan'da dünyaya gelen bebeğe uygulanan mitokondriyal nakil gizli değildi. Bu vakada İspanyol şirket Embryotools, Yunanistan Yardımla Üreme Ulusal Makamı'ndan izin aldıktan sonra Atina kökenli Institute of Life³⁴ isimli üreme sağlığı kliniğiyle işbirliği içindeydi.³⁵

Mitokondri naklinin değerlendirilme süreci Amerika'da çok daha bürokratikti. FDA 2001'de yetkileri kapsamında mitokondriyal nakli bilfiil yasakladı, ardından Kongre 2016'da FDA'nın mitokondri değiştirme tedavisi için klinik denemelere izin verme yetkisini bile kaldırdı. Konuyla ilgili uzmanlardan oluşan bir dizi panel düzenlendi ancak FDA henüz klinik denemeleri kısmen de olsa onaylamadı çünkü ABD'deki ihtilafli kürtaj politikası embriyo manipülasyonuna ilişkin her tür tartışmayı son derece karmaşıktırılıyordu. Birleşik Devletler Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri'nin 2016 tarihli raporunda mitokondriyal nakil tedavilerinin kısıtlı bazı uygulamalarının (genetik değişikliklerin gelecek nesillere aktarılmasını önlemek için) erkek embriyolar açısından mazur görülebileceği söylendiği halde ABD'nin mitokondriyal nakillere getirdiği yasak halen yürürlükte.

Ancak Britanya'da ilk iznin verilmesinden önce ve prosedür ABD'de henüz yasaklıyken, Ürdünlü bir çift bu işlemi yaptırabilmek için New York'ta çalışan hekim John Zhang'e başvurdu. Mitokondriyal nakil ABD'de yasa dışı olduğundan Zhang, o dönemde prosedüre ilişkin yönetmeliği olmayan Meksika'ya gitmeyi kabul etti. Doğum Eylül 2016'da resmen duyurulduğunda, sağlıklı Ürdünlü bebek beş aylık olmuştu bile. Zhang sorunsuz biçimde New York'a döndü ve kısa süre sonra "yardımla üreme teknolojisinin sınırlarını zorla-

34 Yaşam Enstitüsü. (Y.N.)

35 Emily Mullin, "Pregnancy Reported in the First Trial of 'three-person IVF' for Infertility", STAT, 29 Ocak 2019, <https://www.statnews.com/2019/01/24/first-trial-of-three-person-ivf-for-infertility/>; ve Kaylie Piecuch, "Baby Born Using Controversial 3-parent IVF Technique in Medical First, Doctors Report", *Fox News*, erişim 26 Haziran 2019, <https://www.foxnews.com/health/baby-born-using-controversial-3-parent-ivf-technique-in-medical-first-doctors-report>

yan" bir şirket olarak tanımladığı, ismi ile müsemma Darwin Life şirketini kurduğunu duyurdu.³⁶ Ocak 2017'de Ukrayna'da doktorlar mitokondriyal hastalığı olan bir erken evre embriyonun çekirdeğini, çekirdeği çıkarılmış donör embriyoya aktardılar ve dünyaya sağlıklı bir bebek daha geldi.³⁷

Mart 2017'de Britanya'nın HFEA'sı doktorlara, anne adaylarına nakledilecek insan embriyosu üstünde mitokondriyal nakil tekniğini kullanma izni verdi. 1 Şubat 2018'de ilk iki kliniksel uygulamanın onaylanmasından sonra, mitokondriyal nakil tekniğiyle genetiği değiştirilmiş ilk Britanyalı bebek büyük olasılıkla 2019'da dünyaya gelmiştir.³⁸ Devletin destek verdiği ve kalıtımla aktarılabilen bu ilk genetik mühendislik vakasını hayata geçirmek yalnız Birleşik Krallık için değil, insanlık için de muazzam bir adımdı. Britanyalılar da süreci büyük bir sorumlulukla yürüttüler.

Mitokondriyal nakle izin verilen bu birkaç yerde mitokondriyal hastalık taşıyan anne adaylarının çeşitli seçenekleri var. İsterlerse el-

- 36 Darwin Life, <https://www.darwinlife.com/>; ancak Zhang Ağustos 2017'de FDA'dan bir mektup aldı. Mektupta yaşı ileri kadınların DNA'sını yaşı genç kadınların donör yumurtaları içine yerleştirme yönündeki halka arzının "ABD'de yasal olarak gerçekleştirilemeyeceği, ihraç izninin de olmadığı" yazıyordu. Bkz. Ariana Eunjung Cha, "This Fertility Doctor Is Pushing the Boundaries of Human Reproduction, with Little Regulation", *The Washington Post*, 14 Mayıs 2018, erişim 1 Haziran 2018, https://www.washingtonpost.com/national/health-science/this-fertility-doctor-is-pushing-the-boundaries-of-human-reproduction-with-little-regulation/2018/05/11/ea-9105dc-1831-11e8-8b08-027a6ccb38eb_story.html?utm_term=.220a3ce466e2
- 37 Rob Stein, "Clinic Claims Success in Making Babies With 3 Parents' DNA", NPR, 6 Haziran 2018, erişim 7 Haziran 2018, <https://www.npr.org/sections/health-shots/2018/06/06/615909572/inside-the-ukrainian-clinic-making-3-parent-babies-for-women-who-are-infertile>
- 38 İngiltere'de mitokondriyal nakil embriyoları hakkında bilgiler bebek doğana kadar kamudan gizli tutuluyor olsa da 2019 tarihi, tedavinin 2018'de başladığı bilgisi ve işlemler doğrudan ilişkili kişilerle yapılan özel yazışmalar temel alındığında, mantıklı bir kestirim gibi görünüyor. *Darwin Hack'leniyor*'un son düzeltmeleri Kasım 2018'de teslim edildiği için İngiltere'de doğan ilk mitokondriyal nakil bebeğinin tam doğum tarihini kitabın bu basısında belirtme imkânı olmadı. Ian Sample, "UK Doctors Select First Women to Have 'Three- Person Babies'", *The Guardian*, 1 Şubat 2018, <https://www.theguardian.com/science/2018/feb/01/permission-given-to-create-britains-first-three-person-babies>. Singapur da mitokondriyal naklin klinik denemelerine izin verip vermemeyi değerlendiriyor.

bette evlat edinmeyi tercih edebilirler. Öte yandan kendileriyle biyolojik olarak tümüyle bağlantılı bir çocuk istiyorlarsa işi şansa bırakıp gebe kalabilir, gebeliğin onuncu haftasından sonra embriyoya test yaptırabilir, kürtaj seçeneğiyle yüzleşebilirler. Ayrıca doğrudan çocuğu dünyaya getirip ondan sonra doğal yolla doğmuş ve taraması yapılmamış bu çocuğun ölümcül mitokondriyal hastalıkla dünyaya gelip gelmediğine bakabilirler. Alternatif bir seçenek ise annenin yumurtalarının alınması, IVF ile döllendikten sonra PGT ile genetik tarama yapılması olabilir.³⁹ Ne var ki mitokondriyal hastalık erken-evre embriyolarda kendini tümüyle göstermeyebilir, bu yüzden implantasyon öncesi tarama yapılmış bir embriyo hâlâ mitokondriyal hastalık taşıyıcısı olabilir.⁴⁰

Mitokondriyal naklin serbest olduğu yerde yaşayan bir anne, çocuğunun mitokondriyal hastalık taşımadığından emin olmak isterse, IVF sürecinde döllenmeden önce yumurtasının sitoplazmasını veya yumurta döllendikten hemen sonra erken evre embriyonun sitoplazmasını değiştirebilir. Bunların hepsini de çocuğun bütün DNA'sını mitokondriyal donörden alacağı bir işlemin yüzde 0,1 maliyetine yaptırabilir.

Peki mitokondriyal naklin yasaklı olduğu ya da hiç olmadığı yerlerde yaşayan kadınlar ne yapacak? Onlar da evlat edinebilirler. Elbette kalıtsal kumarı da oynayabilirler. Onlar da yine IVF ve PGT'nin yasal olduğu yerlerde bu ikisini yaptırabilir ama rutin doğum öncesi taramada mitokondriyal hastalığa bakılmadığı için, hâlâ hastalığı gelecek nesillere aktarma riskini taşırlar. Ukrayna veya Yunanistan gibi yerlere gidebilirler ama o da maliyetli, zorlu ve zahmetli olur. Bir diğer seçenek, hastalığı taşıyan başka ebeveyn adaylarıyla birleşip lobi oluşturmak ve mitokondriyal naklin kendi ülkelerinde yasallaşmasını sağlamaya çalışmak olabilir.

39 C. Sallevelt ve diğerleri, "Preimplantation Genetic Diagnosis for Single Gene Disorders", *Journal of Medical Genetics* 50, 2013, 125-132, <http://jmg.bmj.com/content/50/2/125.long>

40 Shoukhrat Mitalipov ve diğerleri, "Limitations of Preimplantation Genetic Diagnosis for Mitochondrial DNA Diseases", *Cell Reports* 7, No. 4, 2014, 935-37, doi:10.1016/j.celrep.2014.05.004

ABD'de FDA'nın "insan embriyosunun kasten üretildiği ve kalıtımla aktarılabilen genetik modifikasyonları içerecek şekilde değiştirildiği" her tür kliniksel deneyin onayıyla ilgili taleplerin bile değerlendirmeye alınmasını yasaklayan 2016 tarihli yasa, mitokondri değiştirme tedavisi için de genel geçer yasa işlevi görüyor.

Pittsburg merkezli United Mitochondrial Disease Foundation (UMDF)⁴¹, kamuya yaptığı açıklamada şöyle diyordu: "Bizler oosit MRT için [mitokondri değiştirme tedavisi] yeni bilimsel araştırmalar yapılmasının yanı sıra bu tedavinin mtDNA bağlantılı hastalıklar taşıyan kadınlarda uygulanmasına dönük kliniksel onayların yapıcı bir şekilde tartışılmasını destekliyoruz. Güvenli ve etkili olmasının kanıtlanması halinde bu teknik, mtDNA nokta mutasyonu taşıyan ailelere seçenek olarak sunulabilmelidir."⁴² 2019'daki yoğun lobi çalışmaları ABD Temsilciler Meclisi Bütçe Tahsisat Komitesi'ni yasağı kaldırma yolunda ikna edemese de çabalar sürüyor⁴³.

Mitokondriyal naklin güvenilirliği ve etkinliğine ilişkin kanıtlar Britanya gibi yerlerde artmaya devam ettikçe, diğer ülkelerde tıbbi grupların kendi devletleri üstünde, araştırmalara fon sağlamaları ve son noktada kalıtımla aktarılabilen mitokondriyal tedavilere izin vermeleri için uyguladıkları baskılar artacaktır. O durumda bu ülkelerin politikacıları, ölüm riskli mitokondriyal hastalıkları çocuklarına aktarmaktan korkan annelere ve tek bir soruna odaklanmış nüfuzlu lobcilere, Birleşik Krallık'ta devletin en yüksek tetkikleriyle güvenilirliği ve etkinliği kanıtlanmış mitokondri değiştirme prosedürlerine erişemeyeceklerini açıklamakta zorlanacaklardır. Mito-

41 Birleşik Mitokondriyal Hastalık Vakfı. (Ç.N.)

42 "Mitochondrial Replacement Therapy", United Mitochondrial Disease Foundation, <https://www.umdf.org/mitochondrial-replacement-therapy/>

43 FDA'nın "bir insan embriyosunun kasten üretildiği ve kalıtılabilir genetik modifikasyon içerecek şekilde değiştirildiği" herhangi bir klinik denemeyi onaylamaya ilişkin talepleri değerlendirmeye dahi almasını önleyen ve MRT'nin ABD'de uygulanmasına engel olan 2106 yasasını değiştirmeye yönelik çabalar 2019'da yoğunlaştıysa da değişim sağlanamadı. Bkz. Jocelyn Kaiser, "Update: House Spending Panel Restores U.S. Ban on Gene-edited Babies", Science, 4 Haziran 2019, <https://www.sciencemag.org/news/2019/06/update-house-spending-panel-restores-us-ban-gene-edited-babies>

kondriyal nakil büyük ihtimalle zaman içinde yaygın kabul gören ilk kalıtımla aktarılan genetik manipölasyon olacaktır.

Bu gerçekleştiğinde diğer ölümcül genetik hastalıkları çocuklarına aktarmaktan korkan ebeveyn adayları, çocukları olası bir ölüm mahkûmiyetiyle karşı karşıyayken boş durmayacaktır. Aksine hassas gen düzenleme teknolojilerinin en ileri versiyonlarının kullanılmasıyla, ileride çocuklarını acı çekmekten kurtaracak, hedefli değişikliklerin gerçekleştirilmesini talep edeceklerdir. Biliminsanları hastalığı önleme ve sağlığı artırma amacıyla embriyoların gen düzenlenmesinde, her geçen gün yeni ve potansiyel çözümler sunmayı sürdürdükçe, ebeveynlerden gelen talep de ister istemez artacaktır.

Hemen hemen her ciddi genetik hastalığın kendi sosyal ağı bulunur ve çoğunun aynı zamanda siyasi nüfuz sahibi lobi grupları vardır. Hastalıklarla ilgili savunma grupları ABD yönetimine yönelik lobi çalışmaları için her yıl milyonlarca dolar harcar. Bu tip destek programlarına yatırılan her bin doların, ertesi yıl Ulusal Sağlık Enstitüleri'ne spesifik bir hastalık için sağlanan fonda 25 bin dolarlık artış yarattığı tahmin ediliyor.⁴⁴ Kendi enerjisini de büyük oranda çıkar ve baskı gruplarından alan ABD yönetiminin günün birinde transfer öncesi embriyolarda kalıtımla aktarılabilir değişiklikler yapmayı içerse bile, genetik hastalıklar açısından ümit vaat eden tedavilerin araştırılmasına ve klinik denemelerine destek vermeyeceğini düşünmek zor.

Transfer öncesi insan embriyolarının gen düzenlenmesine doğru atılan esaslı adımlar da işte bu roketle yeni yakıtlar sağlayacaktır.

Nisan 2015'te Çin Guangzhou'daki Sun Yat-sen Üniversitesi'nden biliminsanları CRISPR-Cas9 kullanarak insan embriyolarında, genelde ölümle sonuçlanan beta-talasemi kan bozukluğuyla bağlantılı genler üstünde *in vitro* (yapay ortamda) genetik değişiklik yaptık-

44 Rachel Kahn Best, "Disease Politics and Medical Research Funding", *American Sociological Review* 77, 2012, 780-803, <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0003122412458509> ; Sara Reardon, "Lobbying Sways NIH Grants", *Nature* 515, Kasım 2014, 19.

larını duyurarak tüm dünyayı şaşırttılar.⁴⁵ Embriyolar gelişimlerini sürdürememişti çünkü genelde olduğu gibi tek sperm hücresiyle döllenmek yerine iki sperm hücresiyle döllenmişlerdi, düzenlemelerin doğruluk oranıysa çok düşüktü. Ancak insan embriyolarının çekirdeksel DNA'sı üstünde CRISPR'ın doğrudan uygulanışına ilişkin bu ilk rapor, pek çok gözlemci için etik bir sınırı aşmak anlamına geliyordu.

Kısa bir süre sonra Birleşik Krallık'tan denetçiler Kathy Niankan'a ait bir uygulamaya onay verdi. Londra, Francis Crick Enstitüsü araştırmacılarından Niakan, yaşayabilir insan embriyolarının genlerini CRISPR'la düzenlemek ve OCT4 adlı bir genin fetüs gelişimini nasıl düzenlediğini incelemek istiyordu. Bu da kısırlığın belli nedenlerinden birini anlama yolunda atılacak ilk adımdı. İki ay sonra başka Çinli bir bilim ekibi CRISPR'ı kullanarak erken evre transfer öncesi insan embriyolarını HIV'ye dirençli kılmaya çalıştıklarını duyurdu.⁴⁶

Ardından Temmuz 2017'de Oregon Sağlık ve Bilim Üniversitesi'nden çığır açıcı ve tartışmalı biliminsanı Shoukhrat Mitalipov, CRISPR'ı kullanarak insan cinsiyet hücrelerinin ve transfer öncesi embriyoların genetiğini değiştiren ilk Amerikalı araştırmacı oldu. Mitalipov hatalı MYBPC3 geni taşıyan bir adamın spermine CRISPR-Cas9 genetik makasını enjekte etti. Bu gen çocuklarda ani kalp yetmezliğine yol açabilen hipertrofik kardiyomiyopati adlı kalıtımla aktarılan bir hastalığa yol açabilir. Gen düzenlemesi yapılmış sperm ile 12 sağlıklı donör kadının yumurtaları döllendiğinde, embriyoların üçte ikisi hastalıksız oluştu ki bu da önceki sonuçlara kıyasla büyük bir artıştı. Mitalipov'un ekibi aynı şeyi deneyip bu defa düzenlenmemiş sperm ile CRISPR-Cas9'u ayrı ayrı enjekte ettiğinde –bu sayede sperm düzenleme ile yumurtanın döllenmesi

45 David Cyranoski ve Sara Reardon, "Chinese Scientists Genetically Modify Human Embryos", *Nature*, 22 Nisan 2015, <https://www.nature.com/news/chinese-scientists-genetically-modify-human-embryos-1.17378>

46 Ewen Callaway, "Second Chinese Team Reports Gene Editing in Human Embryos", *Nature*, 8 Nisan 2016, <https://www.nature.com/news/second-chinese-team-reports-gene-editing-in-human-embryos-1.19718#/b2>

aynı anda gerçekleşti– başarı oranı yüzde 72’ye yükseldi. Yüzde 72 verimlilik hiçbir şekilde yeterli değildi, embriyoların da hepsi üç gün içinde tahrip olmuştu ama insan çekirdeksel DNA’sında, kalıtımla aktarılabilen gen düzenlenmesine giden yolda bu, şüphesiz bir mihenk taşıydı.⁴⁷

2017’de Mitalipov’un bulguları yayımlandıktan sonra MIT araştırmacısı Richard Hynes *The New York Times*’a, “Geçmişten bu yana gen düzenlemenin, özellikle de güvenli yapılamadığı için, hiç yapılmaması gerektiğini söylüyoruz. Bugün bu hâlâ geçerli ama artık yakında güvenli yapılabilecekmiş gibi görünüyor,” dedi.⁴⁸ Hynes’in öngörüsü şimdi fazlasıyla gerçekleşiyor. İnsan genomunun düzenlenmesinde doğruluk oranı arttıkça ve hastalıkları önleme, iyileştirme ve tedavi etme amaçlı başarılı müdahalelerin sayısı yükseldikçe, en gelişkin teknolojilerimizi kullanarak en ölümcül hastalıklarımızı ortadan kaldırmanın dayanılmaz cazibesi bizi genetik çağın içine çekecektir.

İleri gen düzenleme araçlarının laboratuvarlarımızdan tarla ve çiftliklerimize, ardından hastane ve doğum kliniklerimize yönelen akıl almaz hızlı aktarımı, şimdiden kendi ivmesiyle büyük mesafe kat ediyor. Hemen hemen her gün, erişilebilir olduğu anda belli grupların talep edeceği yeni bir uygulamanın duyurusu yapılıyor. Söz konusu teknolojilerin, sayıları giderek artan potansiyel uygulayıcılara sağladığı son derece gerçek faydalar, eninde sonunda sayıları giderek azalan genetik gelenekselcilerin muğlak heveslerine ağır basacaktır.

Fakat bizler bu teknolojilerde ustalaştıkça ve onlarla barıştıkça, sağlık hizmetlerinin çok ötesine uzanan uygulamalarıyla, kendimizin ve çocuklarımızın genetiğini, giderek daha önemli yollarla değiştirmek için kullanacağımız bir süreci başlatacağız.

47 Hong Ma ve diğerleri, “Correction of a Pathogenic Gene Mutation in Human Embryos”, *Nature* 548, 2017, 413-419, <https://www.nature.com/articles/nature23305>

48 Pam Belluck, “In Breakthrough, Scientists Edit a Dangerous Mutation from Genes in Human Embryos”, *The New York Times*, 2 Ağustos 2017, <https://www.nytimes.com/2017/08/02/science/gene-editing-human-embryos.html>

CANLILAR DÜNYASININ YENİDEN İNŞASI

Ebola virüsüyle gelen ölüm son derece ıstıraplıdır.

Önce kendinizi aşırı halsiz hisseder, grip belirtileri göstermeye başlarsınız. Virüs yayılıp hücrelerinizi, kan damarlarınızı patlattıkça, kontrol edilemeyen bir bulantı, ishal, kusma ve baş ağrısı yaşarsınız. Hücrelerinizde hemoraji başlar ve vücudunuzda yine kontrol edilemez kanamalara yol açar. Ardından şoka girersiniz ve vücudunuzun her açıklığından hayati sıvılarınızın fışkırmasını takiben kanlı, dehşet verici bir sonla yaşama gözlerinizi yumarsınız.

Ebola Afrika'nın en yoksul kesimlerinde patlak verdiğiinde ölüm oranları virüsü kapanların yüzde 90'ına varıyordu. 2014'teki Ebola salgınında ise Batı Afrika'nın nispeten daha gelişmiş sağlık hizmeti, ölüm oranını yüzde 60'lara çekti.

Ebola bulaşma olasılığı en yüksek kişiler, aile üyeleri ve haliha-zırda enfekte olmuş kişilerle sevdiklerine bakan sağlık görevlileriydi. Ebola taşıyan birinin salya, kusmuk, idrar ya da dışkısına maruz kalmak, virüsü kapmak için yeterliydi. Ciddi yatırımlar ve gösterilen

itina sonucu ölüm oranı hâlâ yıkıcı bir orana, yüzde 50'lere indirilebildi. Bunu daha da indirme umutları ise yeni ve deneysel tedavilerde ilk etapta elde edilen başarılarla arttı.¹

Ancak Gine'deki 2014 salgınından sağ çıkanları inceleyen biliminsanları, virüse maruz kalan ama hastalığa karşı her nasılsa bağışık görünen bir grup kadın hasta bakıcıyla karşılaşınca şaşkınlığa düştü. Kadınlardan bazısı virüsü erken bir dönemde kapmış, hayatta kalmış, muhtemelen sonraki temaslara karşı bağışıklık kazanmıştı. Ancak bazısı virüse maruz kalmadığı halde antikor taşıyordu. "Neler oluyor", diye düşündü biliminsanları. Kadınlardan bir kısmında Ebola'ya karşı genetik bağışıklık mı vardı?

Araştırmacılar dikkatlerini, Ebola virüsün konağa saldırırken hedef aldığı Niemann-Pick Tip C, (NPC) denen proteini kodlayan gene odakladılar. Ebeveynlerinden bu genin mutasyona uğramış versiyonundan iki kopya alan çocuklar, genelde Ebola'yla bağlantısız olarak nörodejeneratif bir bozukluk olan Niemann-Pick Tip C hastalığından yaşamlarını yitirirler.

Huntington hastalığı ve Marfan sendromu gibi bazı tek gen hastalıkları dominanttır, yani geni kalıtımla alırsanız hastalığı da neredeyse kesin olarak alırsınız; iki ebeveyninizden birinde mutasyon homozigottur. Orak hücre hastalığı, Tay-Sachs ve Niemann-Pick Tip C hastalığı gibi bazıları ise resesif bozukluklardır, yani ancak her iki ebeveyninden de geni aldıysanız, hastalığı alırsınız. Fakat Batı Afrika'lı kadınlar üstünde yapılan ilk çalışmalar, orak hücre hastalığı geninin resesif taşıyıcılarında görülen sıtmaya karşı bağışıklık gibi, NPC

1 "Ebola Virus Disease", World Health Organisation, erişim 26 Haziran 2019, <https://www.afro.who.int/health-topics/ebola-virus-disease>; ve "Preliminary Results on the Efficacy of RVSZ-ZEBOV-GP Ebola Vaccine Using the Ring Vaccination Strategy in the Control of an Ebola Outbreak in the Democratic Republic of the Congo: An Example of Integration of Research into Epidemic Response", World Health Organisation, 12 Nisan 2019, <https://www.who.int/csr/resources/publications/ebola/ebola-ring-vaccination-results-12-april-2019.pdf?ua=1>; Donald G. McNeil, "Two New Ebola Treatments Prove Highly Effective in Congo Epidemic", *The New York Times*, 12 Ağustos 2019, erişim 19 Ağustos, 2019, <https://www.nytimes.com/2019/08/12/health/ebola-outbreak-cure.html>

geninden tek bir mutasyonlu kopyasını taşıyanların da Ebola virüsüne karşı bağışık olabileceğine işaret ediyordu.

Hastalıklara yol açabilen tek gen mutasyonlarını ve diğer mutasyonları daha önceki bölümlerde inceledik. Ne var ki zarara yol açabilen tekil genetik mutasyonlar olabildiği gibi yarar sağlayabilen birçok tek gen mutasyonu da olabilir.

Ebola örneğinin de gösterdiği gibi bunlar, kimi zaman bize belli bir bağlamda hasar verirken başka bağlamda yarar sağlayan genlerdir. Son on yılda biliminsanları, en azından dünyanın bildiğimiz hali içinde bizlere olağan dışı faydalar sunabilecek yeni tek gen mutasyonlarının peşine düştüler. Gelgelelim onları bulmak, o kadar da kolay değildi.

Gözlemlenebilir belirtileri olan bir hastalığı belirlemek, bir hastalığın olmadığını belirlemekten çok daha kolaydır; özellikle de belli bir genetik mutasyon olmasa normalde o hastalığı yaşayacak olan insanlarda, hastalığın olmadığını belirlemekten daha kolaydır. Ancak araştırmacılar Ebola'ya bağışıklığı olan kadınlar gibi uç örnekleri bularak ve yüzlerce, binlerce, hatta milyonlarca genom ve sağlık kaydını içeren veritabanlarını gözden geçirip nadir bir gen varyantı ile belli hastalıklara karşı direnç arasındaki bağlantıyı arayarak, her gün keşiflerine yenilerini katıyorlar.

Örneğin David Altschuler Harvard ve MIT Broad Institute'ta araştırma yaparken istatistiksel olarak tip 2 diyabet geliştirme riski yüksek olduğu halde geliştirmemiş olan yaşı ileri ve kilolu insanların oluşturduğu bir grup üstünde çalışmaya başladı. Genetik olarak hastalığı taşıyan, yaşça ve kiloca benzer insanlardan ne gibi farkları olduğunu görebilmek için grup üyelerinin genom dizilimini yaptığında, SLC30A8 genindeki tek bir mutasyonun, insülin seviyesinin düzenlenmesinde grup üyelerini yüzde 65 daha iyi kıldığına ve diyabete yatkınlığı azalttığına ikna oldu.²

2 Flannick ve diğerleri, "Loss-of-Function Mutations in SLC30A8 Protect against Type 2 Diabetes", *Nature Genetics* 46, 2014, 357-363, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/24584071>

Başka bir çalışmada Kuzey Avrupalıların yüzde 1'inin CCR5 geninde, HIV enfeksiyonuna bağışıklık sağlayan bir mutasyon taşıdığı ortaya çıktı.³ Yaşlılar üzerinde yapılan bir diğer çalışmada, NPC1L1 geninde mutasyonu olan insanların yaklaşık 650'sinden birinde kalp krizi riskinin, tamamen kendileri gibi olan ama mutasyonu olmayanlara kıyasla yarıdan az olduğu görüldü.⁴

İnsan genomunda küçük ve az sayıda değişiklik yapmak, büyük ve çok sayıda değişiklik yapmaktan daha güvenlidir. Bu sebeple önemli olumlu etkiler yaratma potansiyelini taşıyan tek gen mutasyonlarını belirlemenin, bu küçük mutasyonların gen düzenlemesini kendi üstümüzde ve gelecekteki çocuklarımızın üstünde yapabilmek gibi cazip bir yanı da vardır. Biyolojik yapımızın, milyarlarca yılda yerini bulmuş öncelikler arasında kurulan hassas bir dengeden oluştuğunu düşünürsek, eklenmesi veya çıkarılması halinde sağlayacağı yararları, değişiklik yapılması halinde yaratacağı tehlikeye ağır basacak olan genlerin sayısı büyük olasılıkla çok azdır.

Öte yandan Ebola ve diğer örneklerin de ortaya koyduğu gibi bu genleri aramak kesinlikle anlamsız bir çaba değildir.

Harvard'lı George Church'e göre özel yararlar sağlamak üzere manipüle edilebilecek bu nadir tek genlerin, ilk bakışta yapılacak listesi şunları içerebilir:

- 3 Rong Liu ve diğerleri "Homozygous Defect in HIV-1 Coreceptor Accounts for Resistance of Some Multiply-Exposed Individuals to HIV-1 Infection", *Cell* 86, 1996, 367-377, [http://www.cell.com/abstract/S0092-8674\(00\)80110-5](http://www.cell.com/abstract/S0092-8674(00)80110-5)
- 4 Christopher P. Cannon ve diğerleri, "Ezetimibe Added to Statin Therapy after Acute Coronary Syndromes", *The New England Journal of Medicine* 372, 2015, 2387-2397, <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1410489>

GEN	ETKİSİ
LRP5	Ekstra güçlü kemikler
MSTN	Cıız kaslar
SCN9A	Acıya duyarsızlık
ABCC11	Düşük miktarda koku üretimi
CCR5, FUT2	HIV, norovirüs direnci
PCSK9	Düşük koroner hastalık olasılığı
APP	Düşük Alzheimer olasılığı
GHR, GH	Düşük kanser olasılığı
SLC30A8	Düşük tip 2 diyabet olasılığı
IFIH1	Düşük tip 1 diyabet olasılığı

Kaynak: "A Conversation with George Church on Genomics & Germline Human Genetic Modification", *The Niche Knoepfler Lab Stem Cell Blog*, 9 Mart 2015, <https://ipsccell.com/2015/03/georgechurchinterview/>; Harvard Molecular Technologies, <http://arep.med.harvard.edu/gmc/protect.html>

Bu tip genlerde küçük değişiklikler yapmak, söz konusu değişiklikleri gerçekleştirmemizin tek yolu değil. Önceden de öğrendiğimiz gibi genler aslında çeşitli işleri yapan proteinleri üretmesi için hücrelere verilen bir dizi talimattır. Genlerin nasıl bir talimat verdiği önemli olsa da nihayetinde asıl önemli olan, hücrelerin gerçekte ne yaptığıdır. Bu yüzden bize iyi ya da kötü görünen bir şeyi yapan belli bir geni bulsak bile o genin ifadesini değiştirmek için mutlaka geni değiştirmemiz gerekmez. Bazı durumlarda, "kötü" mutasyon olduğu gibi kalsa veya iyi "mutasyon" ortada hiç olmasa bile hücrelere istediğimiz şeyi yapmasını söyleyen ilaçlar geliştirmek daha güvenli, daha kolay ve ucuz olabilir.

Böyle olsa bile, hem yararlar hem de zararlar içeren ama bu tip tedavileri uygulamanın mümkün olmadığı bazı mutasyonlar olacaktır. Öte yandan bazı taşıyıcıların kurtulmak isteyeceği veya gelecek nesillere katmak isteyeceği zararlı veya yararlı görülen mutasyonlar da olacaktır. Bazı ebeveynler, örneğin korkunç bir Mendelyen hastalığı saf dışı bırakmak, çocuklarını çeşitli ölümcül virüslere karşı ba-

ğışık kılmak, yaş aldıkça bilişsel düşüş yaşama olasılıklarını azaltmak veya özel bir avantaj sağladığı onaylanmış bir tek gen mutasyonundan yararlandırmak için onların germ hattını (eşey hattı) değiştirmek isteyebilir.

* * *

Preimplantasyon embriyolarına bir tane ya da az sayıda tek gen düzenlemesi yaptırmayı düşünen ebeveynlerin aklına gelecek ilk soru, işlemin güvenli olup olmadığı olacaktır. Şu an için yanıt “hayır”dır. CRISPR ve diğer gen düzenleme araçları hâlâ kusursuz teknolojiler değil. Birinci nesil CRISPR gen düzenleme araçlarına ilişkin en büyük kaygılardan biri, genomda bilimcilerin amaçladığının dışındaki yerlere kesik yapma olasılığıydı.

Bu tip hedef şaşma örnekleri insan hücrelerinin gen düzenlemesinde kendini önemli oranda gösterdi. 2013 tarihli kayda değer bir çalışmada insan hücreleri üstünde hedef sapması içeren CRISPR düzenlemeleri incelendi ve terapötik CRISPR düzenlemelerinin “uzun vadede insan hastalıklarının tedavisinde güvenle kullanılabilmesi” için önemli ölçüde geliştirilmesi gerektiği sonucuna varıldı.⁵ Bu tip hedef sapmalı mutasyonlar her zaman zararsız olsaydı, CRISPR ile insan içindeki genlerde yapılan küçük düzenlemeler fazla önem taşımazdı. Ne var ki durum öyle değil. CRISPR’la tetiklenen bir mutasyon, kansere dönüşme olasılığı da taşır. Dünyanın her yerinde denetleyicilerin insan geni düzenlemesini yetkilendirme konusuna haklı bir temkinle yaklaşmasının nedeni de budur.

Örneğin 2015’te gelişimini sürdüremeyen insan embriyoları üzerinde yaptığı CRISPR düzenlemelerini duyurarak dünyayı şoke etmiş Çinli araştırma grubu, doğruluk seviyelerinin çok kötü olduğunu bildirmişti. CRISPR-Cas9 sistemi enjekte edilen 86 döllenen yumurtadan sadece birkaçı arzulanan genetik değişimi içeriyordu.

5 Yanfang Fu ve diğerleri, “High-Frequency Off-Target Mutagenesis Induced by CRISPR-Cas Nucleases in Human Cells”, *Nature Biotechnology* 31, 2013, 822-826.

Girişime karşılık başarıda böyle bir oran bitki, solucan, sinek ve fare modellerinde kabul edilebilir niteliktedir çünkü hataların bedeli düşük olma eğilimindedir. Ancak aynısı insan için düşünülemez.⁶

CRISPR'ın insan vücudu içinde emniyetle kullanılması açısından belli bir güvenilirlik seviyesine erişmeye giden yol lineer olmaya-
caktır. Örneğin Haziran 2018'de yayımlanan başarılı bir çalışmada p53 isimli tekil bir insan geninin, bazı insan hücrelerinde CRISPR düzenlemesini engellediği ortaya çıktı. Vücudun kanser gibi tehlikeli mutasyonlara karşı geliştirdiği doğal savunma mekanizmasının bir tepkisiydi bu.⁷ Bunun etrafından dolaşmanın bir yolu p53 genini etkisizleştirmek olabilirdi ama bu da yeni bir tehlike doğuruyordu; kanser riskinde artış. *Nature Biotechnology*'de yayımlanan 2018 tarihli başka bir çalışma, farelerde yapılan CRISPR-Cas9 düzenlemele-
rinde hedef sapmalı DNA değişikliğinin beklenenden yüzde 20 fazla olduğunu ortaya koydu.⁸

Bu tür kaygıları gidermeye kararlı biliminsanları CRISPR gen düzenlemede doğruluk oranını artırmaya odaklandı ve ciddi bir başarı elde ettiler. Baz temelli düzenleme yaklaşımı özellikle ümit vaat edici görünüyor çünkü insan genomunda hastalıklarla bağlantılı 50 bin kadar değişimin 32 bin kadarına tek bir genin değişimi, kaybı ya da eklenmesi neden oluyor.⁹ Adenin baz editörü, (ABE) denen CRISPR'ın bu yeni versiyonu yüzde 34 ila 68'lik bir oranla

6 David Cyranoski ve Sara Reardon, "Chinese Scientists Genetically Modify Human Embryos", *Nature*, 22 Nisan 2015, <https://www.nature.com/news/chinese-scientists-genetically-modify-human-embryos-1.17378>

7 Emma Haapaniemi ve diğerleri, "CRISPR-Cas9 Genome Editing Induces a P53-mediated DNA Damage Response", *Nature Medicine*, 2018, doi:10.1038/s41591-018-0049-z

8 Kosicki, Michael, Krt Tomberg ve Allan Bradley, "Repair of Double-Strand Breaks Induced by CRISPR-Cas9 Leads to Large Deletions and Complex Rearrangements", *Nature Biotechnology* 36, 16 Temmuz 2018, 765-771. Bu tip önemli raporlar yayımlandığında CRISPR bağlantılı şirketlerin hisse bedeli düzenli bir düşüş gösterir. Bu rapor Temmuz 2018'de yayımlandığında CRISPR Therapeutics, Editas Medicine ve Intellia Therapeutics hisse değerlerinde toplam 300 milyon dolarlık bir kayıp oldu.

9 Emily Mullin, "CRISPR 2.0 Is Here, and It's Way More Precise", *MIT Technology Review*, 25 Ekim 2017, <https://www.technologyreview.com/s/609203/crispr-20-is-here-and-its-way-more-precise/>

işe yarıyor ve hücrelerin sadece yüzde 0,1'den azında ek hataya ilişkin kanıtlar görülüyor. Bu durum büyük bir ilerleme olsa da sistemin insan vücudu içinde kullanıma hazır olmadığı anlaşıyor.¹⁰ Çinli araştırmacılar Ağustos 2018'de, transfer edilmemiş 18 insan embriyosunun 16'sında Marfan sendromuna yol açan bir mutasyonu onarmak için genomlarda baz düzenlenmesi yaptıklarını bildirdiler.¹¹

Preimplantasyon insan embriyolarının gen düzenlemesini güvenli kılma yolunda aşılması gereken büyük engellerden biri de genetik değişimin hücreye eşitsiz yayılımıdır. Biliminsanları buna mozaizizm der. Gen düzenleme kökenli bir mutasyonun eşitsiz yayılımı, anormal fetüs gelişimine ve başka ciddi sorunlara yol açabilir. Ancak bu zorluk da yavaş yavaş ele alınıyor. Son çalışmalar döllenmeden sonra en kısa sürede CRISPR kullanmanın ve sperm ile yumurtayı döllenme öncesinde düzenlemenin, hücre mozaizizmi oluşma ihtimalini azalttığını gösterdi.¹²

Shoukhrat Mitalipov ve ekibinin bu olası sorunu minimuma indirmeyi amaçlayan yeni yaklaşımı¹³ duyurmasından bir ay sonra, yine süperstar genetikçilerden oluşan başka bir ekip araştırmanın

- 10 Nicole M. Gaudelli ve diğerleri, "Programmable Base Editing of A•T to G•C in Genomic DNA without DNA Cleavage", *Nature* 551, 2017, 464-471, <http://evolve.harvard.edu/138-ABE.pdf>.
- 11 Yanting Zeng ve diğerleri, "Correction of the Marfan Syndrome Pathogenic FBN1 Mutation by Base Editing in Human Cells and Heterozygous Embryos", *Molecular Therapy*, 13 Ağustos 2018, doi:10.1016/j.ymthe.2018.08.007
- 12 Zhuchi Tu ve diğerleri, "Promoting Cas9 Degradation Reduces Mosaic Mutations in Non-Human Primate Embryos", *Scientific Reports* 7, 2017, <https://www.nature.com/articles/srep42081>; Michael Le Page, "Mosaic Problem Stands in the Way of Gene Editing Embryos", *New Scientist*, 15 Mart, 2017, <https://www.newscientist.com/article/mg23331174-400-mosaic-problem-stands-in-the-way-of-gene-editing-embryos/>; P. Singh, J.C. Schimenti, ve E. Bolcun-Filas, "A Mouse Geneticist's Practical Guide to CRISPR Applications", *Genetics* 199, 2014, 1-15, <http://www.genetics.org/content/199/1/1.full>; Michael Le Page, "Male Infertility Cure Will Be Gateway to Editing Our Kids' Genes", *New Scientist*, 23 Haziran 2016, <https://www.newscientist.com/article/2094926-male-infertility-cure-will-be-gateway-to-editing-our-kids-genes/>
- 13 Hong Ma ve diğerleri, "Correction of a Pathogenic Gene Mutation in Human Embryos", *Nature* 548, 2017, 413-419, <https://www.nature.com/articles/nature23305>

doğruluğu hakkında sorular doğuran bir demeç verdi. “İnsan embriyolarındaki bir mutasyonu düzeltme yetisine ilişkin sonuçların tam anlamıyla desteklenmesi hayati önem taşır,” diyordu Dieter Egli, George Church ve meslektaşları ortak bildiride. Mitalipov’un sonuçlarının ise kanıtlanmaktan çok uzak olduğunu söylüyorlardı. “Bu tür verilerin yokluğunda, söz konusu araştırmalarla ilgilenen biyo-medikal camia ve esas olarak hastalığa yol açan mutasyonları taşıyan kişiler, gen düzenleme işleminde hâlâ muhtelif sorunlar olduğunu bilmelidir.”¹⁴

Önde gelen genetik araştırmacılar arasındaki bu tartışma, Ağustos 2018’de *Nature* dergisinin aynı sayı içinde, Mitalipov’un araştırmasının iki sert eleştirisine ve Mitalipov ile dünyanın çeşitli yerlerinden otuz bir meslektaşının verdiği uzun, ayrıntılı yanıtı yer vermesiyle biraz daha kızıştı.¹⁵ Biliminsanları preimplantasyon insan embriyolarını kusursuz biçimde düzenleme becerimizin giderek arttığı konusunda hemfikir olsa da bu teknolojileri, anneye transfer edilmesi ve gelişimini sürdürmesi düşünülen embriyolar üstünde kullanmaya henüz hazır olup olmadığımız noktasında tartışmalar kızışmış haldeydi.

Ancak son cümlelerin de anahtar kelimesi yine “henüz”dü.

Kendimize mantığı rehber alırsak, gen düzenlemede hata oranı, doğal yolla gebelikteki hata oranıyla örtüşürse, insanların embriyo-da gen düzenlemesi fikrine daha sıcak bakacağını söyleyebiliriz. Gelgelelim kendi kendine giden araba örneğinde olduğu gibi bu tip yeni bir teknolojinin benimsenebilmesi için doğadan çok daha iyi olması gerekiyor. Bu standarda yakında, en azından çok sınırlı sayıda genom düzenlemesinin teknik sürecinde varılacak. Bu olduğunda ya

14 Dieter Egli ve diğerleri, “Inter-homologue Repair in Fertilized Human Eggs?”, *BioRxiv*, 2017.

15 Adikusuma, Fatwa, Sandra Piltz, Mark A. Corbett, Michelle Turvey, Shaun R. Mccoll, Karla J. Helbig, Michael R. Beard, James Hughes, Richard T. Pomerantz ve Paul Q. Thomas, “Large Deletions Induced by Cas9 Cleavage”, *Nature* 560, No. 7,717, 2018, doi:10.1038/s41586-018-0380-z; Dieter Egli ve diğerleri, “Inter-homologue Repair in Fertilized Human Eggs?”, *Nature* 560, 2018; Fatwa Adikusuma ve diğerleri, “Large Deletions Induced by Cas9 Cleavage”, *Nature* 560, Ağustos 2018, E8-E9

da olursa, preimplantasyon embriyolarda ve yumurta ve/veya spermde gen düzenleme yöntemi, genetik bozukluk taşıyan bazı ebeveynler için hastalığı kalıtımla almayacak biyolojik çocuk sahibi olmanın belki de tek yolu olacak. Örnek olarak bunlara bazı Y kromozomu bozuklukları, Huntington gibi ebeveynlerden birinin homozigot olduğu dominant monogenetik hastalıklar ve her iki ebeveynin de homozigot olduğu resesif hastalıklar verilebilir.¹⁶

Ancak bu ideal dünya için geçerli. Gerçek dünyada değişiklikler bazen farklı gerçekleşebilir.

* * *

25 Kasım 2018'de *Associated Press* tüm dünyayı şaşırtan bir haber yayımladı. Nispeten az bilinen Çinli biyofizikçi He Jiankui CRISPR kullanarak birkaç hafta önce doğan Çinli ikiz kızların genomunu düzenlemişti: Dünyanın ilk CRISPR bebekleri.¹⁷ İnsanın kalıtımla aktarılabilen özelliklerinin genetik tasarımında kırmızı çizgi bir anda geçildi. Jiankui bundan üç gün sonra Hong Kong'da yapılan ve bir anda heyecanla çalkalanan Uluslararası İnsan Genom Düzenlemesi Zirvesi'nde podyuma çıktı ve yaptıklarını kuru ve teknik bir dille anlattı.

Öncelikle CCR5 genini, yani o güne dek en çok incelenmiş olan tek gen mutasyonlarından birini hedef belirlemişti. Bu genin bozuk iki versiyonunu taşıyan, çoğunluğu Kuzey Avrupalı insanların yaklaşık yüzde 10'u HIV enfeksiyonuna karşı direncini artırmıştır. CCR5'i hedef belirleyen Jiankui önce fareler, ardından maymunlar ve en son gelişim-sürdüremez insan embriyoları üstünde incelemeler yapmış ve CRISPR kullanarak arzulanan değişiklikleri gerçekleştirmişti. Akabinde Mitalipov'un yöntemini kullanarak gen düzenlemeyi

16 Genome Editing and Human Reproduction, rapor, 17 Temmuz 2018, Nuffield Council on Bioethics. <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-and-human-reproduction-FINAL-website.pdf>, s. 45.

17 Marchione, Marilyn, "Chinese Researcher Claims First Gene-edited Babies", *AP NEWS*, 26 Kasım 2018, erişim 26 Haziran 2019, <https://www.apnews.com/4997bb7a-a36c45449b488e19ac83e86d>

döllenmeye olabildiğince yakın zamana çekmiş ve düzenleme sonucu ortaya çıkan 22 embriyodan hangilerini anne adayına yerleştireceğini belirleyebilmek için preimplantasyon genetik testle gelişmeleri takip etmişti. Görünüşe göre Ekim 2018'de doğan iki çocuktan birinde HIV'ye karşı ek direnç yaratmış olma potansiyeli taşıyan CCR5 bozulması vardı.

Dr. He doğumlar duyurulduğunda kahraman olacağını düşünüyordu. Eylemleri için onay almak üzere Instituonal Review Board'a¹⁸ (IRB) yaptığı başvuruda, "Proje gen düzenleme teknolojilerinin giderek artan uluslararası rekabet ortamında öne çıkacak... [ve] 2010 Nobel Ödülü'nü kazanan IVF tekniğinden daha büyük bir önem kazanacaktır," demişti. Haber sızdığında aylardır hazırlamakta olduğu ve işini göklere çıkaran YouTube videolarını gösterime soktu. Çin'de haber başlangıçta büyük coşkuyla karşılandı. Komünist parti sözcüsü *People's Daily* "Çin'in bu dönüm noktası niteliğindeki başarısı"nı alkışladı.¹⁹

Ancak sonra malum durum açığa çıktı ve He'nin çalışmalarını büyük oranda gizlilik içinde yürüttüğü, yaptıklarıyla ilgili yalanlar söylediği anlaşıldı. Prosedürün sürdürüldüğü IRB'den izin bile almamış, ebeveynleri tam anlamıyla bilgilendirip rızalarını almamış ve sorumsuzca baştan savma bir çalışma yürütmüştü. CRISPR teknolojisi, gelişim evresi başlatılan insan embriyolarında güvenli şekilde uygulanmaya hazır değilken harekete geçmesinin yanında, seçtiği hedef mutasyonun hastalık iyileştirme değil, genetik güçlendirme amaçlı olması da pek çok kişiyi kızdırmıştı. Bundan iki ay sonra çıkan birkaç haber, CCR5 bozulmalarının farelerde bilişsel yararlar sağladığına ilişkin kanıtlara işaret ediyordu. Ancak sonra hayli ilgi çeken bir Berkeley çalışması, çifte CCR5 mutasyonunun daha kısa yaşam süresiyle bağlantılı olabileceğini gösterdi.²⁰ Sonuçta He Jian-

18 Kurumsal İnceleme Kurulu. (Ç.N.)

19 Alıntı: Jing-Bao Nie, "He Jiankui's Genetic Misadventure: Why Him? Why China?" The Hastings Center, 14 Aralık 2018, <https://www.thehastingscenter.org/jiankui-genetic-misadventure-china/>

20 Xinzhu Wei ve Rasmus Nielsen, "CCR5-Δ32 Is Deleterious in the Homozygous State in Humans", *Nature News*, 3 Haziran 2019, <https://www.nature.com/articles/s41591-019-0459-6>. *Nature Medicine*, sayı 25, 2019, 909-910.

kui kahraman olmak yerine, New York'taki 2019 Dünya Bilim Festivali'nde görüşlerimi bildirirken üstüne basa basa söylediğim gibi "kötü adam" oldu.²¹ Geleceğin insanlarına yönelik ilk genetik tasarrım uygulaması böylece üstünkörü planlanmış, beceriksizce uygulanmış, tıbben gerekçesiz, gizlilikle sürdürülmüş ve tehlike barındıran bir uygulama oldu.

He Jiankui'nin kahramanlıktan hiçliğe düşüşü çok hızlı oldu. Kınamalar çığ gibi büyürken Çin hükümeti bir sorunla karşı karşıya olduğunu kavradı. He'nin çalışmasına yönelik övgüler internet ve sosyal medya kanallarından silindi. Kendisi Çin Bilim Akademisi tarafından kınandı, işinden kovuldu ve ev hapsine alındığı söylendi. Genetiği değiştirilmiş geleceğimiz için attığımız ilk adım korkunç bir yanlış adımdı. Kınamalar fazlasıyla haklı olsa da He'nin çalışması türümüzün kaçınılmaz biçimde yöneldiği doğrultunun da habercisiydi.

He ilk kişi olmasaydı, birkaç yıl sonra yerinde başka agresif bir bilimci olacaktı. Haziran 2019'da Rus moleküler biyolog Denis Rebrikov preimplantasyon embriyolarda aynı CCR5 geni için düzenleme planladığını duyurdu. Yaklaşımını He Jiankui'yi eleştirenlerin bazı kaygılarını da ele alacak şekilde tasarlamıştı: Embriyolar hastalığın çocuğa geçme olasılığının en yüksek olduğu, HIV tedavisine tepki vermeyen HIV pozitif annelere ait olacaktı. Ebeveyn adayları yeterince bilgilendirildikten sonra rıza alınacaktı ve çalışma çok daha özenli ve şeffaf bir şekilde yürütülecekti.²² Rebrikov bir sonraki ay, kalıtsal sağırlığa yol açabilen bir mutasyonu yok etmek için preimplantasyon embriyolar üstünde CRISPR'la gen düzenleme yapılmasına gönüllü olan beş ebeveynle anlaştığını duyurdu.

Rebrikov'un yaklaşımı He'ninkiyle kıyaslandığında küçük de olsa bir iyileşmeye işaret ediyordu ama esas soru geçerliliğini koruyordu: Gelişimini sürdürecektir preimplantasyon embriyolarda tek gen

21 Kevin Davies, "Heroes and Villains: CRISPR Debate Opens 2019 World Science Festival", GEN, 30 Mayıs 2019, <https://www.genengnews.com/insights/heroes-and-villains-crispr-debate-opens-2019-world-science-festival/>

22 David Cryanoski, "Russian Biologist Plans More CRISPR-edited Babies", *Nature News*, 10 Haziran 2019, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01770-x>

değişiklikleri yapmak için CRISPR kullanmanın vakti geldi mi? Bana göre gelmedi. Ancak nispeten yakın bir zamanda gelecek. Bunun nedeni de söz konusu teknolojinin korkunç ve ölümcül hastalıkları tedavi etme, ileride insanlar ve toplumların isteyeceği daha pek çok şeyi yapma potansiyelini barındırıyor olması.

Bu adımı yeniden, daha iyi ve daha sorumlu biçimde attığımız anda yolculuğumuzun bir sonraki durağı, gelecekte doğacak çocuklarımızın genomunda birkaç değişiklikten öteye gitmek olacaktır. Ancak IVF kullanımında, embriyo seçiminde ve transfer öncesi embriyoların tek gen düzenlemesinde güvenilirlik seviyesini artırmamız kaçınılmaz görünürken, karmaşık genetik özelliklerin düzenlenmesi hayli uzak bir zamanı işaret etmektedir.

İnsan genetik mühendisliğinin geleceğini hayal ederken, birçok kişi bebek sahibi olmayı mahalle AVM'sinde çocuğa göre oyuncak tasarlayan mağazalara gitmek gibi düşünür. Orada oyuncak ayılar için nasıl model, tüy, renk, göz, giysi ve diğer özellikleri seçiyorlarsa, burada da onlarca ya da yüzlerce özellikten oluşan bir liste çıkarıp siparişle çocuk sahibi olacaklarını sanırlar. Oysa insan biyolojisinin özündeki karmaşıklık yüzünden sıfırdan bebek yaratmak, en azından uzunca bir süre daha mümkün olmayacaktır.

Önceden de gördüğümüz gibi boy, zekâ ve kişilik türü karmaşık özellikler genelde yüzlerce, hatta binlerce genin karmaşık etkileşimi tarafından belirlenir ve bunların hepsi de birden fazla işlevi yerine getirerek diğer vücut sistemleriyle, durmaksızın değişen çevremizle etkileşime girer.²³ Bu sayılanların tamamı aynı anda ve hâlâ anlayamadığımız şekillerde birden çok işlevi yerine getirir.

Yakın zamanda Stanford'lı bir grup araştırmacı çoğu genetik hastalığın ve özelliğin sadece poligenik, yani çok sayıda genden etkilendir özellikte olmakla kalmayıp *omnigenik* nitelikte olduğunu ileri sürdü. Bu varsayıma göre özellikler birçok “ana gen”in, yani genom

23 Jacob Gratten ve Peter M. Visscher, “Genetic Pleiotropy in Complex Traits and Diseases: Implications for Genomic Medicine”, *Genome Medicine* 8, 2016, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4952057/>

çapında ilişkilendirme çalışmalarında görülen genlerin sistemik katkısından etkilenmekle kalmaz, bu çalışmalarda görülmeyen çok daha geniş bir periferik genler ağından etkilenir.²⁴ Tespit doğruysa, karmaşık hastalık ve özellikleri anlamak sanıldığından çok daha zor olacaktır.

Bir özelliği etkileyen genlerin sayısı ne kadar fazlaysa, genetik örüntüler ile belli bazı gen ifadeleri arasındaki bağlantıyı tam anlamıyla çözmek de o kadar zorlu bir bilgi işlem sürecine dönüşecektir. Her bir genin, genomun karmaşık ve birbirine bağlı unsurlardan oluşan ekosistemi içinde yerine getirdiği çok sayıdaki işlevi anlamak zorlaştığında, genomun kalanına kasıtsız bir şekilde zarar vermeksinin karmaşık özellikleri etkileyecek büyük gen düzenlemeleri yapmak bir o kadar zorlaşacaktır.

İnsan vücudunun birbirine bağlı ekosistemlerinin hemen her zaman sanıldığından daha karmaşık olduğunu varsaymamız gerekir. Hastalık ve özelliklerimizin de geniş bir genetik yelpaze üstüne yayıldığını düşünmek mantıklı olur; bir yanda Huntington gibi tek gen mutasyonu hastalıkları ile ıslak kulak kiri gibi tek gen tarafından belirlenen özellikleri, diğer yanda koroner kalp hastalığı ve dışadönük kişilik gibi karmaşık hastalık ve özellikleri barındıran bir yelpaze.²⁵ Omnigenik model, genetik mühendisler için en kötü senaryo olabilir; bazı durumlarda doğru bile olsa kesinlikle tüm hastalık ve özelliklere eşit olarak uyarlanamayacak bir senaryo.

Ancak IVF ve PGT yöntemiyle kendi doğal ve düzenlenmemiş preimplantasyon embriyoları arasında seçim yapan insanlar için ge-

24 Evan A. Boyle ve diğerleri, "An Expanded View of Complex Traits: From Polygenic to Omnigenic", *Cell* 169, 2017, 1177-1186, [http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(17\)30629-3](http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(17)30629-3)

25 Omnigenik varsayım halen tartışmalı olmayı sürdürüyor ve 2017'de *Cell*'de yayımlanan Boyle ve Li makalesinden beri biliminsanlarınca hararetle tartışılıyor. Bkz. "The Omnigenic Model: Special Issue", *Journal of Psychiatry and Brain Science* 2, No. 5, 2017, doi:10.20900/jpbs.20170014s1, <http://jpbs.qingres.com/IssueList.aspx?yearsno=2017&volumeno=2&issueno=5>; Naomi Wray ve diğerleri, "Common Disease Is More Complex Than Implied by the Core Gene Omnigenic Model", *Cell* 173, No. 7, 14 Haziran 2018, 1573-1580, doi:10.1016/j.cell.2018.05.051

reken yaklaşımın, omnigenik düzeyde bir anlayışa yakın olması bile gerekmeyecektir. Karmaşık genetik örüntülere, hatta omnigenik olanlara ilişkin bilginizdeki istikrarlı artış, ebeveynlerin hangi embriyonun anneye yerleştirileceği konusunda makul tahminler yapması için yeterli olacaktır. Bu karmaşık özelliklerle ilgili kusurlu bilgilerimiz arttıkça, doğacak çocuklarımızı seçme ve nihayetinde genetiğini değiştirme konusunda güvenimiz de artacaktır.

* * *

Ruh ve tin kavramlarına inanan birçok dindar ve diğerleri için insan sonsuz derecede karmaşık bir varlıktır. Bu kişilere göre tinsel dünyanın veya insanlarla ilahî olanın arasındaki derin etkileşimin sırları en hatasız tıbbi testlerle bile çözülemez. Mikroptan evrimleştiğimize inanan benim gibiler içinse insan 600 milyon yıllık rastlantısal mutasyon ve doğal seçim süreci boyunca çılgınca bir gelişim sürdürmüş, tek hücreli bir organizmadır. Sonsuz karmaşıklıkta varlıklar değiliz, sadece muazzam derecede karmaşığız. Arada büyük bir fark var. Sonsuz derecede karmaşıksak, kendimizi hiçbir zaman anlayamayacağız demektir. Sadece muazzam derecede karmaşıksak, araçlarımızın kendi karmaşıklığımızla örtüşeceği bir zaman gelecektir.

Bugün basit organizmaları gayet iyi anlıyoruz çünkü gelişkin araçlarımız onların biyolojisiyle her geçen gün daha iyi eşleşiyor. Ancak insan biyolojisi hem bizim anlayışımızdan hem de araçlarımızla manipüle edebileceğimizden çok daha karmaşık olmayı sürdürüyor. Bu hep böyle olmayacak. Bilgi ve araçlarımızın gelişmesiyle birlikte bugünkü araçlarımızla basit organizmaları kavradığımız gibi yarınki araçlarımızla da karmaşıklığımızı kavrayacağız.

Bilgi ve araçlarımızda yakaladığımız ileriliğin, biyolojimizin karmaşıklığı ve bunun taşıdığı anlamı nasıl açacağını anlamak için, tek hücreli ve diğer basit organizmalarla ilgili bilgi birikimimizin ne hızla geliştiğine bakmamız yeterli.

C. elegans iplik kurdu bunun mükemmel bir örneğidir. Olgun

hali bu sayfadaki bir noktadan daha küçük olan standart ve erişkin *C. elegans* iki hafta içinde doğumdan ölüme gider, beyinle birlikte ilkel bir sinir sistemine sahiptir, üssel bir şekilde çoğalır ve insanla ortak pek çok gene sahip olan canlı organizmaların belki de en basitidir. Tüm bu özellikleri, şeffaf ve kolayca gözlemlenebilir yapısının da sayesinde bu küçük varlıkları mükemmel bir araştırma konusuna ve bilimde en çok incelenen örnek organizmalardan birine dönüştürür.

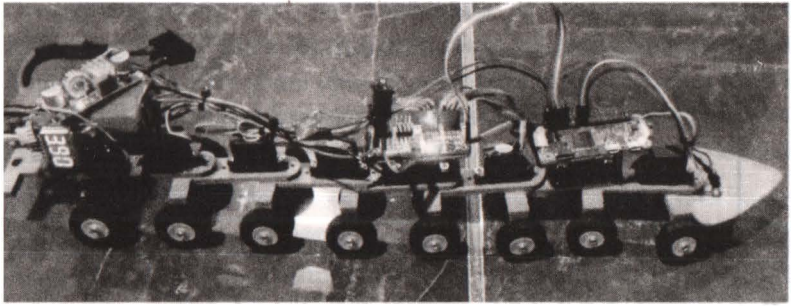
Araştırmacılar onlarca yıldır uç değerleri araştırırken *C. elegans*'ı aç bıraktılar, soğuttular, ısıttılar. Onları gelişkin mikroskoplarla incelediler, delice santrifüjlerde çevirdiler, antikorlara maruz bıraktılar, tek tek hücrelerini yok etmek için lazer mikro ışınlarıyla etiketlediler, protein profillerini çıkardılar ve daha yakından incelemek için genlerini tek tek yalıtıp kuvvetlendirdiler (amplifikasyon).

2011'de bir grup iddialı biliminsanı birleşerek dünyanın çeşitli yerlerindeki *C. elegans* araştırmacılarını bir ağ içinde birleştirmek üzere tasarlanmış OpenWorm projesini hayata geçirdi. Amaç *C. elegans*'ın işleyiş kodunu çözmektir.²⁶

Bizdeki yaklaşık 100 milyar beyin hücresine karşılık (üniversitede uyuşturucu almadıysanız veya diyet asitli içeceklerden içmediyseniz) *C. elegans*'ın tamı tamına 302 beyin hücresi vardır. İşte bu hücrelerin haritası bir *konektom*, yani kurtçuğun işleyen beyniyle vücudunu gözler önüne seren bağlantıların yer aldığı bir şema üstünde toplandı.²⁷ OpenWorm katılımcıları *C. elegans*'ı sanal bir varlık şeklinde tümüyle canlandırma yolunda bir ilk adım olarak hayvanın nöronlarını, küçük bir robotu hareket ettiren bilgisayar programına tercüme

26 Umarım bu inanılmaz projenin web sitesini ziyaret edersiniz. <http://www.opeworm.org/>

27 Steven J. Cook, Travis A. Jarrell, Christopher A. Brittin, Yi Wang, Adam E. Bloniarz, Maksim A. Yakovlev, Ken C. Q. Nguyen, Leo T.-H. Tang, Emily A. Bayer, Janet S. Duerr, Hannes E. Bülow, Oliver Hobert, David H. Hall, ve Scott W. Emmons, "Whole-animal Connectomes of Both *Caenorhabditis Elegans* Sexes", *Nature News*, 3 Temmuz 2019, <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1352-7>



OpenWorm Robot. Kaynak: "Worm Robot Sneak Peek", OpenWorm, YouTube, yayın tarihi 21 Temmuz 2017, <https://www.youtube.com/watch?v=1wj9nJZKlDk>

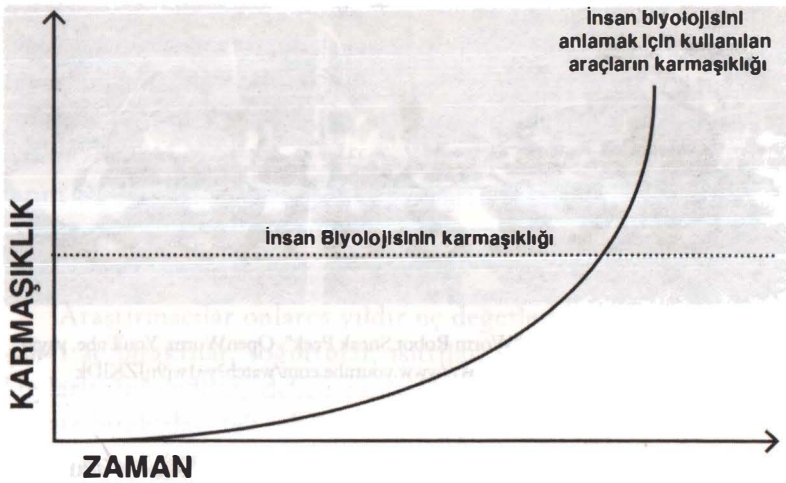
etti. Robotta kurtçuğun motor nöronları, burnu ve diğer vücut parçalarının bir karşılığı vardı.²⁸ Her şey yüklenip çalıştırıldığında robotun hareketleri şaşırtıcı bir tutarlılıkla gerçek kurtçuğunkilere benzedi.

Son dönemlerde yuvarlak solucanlar konusunda az miktarda bilgiden derin bilgilere doğru geçiş yaptık çünkü araçlarımızın gide-rek artan kapasitesi bilgimizin de karmaşılaşmasına olanak sağladı.

Kendi biyolojimizi anlama konusunda şimdi bulunduğumuz yerden, bilgi ve araçlarımızın karmaşıklığı açısından *C. elegans*'a denk bir duruma gelmemiz, yeni yeni oluşmaya başlayan bir haritanın varlığını zorunlu kıldı. İnsan Hücre Atlası dünyanın dört bir yanından insan biyolojisine ilişkin verileri entegre eden bir açık "koordinasyon platformu" oldu. Araştırma araçları zamanla güçlendikçe ve araştırmacıların bilgisi bir araya geldikçe, bu "tüm insan hücrelerinin kapsamlı referans haritası" da gelişecek.²⁹ Vücut yapısının karmaşıklığı, henüz mütevazı boyuttaki araçlarımız ve sınırlı bilgimizin tepesinde azametle yükseliyor. Ancak bunun neden değişeceği, bir sonraki sayfada yer alan grafikte net bir biçimde anlatılabilir.

28 Lucy Black, "A Worm's Mind in a Lego Body", *I Programmer*, 16 Kasım 2014, <http://www.i-programmer.info/news/105-artificial-intelligence/7985-a-worms-mind-in-a-lego-body.html#>

29 Human Cell Atlas, <https://www.humancellatlas.org/>



Biyolojimiz neredeyse milyonlarca yıldır olduğu kadar karmaşık ama araçlarımızın gelişkinlik ve kapasitesi şimdi katlanan oranlarda artıyor.

Üssel artışın temel mantığı, yeniliğin yeniliği çekmesidir. Geliştirilen araçlar ne kadar çok ve iyi olursa, kendimizi o kadar verimli ve etkin organize edebilir, birbirimizle o kadar iyi bağlantı kurabiliriz. Fikirlerimizin sayısı arttıkça daha da iyi araçlar geliştirebilecek, daha iyi organize olup bağlantı kurabilecek konuma gelir, böylece daha üstün fikirler geliştiririz. Tarım devriminden endüstri devrimine geçişin 12 bin yıl, endüstri devriminden internet devrimine geçişin ise sadece 200 yıl sürmesinin nedeni de budur. Her teknoloji devrimi bir sonrakine olanak sağlar ve devrimler arası süre giderek kısalırken etki giderek artar. Fütürist Ray Kurzweil buna “Hızlanan Geri Dönüşler/İvmelenen Teknoloji Yasası” der.³⁰

Kurzweil 1999’da 20. yüzyılda kaydedilen toplam teknolojik gelişimin, 21. yüzyılın ilk 14 yılında gerçekleştirileceğini öngörmüştü.

30 Ray Kurzweil, “The Law of Accelerating Returns”, Kurzweil Accelerating Intelligence, 7 Mart 2001, <http://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns>

Ona göre yenilikler birleşerek büyüdükçe, 20. yüzyılda gerçekleşen değişimin tamamı 2021'den itibaren sadece yedi yılda gerçekleşecek. Bundan kısa bir süre sonra yine 20. yüzyıl miktarının tamamı bir yıl kadar bir sürede gerçekleşecek. Nihayetinde at ve faytondan uluslararası uzay istasyonuna geçişe denk bir 20. yüzyıl değişim oranı, sadece aylar içinde yaşanacak.³¹

Mikro-işlemcinin 1970'lerin başında icadından beri Moore Yasası, yani bilgi işlem gücünün iki yılda aynı maliyetle yaklaşık iki katına çıktığı gözlemi de bu ivmelenmeyi besledi. Söz konusu trend yarım yüzyıl kadar devam etti. Bugün akıllı telefonlarımızın her yeni versiyonda biraz daha hafif ve hızlı olmasını beklememizin sebebi de yine Moore Yasası. Ancak iş bununla bitmiyor.

İnternet devrimi bilgiye ve birbirimize erişimde bize neredeyse sınırsızlık tanıdı, aynı sorunları çözmek için birbirine bağlanıp çalışan binlerce eğitimli insanın oluşturduğu ağ ise her birimizin tek başına yaptığı çalışmanın toplamından bin kat daha yaratıcıydı. Ağda toplanmış insanlar yapay zekâ temsilcileriyle işbirliği yaptıklarında, sadece birbirine bağlı bin kişiden katbekat yaratıcı olabilecek. Yapay zekâ kapasitesinin gelişmesiyle birlikte, geleceğe özgü bir üstün zekâ türü tüm insanların birleşiminden daha gelişkin olabilir ve hem türümüzü hem de dünyamızı yeniden tasarlama yönünde pek çok olasılık doğurabilir. Zamanla zor şeyler kolaylaşacak ve bugünün karmaşık şeyleri de, onları anlama araçlarımız ve becerilerimize kıyasla basitleşecek.

* * *

Bugün bir tür olarak hep birlikte bir tayf üstünde ilerliyor, insan genetik mühendisliğinin teknolojik temelini atmaktan birincil uygulamaları üretmeye, oradan gelecekte nelerin olabileceğini hayal et-

31 Ray Kurzweil, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*, Duckworth, Londra, 2016, 39. Harika bir açıklama için ayrıca bkz. Tim Urban, "The Artificial Intelligence Revolution: The Road to Superintelligence", Wait But Why, 22 Ocak 2015, <https://waitbutwhy.com/2015/01/artificial-intelligence-revolution-1.html>

meye ve oradan da hayal edilen geleceği gerçekleştirmeye doğru geçiş yapıyoruz. Geçmişimizin efsaneleri bile tuhaf biçimde yeni gerçekliğimize dönüşmeye başlıyor. En eski çağlardan kalma mitlerimizden biri olan insanla hayvanın birleşimi, bu konuya mükemmel bir örnek.

Khimaira kelimesi “dişi keçi” anlamına gelen Yunanca kelimeden türer. Yunan mitolojisinde *Khimaira* farklı hayvanların birleşimidir. Genelde keçi başlı bir aslandır, bazen de yılan kuyruğu vardır. *İlyada*’da Homeros, “Ölümsüz bir varlık, insan değil, önden aslan, arkadan yılan, ortası keçi” diye bir betimleme kullanır.³² Dante’nin *Cebennem*’inde Geryon *Khimaira*’nın bir Ortaçağ versiyonu temsil edilir: “Kuyruğu sivri bir canavar... Yüzü, adil bir insanın yüzü... Gövdesinin geri kalanıysa bir yılanın gövdesi.”³³ Bu fikir antik kültürlerin çoğunda kendine yer bulur. Çinlilerin zürafa boyunlu, geyik boynuzlu ve balık pullu mitolojik yaratığı Qilin efsaneye göre önemli hükümdarların doğum ve ölümünün işaretidir. Hint mitolojisinde fil başlı, insan vücutlu Ganeşa, tanrı Şiva ve Parvati’nin oğludur.

Yakın dönemde *khimaira* birden çok bitki ya da hayvandan oluşan her tür varlık için kullanılmaya başlandı ve kurmacadan gerçek hayata geçen bir kavram halini aldı.

Yüz yıl kadar önce diyabet tedavisinde ilk kez ineklerden alınan insülin kullanılmıştı. Köpek, domuz ve inekten çıkarılan insülin insana diyabetle yaşama olanağı sağladı ve yıllarca sayısız hayatı kurtardı; ta ki *E. coli* bakterisinin genetiği değiştirilip büyük miktarda insan insülini üretilene dek.

Bundan 30 yıl kadar önce doktorlar insan kalbini onarıırken domuz ve ineğin kalp kapakçığını kullanmaya başladılar. İşlem Yahudiler, Müslümanlar ve Hindular³⁴ arasında bir miktar tartışmalı

32 Homeros, *The Iliad*, çev. Robert Fagles, Penguin Books, Chicago, 1951.

33 Dante Aligheri, *Divine Comedy*, çev. Henry Wadsworth Longfellow, Project Gutenberg EBook, 1997, Kanto 17.

34 Catherine Easterbrook ve Guy Maddern, “Porcine and Bovine Surgical Products: Jewish, Muslim, and Hindu Perspectives”, *JAMA* 143, 2008, 366-370, <https://jamanetwork.com/journals/jamasurgery/fullarticle/599037>

olsa da hücreleştirilmiş hayvan aort kapakları, birçok Yahudi, Müslüman ve Hindu için bile kardiyovasküler nakil ameliyatlarının ana dayanağı haline geldi. Öyle ya da böyle, yararlar risklere ağır basıyordu.

Biliminsanları nakil ameliyatlarında insan için hayvan kalp kapakçığı kullanma konusunda, hayvandan insana tam organ nakline kıyasla daha büyük başarı elde ettiler. California'lı cerrah Leonard Bailey ve ekibinin 1984'te Fae Bebek'e yaptığı babun kalbi nakli büyük yankı uyandırdı. Fae Bebek'te doğuştan gelen ve nadir bir hastalık olan hipoplastik sol kalp sendromu vardı. O günden sonra hayvandan insana birkaç nakil daha gerçekleşse de hastanın bağışıklık sistemi tarafından reddedilmelerinin sonucunda sürdürülemez oldukları anlaşıldı.

Fae Bebek bir ay içinde trajik biçimde hayatını kaybetti ama söz konusu prosedür insandan insana organ naklinde gelişimin kapılarını araladı, bunun da hayvandan insana nakillerden çok daha sürdürülebilir olduğu anlaşıldı. Uygulama sayesinde bugüne dek yüz binlerce insanın hayatı kurtarıldı. Ne var ki bu nakillerde başlıca iki büyük sorun vardı. Birincisi insan vücudunun yabancı DNA'yı reddetmeye ayarlı oluşu yüzünden nakil ameliyatına girenlerin, ömürlerinin sonuna dek bağışıklık baskılayıcı ilaçlar alması zorunda kalması ve bunun da başka rahatsızlıklara yol açmasıydı. İkincisi ABD ve birçok başka ülkede bağışlanmış organ konusunda trajik bir yetersizliğin yaşanmasıydı.

2019 itibarıyla ABD'de organ nakli bekleme listesinde 113 binden fazla insan vardı. Bugün itibarıyla her gün nakil bekleyen 20 kişi yaşamını yitiriyor. Oysa bu kronik ve ölümcül organ yetersizliği teoride de olsa, politika değişikliğiyle bile çözülebilir.³⁵ Normalde tek bir donör sekize varan sayıda organ bağışlayabilir ki bu da o kişinin

35 Simon Bramhall, "Presumed Consent for Organ Donation: A Case Against", *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 93, 2011, 270-272, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3363073/>. Monty Python 1983 yapımı *The Meaning of Life* filminde "canlı organ nakilleri"nin çok komik bir parodisini yapar. <https://www.youtube.com/watch?v=5ig9wr8517E>.

sekize varan sayıda hayat kurtarabileceği anlamına gelir. Ancak durum böyle değil. ABD'de halkın yüzde 95'i organ bağışını destekliyor ama sadece yüzde 54'ünün donörlüğü kayıtlı.³⁶ Nihayetinde organ bağışı gerçekleştirenlerin oranı ise bundan çok daha düşük kalıyor çünkü aile üyeleri bu tür kararların verildiği duygusal anlarda çelişkiler yaşıyabiliyor.

Daha çok insanın organ bağışı yapmasını sağlama ihtimali ABD ve dünyanın pek çok yerinde hâlâ zayıf görüldüğünden, biliminsanları CRISPR-Cas9 gibi yeni teknolojilerin kullanımıyla hayvandan insana organ bağışını daha uygulanabilir hale getirmenin yollarını araştırıyor.

Evcilleştirilmiş onca hayvan içinde nakil açısından en önemli potansiyel kaynak domuzlardır. Çünkü bizler halihazırda çok sayıda domuz besliyoruz ve domuzun organları ebat ve işlev açısından bizimkilerle benzeşiyor. Ancak onlardan organ almanın en az iki büyük sorunu var. Bunlardan ilki olan insan vücudunun doğal bağışıklık tepkisi, son derece ciddi bir durum. Ancak bu durum hem yeni geliştirilen bağışıklık baskılayıcı ilaçlar hem de insan tarafından reddedilme olasılığı en yüksek olan hayvan genlerinin düzenlenmesine yönelik başlangıç niteliğindeki çabalar sayesinde artık yönetilebilir düzeye geldi.³⁷ İkinci sorunun, yani domuz veya başka hayvan virüslerinin nakilden sonra insana bulaşma riskinin de yine üstesinden gelinmeye başlanıyor.

Domuzlar biliminsanlarının talihsizce PERV³⁸ diye andığı, *por-sin endojen retrovirüs* denen bir virüsü taşır. Bu virüsler insan için son derece tehlikeli, hatta ölümcül olabilir; özellikle de bağışıklık sistemi ilaçlarla baskılanmış olan kişilerde. Bu nedenle PERV yakın zamana

36 Organ naklinde politika değişikliği, örneğin katılmama onayından çıkıp katılma onayına geçiş yapmak veya donörlerin ailelerine tazminat sağlamak bu eksikliğin üstüne eğilme açısından yararlı olabilir. "Organ Donation Statistics", U.S. Department of Health and Human Services, <https://www.organdonor.gov/statistics-stories/statistics.html>

37 Bethany Pellegrino, "Immunosuppression", *Medscape*, son değişiklik 4 Ocak 2016, <https://emedicine.medscape.com/article/432316-overview#a2>

38 İngilizcede "sapık" anlamına gelen *pervert* kelimesinin kısaltması olarak da kullanılır. (Ç.N.)

dek domuzdan insana nakillerde önemli bir caydırıcı neden teşkil ediyordu.

Ancak şimdi bir grup Harvard'lı biliminsanı CRISPR ile domuz embriyosu genomunu, aynı anda birden fazla noktada düzenleyerek PERV'leri etkisizleştirilmiş domuzlar üretiyor.³⁹ George Church'ün kurduğu eGenesis şirketi domuz embriyo genomlarında 100 kadar gen düzenlemesi yapmak kaydıyla nakle daha uygun kalbi olan domuzlar üretiyor. Çin'deki ortak şirket ise Hangzhou'da genleri düzenlenmiş bu domuzlardan yüzlercesini yetiştiriyor. Büyük ölçekte düzenlemeden geçen bu domuz kalpleri şimdi babunlarda test ediliyor.⁴⁰ Genleri düzenlenmiş domuz böbreği ve pankreasının insana nakli için klinik denemeler büyük olasılıkla yakında başlayacak ve her yıl binlerce insanın hayatı kurtulacak.

Öyleyse neden burada duralım? Genetiği değiştirilmiş bakteri ve mayadan elde edilen insülin kullanmak, hayvan insülini kullanımında ileriye doğru atılmış bir adımsa, insanın kendi hücrelerinden vücut dışında yetiştirilmiş bir organı tümüyle nakletmek, genleri düzenlenmiş bir hayvanın organını nakletmekten daha iyi olmaz mı? Peki, ya nakil için hayvanların vücudu içinde insan organı yetiştirebilsek? Gerçekleştirmesi kolay olmayabilir ama bu yönde kayda değer ilk adım atıldı ve belli bir türde hayvanın, başka türde hayvan içinde büyütülmüş hücrelerinden kimerik embriyolar üretme yoluna girildi.

San Diego Salk Enstitüsü'nden biliminsanları 1.500 domuz embriyosuna farklı düzeyde kök hücre enjekte etti ve sonunda domuz hücrelerine entegre olan bir insan hücresi buldular. Bir başka ekip sıçan embriyolarına fare pankreas hücreleri yerleştirdi ve bunlar sı-

39 Li Wei ve diğerleri, "Inactivation of Porcine Endogenous Retrovirus in Pigs Using CRISPR-Cas9", *Science*, 22 Eylül 2017, <http://science.sciencemag.org/content/357/6357/1303>

40 Karen Weintraub, "A CRISPR Startup Is Testing Pig Organs in Monkeys to See If They're Safe for Us", *MIT Technology Review*, 13 Haziran 2019, <https://www.technologyreview.com/s/613666/crispr-pig-organs-are-being-implanted-in-monkeys-to-see-if-theyre-safe-for-humans/>

çanların içinde büyüyerek fare pankreasına dönüştü. Ardından pankreaslar diyabet tedavisi için başarıyla yeniden farelere nakledildi. Bu çalışmayı 2018'de yapılan bir duyuru izledi. Davis, California Üniversitesi'nden bir ekip yüzde 0,001'i insan hücresi olan koyun embriyoları geliştirmişti.⁴¹ Sıçan ve fare gibi koyun embriyosunu da hack'leyip belli bir organı geliştirme yetisini kapatmak ve yerine insan geni koyup o genlere aynı organın insan versiyonunu yapma talimatı vermek, artık gerçek bir olasılık gibi görünüyor.

Başka türlerin vücudunda insan organı geliştirmek bugünden yarına olacak şey değil ama bir kişi özelinde, onun genetiğini kullanarak, bir hayvanın içinde organ yetiştirmek mümkün olursa, hastalık veya yaşa bağlı tahribat yüzünden organ değişimine ihtiyaç duyan başka birçok kişi de hayvan-insan bariyerini aşma konusundaki hassasiyetinin üstesinden hızla gelebilir. O durumda devletler insanların, hayvanda yetiştirilmiş vücut parçasından yararlanmasını engellemekte zorlanabilir.

İnsan genomuna hayvan DNA'sı ekleme olasılığı zihinlerde, bilimin hızla gerçeğe dönüştürdüğü bir gelecek hayali canlandırıyor. Örneğin denizanasından alınacak tek bir floresan proteinini insana nispeten kolayca yerleştirmek için gerekli bilim şimdiden mevcut. Böylece insan UV ışığı altında parlayabilir. Peki, biliminsanları çıplak kör fareleri kansere tamamen dirençli kılan bir ya da iki gen bulursa, CRISPR'ı veya geleceğin başka bir gen düzenleme aracını kullanarak o genin versiyonlarını insanlara eklemek ister miyiz? Bunların yanında köpeklere iştme, kartallara muazzam bir görüş, yunuslara sonar becerisi sağlayan sistemler gibi genetik sistemlerin bütünü entegre etme işi ise çok daha karmaşık bir iş ve büyük ihtimalle yakında gerçekleşmesi mümkün değil. Şurası gerçek ki biyolojinin insan tasarlamada yeni bir alana daha geçiş yapması, zamanla bilimkurgunun nerede bitip bilimin nerede başladığı algısını daha da bulanıklaştıracaktır.

41 Nicola Davis, "Breakthrough as Scientists Grow Sheep Embryos Containing Human Cells", *The Guardian*, 17 Şubat 2018, <https://www.theguardian.com/science/2018/feb/17/breakthrough-as-scientists-grow-sheep-embryos-containing-human-cells>

Tüm canlıların yaşamı aynı genetik bileşenlerin farklı dışavurumları üzerinden işlediği için bu tip bir mühendisliğin olasılıkları göz alabildiğince uzayabilir. Günün birinde yine aynı genetik yapıtaşlarının yeni kombinasyonlarını kullanarak yepyeni insan özellik ve becerileri üretmemiz bile mümkün olacaktır.

Çılgınca genişleyen sentetik biyoloji alanında artık bilgisayarlar ve laboratuvar kimyasallarının yardımıyla doğanın hayal bile etmediği yeni genetik kodlar yazılmaya ve organizmalara programlanmadıkları şeyler yaptırılmaya çalışılıyor. İlk uygulamalar arasında halen devam eden laboratuvarda et üretimi, petrol salgılayan bakteri tasarımı, çelikten güçlü, ultra hafif ipek üretimi için örümcek DNA'sıyla maya imali ve hayvan kaynaklı olmayan deri üretimi için sığır kolajeni indüklenmesi yer alıyor. Sentetik biyoloji ayrıca boya için akrilik üretecek yenilenebilir mikroplar oluşturma; biyoyakıt için uygun fiyatlı sentetik şeker tasarlama ve mısırı hack'leyerek kendi gübresini kendisinin üretmesini sağlama amacıyla da kullanılıyor. İlk örnekleri içeren bu tip sentetik biyoloji uygulamalarının listesini neredeyse sonsuza dek uzatmak mümkün. Sentetik biyoloji araçlarına erişim kolaylaştıkça, konuyla bağlantılı bilim ve sanayi de patlarcasına geliyor.

Sözü edilen yeni yaşam formları kolayca erişilebilir genetik parçalardan üretiliyor. Örneğin Uluslararası Genetik Mühendisliğiyle Geliştirilmiş Makine (iGEM) Vakfı DNA dizilerinden oluşan bir koleksiyonu ücretsiz sunuyor. Bu DNA dizileri "karıştırılıp eşleştirilerek sentetik biyoloji aygıtları ve sistemleri üretilebilen" özel bir biyolojik işlevi kodluyor.⁴² MIT ve Harvard araştırmacıları tarafından kurulan BioBricks Vakfı ücretsiz sentetik gen dizileri sunarak, bir inşaatçı için inşaat malzemeleri mağazasına uğramak ne kadar kolaysa, araştırmacılar için de genetik dizi siparişi vermeyi o kadar kolay hale getiriyor. Söz konusu araçların kolaylığı, erişilebilirliği ve kat-

bekati düşük olan maliyeti, sentetik biyolojisinde devrimin önünü açıyor. Bu devrimle bilgisayar çipleri, ev aygıtları ve giysiler de dahil olmak üzere kullanışlı her çeşit ürünü mühendislik biyolojisiyle üretmek mümkün.

Devrimin ticari uzanımları ise akıllara durgunluk verecek nitelikte. Tahminî yüzde 20'lik bir küresel bileşik yıllık büyüme hızıyla 2013'te yaklaşık üç milyar dolar olan küresel sentetik biyoloji pazarı, 2020'de 40 milyar dolara erişecek. Tahmin edilebileceği gibi sentetik biyoloji ürünlerinde dünyanın en hızlı büyüyen pazarının Çin olması bekleniyor.⁴³ Öncü biyolog Richard Kitney'e göre sentetik biyoloji "dikkate değer yeni bir sanayi devrimi üretme potansiyeline sahip".⁴⁴

Küresel nüfusun artması, iklimin ısınmaya devam etmesi ve öngörülemeyen yeni zorlukların doğmasıyla birlikte hassas gen düzenlemeyi temel alan bu tip sentetik biyoloji uygulamaları sağkalkımımız için hayati önem taşıyacak. Hayatlarımızda sentetik biyolojiye duyduğumuz giderek artan bağımlılık, sentetik biyolojinin kendi içimizde kullanımının benimsenmesini de kolaylaştıracak. Bu süreç de yine çoktan başladı.

2010'da başına buyruk bilimsel girişimci Craig Venter meslektaşlarıyla birlikte *Mikoplazma mikoid* denen bakterinin tam genomunu sentezlediğini ve başka bir bakterinin boş membranı (zarı) içine yerleştirdiğini duyurdu. Böylece dünyanın ilk sentetik hücreğini ya-

- 43 Onkar Sumant, "Synthetic Biology Market by Products (DNA Synthesis, Oligonucleotide Synthesis, Synthetic DNA, Synthetic Genes, Synthetic Cells, XNA) and Technology (Genome Engineering, Microfluidics Technologies, DNA Synthesis & Sequencing Technologies): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2013-2020", Mart 2014, <https://www.alliedmarketresearch.com/synthetic-biology-market>; "The Global Synthetic Biology Market Is Projected to Grow at a CAGR of 19.9%", *PR Newswire*, 5 Ocak 2018, <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-synthetic-biology-market-is-projected-to-grow-at-a-cagr-of-199-300578132.html>
- 44 Steven Cerier, "Synthetic Biology's 'Promise and Potential' Capture Investor Attention", *Genetic Literacy Project*, 8 Mayıs 2018, erişim 8 Mayıs 2018, https://geneticliteracyproject.org/2018/05/08/synthetic-biologys-promise-potential-investor-attention/?mc_cid=9b36f13d19&mc_eid=6d7f502b6d

rattı.⁴⁵ Bu ne mevcut bir hücreyi düzenlemeye benziyordu ne de bakterilere insülin ürettirmeye. Sıfırdan hayat inşa etmekte. Biyologların “tanrı rolünü oynadığı”ndan endişelenen insanlar için ibretlik bir örnekti. Altı yıl sonra Venter’in ekibi ürettikleri sentetik hücrenin genetik kodunu, hücreyi hayatta tutmak için gerekli olan çok daha az sayıda hayati gene indirgediklerini ilan etti. Yaşamın kodunu yaratma ve yeniden yazma yönündeki sonu gelmez sürecin ilk adımı olarak müthiş bir başarıydı bu.

Venter Aralık 2017 *The Washington Post* makalesinde, “Biyolojik bilimlerde son zamanlarda gerçekleştirilen sıçramalar, büyük veri analiziyle de birleşerek bizleri tıpta devrimin eşğine getirdi,” diye yazıyordu. “Genetik kodu okuyup yazmayı öğrenmekle kalmayıp dijital forma dökmeyi, sonra yeniden sentezlenmiş yaşama tercüme etmeyi de başardık. Teoride bu, türümüzü biyolojik tasarım üstünde denetim sahibi kılıyor. Artık DNA yazılımı yazabilir, onu bilgisayarda bir dönüştürücüye verebilir ve biyolojik yaşamın gen dizilerinin sınırsız varyasyonunu yaratabiliriz.”

Mayıs 2019’da İngiltere kökenli biliminsanları dünyanın tümüyle sentetik genoma sahip ilk canlı organizmasını yarattıklarını duyurdular. Öyle radikal bir gelişmeydi ki bu, bazı uzmanlar söz konusu mikrobu yepyeni bir yaşam formu olarak değerlendirdi. İki yıl sonra İngiltere Tıbbi Araştırma Konseyi’nin Moleküler Biyoloji Laboratuvarı 18 bin küçük DNA segmentinin yerine sentetiklerini koydu ve *E. coli* bakterisinin tüm genomu değişene dek bunu devam ettirdi. Tümüyle sentetik ve yeni genomuyla Syn61 adı verilen bu bakteri hayatta kaldı, gelişti ve “doğal”mış gibi çoğaldı.⁴⁶ Şimdi on

45 Robert F. Service, “Synthetic Microbe Lives with Fewer Than 500 Gens”, *Science*, 9 Aralık 2017, erişim 8 Mayıs 2018, <http://www.sciencemag.org/news/2016/03/synthetic-microbe-lives-fewer-500-genes>

46 Julius Fredens, Kaihang Wang, Daniel De La Torre, Louise F.H. Funke, Wesley E. Robertson, Yonka Christova, Tionsun Chia, Wolfgang H. Schmied, Daniel L. Dunkelmann, Václav Beránek, Chayasith Uttamapinant, Andres Gonzalez Llamazares, Thomas S. Elliott, ve Jason W. Chin, “Total Synthesis of *Escherichia Coli* with a Recoded Genome”, *Nature News*, 15 Mayıs 2019, <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1192-5>, *Nature*, Sayı 569, 2019, 514-518.

üniversite işbirliği içinde daha da iddialı bir girişimle ekmek mayası-
nın tüm genomunu yeniden yazmaya çalışıyor. Başarıya ulaştığında
bu işlem, sentetik biyolojinin başka birçok endüstriyel uygulamasını
da mümkün kılacak.

Tek hücreli bir organizmanın genomunu sentezlemekten, insan
genomundaki protein kodlayan 21 bin kadar geni sentezlemeye gi-
den yol çok ama çok uzun olsa da Çin deyişinde söylendiği gibi bin
millik yolculuk da tek bir adımla başlar. Stanford'lı sentetik biyolog
Drew Endy'nin 2018'de *NeoLife*'ta söylediği gibi, "Bizler hem anladığ-
ımız hem de mühendis olarak yaşayan dünyayı yeniden inşa etmede
kullanabileceğimiz modellenabilir biyolojik sistemler yapmak istiyο-
ruz... İster istemez günün birinde herhangi birinin savunabileceği
herhangi bir amaçla rutin olarak insan genomu inşa edebileceğimizi
hayal ediyorum."⁴⁷

Bilgi işlemin gücü artıp tüm insan genomunu üretmenin mali-
yeti düştükçe, bu yolculuğun temposu da yükselecektir. Sözü edilen
Çin deyişinin 2.500 yıl önceki kaynağı olduğu düşünülen Laozi, o
bin mili aşağı yukarı 300 saatte yürüyebilirdi. Bugün onun torunları
bin mili arabayla on iki saatte, trenle dört saatte, uçakla iki saatte,
yörüngede dönen uzay aracıyla ise üç buçuk dakikada gidebilir. Bin
millik yolculuk hâlâ tek bir adımla başlıyor ama yolculuğun hızı o
noktadan sonra artık hızla ivmeleniyor.

Bu ivmelenmiş değişimin örneklerinden biri olan Genome Pro-
ject-write (GP-write) tam insan genomunu sentezlemek için 100 mil-
yon dolar toplama arayışında. Basit organizmaların genomunu sen-
tezlemekle başlayıp karmaşıklık zinciri üstünde insanın genetik ko-
dunu yaratmaya doğru ilerleyecekler.⁴⁸ "Bizim yapmayı planladığı-

47 David Ewing Duncan, "Is the World Ready for Synthetic People?" *NeoLife*, 5 Ni-
san 2018, erişim 22 Nisan 2018, <https://medium.com/neodotlife/q-a-with-drew-endy-bde0950fd038>. Ayrıca bkz. George M. Church ve Edward Regis, *Regenesıs: How Syn-
thetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*, Basic Books, New York, 2014, 53.

48 HGP-write bilimcilerinin bu girişimde etik kaygıların göz önüne aldığını vurgulamış
olması önemli bir nokta. Jef D. Boeke ve diğerleri, "The Genome Project-Write",
Science 353 No. 6295, 8 Temmuz 2016, 126-127, <http://science.sciencemag.org/content/353/6295/126>



Anne mi? Hayır, bir DNA sentezleme makinesi. Kaynak: Seth Kroll.

mız şey CRISPR'ın çok ötesinde," diyordu George Church o dönemde. "Bir kitabın düzeltisini yapmakla o kitabı yazmak arasındaki fark gibi bir şey."⁴⁹

Fon bulabilir ve minimum da olsa başarı sağlayabilirse bu girişim biliminsanlarının karmaşık genetik sistemi; daha geniş çapta ise sistemler biyolojisinin ekosistemini daha iyi anlamasına yardımcı olacaktır. Edinilen bu bilgi ise uzun vadede gelecek nesillerin yaşamı manipüle etmesine, tasarlamasına ve nihayetinde yaratmasına katkı sunacaktır. İnsan yaşamının bilgi teknolojisine dönüşümü böylece katlanan bir hızla ilerleyecektir. Okuma, yazma ve hack'leme. Tüm bu yüksek hedefler göz önüne alındığında Church'ün 2012 tarihli kitabına *Regenesi* [Yeniden Doğuş / Yenilenme] adını vermesine şaşmamalı. Dinî geleneklerimizin yaşam kitabını yazan varlığa verdiği beş harfli bir ad var: Tanrı.

49 David Ewing Duncan, "The Next Best Version of Me: How to Live Forever," *Wired*, 27 Mart 2018, <https://www.wired.com/story/live-forever-synthetic-human-genome/>

Bilgi işlem, yapay öğrenme, yapay zekâ, nanoteknoloji, biyoteknoloji ve genetik devrimlerinin hepsi bugün farklı isimlere sahip olsa da bu farklı teknolojiler gerçekte birleşip devasa bir dalgaya dönüşecek birer akıntı. Dalga tüm ağırlığıyla gelip insan olmanın anlamını yalayıp yutacak. Ancak biz üstüne binip onu sürmeyi başarırsak, gideceğimiz yerin sınırını belki kolektif hayal gücümüz belirleyecek.

Örneğin Weill Cornell Medical College'dan genetik bilimci Christopher Mason şimdiden “insan türünün dünyada, uzayda ve diğer gezegenlerde hayatta kalmasına yönelik on aşamalı, 500 yıllık plan” diye tanımladığı bir çalışma yürütüyor ve NASA'yla işbirliği içinde “astronotlar için genomun, epigenomun, transkriptomun ve metagenomun entegre moleküler portresini oluşturma”ya çalışıyor. “Bunlar uzun süreli insanlı uzay yolculuğunda moleküler altyapı ve genetik savunma oluşturulmasına yardım edecek.”⁵⁰ Genetik geleceğimizin uzay gemisi şimdiden kilitlenmiş yükünü alıyor.

İşte kitabın başında zaman makinesiyle yolculuk edip bin yıl öncesinden bugüne getirdiğimiz bebeğin bize epeyce benzemesi ama bin yıl ilerisinden getireceğimiz bebeğin çoğumuzdan sağlıklı, güçlü, akıllı ve sağlam olmasının nedeni de buydu. Gereğince besleyip büyütürsek, o bebeğin bizden çok daha uzun yaşayacak olmasının nedeni de yine buydu.

TANRILARDAN ÖLÜMSÜZLÜĞÜ ÇALMAK

Dünyanın en eski edebi eserinde Uruk Kralı Gılgamış, dostu Enkidu'nun vakitsiz ölümüyle girdiği yastan ve kendi ölümlülüğünü dert etmekten bir türlü kurtulamaz. Gözyaşlarıyla, “Ben de mi ölmek zorundayım?” der. Han sahibi Siduri, Gılgamış'ı “İnsan ömrü kısadır. Ancak tanrılar sonsuz yaşayabilir,” diye uyarsa da azmini yitirmeyen Gılgamış, tanrılarının sırrı ve ölümsüzlüğün anahtarını bulma ümidiyle destansı bir yolculuğa çıkar.

Günün birinde Tanrı Enki tarafından bir gemi inşa edip içini hayvanlarla doldurması emredilen ve akabinde gelen tufandan sağ çıkan Mezopotamya'nın Nuh'u ölümsüz Utnapiştım'i bulur.¹ Epeyce tatlı dil döktükten sonra Utnapiştım sonunda Gılgamış'a gençliği geri getiren sihir yüklü “mucizevi bitki”nin deniz tabanındaki yerini söyler. Gılgamış bitkiyi bulur ve yurduna götürmek üzere yola çıkar ama sinsî bir yılan onu çalar. Yılan yeniden gençleşse de bitkinin

1 David Ferry, *Gilgamesh: A New Rendering in English Verse*, Farrar, Straus ve Giroux, New York, 1992, 56-57.

2 Kitabı Mukaddes'in hâlâ orijinal bir eser olduğunu düşünenlere...

yenisini bulamayacağını bilen Gılgamış, kırılan kibriyle geri döner ve nihayet ölümünün kaçınılmazlığını kabul eder.

Gılgamış'ın aydınlanmadan önceki dönemi gibi, ben de bir süredir hayatımızın nasıl olup da hastanede dökülen iki ayrı gözyaşı ânının arasında hızla kayan kısacık bir yaydan ibaret olduğunu düşünüyorum. Hangi zalim şaka karar vermiş kaslarımızın 20'li yaşlarda lif kaybına uğramasına, çoğu bedensel işlevimizin 20'li yaşların sonlarında zirve yapmasına, ölüm ihtimalimizin 30 yaşından itibaren sekiz yılda bir ikiye katlanmasına ve hücrelerimizin 40'lı yaşlardan itibaren tehlikeli mutasyonları onarma kabiliyetini yitirmeye başlamasına? Gerçek şu ki bu düşüncelerimde yalnız değilim.

İnsan var olduğu günden beri ölümlülüğüyle boğuşuyor. Bizi, hâlâ başaracak gücümüz varken amaçlarımızı değerlendirmeye teşvik etse de, en olumlu bakışla çetrefilli bir lütuf ölümlülük.

Ona karşı verilecek savaşın araçlarından yoksun olan atalarımız, tanrıların elinden ölümsüzlüğü çalma dürtüsüne bir türlü karşı koyamadılar. Pek çok kültürün yaşamı uzatıp ölümü yenme fikriyle takıntılı olmasının nedeni de buydu.

Eski Ahit'te biyolojiyi alt eden kişi Metuşelah'tı. "Yaratılış" 5:27'ye göre Metuşelah 969 gibi olgun bir yaşa dek yaşamıştı. Kutsal Kitap onun hakkında başka pek bir şey söylemediğinden, bunu nasıl başardığını bilmiyoruz ama atalarının 895 ila 962 yıl yaşadığı söylendiğine göre, genetiği sayesinde dersek, yanılmış olmayız. Öyle ya da böyle, Yahve biraz ileride, "Yaratılış" 6:3'te şu sözlerle fikrini değiştirmiş görünüyor: "Rab, 'Ruhum insanda sonsuza dek kalmayacak, çünkü o ölümlüdür' dedi, 'Gelecekte insanın ömrü 120 yıldan fazla olmayacak.'"

Yüzyıllarını yaşam iksiri üretmeye çalışarak geçiren Antikçağ Çinlileri için işin sırrı, dağlarda yetiştiği söylenen doğa üstü ölümsüzlük mantarı, dillere destan *lingzhi*'deydi. Hintliler için ise *soma* diye de anılan *amrita*, bulması zor bir dağ bitkisinden yapılan ve kutsal metin Rigveda'ya göre insanın sonsuza dek yaşamasını sağlayan bir içecekti.

Avrupa'da bilimsel devrimin gelişi insanlığın ölümsüzlük arayışına yepyeni bir rasyonellik ve ümit getirdi.

Rus asıllı Fransız doktor Serge Voronoff, nakil tıbbının Nobel ödüllü babası Dr. Alexis Carrel'la dört yıl çalıştıktan sonra 1896'da Mısır'a doğru yelken açtı. Mısır'da hadım edilenlerin solup gittiğini gören Voronoff, testislerinin olmayışı yüzünden bu kişilerin canlılığı korumak için gerekli olan salgılardan mahrum kaldığı sonucuna vardı. İnsanlar arasında vücut parçalarını nakletme olasılığı hakkında Carrel'dan öğrendiklerinden yola çıkarak maymun testisini insana bağlamak gibi yaratıcı bir fikir geliştirdi. Amacı vücut salgılarını yeniden harekete geçirip her tür hastalığı tedavi etmek, canlılığı artırmak ve ömrü uzatmaktı. "Cinsellik salgısı, hayati bir sıvı olan kanın akışına karışır ve tüm hücrelerin enerjisini geri getirip mutluluğu yayar," diye yazmıştı, 1920'de.³

1923'e gelindiğinde Voronoff'un prosedürü öyle talep görüyordu ki rağbet arttıkça sayıları da artan ve bu ateş pahası işleme can vermek üzere yakalanıp hadım sırasını bekleyen erkek maymunları bir arada tutabilmek için Afrika'da özel bir barınak oluşturulması gerekti. Testis torbasına maymun testisi iliştirilen erkeklerde pek bir gelişme görülmediğindeyse Voronoff iddialarında daha da diretti. Donör maymunlarla alıcı insanların kan grubu aynı olursa, insanların 140 yaşına kadar yaşayabileceğini iddia etti. İddiaların hiçbirisi gerçekleşmeyince de yöntemi itibarını yitirdi.

Maymun testisi gözden düşse de 20. yüzyıl başında piyasayı –insana keçi testisi dikmekten özel “büyücü yağı” ve “yaşam iksiri” içmeye dek– sayısız sihir ve iksir doldurmuştu. İşe yaramayınca nihayetinde hepsi kenara atıldı. Ardından garip bir şey oldu. Sihirli iksirlerin hiçbirisi mucizeler yaratmazken, ortalama insan ömrü hiç olmadığı kadar hızlı bir oranda artmaya başladı.

Tarihimizin büyük bölümünde ortalama insan ömrü fena halde kısaydı. Göçebe avcı-toplayıcı atalarımızda ölüm şeklinden yana çeşitlilik boldu. Doğumda ya da hayatın ilk yıllarında sayısız enfeksi-

3 Eric Grundhauser, “The True Story of Dr. Voronoff's Plan to Use Monkey Testicles to Make Us Immortal”, *Atlas Obscura*, 13 Ekim 2015, <https://www.atlasobscura.com/articles/the-true-story-of-dr-voronoffs-plan-to-use-monkey-testicles-to-make-us-immortal>

yon ve hastalık yüzünden ölmediyseniz, büyük olasılıkla bir kaza, bir yırtıcıya av olma ya da bir ihtilaf yüzünden öldürdünüz. İlk insanlarda ortalama ömrün 18 yıl olmasının nedeni de buydu. Kaydedilen tüm ilerlemelere karşın Roma döneminde ortalama yaşam süresi ancak 25'i bulmuştu. 1900'e gelindiğinde, dünyanın en gelişmiş ülkelerinden biri haline gelen ABD'de bu süre 47'ydi.

Ortalama yaşam süresi Roma döneminde yaşlı bilgelerin 26 yaşında olduğu ya da 100 yıl önce ABD'de herkesin 48'ine girince düşüp öldüğü anlamına gelmiyor. Belli bir bölgede yaşayan insanların yaşadığı yıl sayısını toplayıp insan sayısına böldüğümüzde bir ortalama vardıığımız anlamına geliyor. Buna göre aynı gün iki çocuk doğar ama biri hemen ölür, diğeri seksenine kadar yaşarsa, kolektif ortalama yaşam süreleri 40 olur. Bebek ölümleri yüksek olursa, makul sayıda insan uzun bir ömür yaşasa da nüfus genelinde yaşam süresi düşük kalır.

Ancak 20. yüzyıl boyunca sağlık hizmetleri, sıhhi temizlik, işyeri güvenliği, kamu sağlığı ve beslenme alanlarında kaydedilen gelişmeler hem ortalama yaşam süresini hiç olmadığı kadar yükseltti hem de nüfusta kişi başına düşen yaşlı insan sayısını muazzam oranda artırdı. Bugün ortalama yaşam süresi, yoksul Afrika ülkelerinin çoğunda hâlâ 50 civarında ama küresel çapta 71,4, ABD'de 79, Japonya'da ise 85.

Gelişmiş ülkelerde son 100 yıl içinde ortalama yaşam süresinde ki bu artış yıl başına yaklaşık üç ay kadar bir ilaveye denk geliyor. 100 yaşını aşan insanların sayısı da ABD'de yaklaşık üçte ikilik bir artış gösterirken, İngiltere'de sadece son 30 yılda beş katına çıktı. 1971'de yalnızca 339 tane asırlık insanın yaşadığı Japonya'da bugün sayı 75 binin üzerinde. Pew Araştırma Merkezi'nin tahminlerine göre yüz yaşın üstünde yaşayan nüfus küresel olarak bugün 450 bin iken, 2050'de yaklaşık dört milyona erişecek.⁴

4 Renee Stepler, "World's Centenarian Population Projected to Grow Eightfold by 2050", Pew Research Center, 21 Nisan 2016, <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2016/04/21/worlds-centenarian-population-projected-to-grow-eightfold-by-2050/>

Daha uzun yaşama olasılığı yeni gerçeğimiz olurken, dolu dolu bir yaşamın kaç yıldan oluşması gerektiğiyle ilgili beklentilerimiz de değişti.

40'lı yaşlarda Afrika bozkırlarında yaşamını yitiren ilk insanların aileleri büyük ihtimalle ellerinden bir şey çalındığı hissine kapılmıyordu. O dönemde 40'ına kadar yaşamak, hayatı kısa kesebilecek onca tehlikenin ışığında fena sayılmazdı. Bugün ise 40'lı yaşlarında birini kaybetmek, potansiyele karşı işlenmiş bir suç hissi yaratıyor. Öte yandan biri bugün atalarımız için son derece ender sayılan 90'lı yaşlarda ölürse, çoğunluğun gözüne durum doğal görünüyor. 2013'te ne kadar yaşamak istedikleri sorulduğunda, Amerikalıların yüzde 69'u Amerikalılarda bugün beklenen yaşam süresi olan 79 ile 100 arasında bir yaş söyledi. Dolayısıyla orta değer yaklaşık olarak 90'dı.⁵ "Her şeyin bir mevsimi var," denir "Vaiz Kitabı"nda ve ömrün mevsimi de çoğu insana 90 yıl kadar görünüyor olmalı.

Peki, ya daha çok insan 120 ya da 130 yaşına kadar sağlıklı bir hayat sürebilseydi? O durumda ailesi, eşi ve dostlarını 90 yaşında kaybedenler, sevdiklerinin dolu dolu yaşadığını mı düşünürdü yoksa bugün biri altmışında ölünce hissettiğimiz gibi elinden bir şeyin çalındığını mı hissederdi? Yaşam süresini büyük anne ve babalarımızın ne kadar yaşadığına göre mi değerlendirirdik yoksa komşumuz, dostumuz kadar yaşayabilmeyi mi beklerdik? 80 yıllık yaşam beklentisinde bir keramet yok; evrimsel gidişatımızın sürekliliği içinde bulunduğumuz noktada bize makul gelen bu sadece. O değişince, beklentilerimiz de değişecek.

Biyolojik algımız şekillendirilebilir nitelikte olsa bile yaşlanma biyolojimizin nereye kadar şekillendirilebileceğini bilmiyoruz. Ancak genetiğin ve biyoteknolojinin yeni araçları hem toplam yaşam süremizin hem de sağlıklı yaşam süremizin sınırlarını zorlama yolunda bize savaşma olanakları sunuyor.

5 "Living to 120 and Beyond: Americans' Views on Aging, Medical Advances and Radical Life Extension", Pew Research Center, 6 Ağustos 2013, <http://www.pewforum.org/2013/08/06/living-to-120-and-beyond-americans-views-on-aging-medical-advances-and-radical-life-extension/>

Er ya da geç erişebileceğimiz en uzun ömrün ne olduğunu öğrenebilmemiz için öncelikle yaşlanmanın ne olduğunu anlamamız gerekiyor.

İnsanın sezgileriyle son derece iyi anlayabildiği bir süreç olmasına karşın yaşlanma şaşırtıcı derecede karmaşık bir yapıya sahip. Biliminsanları onun tanımını üstünde anlaşıyorlar çünkü yaşlanma tek bir şeyden ibaret değil. Büyük olasılıkla vücutta, hepsi farklı oranlarda bozulmaya uğrayan birçok farklı sistemin bir bütünü. Bazı biliminsanları yaşlanmaya bir organizmanın ölüm olasılığını artıran değişimler dizisi olarak yaklaşıyor, bazıları da vücuttaki enflamasyon (iltihap) düzeyinde veya oksidatif hasarda artış olarak yaklaşıyor. Kimisi ise vücudun hücre tamirini sürdürmek için gereken kök hücreleri aktive etme yetisindeki düşüş olarak görüyor yaşlanmayı.

En iyi tanım hangisi olursa olsun, yaşlanma insanlarda ölümün birincil nedeni çünkü bizi en çok öldüren hastalıkların hepsi yaşlılıkla bağlantılı. Kalp hastalığı, kanser ve kronik alt solunum yolları hastalığı ABD'de ölümlerin yarıdan fazlasına, dünya çapında ise ölümlerin ilk dört nedeninden üçüne temel oluşturuyor. Atalarımızın önemli bir kısmına musallat olan bulaşıcı hastalıklarla baş etmeyi daha iyi öğrenmemizle birlikte kronik hastalıklar bizim için nispeten daha büyük bir tehdide dönüştü. Bu tip hastalıklar yaşla bağlantılı olduğundan –yaşınız arttıkça hastalıklara yakalanma olasılığınız da artar– içlerinden birini iyileştirmek genel anlamda büyük fayda sağlamaz. Yaşlılık hastalıklarından birine yakalanmasanız, çok geçmeden başkasına yakalanırsınız. ABD'de kanserin kökü kurutulsa bile yaşam süresi beklentisi ancak üç yıldan biraz fazla artar. Bu da bizi, sağlıklı yaşam süremizi uzatmayı gerçekten istiyorsak, yaşlanmanın getirdiği her hastalığa saldırmaktan çok, yaşlanmanın kendisini yavaşlatmaya çalışmamız gerektiği sonucuna varır.

İnsan vücudu içindeki parça ve sistemlerin akıllara durgunluk veren sayısını düşününce, vücudumuzun her bir sisteminin kendine özgü ve kendine özel yaşlanma sürecini birer birer ele almak son

derece güç olabilir.⁶ Ancak yaşlanma, merkezi birtakım mekanizmaların sürecin tamamını yönettiği birleşik bir olguysa, o zaman bir organizmanın yaşlanmasını, her bir parçasını içine alacak şekilde bütünsel olarak yavaşlatmanın da yolu olmalı. Bunun doğru olup olmadığını değerlendirme yolunda atılacak ilk adım, sistemik yaşlanmayı ölçmenin yollarını bulmaktır.

Herkes farklı şekilde ve farklı hızla yaşlanır. Hepimiz kronolojik olarak genç olup yaşı görünen insanlar tanırız. Yaşlı olup genç görünenleri de tanırız. Kronolojik ve biyolojik yaş arasındaki fark, en azından yüzeysel anlamda budur. Kronolojik yaş doğumdan itibaren geçen yılları sayarken, biyolojik yaş bizi farklı yaşlandıran birçok genetik ve çevresel faktörü değerlendirmeye çalışır.

Ehliyetinize baksam kaç yaşında olduğunuzu kolayca söyleyebilirim. Yaşınızı bilince ne kadar sağlıklı olduğunuz ve daha ne kadar yaşayacağınız hakkında da makul bir tahminde bulunabilirim. Ancak elimde sağlık durumunuzla ilgili daha fazla bilgi olmadan yaşıncı kıyasla ne kadar genç olduğunuzu veya aynı kronolojik yaşta benzeri biçimde konumlanmış diğer insanlara kıyasla ne kadar yaşayabileceğinizi söyleyemem.

Kronolojik yaş dolambaçsız ve ölçümü kolayken, biyolojik yaş öyle değildir. Olduğunuzdan genç görünebilirsiniz ama herhangi bir yaşlanma önleyici tedavinin işe yarayıp yaramadığını belirleyebilmek için tedavi öncesi ve sonrasında biyolojik yaşıncı ölçebilmemiz gerekir.

Araştırmacılar 1980'lerden beri biyolojik yaşlanma için bu tip bir temel ölçüt belirlemeye çalışıyorlar. Amerikan Yaşlanma Araştırması Federasyonu AFAR kısa süre önce yaşlanma oranını doğrulukla öngörebilecek, hastalık etkileri yerine genel yaşlanma sürecini ölçecek, kişiye zarar vermeden tekrar tekrar test edilebilecek ve hem laboratuvar hayvanları hem de insanlarda işe yarayacak bir yaşlan-

6 Evrimde "akıllı tasarım" teorisine inanan insanların, bizi tasarlayan bu kadar akılıysa, niye bize bunca kırık parça tasarlamış sorusunu neden sormadığını hep merak etmişimdir.

ma biyo-belirteci oluşturma hedefi belirledi.' Ancak bu dile kolay. Yaşlanma biyo-belirteçleri büyük olasılıkla genetik, metabolik ve diğer faktörlerin baş döndürücü ve sık sık da birbiriyle kesişen bir listesinden oluşacak. Üstelik bunların ölçümleri de olağanüstü zor olacak. Ölçümler bile spesifik olarak yaşa atfedilmeleri kolay olmayacak.

Bununla birlikte araştırmacılar son zamanlarda daha fazla ilerleme kaydetmeye başladılar. Araştırmalar kanda ölçülen epigenetik belirteçlerin,⁸ kromozomların ucundaki "telomer" denen genetik "şapkalar"ın,⁹ yürüme hızının,¹⁰ yüzdeki gözlemlenebilir yaşlanmanın,¹¹ bağırsak mikrobiyomundaki değişimlerin¹² ve başka birçok faktörün¹³ yaşlanma açısından birincil biyo-belirteçler olduğuna işaret etti. Bu biyo-belirteçler gelecekte hep birlikte biyolojik yaşlanma bulmacasını çözmemize yardım edebilir. California mer-

- 7 Xian Xia ve diğerleri, "Molecular and Phenotypic Biomarkers of Aging", *F1000 Research* 6, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5473407/>
- 8 Carola Weidner, "Aging of Blood Can Be Tracked by DNA Methylation Changes at Just Three CpG Sites", *Genome Biology* 15, 2014, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4053864/pdf/gb-2014-15-2-r24.pdf>. İlginçtir ki p53 geninin fillerde kanserle savaşta da önemli rol oynadığı ortaya çıktı. Bkz. Carl Zimmer, "The 'Zombie Gene' That May Protect Elephants from Cancer", *The New York Times*, 14 Ağustos 2018, <https://www.nytimes.com/2018/08/14/science/the-zombie-gene-that-may-protect-elephants-from-cancer.html>
- 9 Masayuki Kimura ve diğerleri, "Telomere Length and Mortality: A Study of Leukocytes in Elderly Danish Twins", *American Journal of Epidemiology* 167, 2008, 799-806, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3631778/>
- 10 F. Huber ve diğerleri, "Walking Speed as an Aging Biomarker in Baboons (*Papio Hamadryas*)", *Journal of Medical Primatology*, U.S. National Library of Medicine, Aralık 2015, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4802968/>
- 11 Weiyang Chen ve diğerleri, "Three-Dimensional Human Facial Morphologies as Robust Aging Markers", *Cell Research* 25, No. 5, Mayıs 2015, 574-587, erişim 28 Nisan 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4423077/>
- 12 Emily Mullin, "The Bacteria in Your Gut May Reveal Your True Age", *Science* 11 Ocak 2019, <https://www.sciencemag.org/news/2019/01/bacteria-your-gut-may-reveal-your-true-age>
- 13 Ahmed Al Saedi, Jack Feehan, Steven Phu, ve Gustavo Duque, "Current and Emerging Biomarkers of Frailty in the Elderly", *Clinical Interventions in Aging*, 19 Şubat 2019, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6388773/>; *Clinical Interventions in Aging*, 2019; 14: 389-398.

kezli start-up şirketi BioAge yapay zekâ yardımıyla kan hücrelerinin DNA dizilimi ve metabolik analizinden anlam çıkarmaya çalışarak, kandaki yaşlanma biyo-belirteçlerini belirleyebilme uğraşı veriyor. Kan bağışçılarının, biyo-belirteçleri ile yaşam ve ölüm kayıtlarının eşleştirilebileceği Avrupa kan bankalarında onlarca yıldır saklanan kan örnekleri, bu işlem için eşsiz bir kaynak oluşturuyor.

Biyolojik yaşı ölçebilmek, onu manipüle etme çabalarını değerlendirmemize yardım edecek ama ne kadar yaşayabileceğimiz ve daha uzun, daha sağlıklı yaşamak için neye ihtiyaç duyduğumuz konusunda ipuçları aramaya hâlâ devam etmemiz gerekecek.

Ölüm konusunda bugünkü sınırlarımızı aşmamızla ilgili iyi haber şu ki, evrim ne kadar yaşadığımıza aldırmış etmiyor.

Atalarımız bebeklerinin yırtıcılar tarafından çok fazla yenmesi gibi bir sorunla karşılaşmış olsaydı, nihayetinde seçilimle ıstakoz gibi kabukları olan yavrular hayatta kalırdı. Çok sayıda ebeveyn yense ve çocuklarına bakamasaydı, onların çocukları da kendi kendine yetebilen varlıklar olurdu; tıpkı yumurtadan çıktıktan sonra anneleri tarafından yenmemek için kaçışan Komodo ejderi yavruları gibi veya dişiler yumurta bıraktıktan sonra yetişkin nüfusun tamamı öldüğü için her mevsim tek başına yumurtadan çıkan Madagaskarlı Lambord'un bukalemunları gibi.

Buna karşılık insan gelişiminin ilk günlerinde ortalarda çok daha az bulunan büyük anne ve babalar yırtıcılara yem olsaydı, aile ve toplum için üzücü olabilirdi beki ama genel olarak türümüz üstünde büyük bir evrimsel etkisi olmazdı. Yaşlılar şimdi ve geçmişte daima olağanüstü yararlar sunmuş geleneklerin ve hayati yaşamsal derslerin önemli taşıyıcıları olmuşlardır –hatta küçük bir kesimi belki anneler dışarıda yiyecek ararken çocuklara bakmıştır– ama evrim onların 40 yıl mı, 50 yıl mı 80 yıl mı yaşadığından fazla etkilanmemiştir. İnsanın evrimi açısından bebeklerle ebeveynlerin be-

cerileri önemlidir, büyükanne ve büyükbabalarinki o derece önem taşımaz.¹⁴

Milyonlarca yıllık süreçte olumlu olarak seçilmiş bir insan özelliğini –nefes almak bunun güzel bir örneği– değiştirmenin getireceği olasılıkları göze alırsak, evrimin kendisine yüklenmiş oluruz. Ama evrimin her nedense önemsemediği bir özelliğe küçük bir dokunuşta bulunursak, en azından teoride ümit duymak için bir nedenimiz olur.

Ancak uzun ömür için seçilmiş olmasak da zor zamanlarda hayatta kalma yetimiz için seçildiğimize şüphe yok. Evrimin milyarlarca yılı içinde atalarımız defalarca açlıktan ölmenin eşiğine geldi. Genetik analizler 1,2 milyon yıl önce insan öncesi atalarımızın 26 bin gibi bir sayıya kadar düştüğüne işaret ediyor. 150 bin yıl kadar önceyse atalarımızın nüfusu Afrika'nın güney ucunda hayata güçbela tutunmuş 600 kişiye kadar gerilemiş olabilir. 70 bin yıl önce devasa Sumatra Volkanı'ndan püsküren küllerin güneşi altı yıl karartmasından sonraysa toplam insan nüfusu belki birkaç bine kadar inmişti.

Bu akordiyonumsu açılıp kapanmaların ardından yalnızca beslenmeden yaşayabilme yetisi en yüksek olan atalarımız hayatta kaldı. Diğerleri yitip gitti. Ekstrem şartlardan sağ kurtulan bu insanlar, zor zamanlarda yaşayabilme yönündeki genetik yatkınlıklarını nesilden nesle bizlere kadar aktardılar. Bu da bize aynı tip güçlüklerle karşı karşıya kalan başka birçok tür gibi doğuştan gelen bir dayanıklılık kazandırdı; uzun yaşam arayışımızda oldukça işimize yarayan bir dayanıklılık.

Yapılan çok sayıda çalışma kalori kısıtlamasının (KK) mayalarda, sineklerde, solucanlarda, fare, sıçan ve diğer organizmalarda ömrü uzattığını yıllarca ve tekrar tekrar gösterdi. KK'nin bizim gibi daha uzun yaşayan memelilerde ömrü uzatıp uzatmadığını incelemek ise çok daha zor çünkü yaşam süremizin uzunluğu, insan

14 Revizyonist bir grup antropolog yakın zamanda özellikle büyükannelelerin bugüne dek sanıldandan daha önemli bir evrimsel rol oynadığı görüşünü ileri sürdü. Matthew H. Chan, Kristen Hawkes ve Peter S. Kim. "Modelling the Evolution of Traits in a Two-Sex Population, with an Application to Grandmothering", *Bulletin of Mathematical Biology* 79, No. 9, 2017, 2132-148, doi:10.1007/s11538-017-0323-0

üstündeki çalışmaları da fena halde uzatıyor ve yapı itibarıyla tutarsız olan davranışlarımız, insan denekleri ömür boyu çikolatalı kekten uzak tutmayı imkânsız kılıyor. Yine de biliminsanları 1980'lerden itibaren DNA'sının yüzde 93'ü insanla ortak olan makak maymunları (rhesus diye de bilinir) üstünde KK'nin etkilerini ölçmeyi amaçlayan iki çalışma yürüttüler. Her iki çalışmada da KK maymunları, kendileriyle aynı koşullarda yaşayıp daha çok kalori tüketen akranlarına kıyasla ortalama üç yıl daha uzun yaşadı ve yine ortalamadan daha sağlıklı kaldı. Çalışmalardan birinde maymunlardan en az dördü esaret altında yaşayan makaklar içinde daha önce ölçülmüş en uzun ömür rekorlarının hepsini kırdı.¹⁵ Oldukça umut verici sonuçlar.

ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri'nin fon sağladığı *Enerji Alımını Azaltmanın Uzun Vadeli Etkilerinin Kapsamlı Değerlendirmesi* (CALERIE) isimli bir çalışmada 34 kişi kalori alımını iki yıl için yüzde 15 azaltmaya ikna edildi. Katılımcılar haftalık kan, kemik, idrar, vücut içi ısı ve diğer testlerin yapılmasına, hatta nefeslerinde oksijenin karbondioksit oranını ölçmek için kapalı metabolik odalarda 24 saatlik dönemler geçirmeye razı oldular. Tüm bu verilerden yola çıkan araştırmacılar kalori alımında yüzde 15'lik bir azalmanın kendini yüzde 10 daha yavaş bir metabolizma olarak ortaya koyduğu sonucuna vardılar. Çalışmayla hâlâ yaşayan deneklerin normalde yaşayacağından daha uzun yaşayıp yaşamayacağı belirlenemese de daha yavaş bir metabolizmanın "daha düşük yaşama oranı"na, yani hücreler üstünde daha az aşınmaya neden olduğu sonucuna varıldı. Bu çıkarım, makak maymununun insan muadili için daha uzun ve sağlıklı yaşam olasılığı anlamına geliyordu.¹⁶

- 15 Julie A. Mattison ve diğerleri, "Caloric Restriction Improves Health and Survival of Rhesus Monkeys", *Nature Communications*, 8, 2017, <https://www.nature.com/articles/ncomms14063>. Her ne kadar ilk başta çalışmalardan biri KK'nin maymunlarda yaşam ve sağlığı artırıyor, diğeri artırmıyor gibi görünse de, veriler sonradan gözden geçirildiğinde iki çalışmanın da aynı sonucu verdiği doğrulandı.
- 16 Leanne M. Redman ve diğerleri, "Metabolic Slowing and Reduced Oxidative Damage with Sustained Caloric Restriction Support the Rate of Living and Oxidative Damage Theories of Aging", *Cell Metabolism* 27 (2018): 1-11.

Ne kadar yaşayabilme potansiyeline sahip olduğumuzu anlamak için bakabileceğimiz bir diğer yer de etrafımızdaki en yaşlı *Homo sapiens*'ler. Gilgamiş ve Metuşelah'ı bir kenara koyarsak, kayıtlara güvenilir şekilde geçmiş en yaşlı insan Jeanne Calment adlı Fransız kadındı.

1875'te Fransa'nın Arles kasabasında dünyaya gelen Jeanne, 12 yaşında Vincent van Gogh'la karşılaştı, 1896'da kuzeniyle evlendi ve 1942'de, 67 yaşında, eşini yitirdi. Kendisiyse yolculuğuna daha yeni başlıyordu.

Jeanne 90'ına geldiğinde, Francois Raffray isimli genç bir avukat onu bir güvence kontratıyla dairesini satmaya ikna etti. Kontrata göre Jeanne ölene dek dairede yaşamaya devam edecek, Raffray ona her ay, bugün 500 dolara karşılık gelen 2.500 frank ödeyecekti. Jeanne'in ölümünden sonra ev Raffray'ın mülkiyetine geçecekti. Bir bilseydi Raffray başına gelecekleri...

Haftada bir kilodan fazla çikolata yiyen Jeanne 100 yaşına dek bisikletinden inmedi, 110 yaşını aşana dek aşırı aktif bir yaşam sürdü, ancak 115'inde bir gün düştükten sonra yavaşlamaya başladı. O dönemde ismi her geçen yıl daha çok duyulan yerel bir şöhret olmuştu.

Bu arada Raffray kontrat yüzünden aylık çek göndermek zorundaydı, çeklerin tutarı ise dairenin değerini çoktan aşmıştı. Kendisi 77 yaşında öldükten sonra ailesi bir yıl daha Jeanne Calment'e ödeme yapmak zorunda kaldı. Jeanne 1997'de, 122 yaşında, Yahve'nin "Yaratılış" 6:3'te belirlediği üst limiti iki yıl aşarak hayata gözlerini yumdu (gerçi Kitabı Mukaddes'te Yahve'nin çikolatadan haberi olduğuna dair bir bilgi de yok).

Jeanne'in neden bu kadar uzun yaşadığı kitaplara konu oldu. Serinkanlılığıyla ünlü bu kadın uzun ömrünü stres seviyesinin düşüklüğüne ve olumlu hayat görüşüne bağlıyordu ama genetiğin de burada kilit bir rolü vardı. "Ömrüm boyunca tek bir kırışığım oldu, onun da üstüne oturuyorum," sözü dillere destandı.

Jeanne Calment'in renkli hikâyesi bize bugünün biyolojisi ve müdahale seçenekleriyle üst sınırın ne olabileceği hakkında fikir ve-

riyor. Daha sistematik olmak istiyorsak, Jeanne gibi süper yaşlananlardan oluşan kalabalık grupları inceleyerek, o kadar uzun yaşamalarını nelerin sağladığına bakabiliriz. İşte Nir Barzilai de aynen bunu yapıyor.

Albert Einstein College of Medicine'deki Yaşlanma Araştırma Enstitüsü'nün direktörü ve dünyanın önde gelen yaşlanma uzmanlarından biri olan Nir, New York bölgesinde sayıları giderek artan kalabalık bir 100 yaş üstü Aşkenaz Yahudileri grubuyla çalışıyor ve inceleme yapıyor. Nir'i tanımlamak için kullanılacak çok kelime var ama –şen şakrak, tonton, bulaşıcı derecede iyimser– hiçbirisi tam olarak onu anlatamaz. Bazılarınca Austin Powers'ın elf'imsi kopyası diye tarif edilse de Nir yaşlanma alanında gerçek bir dev.

Nir kariyeri boyunca Irving Kahn gibi çarpıcı bazı insanlarla karşılaştı. 109 yaşındaki ölümüne dek yatırım bankacılığı yapan öğrenmeye tutkun biriydi Irving. Kayıtlı tarihe dünyanın en uzun yaşayan kardeşleri olarak geçen kardeşleri ise 109, 103 ve 101 yaşına kadar yaşadı. Yine Nir'in asırlıklarından biri olan Irma Daniel, Nazi Avrupa'sından sağ çıkan zehir gibi bir kadındı. O da 106 yaşına kadar Hoboken'de, New Jersey'de ilgi odağı oldu. Nir ve meslektaşları bu insanlardan her birinin yaşam ve sağlık geçmişlerini derliyor, genom analizlerini yapıyor ve bu kadar uzun yaşamalarına sebep “gizli sos”u belirlemek için onlara türlü testler yapıyor. Araştırma hâlâ devam etse de netleşen şu ki, sağlıklı alışkanlıklar ömrü bir nebze uzatmaya yardım etse bile 100 yaşın üstünde yaşamanın en iyi yolu doğru genlere sahip olmaktan geçiyor.

Bu süper asırlıklar sadece daha uzun yaşamıyor, aynı zamanda daha uzun süre sağlıklı yaşıyorlar. Çoğu ileri yaşlara dek melekelerini kaybetmiyor, nispeten hızlı ve sıkıştırılmış hastalık süreçlerinin ardından ölüyorlar.¹⁷ 80 yaş üstü 1.400'ü aşkın “sıhhatli ihtiyar”ın genom analizinin yapıldığı Scripps Araştırma Enstitüsü'ne ait bir çalış-

17 Bu kronik hastalıklar ABD'de tüm ölümlerin yaklaşık yüzde 90'ının nedenini oluşturuyor. Khadija Ismail ve diğerleri, “Compression of Morbidity Is Observed Across Cohorts with Exceptional Longevity”, *Journal of the American Geriatrics Society* 64, 2016, 1583-1591, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27377170>

mada, bu insanlardaki genetik varyantların bilişsel sağlıklarını muhafaza etmelerine yardım ettiği ve onları büyük kronik hastalıklara karşı koruduğu ortaya çıktı.¹⁸ 100'lü yaşlarına dek yaşayan insanlara ilişkin genel algı onları solunum cihazına bağlı hayal etme yönünde olsa da, 100 yaşın üstünde ölen ortalama biri için sağlık maliyeti, 70'lerinde ölen ortalama birinin sadece yüzde 30'udur.

Nir ve diğer araştırmacıların bulgularına göre asırlıkların çoğunun, yaş itibarıyla Parkinson, Alzheimer ve kardiyovasküler hastalıklara yüksek oranda yakalanması beklenirken, her nedense yakalanmıyorlardı.¹⁹ Ekip çoğu insanda ortak olan ama süper yaşılanların çoğunda bulunmayan ADIPOQ genine odaklandı. Görünüşe göre bu gen onları damar iltihabına karşı koruyordu. Başka araştırmacılar da o veya bu ifadesiyle kişiyi beyin hastalıklarına,²⁰ yüksek kolesterole²¹ karşı koruduğu, Alzheimer'a²² karşı ilave koruma sağladığı ve genel olarak yaşam süresini artırdığı²³ düşünülen onlarca gen belirlediler. Uzun yaşamla ilişkili yeni genler de büyük bir hızla keşfedilmeye devam ediyor. Ocak 2019'da yayınlanan, İngiltere Biobank'ten 300 bin

- 18 "Welllderly Study Suggests Link Between Genes That Protect against Cognitive Decline and Overall Healthy Aging", The Scripps Research Institute, 21 Nisan 2016, <https://www.scripps.edu/news/press/2016/20160421welllderly.html>; Galina A. Erikson ve diğerleri, "Whole-Genome Sequencing of a Healthy Aging Cohort", *Cell* 165, 2016, 1002-1011, [http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(16\)30278-1](http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(16)30278-1)
- 19 Freudenberg-Hua ve diğerleri, "Disease Variants in Genomes of 44 Centenarians", *Molecular Genetics and Genomic Medicine* 2, 2014, 438-450, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25333069>
- 20 Clyde B. Schechter ve diğerleri, "Cholesteryl Ester Transfer Protein (CETP) Genotype and Reduced CETP Levels Associated with Decreased Prevalence of Hypertension", *Mayo Clinic Proceedings* 85, 2010, 522-526, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20511482>
- 21 Nir Barzilai ve Ilan Gabriely, "Genetic Studies Reveal the Role of the Endocrine and Metabolic Systems in Aging", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 95, 2010, 4493-4500, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3050096/>
- 22 Galina A. Erikson ve diğerleri, "Whole-Genome Sequencing of a Healthy Aging Cohort", *Cell* 165, 2016, 1002-1011, [http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(16\)30278-1](http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(16)30278-1)
- 23 Luke C. Pilling ve diğerleri, "Human Longevity: 25 Genetic Loci Associated in 389,166 UK Biobank Participants", *Aging* 9, 2017, 2504-2520, <http://www.aging-us.com/article/101334/text#fulltext>

insanın kayıtlarının analiz edildiği bir çalışmada, insanda sağlıklı yaşam süresiyle bağlantılı on iki genetik varyant belirlendi. Bunların çoğu, belki tahmin edileceği gibi kanser, diyabet, akciğer hastalığı ve demans gibi kronik hastalıklarla bağlantılıydı.²⁴

90'ına kadar yaşamak istiyorsan iyi ye, iyi dinlen, iyi uyu ve egzersiz yap derler. Yüzden uzun yaşamak istiyorsanız, ebeveyninizi dikkatli seçin. Gerçi bu özlü söz kolayca BMD olabilir; yani bilime mağlup düşebilir.

Kişinin daha uzun ve sağlıklı yaşama potansiyelini artıran daha çok sayıda geni belirlememiz, bu genlerden bazılarını gen tedavisiyle insanlara vermemizi sağlayacak ve büyük olasılıkla genlerin neler yaptığını anlamamızı kolaylaştırıp onu taklit etmenin önünü açacaktır.

Akıllı yaşam tercihleri yaparsak, genetik yatkınlığımız ne olursa olsun daha uzun ve sağlıklı hayatlar yaşayabileceğimizi hepimiz biliyoruz. Yaşam tercihleri genelde genetikten ayrı bir kategori gibi görünse de aslında öyle değildir. Yaşam biçimimiz, genlerimizin işleyişini yöneten epigenetik talimatlara ciddi şekilde etki eder. Dolayısıyla hangi yaşam tercihlerinin genlerin optimum ifadesini mümkün kıldığını anlamak, bize sadece daha sağlıklı bir yaşam için neler yapabileceğimizi göstermekle kalmaz, aynı zamanda (en azından aramızdaki hilecilere) yapmadığımız akıllı tercihler için genlerimizi ve biyolojimizi, bize pay tanıyacak şekilde kandırmanın yolunu da gösterir.

Ne tür bir geçmişin ve yaşam şeklinin en yüksek yarar sağladığını çözmeye çalışan *National Geographic* çalışanı Dan Buettner, küresel yaşam süresi beklentileri kayıtlarını inceleyerek, dünyanın istatistiksel olarak en uzun yaşayan nüfuslarını araştırdı. Bulduğu yerlere -İkarya (Yunanistan), Loma Linda (California, ABD), Nicoya

24 Aleksandr Zenin, Yakov Tsepilov, Sodbo Sharapov, Evgeny Getmantsev, L.I. Menshikov, Peter O. Fedichev ve Yuri Aulchenko, "Identification of 12 Genetic Loci Associated with Human Healthspan", *Nature News*, 30 Ocak 2019, <https://www.nature.com/articles/s42003-019-0290-0>; *Communications Biology*, cilt 2, makale numarası: 41, 2019.

(Kosta Rika), Okinawa (Japonya) ve Sardinya (İtalya)– *mavi bölgeler* adını verdi ve ortak paydalarını anlamaya çalıştı.

2005 tarihli *National Geographic* kapak hikâyesinde ve 2008 tarihli *Mavi Bölge: En Uzun Yaşayan İnsanlardan Uzun Yaşama Dersleri* adlı kitapta Dan, bu bölgelerdeki insanların aşağıdaki dokuz şeyi yaptığını anlattı:

1. Yaşamlarının dokusuna nüfuz etmiş orta ölçüde, düzenli fiziksel aktiviteleri var ve bu aktiviteler onları yaklaşık 20 dakikada bir hareket etmeye itiyor. Bunun mutlaka spor salonuna gitme şeklinde olması gerekmiyor, şehir ya da köylerinde iş halletmek için dolanma şeklinde de olabiliyor.
2. Yaşama amaçlarını, yani *raison d'être*'yi dile getirebiliyorlar; Japonların *ikigai* dediği şey.
3. Nispeten stressiz hayatlar yaşamalarına yardım eden kutsal, gündelik ritüellerini yerine getiriyorlar.
4. Her gün makul miktarda kalori tüketiyorlar.
5. Vejetaryen olmasa da bitki temelli besleniyorlar, ağırlıklı olarak tam tahıl, yumrukök, kabuklu yemişler, yeşillikler ve fasulye türleri tüketiyorlar.
6. Alkol tüketseler bile ancak makul ölçülerde tüketiyorlar.
7. Spiritüel ya da dindar yaşamlar sürüyorlar.
8. Aktif ve iç içe geçmiş aile yaşamları var.
9. Birbirine bağlı arkadaş çevreleri içine doğuyor veya bu çevrelere katılıyorlar. Düzenli, aktif, oldukça destekleyici sosyal ortamlara dahiller.²⁵

Mavi bölgelerde yaşayanlar mutlaka diğerlerinden yüksek oranda 100 yaşını devirmiyordu ama ortalamada daha uzun ve sağlıklı hayatlar yaşıyorlardı. Dolayısıyla mavi bölgede yaşayanlar gibi

25 Dan Buettner, *The Blue Zones: Lessons for Living Longer from the People Who've Lived the Longest*, National Geographic Books, 2009, vii.

yaşamak, komşularımızın bir kısmından uzun yaşamamıza yardım edebilir ama (yumrukökler ve kabuklu yemişlerden çok daha fazla çikolata tüketen) Jeanne Calment'ten uzun yaşamamıza edemez. Bazı insanlar ve toplulukların nasıl ve neden daha uzun yaşadığına bakmanın yanı sıra ölümlülüğün genetik kodunu kırmanın bir diğer yolu da ipuçlarını hayvanlar dünyasında aramak ve dikkat çekici derecede farklı yaşam süresine sahip olan hayvan türlerini incelemek.

Örneğin ortalama bir fare yaban ortamında üç yıla, kafes ortamında ise dört yıla kadar yaşarken, onun yakın akrabası, dikkate şayan çıplak kör farenin ömrü 31 yılı bulabilir. Olgunlukta henüz benim kadar ilerlememiş bazı yazarlar çıplak kör fareyi iki sivri dişli bir penis diye tarif ettiler ama ölçülülükte bir abide olan ben, kararı size bırakıyorum.

Yeraltını mesken tutan, Etiyopya, Kenya ve Somali yerlisi bu son derece sosyal, hemen hemen tüysüz memeliler, boyutlarına bakıp yapılacak bir tahminden çok daha uzun yaşarlar. Aynı türün daha küçük üyeleri, büyük olanlardan uzun yaşama eğiliminde olsa da



Fotoğraf: Rochester Üniversitesi'nin izniyle.

daha iri türler ortalamada daha küçük olanlardan uzun yaşar.²⁶ Çıplak kör fareler yaşamlarının büyük bölümünü kendileriyle karşılaştırılabilir türlerin çoğundan sağlıklı geçirirler, genetik hasarı daha istikrarlı onarır, bilindiği kadarıyla daha az acı hissedirler ve kansere karşı bağışıklıkları vardır. Biliminsanları bu nedenlerle giderek daha çok genom dizilimini, büyük veri analizini ve gelişkin aracı onların başarısını anlamaya ayırıyor.

Örneğin yaşam süresini uzatma çalışmaları yapan San Francisco merkezli Calico şirketi, yaşlanmanın biyo-belirteçlerini ve çıplak kör farede uzun ömrün sırlarını ortaya çıkarabilmek için dünyanın en büyük çıplak kör fare kolonisini barındırıyor.²⁷ Başka çalışmalarla da bu canlıların uzun ve sağlıklı yaşamasına katkı sağlayan unsurlar üstüne varsayımlar üretilmeye başlandı. Nihai amaç insan ömrünü uzatmak, kansere dayanıklılık sağlamak ve sağlığın ömrünü uzatmak.

Çalışmalardan birinin varsayımına göre genetik yapısı sayesinde çıplak kör farenin hücreleri HSP25 denen bir proteinden yüksek düzeyde üretiyor, bu protein de adeta yazım hataları kontrolcüsü işlevi görerek, hücrede sorun yaratabilecek diğer hatalı proteinleri ortadan kaldırıyor.²⁸ Bir diğer çalışmada çıplak kör farelerde dört parça ribozomal RNA –hücrenin protein üretmesi için DNA kodunu talimatlara dönüştüren küçük yapılar– olduğu ortaya çıktı. Bu rakam bizim gibi çokhücreli yaşam formlarının çoğunda üç. Biliminsanlarının tam olarak anlayamadığı bir nedenle, dört parçalı çıplak kör fare RNA'sı, diğer memelilerdeki üç parçalı olana kıyasla kayda değer ölçüde daha az tercüme hatası yapıyordu.²⁹

- 26 R. Speakman, "Body Size, Energy Metabolism and Life Span", *Journal of Experimental Biology* 208, 2005, 1717-1730, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15855403>
- 27 Antonio Regalado, "Google's Long, Strange, Life Span Trip", *MIT Technology Review*, 15 Aralık 2016, <https://www.technologyreview.com/s/603087/googles-long-strange-life-span-trip/>
- 28 Karl A. Rodriguez ve diğerleri, "Determinants of Rodent Longevity in the Chaperone-protein Degradation Network", *Cell Stress and Chaperones* 21, No. 3, 2016, 453-66. doi:10.1007/s12192-016-0672-x
- 29 Jorge Azpurua ve diğerleri, "Naked Mole-Rat Has Increased Translational Fidelity Compared with the Mouse, as well as a Unique 28S Ribosomal RNA Cleavage", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110, 2013, 17350-17355, <http://www.pnas.org/content/110/43/17350>

Araştırmacı Vera Gorbunova çıplak kör farelerin, fare biyolojisi-ne kıyasla neden beklenenden uzun ve sağlıklı yaşadığına mantıklı bir açıklama getirdi: Yeraltında yaşamak onu yırtıcılardan koruduğu için. Fareler öldürülme veya yenme olasılıkları yüksek olduğundan, evrimsel enerjilerini hızlı üremeye yatırır. Çıplak kör fareler ise yeraltında yaşayarak yırtıcılardan korundukları için, uzun yaşamaya daha fazla evrimsel enerji yatırımını yapabilir.³⁰ Gorbunova ve yine biliminsanı olan eşi Andrei Seluanov şimdi çıplak kör farenin eşsiz genetik yapılarından bazısını genetik mühendislikle farelerde düzenleyerek, onların da daha uzun yaşayıp yaşamayacağını araştırıyor.

Dikkate değer ölçüde farklı yaşam süresine sahip diğer hayvanlar arasında sert kabuklu istiridye, bilimsel adıyla *Mercenaria mercenaria* ve onun yakın akrabası İzlanda yuvarlak istiridyesi, yani *Arctica islandica* yer alıyor. Sert kabuklu istiridye 40 yıl kadar yaşayabiliyor. Akrabası İzlanda yuvarlak istiridyesinin ömrü ise 500 yılı aşabiliyor. Yuvarlak istiridyenin ne kadar yaşadığını kimse bilmiyor çünkü 2006'da 507 yaşında (kabuğun üstündeki büyüme halkalarını sayarak yaşı tahmin ettiler) bir yuvarlak istiridye keşfeden İzlanda araştırmacıları, canlıyı okyanus zemininden çıkarıp yaşını ölçmek üzere açarken yanlışlıkla öldürdüler. Tüh!

Dikkat çeken çalışmalardan birinde yuvarlak istiridyeleri daha kısa ömürlü istiridye akrabalarıyla karşılaştıran çok sayıda test yapıldı ve İzlanda istiridyelerinin *oksidatif strese* – zamanla bütün hayvanların içinde biriken *serbest radikaller* adlı elektrik yüklü kararsız moleküllere maruz kalan hücrelerde oluşan hasara– karşı kayda değer direncinin, ekstrem yaşam süresinde önemli bir faktör olduğu anlaşıldı.³¹ Bu bulgu araştırmacıları oksidatif stresi bizler dahil diğer hayvanların yaşlanma sürecinde olası sistemik bir unsur olarak araştırmaya yönlendirdi.

30 Joseph Stromberg, "Why Do Naked Mole Rats Live So Long?", Smithsonian.com, 30 Eylül 2013, <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/why-do-naked-mole-rats-live-so-long-230258/>

31 Ungvari ve diğerleri, "Extreme Longevity Is Associated with Increased Resistance to Oxidative Stress in *Arctica islandica*, the Longest-Living Non-Colonial Animal", *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 66A, 2011, 741-750, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3143345/>

Yaşlanma konusunda ne kadar az şey bildiğimizi ve nelerin mümkün olabileceğini gösteren favori örneğim ise *Turritopsis dohrnii*, yani ölümsüz denizanası.

Turritopsis dohrnii'yi bilip de heyecanlanmamak zor. Tüm denizaneleri gibi o da hayatına döllenmiş bir yumurta olarak başlıyor, içinden bir larva çıkıyor ve o larva okyanus tabanına çöküyor. Tabanda büyüyerek bir polip kolonisine dönüşüyor ve genetik olarak birbirinin eşi çok sayıda denizanası üretiyor. Ancak fiziki zorluklar ve besinsizlikle karşılaştığında bu canlılar diğer denizanelerinin aksine yetişkin denizanası olmaktan polip olmaya dönüş yapıyor. Yetişkin bir insanın embriyo haline dönmesi gibi.

Ölümsüz denizanası biyolojisini ölümsüz olmayan alt türlerin biyolojisiyle karşılaştırmak biliminsanlarına, yeni nesil indüklenmiş pluripotent kökhücre araştırmalarının, insan yaşamını uzatmada kilit rol oynayan hücre yenilenmesi (rejenerasyon) ve gençleşmesinin (rejüvenasyon) sırlarını açığa çıkarmada ne tür katkılar sağlayabileceğini inceleme olanağı sundu.³²

İnsan ve denizanası evrimsel yolculukta birbirinden 600 milyon yıl önce ayrıldı. Az buz bir süre değil. Ancak çıplak kör farelerin uzun ve kansersiz yaşamasını, yuvarlak istiridyenin metabolizmasını yavaşlatıp hücrelerini oksidasyondan korumasını ve ölümsüz denizanasının kendini sürekli yenilemesini sağlayan şey hakkında daha fazla bilgi edinmek bize, şimdiden yaşlanmanın nasıl olduğu ve süreci kendimiz için nasıl manipüle edebileceğimiz konusunda ipuçları sağlıyor.³³

* * *

32 Piraino ve diğerleri, "Reversing the Life Cycle: Medusae Transforming into Polyps and Cell Transdifferentiation in *Turritopsis nutricula* (Cnidaria, Hydrozoa)", *The Biological Bulletin* 190, 1996, 302-312, https://www.jstor.org/stable/1543022?seq=1#page_scan_tab_contents

33 Biliminsanlarının çeşitli uzun ömürlü basit organizmaları nasıl incelediğini anlatan muhteşem bir yazı için bkz. Ronald S. Petralia, Mark P. Mattson ve Pamela J. Yao, "Aging and Longevity in the Simplest Animals and the Quest for Immortality", *Aging Research Reviews* 16, 2014, 66-82, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4133289/>

Çocuksuz arkadaşlarımla çoğu, genelde başkalarının çocuklarının olduğu görüşmelerden, benim gibi adeta fırtınaya tutulmuş bir ifadeyle dönüyorlar. Enerjiyle dolup taşan bu muhteşem çocuklar bir-iki saatliğine iyi hoş da sürekli benim sorumluluğumda olsa insanı yer bitirir, diye düşünüyoruz içten içe. (Bu his bazılarımızın neden çocuksuz kaldığını da büyük oranda açıklıyor!) Ancak bu enerjinin temelleri, yaşlanma açısından önemli bazı göstergeler taşıyor.

Hayvanların hepsi enerjiyle yaşamını sürdürür ama sahip olduğumuz enerji kaynaklarını işleme sürecimiz sınırlıdır. Hücrelerimizin her an sahip olduğu enerjiyi nasıl paylaştıracığını bilmesi gerekir. İki ana seçenek vardır: Gelişim ya da onarım. Gençliğimizde gelişip büyümek için bolca enerjiye ihtiyaç duyarız. Gençlerin metabolizmasının bu kadar hızlı olmasının, hiperaktif görünmelerinin ve bolca kalori yakmalarının nedeni de budur. Ne var ki bu kadar enerji yakmanın da bedeli vardır. Arabayı sürekli tam gaz kullanmak gibi, bu da hücrelerimizi yıpratır. Ancak hücrelerin bir seçeneği daha vardır: Enerjiyi onarıma daha ihtiyatlı ayırmak; tıpkı yuvarlak istiridyeler gibi ya da bizim kalori kısıtlamasıyla veya başka streslerle karşılaştığımızda yaptığımız gibi. Bunu bilgisayarınızın elektrik tasarrufu için ekran koruyucu moda geçmesine ya da büyük annenizin arabayı saatte 30 kilometreyle sürüp garajına dikkatle park etmesine benzetebiliriz.

Hücreler bu işi glikoz, yani hayatta kalmak için ihtiyaç duyduğumuz şeker alımını dengeleyerek yapar. Hücre normalde glikozu büyüme için agresif bir şekilde kullanır ama yokluk dönemlerinde onarım moduna geçer. Hayvanlarla yapılan çalışmalar yuvarlak solucanlar, meyve sinekleri ve farelerin büyüme modundan onarım moduna geçtiklerinde sadece zorluklardan sağ çıkma değil, aynı zamanda daha uzun ve sağlıklı yaşama yetilerinin de arttığını gösterdi. Biyolog (önceden California Üniversitesi'nde, şimdi Google Calico'da çalışan) Cynthia Kenyon gibi biliminsanları yeni araçları kullanarak bu deneylerle belirlenen genetik düğmeleri kapatıp açtılar ve Daf-2 ile Daf-16 genlerinde yapılan birkaç değişikliğin hücreleri büyüme modundan onarım moduna geçirebildiğini, *C. elegans* solucanlarının

ömrünü iki katına çıkardığını gördüler.” Bu da yaşlanma sürecinin, açılabilen düğme muadilleri tarafından düzenlendiğinin giderek daha iyi anlaşılmasını sağladı.

İçimizde ne kadar yaşayacağımıza karar vermek üzere düğmeleri çeviren bir Oz Büyücüsü olduğunu düşünmek birçok insan için tuhaf olsa da şaşırtıcı gelmemeli. Biyolojimizin içinde bir yerlerde, ölümsüz denizanası gibi zamanı hücrel düzeyde geri döndürebilme kabiliyeti var ne de olsa. Kanıtı da her bebek sahibi olduğumuzda genetik saati başa sarmamızda yatıyor.

Ne var ki yaşlanmanın ardında yatan mekanizmaları daha iyi anlasak ve sağlıklı yaşam süresini uzatmak için biyolojimizi yeniden programlamanın mümkün olduğuna inansak bile bunu nasıl yapacağımız sorusu baki kalıyor.

Bilimle ilgili bir kitap okurken çoğu insanın istediği son şey, oturduğu yerden kalkması gerektiğini hatırlatan yeni bir şeydir. Ancak uzun yaşamın zorlu bilimi, kendi epigenetik sinyallerimizi hack'lemede akıllı yaşam tercihlerinin en iyi ilk yol olduğunu açık ve net ortaya koyuyor.”

- 34 Daf-2 denen bir genin mutasyonu yuvarlak solucanların, mutasyon geçirmeyen görevdaşlarının iki katı yaşamasını sağladı. Daf-16 genindeki bir mutasyon ise tam tersi bir etki yarattı. Ancak yaşam süresini uzatan mutasyonların, doğurganlıkta azalma, boyutta küçülme ve bazen rahimde ölüm olasılığını artırma gibi önemli bazı yan etkiler yarattığını da belirtmek gerekir. Cynthia J. Kenyon, “The Genetics of Ageing”, *Nature* 464, 2010, 504-512, <https://www.nature.com/articles/nature08980>; Masaharu Uno ve Eisuke Nishida, “Life Span-Regulating Genes in *C. elegans*”, *Aging and Mechanisms of Disease* 2, 2016, “Caenorhabditis Elegans”, AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database, http://genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Caenorhabditis_Elegans; David Michaelson ve diğerleri, “Insulin Signaling Promotes Germline Proliferation in *C. Elegans*”, 15 Şubat 2010, erişim 12 Mayıs 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2827619/>
- 35 Bu bir kişisel gelişim kitabı değil ama daha uzun ve sağlıklı yaşamak istiyorsanız Dan Buettner’ın mavi bölgelerden çıkardığı dersleri hayatınıza olabildiğince katmanızı öneririm: Her gün egzersiz yapın ya da en azından hareket edin, manevi odağınızı ve hayattaki özel amacınızı bulun, stres seviyenizi düşürün, bitki ağırlıklı ve kalorisi çok yüksek olmayan beslenmeye geçin, sosyal ve aile yaşamınıza önem verin ve çok fazla alkol içmeyi bırakın. Bu noktada kardeşim Jordan’ın egzersizin sistemik yararlarını anlatan harika bir kitap yazdığından söz etmezsem kusur ederim ya da hiç olmadı başıma bela alırım: Jordan Metzl, *The Exercise Cure: A Doctor's All-Natural, No-Pill Prescription for Better Health and Longer Life*, Rodale, 2013.

Tekrarlanan çalışmalar bu davranış değişikliklerinin aynı zamanda telomerlerimizi, yani kromozomlarımızın ucundaki DNA uzantısını da uzatabildiğini gösteriyor. Telomerler kromozomun içindeki genetik verinin bütünlüğünü koruma işlevi görür, tıpkı ayakkabı bağcıklarını koruyan plastik uçlar gibi. Hücrelerimiz her bölündüğünde telomerlerimiz biraz daha kısalır ve genetik verilerimizi zararlı mutasyonlara karşı koruma yetisi giderek azalır. Kısalmış telomerin yaşlanmanın nedeni mi sonucu mu olduğu kesin olarak bilinmese de, daha kısa telomerin hızlı yaşlanmayla ve yaşlılıkla bağlantılı hastalık riskinde artışla bağlantılı olduğu biliniyor.³⁶

Ancak mavi bölgelerdeki insanlar gibi yaşamasak bile biyolojimizin ve yaşam şekli tercihlerimizin, sağlık ve uzun ömür bağlamında birbirinden farklı şeyler olmadığını kabullenmemiz gerekir. Aksi-ne bunlar spektrumumuz üstünde birbirine bağlı noktalar. Yaşam stiliyle ilgili tercihlerimiz, biyolojimizin potansiyelini gerçekleştirmemize yardım eder. Biyolojimiz ise bu tip tercihlerin bize ne oranda yardım sağlayabileceğini belirlemeye yarar. İnsan olduğumuz için de çoğumuz sistemi yenmenin yeni yollarını ararız.

Vücudumuzun yapısında, atalarımızı geçmişte kıtlıktan ve stresten korumuş genetik bir hayatta kalma mekanizması olduğunu biliyoruz. Bu mekanizmayı avantajımıza kullanmamız mümkün olabilir. Yaşam ve sağlık süresini uzatmanın genetiği üstüne yapılan başlangıç niteliğindeki çalışmaların çoğu insan vücudunun kalori kısıtlaması ve yokluğuna verdiği tepkiyi anlamaya yönelik olduğuna göre acaba hepimiz kalori kısıtlı bir beslenmeye mi geçmeliyiz, diye sormak akla yatkın geliyor. Büyük olasılıkla faydasını görürüz ama ben bunu mecburiyet olarak önermem. Hayvan çalışmaları hayli inandırıcı olsa da kalori kısıtlamanın insan yaşam ve sağlık süresini uzattığı tam olarak kanıtlanmış değil, ki bu da muh-

36 Elizabeth H. Blackburn ve Elissa Epel, *The Telomere Effect: A Revolutionary Approach to Living Younger, Healthier, Longer*, Orion Spring, Londra, 2018. Ayrıca bkz. Nobel aday ve telomer konusunda öncü isim Elizabeth Blackburn (ve Harvard genetikçisi George Church) ile 2017 Google Zeitgeist konferansındaki sohbetim, Zeitgeist-minds, "Unlocking the Code of Life," YouTube, 24 Ekim 2017, erişim 25 Mayıs 2018, <https://www.youtube.com/watch?v=srX79RA-HPQ&feature=youtu.be>

temelen varsayımın insanlar üstünde test edilmesinin zorluğundan kaynaklanıyor.

Öyle ya da böyle Birleşik Devletler'de ve dünyanın çeşitli yerlerinde son 20 yılda kalori kısıtlamasını benimseyen topluluklar ortaya çıktı. Bunlar yaşamlarını uzatma ümidiyle kalori alımını önemli ölçüde azaltmaya kendini adanmış kişileri bir araya getiriyor. Ancak onların dışında kalan çoğu kişi için (ABD Tarım Bakanlığı'nın önerdiği, aktif yetişkin kadınlar için 2.000, aktif yetişkin erkekler için 2.500 yüz olan) kalori alımını yaşam boyunca kadınlar için günde 1.500, erkekler için ise 1.800'e indirmek cazip görünmediği gibi genel anlamda dengeli bir beslenme kadar sağlıklı olmaya-bilir bile.³⁷

Öte yandan yeni bir çalışma, kalorileri yılda iki ay ve ayda sadece arka arkaya beş gün ciddi oranda azaltmanın, vücutta yine aynı kaynakları koruma tepkisini açığa çıkardığını ve insanlara her gün kalori azaltmakla sağlanan sağlık yararlarının aynısını sunabildiğini gösterdi.³⁸ Hayvan çalışmalarını temel alan aralıklı oruç örneği, kesintisiz kalori kısıtlaması kadar ikna edici olmayabilir ama arada bir veya her gün belli aralıklar halinde oruç tutmak, kalori kısıtlamasının en azından bazı avantajlarından yararlanabilme açısından çoğu kişiye sürekli ıstırap çekmekten daha makul görünebilir.

Daha cazip bir seçenek ise –en azından bazıları için– egzersiz olabilir. Ben bir Ironman triatloncusu, ultra maratoncuyum ve bu tip aktivitelerin eğlenceli olduğuna inanan delilerdenim.³⁹ Ancak çoğu insan için egzersiz bir angaryadır. Vücutta egzersiz yapmakla aynı koruyucu genetik ve metabolik tepkiyi yaratacak bir hap verilse çoğunluk “evet” demekle kalmaz, bunun için muazzam paralar öder ya

37 Sabahları sıcak çikolatasına bağımlı, tuzlu karamelli suflesine derinden tutkun biri olarak ben bile böyle kısıtlı bir rejime samimiyetle bağlı kalamam.

38 Wei ve diğerleri, “Fasting-Mimicking Diet and Markers/Risk Factors for Aging, Diabetes, Cancer, and Cardiovascular Disease,” *Science Translational Medicine* 9 (2017), <http://stm.sciencemag.org/content/9/377/eaai8700.short>

39 Tayvan yağmur ormanlarında on dokuz saatlik bir ultra maratonu tamamladığım sonra Taipei’de kaldığım otelde biri bana yarışa katılmak için çok para alıyor olmam gerektiğini söyledi. Katılmak için ücret ödediğimi öğrendiğinde ise kulaklarına inanamadı.

da gidip eczane soyar. Oysa egzersiz, sözü edilen hücresel onarım ve koruma moduna geçişi tetikleyerek, aynı tepkileri bedavaya yaratır.

Yakın tarihli kapsamlı bir çalışmada egzersizin girdi faydalarına kıyasla etki faydalarını ölçmek için ortalama on yıl boyunca 650 bin kişi takip edildi ve 100 bin kadar ölüm kaydının analizi yapıldı. Çalışmanın bulgularına göre haftada 75 dakikalık tempolu yürüyüş gibi orta ölçülü bir egzersiz, koltukta oturmaya kıyasla yaşam süresi beklentisini neredeyse iki yıl artırıyor. Yararlar giderek yükseliyor. Haftada iki buçuk ila beş saatlik egzersiz eklendiğinde, artış üç buçuk yıl oluyor. Günde bir saat veya haftada 450 dakikalık artış ise yaşam süresi beklentisine dört buçuk yıl ilave ediyor.⁴⁰

Tüm avantajlarına rağmen kalori kısıtlamak veya aksatmadan egzersiz yapmak herkesin ilgisini çekmiyor. Üstelik ikisini yapanlar bile daha da uzun ve sağlıklı bir hayat için ilave her tür avantajı isteyebiliyor. Herkes için iyi haber şu ki, kalıtımla almış olmayı istediğimiz genlerin işlevini, kalori kısıtlamanın etkisini veya yapmış olmayı umduğumuz egzersizin etkisini taklit eden ilaçlar, kısmen genetik devrimin yeni araçları sayesinde yakında kullanıma girebilir.

* * *

Çıplak kör farelerin aksine hasarlı DNA'yı onarma yetimizin yaşla azalmasının bir nedeni de hücrelerde *nikotinamid adenin dinükleotit*, (NAD+) denen bir molekülün seviyesinin, bizim gibi hayvanlarda yaşlanmayla beraber azalmasıdır. NAD+ molekülleri *sirtuinler* isimli yedi özel genden oluşan bir grubun aktivitesini artırır, böylece sirtuinlerin hasarlı DNA'yı onarma becerisi yükseltilir. Hücrelerde ne kadar çok NAD+ olursa, bu sorunları o kadar iyi düzeltebilirler.

Problemin çözümü için akla ilk gelen yaklaşım hücrelere NAD+ molekülleri vermek olabilir ama NAD+ molekülü hücrenin dış za-

40 Steven C. Moore ve diğerleri, "Leisure Time Physical Activity of Moderate to Vigorous Intensity and Mortality: A Large Pooled Cohort Analysis", *PLoS Medicine* 9, 2012, <http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1001335>

rından geçemeyecek kadar büyüktür. Biliminsanları bunun yerine *nikotinamid mononükleotit* (NMN) ve *nikotinamid ribosid* (NR) denen daha küçük, öncül moleküller kullanmanın yolunu buldular. Bu moleküller zardan geçecek kadar küçük. NMN ve NR içeri girdiği anda önceden hücre içinde olan bir moleküle bağlanıp NAD+ oluşturuyor.

Harvard'lı bilimci David Sinclair ve meslektaşları yaşlı farelerin genlerini daha yüksek sirtuin seviyesi ifade edecek şekilde değiştirdiklerinde, yani NAD+ seviyesini yükseltmek için NMN kullandıklarında, aynı yaştaki diğer farelere kıyasla organ fonksiyonlarında, hastalığa karşı dirençte, kan dolaşımında ve uzun yaşam süresinde iyileşme⁴¹ gördüler. NAD+ seviyesini yükseltmek, fare hücrelerini birçok açıdan büyüme modundan onarım moduna geçme yönünde kandırıyordu. İnsanlarda denemeler yeni başlıyor olsa da ABD'de denetim dışı takviye hapi olarak satılan NMN ve NR haplarına yönelik talep patlamış durumda.

Hücrel aktivitenin dengesini büyüme modundan onarım moduna geçiren bir diğer ilaç da görünürde mucizeler yaratan metformin. Doktorlar metformini 1950'lerden beri reçete ediyor olsa da ana maddesinin tarihi çok daha gerilere uzanıyor. En uzak geçmişte bitki şifacılarının Fransız leylağı ya da keçisakalı denen bitkiyi kullanarak, bugün diyabetin işaretlerinden sayılan sık idrara çıkma gibi çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmesi var. 1914'te ABD Gıda ve İlaç Dairesi metformini diyabetlilerde kan şekeri seviyesini kontrol altında tutmaya yardım eden bir tedavi olarak onayladı. Uzun zamandır kullanımda olduğu için metformin nispeten güvenli olarak biliniyor, patenle korunmuyor ve bir hapi yaklaşık beş cent ediyor. Bugün Amerikalılar yılda 80 milyon kadar metformin reçetesi dolduruyor.

41 Michael S. Bonkowski ve David A. Sinclair, "Slowing Ageing by Design: The Rise of NAD and Sirtuin-Activating Compounds", *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 17, 2016, 679-690, <https://www.nature.com/articles/nrm.2016.93>; Abhirup Das ve diğerleri, "Impairment of an Endothelial NAD-H 2 S Signaling Network Is a Reversible Cause of Vascular Aging", *Cell* 173, 2018, 74-89.

İlacı kullanan bunca insan olunca, dünyanın çeşitli yerlerinde doktorlar metforminin, diyabeti kontrol altına almanın ötesinde şaşırtıcı ve olumlu etkilerini gözlemlemeye, sonra da incelemeye başladılar. 2005 tarihli bir çalışmada metforminin diyabetikler arasında kanser riskini azalttığı ortaya çıktı.⁴² 2014 tarihli, metformini diğer diyabet ilaçlarıyla karşılaştıran bir çalışmadaysa araştırmacılar, metformin alan diyabetiklerin sadece diğer ilacı alan diyabetiklerden değil, diyabet olmayan kontrol grubundan da uzun yaşadığını gördü.⁴³ Aynı yıl Singapur kaynaklı bir çalışmada, metforminin yaşı ileri diyabetikler arasında bilişsel bozukluk riskini yarıya indirdiği sonucuna varıldı.⁴⁴ Çok sayıda fare çalışması da aynı türde mucizevi sonuçlar ortaya koydu. İlacın verildiği erkek fareler verilmeyenlerden ortalama yüzde 6 uzun yaşadı, ayrıca metformin alan farelerin tümünde kontrol grubuna kıyasla daha az kanser ve kronik enflamasyon görüldü.⁴⁵

Bu bulguların toplam gücü bilimsanlarını kaçınılmaz olarak

- 42 M. Evans ve diğerleri, "Metformin and Reduced Risk of Cancer in Diabetic Patients", *BMJ* 330, 2005, 1304-1305, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15849206>
- 43 A. Bannister ve diğerleri, "Can People with Type 2 Diabetes Live Longer Than Those Without? A Comparison of Mortality in People Initiated with Metformin or Sulphonylurea Monotherapy and Matched, Non-Diabetic Controls", *Diabetes, Obesity and Metabolism* 16, 2014, 1165-1173, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/dom.12354/full>
- 44 P. Ng ve diğerleri, "Long-Term Metformin Usage and Cognitive Function among Older Adults with Diabetes", *Journal of Alzheimer's Disease* 41, 2014, 61-68, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24577463>; V.N. Anisimov, "Metformin for Cancer and Aging Prevention: Is It a Time to Make the Long Story Short?", *Oncotarget*, 24 Kasım 2015, erişim 28 Nisan 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26583576>. Başka bazı çalışmalar metforminin daha az olumlu etkisini ortaya koydu.
- 45 Alejandro Martín-Montalvo, "Metformin Improves Healthspan and Life Span in Mice", *Nature Communications* 4, 2013, <https://www.nature.com/articles/ncomms3192>; Şubat 2019 tarihli bir çalışmada metforminin yaşı ileri hareketsiz yetişkinlerde egzersizin bazı fizyolojik faydalarını bloke eder gibi görünmesiyle birlikte bu noktada küçük de olsa bir ihtiyat notu düşüldü. Adam R. Konopka, Jaime L. Laurin, Hayden M. Schoenberg, Justin J. Reid, William M. Castor, Christopher A. Wolff, Robert V. Musci, Oscar D. Safairad, Melissa A. Linden, Laurie M. Biela, Susan M. Bailey, Karyn L. Hamilton, ve Benjamin F. Miller, "Metformin Inhibits Mitochondrial Adaptations to Aerobic Exercise Training in Older Adults", *Aging Cell*, Şubat 2019, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30548390>

metforminin birkaç hastalığa etki etmekle kalmayıp organizmaların tamamı üstünde sistemik bir etki yarattığı varsayımına itti. Metformin esasen sıradan insanları, uzun ve sağlıklı yaşama genetik yatkınlığı olan asırlıklar gibi veya mavi bölgelerde yaşayanlar gibi yapıyordu. Aslında gayet mantıklı. İnsülin hücrelerimize büyüme vaktinin geldiğini söyler. İnsülinimiz bir tatlı büfesine abandığımızda ya da diyabetik olduğumuzda fazlalaşınca, hücrelerimiz onarımdan feragat edip büyümeye aşırı yatırım yaparlar. Diyet, egzersiz, kalori kısıtlaması ya da metforminle insülin alımımızı hafiflettiğimizde ise hücreler Cynthia Kenyon'ın Daf-mutasyonu geçiren yuvarlak solucanları gibi yeniden onarım moduna döner. Bu da bizim yuvarlak istiridyeler gibi oksidatif stresi azaltmamızı ve çıplak kör fareler gibi hastalıklarla daha iyi savaşıp daha uzun ve sağlıklı yaşamamızı sağlar.

Metforminin diyabetik olmayan nüfus için sağlıklı yaşam süresini artırmaya yarayacak sistemik bir ilaç olup olmadığı sorusunu yanıtlamak amacıyla Nir Barzilai ve meslektaşları şimdi metforminin yaşla bağlantılı çok sayıda hastalığı nasıl erteleyebileceğini, yaşlıların fiziksel performans, bilinç açıklığı ve yaşam kalitesindeki düşüşü nasıl önleyebileceğini araştırıyor. Metformin gibi tek bir ilacın aynı anda çok sayıda yaşlanma hastalığını hedef alabileceğini ilk kez kanıtlamak, yaşlanma alanında devrim yaratacaktır.

NAD+ artırıcılar ve metformin yaşlanmayı hedef alan ilk ilaçlar olabilir ama son olmayacakları kesin. Dünyanın çeşitli yerlerindeki çalışmalarda test edilen bütün hayvanların yaşamını uzattığı kanıtlanan bir diğer ilaç da rapamisin.

Wyeth Pharmaceutical'ın biliminsanları 1965'te mantar önleyici (antifungal) özellikleri olabilecek toprak bakterilerini arama amacıyla Pasifik'teki minik Easter Adası'na gitti. Toplanan binlerce numune içinde bir tanesi benzersiz bir bakteri içeriyordu. Bu bakterinin salgıladığı bir bileşim, bir yandan rakip mantarların büyümesini önlerken, bir yandan da bakterinin topraktan olabildiğince çok besin emmesini sağlıyordu. Biliminsanları bileşime adanın yerel adı olan Rapa Nui'den esinlenerek *rapamisin* adını verdiler.

Hedef hücrelerin çoğalma ve büyümesini yavaşlatan doğal kabiliyeti rapamisinini ideal bir immünoşüpresan, yani bağışıklık baskılayıcı yapıyordu ki bu da insanlarda bağışıklık sisteminin, nakledilen organı reddetmesini önleme açısından mükemmeldi. Ancak doktorlar daha sonra rapamisin alan hayvan ve bazı nakil hastası insanların başka ilaçlar alan benzeri durumdaki hayvan ve insanlardan daha sağlıklı görüldüğünü fark etti. Rapamisinin hücre metabolizmasını düzenlediği ve kalori yokluğunda oluşan, metforminde gördüğümüz türde bir onarım moduna geçiş sinyalini tetiklediği kısa süre sonra ortaya çıktı. Bu süreçte hedef alınan proteine *rapamisinin memeli be-defi* (mTOR), adını verdiler.

Rapamisinin adeta sihirli kapasitesine ilişkin liste, yapılan çalışmaların neredeyse her biriyle daha da arttı. Hücre büyümesini düzenleyen rapamisinin, kontrolsüz metabolizma ve hücre büyümesinin sorun teşkil ettiği spesifik bazı hastalıklarda da olağanüstü yararlı olduğu ortaya çıktı. Bunlar arasında kanser, diyabet, kalp ve böbrek hastalıkları, nörolojik ve genetik bozukluklarla obezite de vardı.⁴⁶

Yuvarlak istiridye, metabolizmasını yavaşlatıp hücrelerinin enerjisini büyüme modundan onarım moduna geçirebildiği için beş yüz yıldan fazla yaşayabildiğine göre rapamisin gibi bir ilacın da temelde aynı geçişi tetikleyerek yaşam süresi uzunluğuna etki edebileceğini düşünmek akla yatkın geliyor. Art arda farklı türler üstünde yapılan çalışmalarda –mayalar, sinekler, solucanlar, fareler ve sıçanlar bunlardan sadece birkaçı– rapamisin alımı genel kapsamda yaklaşık yüzde 25 daha uzun yaşam sağladı; akıl almaz bir verim.⁴⁷ Uzun yaşam ve rapamisin konusunda öncü uzmanlardan Matt Kaeberlein şimdilerde rapamisinin eşlikçi köpeklerde uzun yaşam ve sağlık süresine etkilerini ele alan yıllar sürececek bir çalış-

46 Jing Li, Sang Gyun Kim, and John Blenis, "Rapamycin: One Drug, Many Effects", *Cell Metabolism* 19, 2014, 373-379, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3972801/>

47 Simon C. Johnson, Peter S. Rabinovich ve Matt Kaeberlein, "MTOR Is a Key Modulator of Ageing and Age-Related Disease", *Nature* 493, 2013, 338-345, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3687363/>

mayı başlatıyor. Amaç ilacın insanlarda yaratacağı etkiyi anlama yolunda bir adım atmak.⁴⁸

İçerdiği tüm bu vaatlere karşın biliminsanlarının rapamisini gençlik iksiri ilan etmemesinin geçerli bir nedeni var. Organ nakli sırasında bağışıklık sistemimizi baskılamak, kötü bir durumdan azami yarar sağlamaya benzer. Bu sayede nakledilen organdan faydalanır ama bağışıklık sistemimizi kapatmanın da bedelini öderiz. Ne de olsa bu durum bizi, normalde savaşılabileceğimiz tehlikeli virüs ve bakterilere karşı savunmasız kılar. Rapamisinin bağışıklığı baskılanmış insanlarda, anemi, hiperglisemi, katarakt ve testis dejenerasyonu gibi başka tehlikeli yan etkileri de olabilir.⁴⁹ Rapamisin alan daha sağlıklı insanların da aynı risklerle karşılaşıp karşılaşmayacağı henüz bilinmiyor.

Araştırmacılar şimdi rapamisini veya bu bileşimin yararlarını maksimuma çıkarıp olumsuz yanlarını minimuma indirgeyecek bir türevini hayata geçirmenin yollarını araştırıyor.⁵⁰ Novartis gibi ecza devleri ve Boston'lı resTORbio ve PureTechHealth gibi start-up'lar rapamisin kullanarak hücrelerimizi onarım moduna itecek, sağlık ve yaşam süresini artıracak ilaçlar geliştirmek için yarışıyorlar.

İnsanlar üstündeki denemeler tamamlanmadan hiç kimsenin

- 48 Dog Aging Project, erişim 18 Haziran 2018, <http://dogagingproject.com/>; Silvan R. Urfer ve diğerleri, "A Randomized Controlled Trial to Establish Effects of Short-Term Rapamycin Treatment in 24 Middle-Aged Companion Dogs", *Geroscience* 39, No. 2, 2017, 117- 27. doi:10.1007/s11357-017-9972-z; Matt Kaerberlein, Kate E. Crevy ve Daniel E. L. Promislow, "The Dog Aging Project: Translational Geroscience in Companion Animals", *Mammalian Genome* 27, No. 7-8, 2016, 279-88, doi:10.1007/s00335-016-9638-7
- 49 Simon C. Johnson, Peter S. Rabinovitch ve Matt Kaerberlein, "MTOR Is a Key Modulator of Ageing and Age-Related Disease", *Nature* 493, 2013, 338-345, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3687363/>
- 50 Simon C. Johnson ve Matt Kaerberlein, "Rapamycin in Aging and Disease: Maximizing Efficacy While Minimizing Side Effects", *Oncotarget* 7, 2016, 44876-44878, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5216691/>; V.N. Anisimov, "Metformin for Cancer and Aging Prevention: Is It a Time to Make the Long Story Short?", *Oncotarget*, 24 Kasım 2015, erişim 28 Nisan 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26583576>

yaşam ve sağlık süresini uzatma çabasıyla kendi kendine NMN, NR, metformin ya da rapamisin alması iyi fikir değil. Bununla beraber NMN ve NR araştırmacılarından kaçının NMN ve NR aldığını, kaç metforminin araştırmacısının metformin aldığını, hatta kaç rapamisin araştırmacısının rapamisini kendi üstünde denediğini gizlice itiraf ettiğini görünce şaşırdığımı söylemeliyim. Ayrıca aşağı yukarı on yıl içinde dünyanın her yerinde birçok insanın bu maddelerden bir ya da birkaçını, onların türevlerini veya henüz belirlenmemiş bazı bileşimleri içeren yaşlanma karşıtı ilaçlar alacağını da düşünüyorum.⁵¹ İdeal durumda bu haplar kişiselleştirilecek ve cinsiyete, yaşa, genetik profile, metabolik statüye, mikrobiyom çeşitliliğine ve diğer faktörlere bağlı olarak ayrı insanlar için farklı olacaktır. Ama tek seçenek bu olmayacak.

* * *

Gençken ve nispeten sağlıklıyken hücrelerimiz kendi yerlerine yenilerini koymak için çoğalır. Ancak yaşlandıkça veya başka streslerle karşılaştıkça hücrelerimizden bazıları bölünmeyi bırakır. Bu zombimsi “ihtiyarlamış” hücreler ölüp sistemimizden atılmak yerine molekül salgılayarak enflamasyonda (iltihap) ve doku hasarında artışa yol açarlar. Yaşımız ilerledikçe ihtiyarlamış hücrelerimiz de birikir. Büsbütün kötü bir şey değildir bu aslında, ihtiyarlamış hücreler kanser hücresi ve tümör gelişimini de baskılamaya yardım eder. Bunlar da yaş aldıkça artan tehlikelerdir.

İhtiyarlamış hücrelerimizin hepsinden kurtulup yararlarından

51 Bu tip bir kokteylin ne şekilde işe yarayabileceğine işaret eden yeni çalışmalar yürütülüyor. Bunlardan birinde metformin farelerin yaşam süresini genelde yüzde 7 artırdı ama incelenenler arasında en uzun yaşayanlar hem metformin hem de rapamisin verilenler oldu. Günlük dozda rapamisin verilen dişi fareler ilaç verilmeyenlerden yüzde 18 ila 21 oranında daha uzun yaşadı ama hem rapamisin hem de metformin verilen fareler yüzde 23 uzun yaşadı. Erkekler sadece rapamisinle yüzde 10 ila 13 oranında daha uzun yaşarken, ikisi verildiğinde yüzde 23 uzun yaşadı. L.J. Wei, D.Y. Lin, ve L. Weissfeld, “Regression Analysis of Multivariate Incomplete Failure Time Data by Modeling Marginal Distributions”, *Journal of the American Statistical Association* 84, 1989, 1065, <http://dlin.web.unc.edu/files/2013/04/WeiLinWeissfeld89.pdf>

mahrum kalmak istemeyiz büyük olasılıkla ama bu hücrelerin seviyesini törpülemek, anlaşıldığı kadarıyla vücudumuzun biraz daha genç ve sağlıklıyken olduğu gibi işlemlerini sağlayabiliyor. Biliminsanları farelerde yaşlanmış hücreleri azaltmak için transgenik⁵² bir “intihar geni”ni önce genetik mühendislikle tasarlayıp sonra aktiveleştirdiğinde, fareler yüzde 25 oranında daha uzun yaşamakla kalmadı, aynı zamanda dökülen tüyleri yeniden çıktı, kasları güçlendi, organları daha iyi çalışmaya başladı, insülin duyarlılıkları arttı ve kalp hastalığı ile kemik erimesi oranları düştü.” Ağustos 2018’de İngiltere, Exeter Üniversitesi’nden bir araştırma ekibi ihtiyarlamış hücreleri atmak için fare mitokondrilerinde önceden test edilmemiş üç farklı bileşim kullandı ve ciddi hücresel gençleşme işaretleriyle karşılaştı.⁵⁴

Bu araştırmanın oluşturduğu zemin sayesinde yarış şimdi *senolitik* denen yeni bir ilaç sınıfı geliştirip test etmeye odaklandı. Senolitikler yaşlanmayla gelen bazı hastalıkları tedavi etmek ve hem sağlık hem de yaşam süresini uzatmak amacıyla ihtiyarlamış hücreleri atmak üzere tasarlandı. Kuşkusuz çok az insan, genomuna genetik mühendislikle tasarlanmış “intihar hücresi” almak ister ama mümkün olsa çoğumuz aynı etkiyi yaratan bir hapı alırız. Bunu düşünen Hollandalı biliminsanları vücudumuzun ihtiyarlamış hücreleri atma yetisini artıracak bir amino asit zinciri tasarladılar. İlginçtir ki bu amino asitler Cynthia Kenyon’ın yuvarlak solucan çalışmalarında belirlediği Daf-16 genlerini etkiliyor. Bileşiğin verildiği yaşlı farelerde gençlikteki gibi tüyler gelişti ve sadece birkaç hafta öncesinden iki kat hızlı koşabildiler.⁵⁵

52 Genetik mühendislik yoluyla başka türlerden aktarılmış genler içeren. (Ç.N.)

53 Abel Soto-Gamez ve Marco Demaria, “Therapeutic Interventions for Aging: The Case of Cellular Senescence”, *Drug Discovery Today* 22, 2017, 786-795, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135964461730017X>

54 Eva Latorre ve diğerleri, “Mitochondria-Targeted Hydrogen Sulfide Attenuates Endothelial Senescence by Selective Induction of Splicing Factors HNRNP and SRSF2”, *Aging*, 19 Ağustos 2018, doi:10.18632/aging.101500

55 P. Baar ve diğerleri, “Target Apoptosis of Senescent Cells Restores Tissue Homeostasis in Response to Chemotoxicity and Aging”, *Cell* 169, 2017, 132-147, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28340339>

Yaşlanmaya karşı olası bir yaklaşım da hücrelerimizin kendi biyokütlelerini geri dönüştürme sürecini manipüle etmektir. Hücrelerin enerji elde etmek ve zararlı proteinleri atmak için başvurduğu bu geri dönüşüme bilim dünyası otofaji adını verir. Otofaji genç organizmalarda işlevini iyi görür ama hayatın ilerleyen safhalarında işlevi bozulabilir ve yaşa bağlı hastalıklara yol açabilir. Dolayısıyla yaşa bağlı bazı hastalıklar ve yaşlanmanın kendisi için yeni bir sınıf tedavi olasılığı da otofaji sürecinin belli aşamalarını hedef almaktan geçebilir. Böylece yaşlı hücrelerin gençmiş gibi davranması sağlanabilir.

İnsanlarla yapılan klinik çalışmalarda şu an, doğrudan yaşlanmayı tedavi etme yolunda ilk adım olarak senolitik ve otofajik ilaçların, yaşlanmayla bağlantılı spesifik hastalıklar üstündeki olası etkileri araştırılıyor. Yine de bu ilaçların insanlar tarafından kullanımının güvenli olabilmesi için pek çok engelin aşılması gerekiyor. Örneğin ilaçların vücudumuzun kansere karşı doğal savunmasını çökertmediğinden veya milyarlarca yıllık biyolojik dengeyle oynayalım derken istenmeyen olumsuz etkileri tetiklemediğimizden emin olmamız gerekiyor.

Yaşlanmayı hack'lemenin bu kadar çok yolu olabileceğini görmek sizi şaşırttıysa, kemerleri bağlayın. Daha yeni başlıyoruz.

* * *

Bebek yapmak öyle yaygın ki yaşlanmayla ilgili gözümüzün önünde duran ipucunu kolayca kaçırıyoruz. Ne zaman bir bebeğe gebe kalınsa hücrelerimizdeki bir şey, biyolojik saati başa sarıyor.

Bildiğimiz gibi hücrelerimizin her biri tüm genomumuzun genetik şablonunu içeriyor. Bu yüzden de bir insanı tek bir hücresinden klonlamak mümkün. Ancak 30 trilyon hücremizden her biri kendi başına buyruk hareket etse, büyük sorunlar yaşardık. Bunun olmasının nedeni, önceden de gördüğümüz gibi hücredeki epigenetik sinyallerin hangi genlerimizin açılıp hangilerinin kapatılacağını kontrol etmesidir. Döllenmiş bir yumurtanın tek hücresinden yola çıkıp karmaşık bir varlığa dönüştüğümüz süreçte, bu epigenetik işa-

retlerin koreografisi altında hücrelerimiz, her biri kendi işlevini yerine getiren kalp hücresi, deri hücresi vb. şeklinde özelleşip gelişir.

Shinya Yamanaka'nın 2006 tarihli mucizevi keşfinde *Yamanaka faktörü* dört gen, bu özelleşmiş hücreleri yeniden kök hücreye dönüştürecek şekilde programlayabiliyordu. Bir bebeğe gebe kalındığında olduğu gibi epigenetik işaretler yetişkin hücrelerden kaldırılıyordu.

Bir denizyıldızı kolunu, bir örümcek bacağına ya da bir kertenkele kuyruğunu kaybettiğinde bu uzuvların yenilendiğini muhtemelen çocukluğunuzdan hatırlıyorsunuzdur. İnsanın aynı olanağa sahip olmadığını ise izlediğiniz bütün ABD İçsavaşı filmlerinden bilirsiniz. Kendini yenileyen hayvanların hücrelerinin derinine bakmayı başaran biliminsanları sonunda bu hücrelerin uzmanlaşmış halleriyle kök hücre hallerinin ortasında bir yerlerde geriye dönerek kol, bacak ya da kuyruğu yeniden oluşturduğunu gördüler. Yaralanmanın ardından bağlantılı bazı hücreler, neye dönüşmeleri gerektiğini unuttuk kadar değil ama yeniden büyüyecek kadar geriye dönüyordu.

Bunu göz önüne alan biliminsanları Yamanaka faktörlerini yaşlı ve özelleşmiş hücreleri en baştaki kök hücre haline değil de aynı tip hücrenin daha genç haline dönüştürmek için kullanırlarsa neler olacağını merak etti. Genler büyük olasılıkla aynı kalırdı ama onlara nasıl işlev göreceklərini söyleyen talimatlar değişirdi. Yetişkin deri hücrelerini genç deri hücresine dönüşmek üzere laboratuvar ortamında kısmen yeniden programlamak gerçekten de işe yaradı.⁵⁶ Bunun üstüne bazıları, teker teker hücreler gençleştirilebiliyorsa, aynı yöntemle organizmanın tamamı biyolojik olarak gençleştirilemez mi diye varsayımlar geliştirdi.

Yapılan ilk denemelerde farelerin hepsi korkunç şekilde can verdi. Hayvanların yetişkin dokuları özelleşmeyle gelen kimliklerini kaybetmiş, vücutlarında kanser üremişti. Ancak Salk Enstitüsü araştırmacıları acaba fikir doğru, dozaj yanlış olabilir mi, diye düşündü-

56 Alejandro Ocampo, "In Vivo Amelioration of Age-Associated Hallmarks by Partial Reprogramming", *Cell* 167, 2016, 1719-1733, [http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(16\)31664-6](http://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(16)31664-6)

ler. Etkili ama ölümcül olmayan bir doz bulmaya çalışarak geçen beş yılın ardından Yamanaka faktörü genlerinin ekstra kopyalarıyla farelerin genetiğini değiştirmeyi başardılar. Bu genler sadece içme suyu yoluyla farelere aktifleştirici özel bir ilaç verildiğinde ifade ediliyordu.

Hızlı hücresel bozulma ve erken yaşlanmaya yol açan progeria hastalığı olan farelere bu ılımlı ve kısmi programlamayı uygulayan biliminsanları, birçok denemenin ardından turnayı gözünden vurdu- lar. Kısmi epigenetik yeniden programlamayla tedavi edilen farelerde doku işlevi artmış, aynı hastalığı olan farelere kıyasla ömürleri yüzde 30 oranında uzamıştı. Salk Enstitüsü araştırmacısı Juan Carlos Izpi- sua Belmonte o dönemde, “Çalışmamız yaşlanmanın tek bir yönde ilerlemek zorunda olmadığını gösterdi,” diyordu. “Belli bir esnekliği var ve dikkatli bir düzenlemeyle yaşlanma geri döndürülebilir.”⁵⁷

Yaşlı farelerin epigenetik yaşını kısmen yeniden programlama yönündeki 2018 tarihli bir girişim “yeniden gençleşmenin minimum kanser riskiyle gerçekleştirilebilecek güvenli bir pencere açabileceği- ne”⁵⁸ işaret ediyordu. Bu çıkarım Temmuz 2019 tarihli dönüm noktası niteliğinde bir Harvard çalışmasıyla kanıtlandı.⁵⁹

İnsanda yaşlanmayı durdurma ve nihayetinde geri döndürme amaçlı hücresel programlamanın önünde pek çok tehlike ve tuzak olmasına rağmen bu araştırma, epigenetik yeniden programlamayı tüm hayvanlarda, hatta belki bizde bile saati geri döndürmenin bir

- 57 Nelly Olova, Daniel J. Simpson, Riccardo E. Marioni ve Tamir Chandra, “Partial Reprogramming Induces a Steady Decline in Epigenetic Age before Loss of Somatic Identity”, *Aging Cell* 18, No. 1, 2018, doi:10.1111/acel.12877
- 58 Yuancheng Lu, Anitha Krishnan, Benedikt Brommer, Xiao Tian, Margarita Meer, Daniel L. Vera, Chen Wang, Qiurui Zeng, Doudou Yu, Michael S. Bonkowski, Jae-Hyun Yang, Emma M. Hoffmann, Songlin Zhou, Ekaterina Korobkina, Noah Davidsohn, Michael B. Schultz, Karolina Chwalek, Luis A. Rajman, George M. Church, Konrad Hochedlinger, Vadim N. Gladyshev, Steve Horvath, Meredith S. Gregory-Ksander, Bruce R. Ksander, Zhigang He ve David A. Sinclair, “Reversal of Ageing- and Injury-induced Vision Loss by Tet-dependent Epigenetic Reprogramming”, *BioRxiv*, 2019, doi:10.1101/710210
- 59 “Turning Back Time: Salk Scientists Reverse Signs of Aging”, The Salk Institute, 15 Aralık 2016, <https://www.salk.edu/news-release/turning-back-time-salk-scientists-reverse-signs-aging/>

yolu olarak işaret ediyor. Senolitiklerde olduğu gibi burada da söz konusu işlevi yerine getirecek ilaçları bulmak, genetik mühendislik hack'lerinden daha uygulanabilir olacaktır. Gerçi o tür çalışmalar da çoktan başlatılmış durumda. GlaxoSmithKline, Eli Lilly ve Novartis gibi büyük ecza şirketleri epigenetik tedavi alanına sığıyor.

Durun, bir dakika, 1970'lerin Ginsu bıçağı reklamında dedikleri gibi, dahası da var.

* * *

Britanyalı biliminsanı Robert Boyle 17. yüzyılda ileri sürdüğü varsayımda “yaşlıların kanı gençlerinkiyle değiştirilirse” ömrü uzatmada önemli bir etkinin yaratılabileceğini söylüyordu. O dönemde pek çoklarına çılgınca bir fikir gibi görünse de varsayımı test etme yönünde ilk gerçek girişimler 19. yüzyıl Fransa'sında ortaya çıktı. Aynı türden iki hayvanı kesip birbirine dikerek hayvan biyolojik sistemlerini deşifre etme çabalarına araştırmacılar 1900'lerde *parabiyoz* adını vermişti. Bu terim Yunanca “yanında” anlamına gelen *para* ile “yaşam” anlamına gelen *bios* sözlerinden türetildi. 1950'lerde Cornell hayvan yetiştiriciliği profesörü ve gerontolog Clive McCay yaşlı bir sıçanla genç bir sıçanı birbirine dikti ve yaşlı sıçanın kemiklerinin güçlendiğini fark etti. Bu da Boyle'un haklı olabileceğine işaret ediyordu. Ancak parabiyoz, hayvan çalışmalarının özünde var olan ama çoğu zaman gerekli zalimlikle sorunu olmayan biliminsanları arasında bile acımasız bir araştırma yöntemi olarak kaldı.

Parabiyozun modern çağı ise 2015'te Stanford'lı karıkoca araştırmacıların yayınladığı, ilgi gören bir makaleyle başladı. Yazıda genç farelerle parabiyoz şekilde eşleştirilen yaşlı farelerin, başkalarına Siyam ikizi gibi dikilmemiş yaşlı farelere kıyasla daha hızlı iyileştiği anlatılıyordu.⁶⁰ O günden sonra çok sayıda çalışma yaşlı ve genç fareler birleştirildiğinde yaşlıların birçok açıdan işlevsel olarak genç-

60 M. Conboy, “Rejuvenation of Aged Progenitor Cells by Exposure to a Young Systemic Environment”, *Nature* 433, 2005, 760-764, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/15716955>.

leştigini, gençlerinse işlevsel olarak yaşlandığını ortaya koydu. Eşleştirilen yaşlı farelerin kalp sağlığı artıyor, beyinlerinde yeni nöronlar oluşuyor, hafızaları iyileşiyor, omurilik hasarları daha hızlı düzeliyor, kasları güçleniyor, tüyleri kalınlaşıyordu.⁶¹ Sonra da anne babalarının evine dönüp duvarlara yeniden rock and roll posterleri asıyorlardı. Poster kısmı şaka ama yapılan çok sayıda parabiyozyo çalışması, eşleştirilen genç farelerin pek çok açıdan yaşlanıp, yaşlıların pek çok açıdan gençleştiğine işaret etti.

Bunun nedeniyle ilgili teorilerin sayısı çok, geneli de genç kemirgenlerin kan plazmasında yer alan kök hücrelerle ve yaşlıları gençleştiren diğer unsurlarla bağlantılı. Stanford'dan Tony Wyss-Coray bunu kanıtlamak ve parabiyozyonun sadece farelerle sığınları ilgilendirmediğini ortaya koymak için yaşlı farelere insan kordon kanı enjekte etti ve bu kandaki bir şeylerin farenin hafıza testlerindeki başarısını artırdığını gösterdi.

Yarış şimdi kandaki hangi faktörlerin bu tür değişiklikleri tetiklediği ve bu faktörlerin yaşlanma ve onunla bağlantılı hastalıkların tedavisi için nasıl izole edilebileceğini anlamak için veriliyor. Wyss-Coray'ın şirketi Alkahest, örneğin yaşı ileri Alzheimer hastalarının durumunda, genç donörlerden alınan uyumlu plazma verildikten sonra iyileşme görülüp görülmeyeceğini test ediyor. Thomas Sudhof'un öncülük ettiği bir başka ekip ise genç farelerin kan serumunda insan nöronlarının işleyişini belirgin ölçüde gençleştiren iki protein belirledi.⁶²

Kan plazmasındaki gençleştirici unsurlar daha büyük başarıyla belirlenip, izole edilip, kültür ortamına alındığında, yakın gelecekte söz konusu kapasiteleri artıracak yaşlanma karşıtı tedaviler görülebiliriz.

Yan tarafına dikişle zavallı bir genç tutturulmuş zengin yaşlı-

61 Jocelyn Kaiser, "Young Blood Renews Old Mice", *Science*, 4 Mayıs 2014, <http://www.sciencemag.org/news/2014/05/young-blood-renews-old-mice>

62 Prosser Scully, "Two Brain-rejuvenating Proteins Have Been Identified in Young Blood", *New Scientist*, 3 Haziran 2019, <https://www.newscientist.com/article/2205133-two-brain-rejuvenating-proteins-have-been-identified-in-young-blood/>

ları yarın öbür gün görmeyebiliriz ama popüler kültürün bu trendi yakalamaya başladığı bir gerçek. HBO'nun popüler komedi dizisi *Silicon Valley*'de zengin bir teknoloji şirketinin CEO'su, "kancı çocuk" dediği bir gence kanını doğrudan kendine aktarması için para ödüyor. Gerçekten de pek uzak olmayan bir gelecekte daha çok insanın başkalarından kan plazması aldığını, hatta ilerleyen yıllarda kendilerine nakletmek için kendi kanlarını sakladıklarını görebiliriz.⁶³

Orta vadede Nir Barzilai'nin çalışması gibi süper yaşlananların incelendiği çalışmalarla, istatistiksel olarak insana daha uzun ve sağlıklı yaşama olanağı sunan spesifik genler ve genetik örüntüler belirlendikçe IVF ve embriyo seçimiyle çocuk sahibi olan ebeveynler, genetik olarak sağlıklı ve uzun yaşama olasılığı en yüksek olan embriyoların yerleştirilmesini sağlayabilecekler. Çok geçmeden ebeveynler, bu olasılıkları daha da artırmak için preimplantasyon embriyolarını genetik olarak değiştirme seçeneğine sahip olacaklar. Bu kararları alırken tartılması gereken evrimsel ödünler olabilir ama daha önce de gördüğümüz gibi insanlar yine de çocuklarının uzun ve sağlıklı yaşam için optimize edilmesini isteyeceklerdir.

Ömrümüzün uzamasıyla birlikte, kök hücrelerimiz gençliğimizdeki kadar aktif kalmayı sürdürse bile vücudumuzun çok sayıda parçasından bazılarının aşırı kullanımdan arızalanma ihtimali artacaktır. Ancak gelecek yıllarda bununla savaşmak için elimizde giderek artan sayıda aracımız olacak; vücudumuzda gezinip tamir edilecek şeyler arayan nanobotlar, yedek parçalar üreten üçboylu yazıcılar ve kendi biyolojimizi, hem yazılım hem de donanımımızı içten dışa güncelleyecek makinelere dönüştüren başka bazı genetik araçlar.

İnsanın sağlıklı yaşam süresini uzatmaya yönelik tüm bu çalışmalar, küresel toplum olarak yaşlanmayı anlama ve onun kötücül

63 Günümüzde kırmızı kan hücreleri ancak on yıl saklanabiliyor. Ancak belli deri hücresi gibi daha kolay saklanabilen hücreler belirsiz bir süreliğine dondurulup gelecekte çözülürerek indüklenebilir ve nakil için kullanılacak kan hücresine dönüştürülebilir. Bu olasılığı romanım *Eternal Sonata*'da keşfe çıkıyorum.

etkilerini tersine döndürme çabalarına daha çok ve daha akıllı yatırım yapmamız halinde önemli ölçüde hızlanacaktır. Bakacak olursak, ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri 2017’de 32 milyar dolarlık toplam bütçesinin sadece 183,1 milyon dolarını, yani yüzde 1’inin üçte birini yaşlanma biyolojisine yatırdı; kanser, eklem romatizması, diyabet ve hipertansiyona harcanan milyarlardan çok daha azı.⁶⁴ Ulusal Yaşlanma Enstitüsü bu küçük dayanakla bile bütçesinin yarıdan fazlasını Alzheimer hastalığına harcıyor. Kanser, eklem romatizması, diyabet, tansiyon ve Alzheimer üstüne eğilinmesi gereken beter hastalıklar ama içerinden herhangi birini kökten yok etmek, çoğumuzun sağlıklı yaşam süresini artırmayı sağlamayacak. Çünkü bunların hepsi yaşla bağlantılı hastalıklar. Yaşımız ilerledikçe hepsine yakalanma olasılığımız artıyor. İşte bu nedenle yaşlanmanın muhtelif amansız uzantısından çok kendisini anlamaya ve tedavi etmeye yatırım yaparsak, nüfusun geneli açısından yatırımın getirisi de önemli ölçüde artacaktır.

Chicago, Illinois Üniversitesi araştırmacısı Jay Olshansky ve meslektaşları, yaşlanmanın getirdiği sayısız hastalığa yakalandığımız yaş ortalamasını ileriye itmenin toplum için sağlayacağı maliyet tasarrufunu hesaplamaya çalıştı. 2013 tarihli bu çalışmaya göre ABD nüfusunun tamamına müdahale ederek yaşlanma sürecini yavaşlatmak ve çok sayıda hastalığın başlangıcını 2,2 yıl ötelemek, 50 yıllık bir süreçte 7,1 trilyon dolar gibi muazzam bir tasarruf sağlıyor.⁶⁵ Diğer bir deyişle, sağlıklı yaşam süresini nüfusun genelinde artırmak tahmin edildiği kadar uygulanabilir nitelikteyse, beklenen tasarruf sadece yaşlanmayı hedef alacak bir Manhattan Projesi’nin masrafını karşılamakla kalmaz, Amerika’nın çürüyen altyapısının tamamını onardığı gibi, her Amerikalı çocuğa anaokul eğitimi ve-

64 “Longevity Industry Landscape Overview 2017”, *Geruscience, Policy, and Economics*, s. 7, https://daks2k3a4ib2z.cloudfront.net/581ba14cc9b0d76c5dcededf/5a0eldb85db6530001540224_Infographic%20Summary%20Longevity%20Industry%20Report.pdf

65 P. Goldman ve diğerleri, “Substantial Health And Economic Returns from Delayed Aging May Warrant A New Focus for Medical Research”, *Health Affairs* 32, 2013, 1698-1705, http://sjayolshansky.com/sjo/Longevity_Dividend_Initiative_files/Health%20Affairs%202013%20LDI%20Final.pdf

rilmesini ve dünyadaki hemen herkese temiz su tedarik edilmesini sağlar.⁶⁶

Yaşam süresinde muazzam bir artışa ulaşmak elbette kolay olmayabilir, önümüzde de henüz görmediğimiz engeller bulunabilir. Şimdiye dek yaşayan en yaşlı insan 122 yaşına kadar gelebildiği için, insanın 123 yaşında yakalanabileceği hiç duymadığımız ölümcül bir hastalığın olup olmadığını bilmiyoruz. Ancak biyolojinin giderek daha şekillendirilebilir olmasıyla birlikte, geçen yüzyıl boyunca sağlık ve yaşam süresinde gördüğümüz hızlı artışın, en azından devam edeceği fikri gerçekçi görünüyor. 1900'lerde 30 olup 2000'lerde 70'e çıkan küresel yaş ortalamasındaki 40 yıllık sıçramanın aynısını yakalamak kolay olmayacaktır. Giderek artan küresel refah, bebek ve çocuk ölümlerini şimdiden öyle azalttı ki 1900'lerdeki sayılar artık iyice baskılandı. Yine de böyle bir iyileşmeyi sürdürmek imkânsız değil.

Bu yolda ilk adım, dünyanın en savunmasız yerlerinde, özellikle de Sahra altı Afrika ve Güney Asya'da bebek ölümlerini azaltmak ve genel sağlık ve uzun yaşam süresini artırmak olabilir. Amacımız ortalama yaşam ve sağlık süresini uzatmaksa, yapabileceğimiz en iyi ve akıllı yatırım, aramızdaki en dezavantajlıların yeterli sağlık hizmeti, beslenme, sıhhi temizlik ve güvenliğe sahip olmasını sağlamaya çalışmaktır.⁶⁷ Bunun için bilimde yeni çıgırların açılması gerekmiyor, talihin bize sağladığı yararları başkalarıyla paylaşma arzusu yeterli.

66 Yarının tasarrufunu bugünden harcamanın yaratacağı zaman farkı sorununu gidermek ve süreci ilerletmeye ilave bir katkı sağlamak için ABD gibi büyük ülkeler sağlıklı yaşam süresi senetleri sunabilir.

67 Dünyada ortalama en kısa yaşam süresi, en dezavantajlı ülkelerin insanlarına ait olsa da, ABD içi komşu toplumlar arasındaki yaşam süresi dengesizliği de oldukça hayret verici boyutta. Haziran 2019'da NYU Tıp Fakültesi'nce yürütölen bir çalışma, Chicago, Washington DC, New York ve New Orleans'ın da dahil olduğı 56 büyük ABD şehrinin bazı yoksul semtlerindeki insanların ortalama yaşam süresinin, aynı şehirdeki daha varlıklı komşularından 30 yıla varan bir miltarda daha kısa olduğı ortaya çıktı. Blz. "Large Life Expectancy Gaps in U.S. Cities Linked to Racial & Ethnic Segregation by Neighborhood", Patient Care, NYU Langone Health, 3 Haziran 2019, <https://nyulangone.org/press-releases/large-life-expectancy-gaps-in-us-cities-linked-to-racial-ethnic-segregation-by-neighborhood>

Dan Buettner'in gösterdiği gibi temel bir gaye taşımak mavi bölgelerdeki insanların ömrünü uzattığına göre, daha az talihli olanların daha sağlıklı yaşamasına yardım etmek için çalışmak da pekâlâ bizim ömrümüzü uzatabilir! Ancak bugün bu erdemli yolu takip etsek bile çoğumuz yine de mevcut biyolojimizin mümkün kıldığı ölümlülük sınırlarını zorlamak isteyecektir.

Geçen yüzyıl boyunca ABD'de ortalama yaşam beklentisi yıl başına yaklaşık üç ay kadar arttı. Sözüml ettiğim yeni yeni gelişen teknolojiler ve sağlık stratejileri sayesinde bu oranın nüfus genelinde yıl başına dört aya, ardından beş, sonra da altı aya yükseltebiliriz. Ortalama yaşam süresi istikrarlı biçimde insanların yaşlanma hızından daha hızlı artırılabilirse, Ray Kurzweil'in "yaşam süresi kaçış hızı" dediği şeye erişebilir, teknik anlamda ölümsüz olabiliriz. Teoride bunlar iyi hoş ama ben şimdiki zamana tabi bedenlerimizle oraya varacağımızdan ciddi şüphe ediyorum. Biyolojimizde biyolojik ölümsüzlüğü mümkün kılacak bir esneklik payı olduğundan kuşku duyuyorum.

Gelgelelim makinelerimizle farklı şekillerde birleşirsek, biyolojik yapımız o kadar da kısıtlayıcı bir faktör olmayabilir. Günün birinde beyinsel işlevlerimizi dijitalleştirip cisimsizleştireceğimizi hayal etmek zor değil. Kendimizi kod olarak görürsek, kodumuz yeni bir forma, belki robot bedenine aktarılabilir veya yeni bir tür cisimsiz yarı bilinçle bütünleştirilebilir. Zihnin bu tür cisimsiz bir kopyası gerçek bir biz olabilir de olmayabilir de ama en azından belli düzeyde devamlılık sağlayabilir. Bazıları için bu fikir kulağa cazip gelmesek bile kimisi için solucanlar tarafından yenmeye veya küllerinin Himalayalar'a serpiştirilmesine kıyasla daha çekici olabilir.

Mevcut biyolojik formumuz içinde ölümsüzlüğü yakalamak muhtemelen imkânsız olacaktır ama Gılgamış'ın da efsanevi ebedî yaşam arayışının sonunda fark ettiği gibi toplum olarak ölümsüzlüğümüz, her birimizin çoğunluğun iyiliği için elinden gelen katkıyı sunmasında yatıyor olabilir. Ölümsüzlüğümüze yapabileceğimiz belki de en iyi yatırım çocuk yapmak, kitap yazmak, çevrenin kurtarılmasına yardım etmek veya toplum ve kültürümüze olumlu katkılar sağlamaktır. Bunun daha fazlasını mümkün kılmak için neden

sağlıklı yaşamlarımızı biyolojimiz ve teknolojimizin elverdiği ölçüde uzatmak için elimizden geleni yapmayalım?

Ancak biyoloji anlayışımızı sabit, sonu belli ve kaçınılmaz bir şey olmaktan çıkarıp bilgi teknolojimiz gibi okunabilir, yazılabilir ve hack'lenebilir olmaya doğru kaydırırken, tesadüfiliği, fetişleştirmeyi, hayata anlam kazandırmak adına ölümü rasyonelleştirmeyi veya zamanla daha iyi kavrayacağımız ölümlülüğe ilişkin etkileri spiritüel mistisizme yormayı bırakmalıyız.

Genetikte, biyoteknolojide ve uzun yaşamda yapılacak devrimler insan olmanın anlamına dair bugünkü algımıza meydan okuyacaktır. Bizim ise –tüm zaaflarımız ve batıl itikatlarımızla, primat beyinlerimiz ve yırtıcı dürtülerimizle, milyonlarca yıl içinde yontulmuş toplumsal sistemlerimiz ve sınırsız görünen teknolojilerimizle, işlevsel olarak bütünleşmekte olan sınırlı biyolojik kapasitemizle– köşe başında bekleyen hayret verici ve çetin etik engeller arasında yolumuzu nasıl bulacağımızı düşünmemiz lazım.

KENDİMİZİ TASARLAMAMIN ETİĞİ

Tarihimiz insanın hastalıkları iyileştirme, kendi potansiyelini artırma, evreni araştırma ve gezegeni koruma amacıyla teknolojiyen yararlanmasının muhteşem örnekleriyle dolu. Aynı zamanda teknolojiyi öldürme, birbirini köleleştirme ve çevreyi yok etme amacıyla kullanmanın örnekleriyle de dolu. Araçlarımız agnostik. Buradaki değişken, onları nasıl kullanacağımızı belirleme yolunda, bireysel ve kolektif olarak başvurduğumuz değerler. Aynı şey genetik devrimin inanılmaz derecede güçlü araçları için de geçerli olacak. Bu araçları nasıl anlayıp uyguladığımız, tür olarak geleceğimizi ciddi ölçüde belirleyecek. Genetik devrimin özüne ilişkin sorulara tek tek her birimizin ve birlikte hepimizin verdiği yanıtlar bir araya gelerek, türümüzün gelecekte izleyeceği yolu şekillendirecek.

Genetik devriminin doğuracağı karmaşıklık, sorumluluk, çeşitlilik ve eşitlikçiliğe ilişkin sorulara yanıt bulmak kolay değil ama söz konusu etik sorunları daha iyi anlamak, kritik bir ilk adım olacaktır.

İnsanlar olarak her birimiz, etrafındaki daha karmaşık ekosis-

temlerin içine gömülü ve o sistemlerle kesintisiz iletişim halinde olan, kendisi de son derece karmaşık birer biyolojik sistemleriz. Genlerimizin her biri çok sayıda işlevi yerine getiriyor ve diğer genlerle hâlâ tam olarak anlayamadığımız şekillerde etkileşime giriyor. Belli bir bağlamda kötü bir şey yapan bir geni belirlese bile aynı genin başka bir bağlamda bize yarar sağlıyor olması gerçek bir olasılık niteliği taşıyor.

Orak hücre mutasyonunun bir kopyasını kalıtımla her iki ebeveyninden de almış olan insanların, genellikle bu hastalıktan büyük acılar çektiklerini gördük. Tek bir kopya alanlar ise hastalığa yakalanmadığı gibi çoğunlukla sıtmaya karşı ciddi bir doğal direnç geliştiriyorlar. Bu durumda orak hücre mutasyonunu insanlardan yok etmek, orak hücre hastalığından çekilen acıya son verir ama sıtmadan çekilen acıyı artırabilir. Sorunu belki daha etkili bir sıtma ilacı geliştirerek çözebilir veya sıtma yayan sivrisinek popülasyonunu kırmak için bir gen sürücüsü kullanabiliriz.¹ Ancak gen sürücüsüyle çok fazla sivrisineği yok edersek, bu defa sivrisineğin içinde yaşadığı ekosistemleri çökertme tehlikesi yaratıp kendimize daha da büyük zarar verebiliriz.

Atılan adımların her biri belli bir sorunu çözerken daha büyük müdahale gerektiren yeni bir sorunu yaratabilir ve bu böyle devam eder. Tıpkı yaz kampındayken söylediğimiz Peter, Paul ve Mary şarkısı gibi:

İhtiyar bir kadın biliyorum, bir inek yutmuş
Hiç bilmiyorum ineği nasıl olmuş da yutmuş
İneği yutmuş ki keçiyi yakalasın
Keçiyi yutmuş ki köpeği yakalasın
Köpeği yutmuş ki kediyi yakalasın

1 Andrew Hammond ve diğerleri, "A CRISPR-Cas9 Gene Drive System Targeting Female Reproduction in the Malaria Mosquito Vector *Anopheles gambiae*", *Nature Biotechnology* 34, 2016- 78-83, <https://www.nature.com/articles/nbt.3439>. Gen sürücüsünün güzel bir tanımı için bkz. "FAQs: Gene Drives", Wyss Institute, Harvard University, erişim 12 Mayıs, 2018, https://wyss.harvard.edu/staticfiles/newsroom/pressreleases/Gene_drives_FAQ_FINAL.pdf

Kediyi yutmuş ki kuşu yakalasın
 Kuşu yutmuş ki örümceği yakalasın
 İçinde kıpraşsın titresin gıdıkласın
 Örümceği yutmuş ki sineği yakalasın
 Hiç bilmiyorum sineği ne diye yutsun
 Kim bilir ölür belki, huzur içinde uysun.²

Biyolojimizin karmaşıklığına kıyasla işleyişimiz hakkında ne kadar az şey bildiğimizi göz önüne alan bazı ahlakbilimciler, inananların Tanrı'ya atfettiği rolü oynamaya hiç kalkışmasak çok daha iyi olmaz mı, sorusunu soruyorlar. Muhafazakâr biyoetikçi Leon Kass'ın, George W. Bush tarafından görevlendirilen ABD Biyoetik Komitesi raporunda yazdığı gibi:

Kökleri bizzat yaşamın onurundan gelen ve görünen o ki sadece beşeri gururda hasıl olacak şekilde gelişip serpilerek insan olma haysiyeti, ancak kendimizden yüce kudretler karşısında başımızı eğip kalbimizi açtığımızda tamama erer ve layığına dimdik erişir. Bu tanrısal hayvanın nihai haysiyete kavuşması, ilahî olanı ikrar edip yüceltmesiyle gerçekleşir.³

Harvard'lı filozof Michael Sandel de "Atlantik" adlı makalesinde ve ardından *The Case Against Perfection* [Mükemmelliğe Karşı Tez] kitabında aynı noktaya temas ediyor. "Yeteneklerimiz ve güçlerimizin bütünüyle kendi edimimiz olduğuna inanmak, varlıklar arasındaki yerimizi yanlış anlamak, rolümüzü Tanrı'nın rolüyle karıştırmak demektir," diyor.⁴

Sadece felsefî bir duruş değil bu. Erken evre embriyoların fark-

2 Peter, Paul ve Mary, vokalistler, "I Know an Old Lady", Rose Bonne ve Alan Mills, 1952, yayın tarihi 1993, şarkı no 7, Peter, Paul & Mommy, Too, <http://www.peterpaulandmary.com/music/17-07.htm>

3 *Human Dignity and Bioethics: Essays Commissioned by the President's Council on Bioethics*, Washington, 2008 Mart, 329, https://bioethicsarchive.georgetown.edu/pcbe/reports/human_dignity/

4 Michael J. Sandel, "The Case Against Perfection", *The Atlantic*, Nisan 2014, <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2004/04/the-case-against-perfection/302927/>

lı tipte hücrelerden oluşan birer mozaik olabildiğini ve bu durum yüzünden olası zararlı bir mutasyonun gelecekte çocukta gerçek bir soruna yol açıp açmayacağını kestirmenin zorlaştığını gördük. Görünürde son derece belirleyici olan tek gen mutasyonlarının ise normalde yol açtıkları hastalıklara yol açmayabileceğini gördük. Bunca bilinmezlik varken –tüm hataları, eksikleri ve kimi zaman tehlikeli mutasyonlarına rağmen– neden doğaya ve milyarlarca yıl içinde evrimleşmiş kendi biyolojimize güvenmek gibi güvenli bir yolu seçmeyelim?

İnsan olduğumuz için. Nedeni bu.

Atalarımız aletler yaptıkları an, buldukları haliyle çevrelerine meydan okumaya başlamışlardı. Tahıllar ekmeye, tarlalar açmaya ve bize ıstırap çektiren korkunç, doğal hastalıklarla savaştıkları ilaçlar yapmaya başladığımız an, bulduğumuz haliyle doğaya nanik yaptık. Ormanlarımızı kesmeyi, havamızı ve okyanuslarımızı zehirlemeyi ve gezegenimizi paylaştığımız diğer türleri yok etmeyi istememek için geçerli nedenlerimiz olduğu halde, bulduğumuz haliyle doğada geçen tarihimiz, aslında bir savaş tarihi. Doğa bizi sert hava koşulları, yırtıcılar, açlık ve hastalıkla yok etmeye çalıştı ama biz var gücümüzle savaştık. Doğayla uyum içinde yaşamadık; doğaya saygıyı, doğrudan ona karşı verilen savaşla dengeledik.

Karıncaların doğanın bir parçası olduğunda hepimiz hemfikirizdir; karınca yuvasının da. Kuşlar da doğanın bir parçası, kuş yuvası da. İnsan da doğanın bir parçası. Başka ne olabilir ki? Bu doğruysa, o zaman alışveriş merkezlerimiz, nükleer bombalarımız ve CRISPR düzenlemelerimiz de doğanın parçası değil mi?

Kendimizi içinde bulduğumuz dünya daha az saldırgan olsaydı, biz de “tanrıyı oynamak” zorunda kalmayabilirdik. Darwin doğayı “hantal, savurgan, sarsak ve fena halde zalim” diye tanımlamıştı.⁵ Tanrı varsa ve iyiye, o neden tanrıyı oynamıyor diye sormak yersiz

5 “J.D. Hooker’a 49. Mektup”ın bir bölümü. 13 Temmuz 1856, Charles Darwin’in diğer mektupları için, Cilt I, <https://charles-darwin.classic-literature.co.uk/more-letters-of-charles-darwin-volume-i/ebook-page-57.asp>

olmaz. Dünya Tanrı'nın suretindeyse, neden kanser gibi doğal hastalıklarla savaşıyoruz? Öyle değilse, neden dünyayı kendimiz için daha iyi ve güvenli bir yer yapmayı sürdürmek için elimizden gelenlere sınırlar koyalım? Eğer Tanrı, bu kavrama inananlar için, bizim mağaralarda yaşayıp hastalıkla, açlıkla, yırtıcılar ve ortam koşullarıyla boğuşmamızı istemiyorsa, o zaman taş aletlerden ateşe ve genomumuzu düzenlemeye dek her şey tanrının tamamlanmış işini tamamlamak için üstümüze düşeni yapmamızın bir uzantısı sayılmaz mı? Öte yandan bu tanrı esenliğimiz konusunda agnostikse, o zaman da bir yandan çevremizi kuşatan ekosistemleri korurken, bir yandan türümüzü savunmak ve ilerletmek adına elimizden geleni yapmamız gerekmez mi?

Bu da mantıken bizi asla “tanrıyı oynamamamız” gerektiği değil, oynamamız gerektiği çıkarımına götürür; ancak akıllıca ve çevremizle dengeyi koruyarak. Genom konusunda bilgimiz hiçbir zaman eksiksiz olamayacak, tıpkı kullanmaya başlamadan önce ateş hakkında; tedavi etmeye başlamadan önce kanser hakkında veya yemeye başlamadan önce ıslah edilmiş mahsuller hakkında eksiksiz olmadığı gibi. Bu örneklerin her birinde maliyet ve faydayı dengeledik ve eksikleri olan bilgiyle, öğrenme ve daha fazlasını yapma açlığıyla yola devam ettik. Aynı şey genetik teknolojiler için de geçerli. Bununla beraber bizi bekleyen zorluk, genetik devrimin geçmişte deneyimlediğimiz çoğu teknolojiden çok daha hızlı ve geniş ölçekte yükselecek olması.

Genetik devrimini ilerletmek için atmayı düşündüğümüz adım ne kadar büyükse, olası maliyetleri de üstümüze o kadar ağırlık yapacaktır ve yapmalıdır. Araştırmaları sürdürmek şüphesiz yapılacak en doğru şeydir. Hastalıkla savaşabilmek için insanlarda kalıtımla aktarılmayan genetik değişiklikler yapmak da yine yaygın kabul görme yolunda ilerliyor. Embriyo seçimi ve gen düzenleme ise haklı olarak daha çok tartışma ve inceleme gerektiren, daha büyük adımlar. Ancak türümüzün, çekilen acıları dindirecek ve hayat kurtaracak teknolojileri uygulamadan önce kusursuz bilgiye ulaşmayı beklemesi gerektiğini düşünmek budalalık olur.

Bekleyemeyiz ve beklemeyeceğiz. Bizler ağaçlardan inip dünya-

yı fethetmiş *hominini*"leriz. İyimserlik ve kibirle doluyuz. İşletim sistemimizin yapısında var bu.

Atılan her adımın bir sonrakine neden olduğu "kaygan zemin" uyarısını yapan ve genetik modifikasyonun her çeşidine karşı çıkan kişiler, bu anlamda haksız sayılmazlar.⁶ İnsan genetik mühendisliği yönünde biliminsanları, doktorlar veya devletlerin atacağı her küçük adım, bir sonraki küçük adımı gerekçelendirecektir. Ebeveynlere bir çocuğun mitokondriyal hastalıkla doğmasını önlemek adına yardım etmek için başka bir kadının bağışladığı mitokondriyi kullanmak sorun değilse, diğer korkunç hastalıkları ortadan kaldırmak için kalıtımla aktarılabilir genetik değişiklikler neden yapılmasın? Genç yaşta Huntington hastalığından ölmeyecek veya erken başlangıçlı Alzheimer olma ihtimalini önemli ölçüde artıran bozuk APOE4 genine sahip olmayan bir embriyoyu seçmek sorun değilse, olağanüstü uzun ve sağlıklı yaşama olasılığı yüksek olan embriyoyu neden seçmeyelim? Genetik materyalleri karıştırıp eşleştirerek organ naklinde kullanmak için insan kalbine sahip domuzlar üretebiliyorsak, doğacak çocuklarımızın en güçlü kalbe veya başka organlara sahip olmasını garantilemek için neden birden fazla insan arasında gen değişimi yapmayalım?

"Genetik hastalık ve genetik sıhhat birbirinden ayrık komşu ülkeler değildir, sıhhat ve hastalık daha ziyade ince ve çoğu zaman da şeffaf sınırlarla birbirine bağlı, kesintisiz krallıklardır," diye çok güzel ifade ediyor Siddhartha Mukherjee *Gen* kitabında. Kaygan zeminin özde yanlış bir yanı yok aslında; sadece kaymakta olduğumuz yöne dikkat etmemiz gerekiyor.

Preimplantasyon embriyolarda genetik seçim ve değişiklik yapıp yapmama kararı yetişkinlere ait ama gerçek etki gelecekteki çocukların üstünde olacak. Bir kısmı siyasette liberal olan genetik muhafa-

6 Marcy Darnovsky, "A Slippery Slope to Human Germline Modification", *Nature* 499, No. 7457, 9 Temmuz 2013, 127, <http://www.nature.com/news/a-slippery-slope-to-human-germline-modification-1.13358>

7 Siddhartha Mukherjee, *The Gene: An Intimate History*, Simon and Schuster, 2016, New York, s. 275-276.

zakârlar, doğacak çocukların genetiğine ilişkin etkin kararlar almanın, etkinliği o çocukların elinden almak anlamına geldiğini öne sürüyor. Peki, çocuklar annelerinin doğum öncesi beslenmelerinde veya aşılantmada, sünnette, vaftiz edilmede ne kadar seçim hakkına sahip? Ancak genetik muhafazakârlar, söz hakkına sahip olmadıkları için gelecek nesilleri değıştirmeme konusunda ahlaki yükümlölük sahibi olduğumuzu ileri sürerken, bazıları da aksini iddia ediyor.

Oxford’lu biyoetikçi Julian Savulescu ebeveynlerin dünyaya “en iyi yaşam için en yüksek şansa sahip çocuklar getirme konusunda ahlaki bir yükümlölük” taşıdığını ikna edici bir argümanla savunuyor. Ona göre, “Çocuk sahibi olmaya karar veren çiftlerin, genetik donanımına göre en iyi sıhate sahip olabilecek çocuğu seçmek için önemli ahlaki nedenleri var.”⁸ Oxford’dan Nick Bostrom da aynı sonuca varıyor ve ileride doğacak bir insanda belli bir genetik değışimi yapmanın ahlaki gerekçesi olup olmadığını anlamaya çalışırken “tersine çevirme testi” adını verdiği şeyin uygulanmasını öneriyor.⁹

Bostrom’un savına göre bazı insanlar belli bir yönde değışim yapmanın –diyelim genetik mühendislikle insanda genetik bir hastalığı ortadan kaldırmanın– kötü olduğuna inanıyorlarsa, bunun aksini yapmanın, yani bu örnekte genetik mühendislikle insana genetik hastalık katmanın, neden gerekçeli olduğunu anlatmalılar. Çünkü yaptıkları şey esasen budur. Hiç kimse genetik mühendislikle insana hastalık katmayı hakça *savunamayacağı* için bu mantıksal yapı dolaylı olarak insanın geliştirilmesinden yanadır.

Savulescu ve Bostrom’unkine benzer savlar, bu tür yaklaşımların bir yaşamı diğlerinden üstün tutmayı meşrulaştırdığına inanan, engellileri küçük gördüğüne, “iyi bir hayat”ın muhteviyatını yanlış anladığına, genetik tedavilerle geliştirme yöntemlerini birleştirdiğine ve geleceğin çocuklarını metalaştırdığına inanan kişiler tarafın-

8 Julian Savulescu ve Guy Kahane, “The Moral Obligation to Create Children with the Best Chance of the Best Life”, *Bioethics* 23, No. 5, 2009, 274-290, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19076124>

9 Nick Bostrom ve Toby Ord, “How to Avoid Status Quo Bias in Bioethics: The Case for Human Enhancement”, 2004, <https://nickbostrom.com/ethics/statusquo.doc>

dan ahlaken tiksindirici olmakla kınandı. Bilim yazarı Carl Zimmer 2018 tarihli *She Has Her Mother's Laugh* [Kahkahasını Annesinden Almış] adlı kitabında kendi deyişiyle “genetik özcülük”e karşı uyarıda bulundu ve insanın da insanlığın da karmaşıklığını basitçe genetiğe indirgediğini söyledi.¹⁰ Tüm bu eleştiriler modern öjeninin hayaletini yeniden hortlattı.¹¹

Öjeni iddiası uydurma değildir. Aksine insan genetik mühendisliğinin üstünde kara bir bulut gibi gezinir.

* * *

Öjeni terimi Yunancadaki *iyi* ve *doğum* köklerini birleştirir. Terim ilk olarak 19. yüzyılda kullanılsa da seçici üreme ve insan nüfusunu ayıklama kavramları çok daha eskilere dayanır. Bebek öldürme Roma yasasında yer almış ve Roma İmparatorluğu'nda yaygın şekilde uygulanmıştı. “Bir baba canavar olarak doğan veya insan ırkından farklı bir forma sahip olan oğlunu tez vakitte öldürecektir,” diyordu, Roma On İki Levha Kanunu'nun dördüncü levhası.¹² Antik Sparta'da kentin ihtiyar heyeti, hasta görünümlü yeni doğanların hayatta kalmadığından emin olmak için teftişe çıkardı. Alman kabileler, İslam öncesi Araplar, Antikçağ Japon ve Çinlileri ile Hintliler de o veya bu şekilde bebek öldürme uygulamasına başvururdu.

Darwin'in 1859 tarihli *Türlerin Kökeni* kitabı, biliminsanlarına sadece Galapagos'ta ispinozların nasıl evrimleştiğini değil, insan

- 10 Carl Zimmer, *She Has Her Mother's Laugh: The Powers, Perversions, and Potential of Heredity*, Dutton, New York, 2018.
- 11 Rebecca Bennett, “When Intuition Is Not Enough. Why the Principle of Procreative Beneficence Must Work Much Harder to Justify Its Eugenic Vision”, *Bioethics* 28, 10 Temmuz 2013, 447-455, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bioe.12044/full>; Biplab Kumar Halder, “Can the Principle of Procreative Beneficence Justify the Non-Medical Use of Preimplantation Genetic Diagnosis?” *Center for the Study of Ethics in Society Papers*, 103, 2016, http://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1101&context=ethics_papers
- 12 “The Laws of the Twelve Tables”, MÖ 450, <https://facultystaff.richmond.edu/~wstevens/FYStexts/twelvetables.pdf>

toplumlarının genel olarak nasıl evrimleştiğini de düşündürdü. Darwin'in doğal seçim ilkelerini insan toplumlarına uyarlayan Darwin'in kuzeni ve âlim Sir Francis Galton'ın kuramına göre, toplumlar en zayıf üyelerinin seçimle dışlanması önlemlerdi, insan evrimi gerilerdi. *Hereditary Talent and Character* [Kalıtsal Yetenek ve Karakter] (1885) ve *Hereditary Genius* [Kalıtsal Deha] (1889) adlı ses getiren kitaplarında öjeninin nasıl uygulanabileceğini anlatıyordu; en yetenekli insanların birbiriyle çoğalması teşvik edilerek olumlu yönde; kendisinin dezavantajlı diye tanımladığı özelliklere sahip kişileri genlerini aktarmaktan caydırarak ise olumsuz yönde uygulanabilirdi. Bu kuramlar ana akım bilim camiası tarafından benimsendi ve Alexander Graham Bell, John Maynard Keynes, Woodrow Wilson ve Winston Churchill gibi önde gelen kişilerden destek buldu.

Çalışmaları kısmen Victoria İngiltere'sinin ruhuna paralel olmasına rağmen Galton o dönemde ırkçı diyeceğimiz biriydi, şimdi ise daha da öyle. “Nesil geliştirme ilmi, daha uygun ırk veya soylara, daha az uygun olanlar üstünde normalden daha büyük bir hızla baskın çıkma imkânı tanıyan, derecesi ne denli düşük olursa olsun her tür etkiyi dikkate alır,”¹³ diyordu yazısında. Galton ve meslektaşları 1909'da *Eugenics Review* dergisini kurdular ve ilk sayıda ulusların “ırksal ıslah”ta birbiriyle yarışması gerektiğini ve hastaneler ile akıl hastanelerindeki “doğum öncesi hastalık”tan mustarip insan sayısının kısırlaştırmayla ve seçici üremeye “minimuma indirilmesi”nin elzem olduğunu ileri sürdüler.¹⁴

Galton'ın kuramları uluslararası çapta, özellikle de Yeni Dünya'da giderek önem kazandı. Öjeni sonradan meşum çağrışımlar edinecek olsa da öjenik kuramları ilk benimseyenlerin çoğu, bilimin toplumsal politikaları yönlendirmede ve herkes için daha iyi bir toplum yaratmada kullanılabileceğine inanan Amerikalı ilericilerdi. “İçine dahil olduğumuz evrimi akıllıca yöğurabilir ve yönlendirebi-

13 Francis Galton, *Inquiries into the Human Faculty and Its Development*, Macmillan, 1883, 24.

14 *The Eugenics Review* 1, No. 1, Nisan 1909, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2990364/?page=1>. Dergi ancak 1968 yılında yayın hayatını sona erdirmiştir.

liriz,” diyordu ilerici teolog Walter Rauschenbusch yazısında. “Tanrı maksadını devlet üstünden gerçekleştirir,” diyordu Johns Hopkins ekonomi profesörü Richard Ely. İlerici birçok Amerikalı öjeniye doğuştan “uygunsuz” ve “kusurlu” olduğu düşünülenleri engellemek kaydıyla toplumu iyileştirmenin yolu olarak benimsedi. “Öjeni hakkında bildiklerimiz, bu bilginin uygulanması halinde kusurlu sınıfların on yıl içinde ortadan kalkacağını bilmemize yetecek miktarda,” diyordu Wisconsin Üniversitesi Rektörü Charles Van Hise.¹⁵

ABD’de öjeni “bilim”i ırka ilişkin tedirgin edici fikirlerle kaynaştı. 1923 İkinci Uluslararası Öjeni Kongresi’nde konuşan New York, Amerika Doğa Tarihi Müzesi Başkanı Henry Osborn bilimsanlarının şunları yapması gerektiğini söylüyordu:

Onlar gözlem ve deneyle her ırkın en çok neyi başarmaya uygun olduğunu saptamalı. Zenci eğer yönetimde başarısızsa, iyi bir tarımcı veya tamirci olabilir... Devletin, geleceğinin bağlı olduğu ırk ya da ırkların karakter ve bütünlüğünü himaye etme hakkı, bana göre halkın sağlık ve ahlakını himaye etme hakkı kadar itiraz kabul etmez niteliktedir. Bilim nasıl ki devleti hastalıkların önlenmesi ve yayılması konusunda aydınlattıysa, toplumun kıymetsiz üyelerinin yayılma ve çoğalmasını önleme, akıl kılığının, dimağ noksanlığının ve fiziksel hastalıklar kadar tüm ahlaki ve entelektüel hastalıkların da yayılması konusunda aydınlatmalıdır.”¹⁶

Genetik determinizm ülkeyi kasıp kavururken Rockefeller Vakfı, Washington Cornegie Enstitüsü ve Kellogg Irksal Islah Vakfı

15 George F. Will, “The Liberals Who Loved Eugenics,” *The Washington Post*, 8 Mart 2017, https://www.washingtonpost.com/opinions/the-liberals-who-loved-eugenics/2017/03/08/0cc5e9a0-0362-11e7-b9fa-ed727b644a0b_story.html?utm_term=.5758cd0c98e3

16 Henry Fairfield Osborn, *Collected Papers*, 1877, Cilt 4, 1877, s. 2. <https://books.google.com/books?id=hHMuAAAAIAAJ&pg=PT32&lpg=PT32&dq=%22Negro+fails+in+government,+he+may+become+a+fine+agriculturist%22&source=bl&ots=OK-7jUtTCeT&sig=cavOSWARMqiT550HwpTpopV9XXU&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwiMmc2PgOHcAhWO2FMKHWvFAVEQ6AEwAHoECACQAQ#v=onepage&q=%22Negro%20fails%20in%20government%2C%20he%20may%20become%20a%20fine%20agriculturist%22&f=false>

gibi kuruluşların finanse ettiği Cold Spring Harbor türü önde gelen araştırma enstitüleri, popülerliği giderek artan ilerici bir öjeni hareketine bilimsel dayanak oluşturdular. Amerikan Bilimsel Gelişme Birliği kendi çıkardığı trend belirleyici yayın organı *Science* üzerinden öjenik hareketi sonuna kadar destekledi.¹⁷ Anlayışlarına göre Mendel spesifik özellikler için genler olduğunu gösterdiyse, önemli her insani özelliği dikte eden genin bulunması da an meselesiydi. Bu tür fikirler hızla devlet politikalarında yerini aldı.

Indiana 1907’de devlet nezaretindeki belli bazı kişilerin kısırlaştırılmasını zorunlu kılan öjenik yasanın yürürlüğe girdiği ilk ABD eyaleti oldu. Onu 30 diğer eyalet ile Porto Riko kendi yasalarıyla izledi. 20. yüzyılın ilk yarısında çoğunluğu akıl hastanesi hastası ve suçlulardan oluşan 60 bin kadar Amerikalı kendi rızası dışında kısırlaştırıldı. Porto Rikolu kadınların da yaklaşık üçte biri son derece zayıf bir rızayla kısırlaştırıldı.¹⁸ Bu yasalar tümüyle ihtilafsız değildi ve mahkemelere taşındı. Ancak ABD Yüce Mahkemesi bugün adı kötüye çıkmış 1927 “Buck Bell’e Karşı” davasında, öjenik yasaların anayasaya uygun olduğu kararına vardı. İlerici Yüce Mahkeme hâkimi Oliver Wendell Holmes kararında yüz kızartıcı bir ifadeyle, “Üç kuşak embesil kâfidir,” yazmıştı¹⁹

Öjenik hareket ABD’de kendini gösterirken, bir grup Avrupalı bunu yakından izliyordu. Nazizm pek çok açıdan Darwin’ciliğin sapkın bir varisi gibiydi. Alman biliminsanları ve doktorlar Galton’ın öjenik kuramlarını baştan benimsemişlerdi. 1905’te Berlin’de kısırlaştırma ve seçici üremeye Kuzey ülkeleri ırksal “saflik”ını yaymak gibi aleni bir amaç doğrultusunda Irksal Hijyen

17 Steven A. Farber, “U.S. Scientists’ Role in the Eugenics Movement (1907-1939): A Contemporary Biologist’s Perspective”, *Zebrafish* 5, No. 4, Aralık 2008, 243-245, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2757926/>

18 Son derece kötü Porto Riko örneğiyle ilgili bir liste için bkz. “Sterilization of Puerto Rican Women: A Selected, Partially Annotated Bibliography (Louis de Malave, 1999)”, özel koleksiyonlar, 23 Mart 2018, erişim 26 Haziran 2018, <https://www.library.wisc.edu/gwslibrarian/publications/bibliographies/sterilization/>

19 Paul A. Lombardo, “Three Generations, No Imbeciles: New Light on Buck v. Bell”, *NYU Law Review* 80, 1985, 30-62, <https://pdfs.semanticscholar.org/784b/f1b7cfbbcb84b6966f4c3b0f3d554726d551e.pdf>

Derneği kuruldu. Ardından Frankfurt'ta Alman öncü öjenist Otmar Freiherr von Verschuer tarafından Kalıtsal Biyoloji ve Irksal Hijyen Enstitüsü açıldı.

Landsberg Hapishanesi'nde 1925 tarihli meşum manifestosu *Mein Kampf*'ı [Kavgam] yazarken Adolf Hitler'in aklında öjenik kuramlar ve ABD'nin onları eyalet yasalarıyla uygulama çabaları da vardı. "Güçlüler hükmeden taraf olmalı ve zayıflarla çiftleşmemeli," diyordu Hitler:

Ancak doğuştan zayıf olanlar bu prensibi acımasız bulur, ki öyle bulsalar dahi bu sadece cılız mizaçlı ve kıt zihinli olmalarındandır. Zira evrim sürecini bu tür bir kanun yönetmeseydi, gelişkin organik yaşam tahayyül dahi edilemezdi... Aşağı olanın sayısı üstünden daha fazla olduğu için, hayatta kalma ve türün çoğalması açısından aynı ehliyeteye sahip olsalar, ilkinin [alçak olan] sayısı her zaman daha hızlı artardı. Nihai sonuç ise nitelikçe en iyilerin geri plana çekilmesi olurdu. Bu sebeple daha nitelikli olandan yana ıslah edici tedbirler devreye girmelidir... Zira bu noktada kuvvete ve sağlığa göre yepyeni ve titiz bir seçim gerçekleşir.²⁰

Nazilerin 1933'te iktidarı almasından sonra yürürlüğe soktuğu ilk yasalardan biri Kalıtsal Kusurlu Züriyetin Önlenmesi Yasası'ydı ve yasanın dili kısmen öjenik California kısırlaştırma kanunu üstüne kuruluydu. Nazi Almanyası'nın dört bir yanında genetik sağlık mahkemeleri kuruldu ve kimin kısırlaştırılması gerektiği kararına her vakada iki doktor ile bir avukat yardım etti.

Bunu izleyen dört yıl boyunca Naziler tahminen 400 bin Alman'ı zorla kısırlaştırdı. Ancak sadece engellileri kısırlaştırmak, Nazilerin öjenik hayallerini gerçekleştirmeye yeterli değildi. 1939'da yeni doğan ve üç yaş altı engelli çocukları öldürmek için gizli operasyon başlatıldı. Akabinde program hızla genişletilerek yaşı daha

20 Adolph Hitler, *Mein Kampf*, 1925, 222-223, çev. Ralph Manheim, Houghton Mifflin Company, Boston, 1999. <http://www.sjsu.edu/people/mary.pickering/courses/His146/sl/MeinKampfpartone0001.pdf>

büyük çocukları, ardından da *lebensunwertes leben*, yani yaşamı hak etmeyen yaşamlar şeklinde değerlendirilmiş engelli yetişkinleri içine aldı.

Bu eylemlerin kavramsal kökeninin ilmi ve tıbbi olarak meşrulaştırılmış öjenide yattığını gözler önüne serercesine, giderek kalabalıklaşan bir istenmeyenler grubunun ülkenin her yerine yayılmış “gaz tesisleri”nde öldürülmesine tıp profesyonelleri gözetmenlik etti. Bu model daha sonra engelliler ve psikiyatrik rahatsızlığı olanlardan, suçlulara ve ırksal anlamda aşağı görülenlere kadar genişletildi ve eşcinsellerin yanı sıra Yahudilerle Romanlar da kapsama alındı. Auschwitz’de kimlerin gaz odasına gönderileceğine karar veren Doktor Joseph Mengele’nin, Frankfurt Kalıtsal Biyoloji ve İrksal Hijyen Enstitüsü’nden von Verschuer’in yıldız öğrencisi olması tesadüf değildi.

1930’ların ortasına gelindiğinde Amerikan bilim camiası öjeniden uzaklaşmaya başladı. 1935’te Carnegie Enstitüsü öjeni biliminin geçerli olmadığı sonucuna vararak, Cold Spring Harbor’daki Öjeni Kayıt Ofisi’ne sağladığı fonu geri çekti. 1945-1946 Nuremberg duruşmalarının da ortaya döktüğü Nazi gaddarlıklarına ilişkin raporlar, Batı’da öjenik hareketin tabutuna son çiviye çaktı. Öjenik yasalar ABD’de ancak 1960’larda, Kanada ve İsveç’te 1970’lerde iptal edilse de savaştan sonra zorla kısırlaştırılanların sayısı çok azaldı.

Gelgelelim son zamanlarda, yeni teknolojilerin insan üreme sürecinde çığır açmasıyla ve transfer edilmemiş embriyoların değerlendirilmesi, seçimi ve genetik olarak değiştirilmesi için yeni araçlar yaratmasıyla birlikte birçok eleştiri doğdu ve öjeninin hayaleti canlandı. San Francisco’lu çocuk doktoru Charles Epstein 2003’te Amerikan College of Medical Genetics’in başkanı olarak yaptığı konuşmada ve daha sonra yayımlanan bir makalesinde, “Günümüzün genetiği yeni bir öjeni mi?” sorusunu sordu. Verdiği yanıt, bilim camiası kendini bilmez ve dikkatli davranmazsa, böyle bir potansiyelin var olduğu şeklindeydi.²¹

21 Charles J. Epstein, “Is Modern Genetics the New Eugenics?”, *Genetics in Medicine* 5, 2003, 469-475, <https://www.nature.com/articles/gim2003376>

Harvard'dan Michael Sandel'de *The Case Against Perfection*'da benzer bir hususa dikkat çekiyordu:

Genetik manipölasyon nedense diğerk performans artırma ve başarı arayışlarından daha kötü –daha müdahaleci, daha fesat– görünüyor... Bu da onu öjeniye kaygı verici derecede yaklaşıyor... Peki, eskinin öjenisi yalnız zorlayıcılığı ölçüsünde mi sakıncalıydı? Yoksa soyumuzun özelliklerini kasten tasarlama azminin özünde mi bir yanlışlık var? Öjeni ve genetik mühendisliğin sorunu, her ikisinin de kastiliğinin doğal yetenek, hükmetmenin hürmet etmek, kalıp vermenin sadece seyreylemek üstündeki tek taraflı zaferini temsil ediyor olması.²²

Öncü biyoetikçi Arthur Caplan şöyle diyordu:

Genetik mühendisliğini suistimal etme olasılığı en yüksek olan kişiler hain bilimcilerle kaçık totaliterler değil. Benim ve sizsiniz... Kötü olduğumuz için değil, iyisini yapmak istediğimiz için. Reabetin hükmettiği bir dünyada ebeveynler doğal olarak çocuklarına her tür avantajı sunmak istiyor... Öjeninin hayatımıza en olası girme şekli ön kapıdan olacaktır. Ufaklığa... daha iyi genler verebilmek için birbirinin üstüne çıkan ebeveynler suretinde.²³

19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyılın ilk yarısına ait çirkin öjeni ile bu günlerde olup bitenler arasındaki paralellikleri önemsiz sayamayız. Her iki örnekte de gelişiminin erken aşamasında ve doğruluğu zaman zaman belirsiz olan bir bilim, büyük kararlar almada kullanılıyordu ve kullanılıyor; eski günlerde “kıt akıllılar”ın zorla kısırlaştırılması, bu günlerde genetik göstergelere dayanarak bir embriyonun gebelik için seçilmemesi veya bir gebeliğin sonlandırılması. Her iki durumda da biliminsanları ve devlet yetkilileri bireysel üreme öz-

22 Michael J. Sandel, “The Case against Perfection”, *The Atlantic*, Nisan 2004, <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2004/04/the-case-against-perfection/302927/>

23 Arthur Caplan, “What Should the Rules Be?”, *Time*, 14 Ocak 2001, <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,95244,00.html>

gürlüğünü daha kapsamlı toplumsal amaçlarla dengelemeye çalışıyorlar. Her iki durumda da gelecekte doğabilecek çocuklar doğma şansını kaybediyor. Her iki durumda da toplumlar ve bireyler hangi yaşamların yaşamaya değer, hangilerinin değmez olduğu konusunda kültürel olarak yanlı ama geri alınamaz kararlar veriyorlar. Bütün bu paralellikler bize güçlü bir uyarı oluşturunuyor.

Ancak insan genetik mühendisliğinin tamamını Nazi öjenisinin fırçasıyla resmederek, genetik teknolojilerin daha sağlıklı hayatlar yaşamamıza sağlayacağı inanılmaz katkıları öldürmüş oluruz. “Tabularımızın en büyüğü yamyamlıksa, pozitif öjeni de... ikincisi olmaya aday...” diyor Oxford’lu filozof Richard Dawkins. “Günümüzde tüyler ürperten bir tınısı var bu sözcüğün. Bir siyasanın ‘öjenik’ diye tanımlanması çoğu insan için onu ânında yok saymaya yeterli sebep.”²⁴ Biyoetikçi Diane Paul öjeni teriminin “sopa sallamak gibi” olduğunu söylüyor. “Bir şeyi ‘öjenik’ diye etiketlemek onun kötü olmakla kalmayıp kabul edilir yanı olmadığını söylemekle bir.”²⁵ İnsan genetik mühendisliğinin geleceği üstüne bugün alınan kararlarda öjenik bir yanın olması ihtimali, bizi dikkatli davranmaya ve pozitif değerlerle hareket etmeye itmeli. Ama geçmiş dönemde yapılmış su-iistimallerin hayaleti, bu yaşamı olumlayan teknoloji veya onun yardım edebileceği insanlar için ölüm cezası niteliğinde olmamalı.

Eskinin öjenik hareketinin aksine bugünün doğum öncesi test ve embriyo seçim yöntemleri, standart anlamıyla devlet denetimli, zorlayıcı, ırkçı ya da ayrımcı değil. “Günümüz öjenik yönelimlerinin meselesi, Naziler ve benzerlerinin savunduğu tepeden inme gaddar tedbirler değil,” diyor gazeteci Jon Entine. “Yeni öjeni, insan türünü ‘iyileştirme’ gibi bir arzudan yola çıkmak yerine olabildiğince-

24 Richard Dawkins, *The Genetic Revolution and Human Rights*, Justine Burley (yay. haz.), Oxford University Press, Oxford, 1999, v-xviii; alıntıldığı yer Charles J. Epstein, “Is Modern Genetics the New Eugenics?”, *Nature*, 1 Kasım 2003, erişim 10 Mayıs 2018, <https://www.nature.com/articles/gim2003376>

25 Diane B. Paul, *The Politics of Heredity: Essays on Eugenics, Biomedicine, and the Nature-Nurture Debate*, State University of NY Press, New York, 1998, s. 97; alıntıl原因 Charles J. Epstein, “Is Modern Genetics the New Eugenics?”, *Nature*, 1 Kasım 2003, erişim 10 Mayıs 2018, <https://www.nature.com/articles/gim2003376>

ce sağlıklı, zeki ve formda olma yönündeki kişisel arzumuzdan kaynaklanıyor; tabii çocuklarımızın da böyle olması fırsatından. İşte bu, hiç de hafif kısıtlamalar getirilecek bir şey değil.”²⁶ Entine’in fikri tartışılır ama bizim ve türümüzün hatırı için o tartışmayı yapmamız gerekiyor.

Liberal toplumların temel öğretilerinden biri, gereken her durumda bireyi devletin aşırı güç tatbikinden korumaktır. Birçok toplumda bu felsefenin aldığı ifadelerden biri ise kadının gebelik kontrolü ve kürtaj gibi üremeye ilişkin konularda kendi kararlarını verme hakkıdır. “Üreme özgürlüğü üreyip ürememe tercihini, kiminle üreneceği, ne zaman üreneceği ve kaç defa üreneceği tercihini kapsar,” diyor Yeni Zelandalı filozof Nicholas Agar *Liberal Eugenics: In Defense of Human Enhancement* [Öjeni: İnsan Geliştirme Savunusu] adlı kitabında. “Liberal öjeni çocuğunuzun bazı özelliklerine ilişkin tercihi de bu özgürlükler listesine ekliyor.”

Agar liberal öjeniyi kendi deyişiyle “otoriter öjeni” yani iyi bir hayatı oluşturan unsurların devlet tarafından belirlenmesi fikriyle karşılaştırıyor. “Eski moda otoriter öjenistler tek merkezce tasarlanmış bir kalıptan vatandaş üretme arayışındayken,” diyor Agar, “yeni liberal öjeninin ayırt edici niteliği devletin tarafsızlığıdır. Genetik tedavi bilgisine tam kapsamlı bir erişim sağlanması, gelecekteki çocukları için iyileştirmeler seçen ebeveyn adaylarına, kendi değerlerini dikkate alma olanağı sağlayacaktır. Otoriter öjenistler olsaydı sıradan üreme özgürlüklerini ortadan kaldırırlardı. Liberaller ise bunun yerine o özgürlüklere radikal eklentiler öneriyor.”

Otoriter sistemlerde devletlerin ırk ve sınıf temelli kararlarına karşılık, liberal öjeni sistemleri bireye odaklanırdı. Agar’ın hayal ettiği toplumda “çocukları için geliştirme tercihi yapan ebeveynler kendi ‘iyi hayat’ algılarıyla hareket ederdi,”²⁷ ancak bireysel kararla-

26 Jon Entine, “Let’s (Cautiously) Celebrate the ‘New Eugenics’”, *The Huffington Post*, 30 Ekim 2014, https://www.huffingtonpost.com/jon-entine/lets-cautiously-celebrate_b_6070462.html

27 Nicholas Agar, *Liberal Eugenics: In Defense of Human Enhancement*, Blackwell, Oxford 2004, vi, 5. Nicholas Agar, “Liberal Eugenics”, *Public Affairs Quarterly* 12, 1998, 137-155.

rın doğuracağı geniş çaplı toplumsal etkiler de göz önüne alınarak, ebeveyn tercihlerinin dengelenmesi gerekirdi.

Ebeveyn tercihi önemli bir ilkedir ama sınırsız değildir. Örneğin ABD, Amiş ailelerin çocuklarını modern yaşamdan ayırmasına, Hasidik Yahudilerin çocuklarını İngilizce öğrenmeden sadece Yidiş dili konuşarak yetiştirmesine izin vermiyor. Birçok ABD eyaleti karındaki bebeği uyuşturucu ve alkol kullanımıyla zehirleyen kadınlara veya çocuklarını tıbbi hizmetten yoksun bırakan Hristiyan bilim mezhebine mensup ailelere daha az serbesti tanıyor. Dolayısıyla ebeveyn tercihlerini toplumsal ve siyasi bağlam dışında düşünmek mümkün değil.

Hastalıktan sakınma amaçlı embriyo seçimine dünyanın çoğu bölgesinde izin verildiği düşünülürse, gelecekteki çocukların sağlık ve sıhhatini artırma amaçlı üreme kararlarının da çoğu ülkede sonsuza dek yasaklı kalması mümkün görünmez. O durumda da ebeveynler için soru, embriyoları seçmek ve manipüle etmekten çıkıp, bunun ne oranda yapılacağına kayar. Kimisi buna öjeni diyecektir ama zamanla çağrıştırdığı anlamlar değişecektir.

Adam Cohen 2017’de yayınlanan “İyi Öjeni Diye Bir Şey Var mı?” başlıklı kışkırtıcı *Los Angeles Times* yazısında, “20. yüzyıl öjenisi haklı olarak ‘zayıflara karşı savaş’ diye adlandırıldı... 21. yüzyıl öjenisi ise zayıflar için verilen savaş olabilir,”²⁸ diyordu. Konu kaçınılmaz olarak tartışmalı ama tıpkı geleceğin çocuklarında genetik mühendislik yöntemleri kullanmanın potansiyel maliyetleri olduğu gibi alternatifinin de yine maliyetleri var. İleride doğacak çocuklarda ölümcül genetik hastalıkları yok etmek için genetik mühendislik araçlarını kullanmama kararı da bu bireylerde acıya neden olacak bir karardır.

Onun da ötesinde küresel ısınmadan, nükleer savaş sonrası yoğun bir soğumadan, düşen bir asteroitten, ölümcül kaçak bir virüs-

28 Adam Cohen, “Is There Such a Thing as Good Eugenics?”, *Los Angeles Times*, 17 Mart 2017, <http://www.latimes.com/opinion/op-ed/la-oe-cohen-good-eugenics-20170317-story.html>.

ten veya bugün öngöremeyeceğimiz başka bir zorluktan dolayı çevremizde oluşacak ani değişimden sağ çıkabilmek için kendimizi genetik olarak değiştirmek isteyebileceğimiz bir gelecek senaryosunu hayal etmek de zor değil. Diğer bir deyişle genetik mühendislik kolaylıkla sağlık ya da yaşam tarzı tercihi olmaktan çıkıp sağkalım için bir zorunluluğa dönüşebilir. Bu tür olası tehlikelere sorumlulukla hazırlanmak için henüz vaktimiz varken bağlantılı teknolojileri geliştirmeye başlamamız gerekebilir.

Genetik tercihler yapma fikrini hayalî gelecek senaryoları bağlamında düşünmek, pek çok açıdan soyut görünüyor ama bir çocuğun daha sağlıklı ve uzun bir yaşam sürmesine yardım etmek, soyutluktan çok uzak. Ne zaman biri yaşamını yitirse, bir ömürlük bilgi ve ilişki birikimi de dağılıp gidiyor. Sevdiklerimizin kalbinde, yazdığımız kitaplarda ve attığımız naylon torbalarda varlığımızı sürdürüyoruz belki ama genetik seçim veya mühendislikle insanlar fazladan birkaç sağlıklı yıl daha yaşasa, neler olurdu? Başka ne gibi buluşlar yapılır, şiirler yazılır, fikirler paylaşılır ve hayat dersleri aktarılırdı? Bunu mümkün kılmak için bireyler ve toplum olarak ne tür bedeller ödeyebilir, hangi değerlerden taviz verebiliriz? Bireysel ve kolektif olarak hangi riskleri göze alabiliriz? Bu sorulara vereceğimiz yanıtlar bizi hem ileriye götürecektir hem de karşımıza azametli bazı etik engeller çıkaracaktır.

* * *

Günümüzde bazı insanlar çeşitliliği azınlıklara karşı işlenmiş tarihsel hataları telafinin bir yolu olarak görüyor. Kimisi ise üniversitelerimizin, kuruluşlarımızın, devletlerin ve diğer kurumların geniş bir yelpazeye yayılan bakış açılarından yararlanmasını temin etmenin yolu olarak görüyor. Ancak bu anlayışların hepsi daha da önemli bir noktayı gözden geçiriyor: Çeşitlilik geçmişten beri türümüzün tek hayatta kalma stratejisi oldu ve olmaya devam ediyor.

Darwin'ci evrimin iki temel dayanağından biri olan rastlantısal mutasyon, çeşitliliğin öncülüne verilen bir addan başka bir şey değil. Tek hücreli atalarımızın bugünkü bizlere dönüşmesini sağlayan şey çeşitlilikti. İşe yarar adaptasyonları olmayan türlerin tükenmesini, de-

ğışen dünyaya uygun adaptasyonlar geliştirenlerin gelişip serpilmesini garantileyen şey de yine çeşitlilikti. Evrim bazen iyiden kötüye doğru, dört ayak üstündeki maymundan dik duran insana doğru insafsız bir ilerleme gibi görünebilir ama öyle değildir. Evrim kazanan ve kaybedenleri açısından yönsüz ve agnostiktir. Koşullar her zaman değiştiği için evrimleşen varlıklar genelde evrimleştiklerinin farkına varmazlar, geleceğin hayal edemeyecekleri koşullarında seçimle hangi özelliklerin edinilip hangilerinin eleneceğini ise asla bilemezler.

Seçme şansları olsa ağaçlardaki maymunlar muhtemelen kendilerini daha iyi tırmanıcı yapmayı seçerlerdi. Ağaçlarda yaşayan atalarımız ağaçtan inen ilk deliye bir çeşit ucube gözüyle bakmış olmalı. Oysa bozkır yaşamıyla bağlantılı adaptasyonlar bazı avantajlar doğurdu ve bu avantajlar kendileriyle bağlantılı genetik mutasyonların kalıcılığını sağladı. Atalarımızın çoğu Afrika'dan çıkan ilk insanlar değildi sadece; Afrika'dan çıkan ve nihayetinde hayatta kalan ilk insanlardı. Kalıcı olmalarının nedeni büyük olasılıkla yeni ortamlarında onlara daha iyi bir sağkalım şansı sunan özellikler geliştirmeleriydi. Afrika'dan ayrıldıkları noktada onlara ne gibi özelliklere ihtiyaç duyacaklarını sorsak, bilmeleri mümkün olmazdı. Genetik çeşitlilik onlara birçok özellik sundu ve bunlardan bazıları küçük bir grup insanın hayatta kalmasını mümkün kıldı.

Çeşitlilik biyolojimize kazınmış olabilir ama onun bazı yönlerini seçip manipüle etme şansını yakaladığımızda, mevcut yanlışlıklarımızı aşma konusunda dev zorluklarla karşılaşacağız. Biz insanlar kendi halimize bırakıldığımızda kolayca çevrede gördüklerimizin etkisine kapılabiliriz. 154 kadının Queensland Sperm Bankası'ndaki donörler arasında yaptığı tercihleri gözden geçiren yakın tarihli bir Avustralya çalışmasında, kadınların iyi eğitilmiş, içedönük ve analitik donörleri, daha az eğitilmiş, dışadönük ve daha az metodik olanlara tercih ettikleri görüldü.²⁹ Benzer şekilde seçme şansı olsa çoğu ebe-

29 Stephen Whyte, Benno Torgler, ve Keith L. Harrison, "What Women Want in Their Sperm Donor: A Study of More Than 1000 Women's Sperm Donor Selections", *Economics & Human Biology* 23, 2016, 1-9, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/27359087>

veynin daha akıllı, daha uzun boylu, daha iyi görünümlü ve merhametli çocuklar isteyeceğini de tahmin edebiliriz. Günümüz dünyasında değer verilen özellikler bunlar çünkü.³⁰ Oysa söz konusu özelliklerin her biri bizim spesifik kültürel yanlılıklarımızı yansıtıyor.

İrk, cinsel yönelim ve zekâ gibi hassas ve kültürel önem taşıyan meselelere doğru ne kadar yaklaşırsak, kötücül bazı toplumsal yanlılıklara kolektif olarak kapılma tehlikemiz o kadar artar. Konuşmalarından sonra kaygılı bazı insanlar bana embriyo seçimi veya gen düzenlemenin eşcinsel çocuk sahibi olmama veya çocuğun açık tenli olması amacıyla kullanılıp kullanılmayacağını sıkça sorarlar. Yanıt “belki”dir.

Tek bir “gey geni” olmamasına rağmen, ikiz çalışmaları ve genom çapında ilişkilendirme çalışmaları üzerinden eşcinsellik için en azından kayda değer bir genetik altyapının bulunduğu yönünde sağlam deliller elde edildi.³¹ Bugün için anneye transfer edilmesi düşünülen 15 kadar embriyodan hangisinin gey olma ihtimalinin en yüksek olduğunu belirlemek imkânsız ama bu durum değişebilir.

Aynı şey ten rengi için de geçerli. Pennsylvania Üniversitesi araştırmacıları tarafından 2018’de yürütülen bir çalışmada insanın deri

30 Shana Lebowitz, “Science Says Being Tall Could Make You Richer and More Successful—Here’s Why”, *Business Insider*, 9 Eylül 2015, <http://www.businessinsider.com/tall-people-are-richer-and-successful-2015-9>; Roger Highfield, “Symmetrical Human Faces Are More Beautiful”, *The Telegraph*, 5 Haziran 2008, <http://www.telegraph.co.uk/news/science/science-news/3343640/Symmetrical-human-faces-are-more-beautiful.html>

31 R. Sanders ve diğerleri, “Genome-wide Scan Demonstrates Significant Linkage for Male Sexual Orientation”, *Psychological Medicine* 45, 2014, 1379-1388; Siddhartha Mukherjee, *The Gene: An Intimate History*, Vintage, Londra, 2017, 373-379. Ağustos 2019’da yayınlanan çığır açıcı bir çalışmada yarım milyona yakın insanın genetik ve cinsel aktivite bilgileri incelendi ve eşcinsel davranış varyasyonunun yaklaşık üçte birinin genetik farklılıklarla açıklanabildiği sonucuna varıldı. Bkz. Andrea Ganna, Karin J.H. Verweij, Michel G. Nivard, Robert Maier, Robbee Wedow, Alexander S. Busch, Abdel Abdellaoui ve diğerleri, “Large-Scale GWAS Reveals Insights into the Genetic Architecture of Same-Sex Sexual Behavior”, *Science*, American Association for the Advancement of Science, 30 Ağustos 2019, <https://science.sciencemag.org/content/365/6456/eaat7693>

pigmentasyonunu önemli ölçüde etkileyen sekiz gen belirlendi.³² SL-C24A5 geninin tek bir mutasyonu, beyaz ten dediğimiz şeyi büyük oranda açıklıyor. Büyük olasılıkla çok uzak olmayan bir gelecekte tenlerinin tonu farklı olan ebeveynler, embriyolar arasından seçim yaparken daha açık ya da koyu olanı seçebilecekler. Uzun vadede muhtemelen bir preimplantasyon embriyosunu düzenlemek, hatta yetişkinler üzerinde ten renklerini değiştirme amaçlı gen tedavisi gerçekleştirmek mümkün olacak. Seçenekler bilinen ten renkleriyle de sınırlı olmayabilir. Japon araştırmacılar şimdiden CRISPR ile tek bir geni duraklatarak çiçeklerin rengini mordan beyaza döndürdüler.³³ Uygulamayı düşündüğümüz takdirde geniş bir yelpazeye yayılan renk değişim seçeneğine ulaşmamız sadece zaman meselesi. Toplumsal normların yönlendirdiği bu tür tercihler önemli ve olumsuz bazı toplumsal etkiler yaratabilir ve bizi henüz bilinmeyen risklere maruz bırakabilir.

Geçtiğimiz 80 bin yıl içinde atalarımız mahsulü artırmak için mısırı ıslah ettiler ama modifiye edilen bu mısır genetik olarak o kadar homojenleşti ki yanıklık hastalığına karşı duyarlılığı arttı. Aynı şekilde dünyada yeterince kişi çocukları hakkında kültürel yanlışlıklara dayalı bireysel tercihler yapmaya başlarsa, önyargılarımızı kolektif biçimde silaha dönüştürme tehlikesiyle karşı karşıya kalır, türümüzü genetik olarak tektipleştirir ve belli bazı doğal virüslere, mikrop savaşlarına ya da bilinmeyen tehlikelere karşı koyma gücümüzden kayıp veririz. Çeşitliliğimizin birçok yönden sağladığı evrimsel avantajın ayırdına varmazsak, görünüşte kendimize yarar sağlamaya çalışırken, zarar verebiliriz.

2017’de ABD ordusu beni, genetik devrimin savaşların geleceği üstünde yaratabileceği etkileri ve ABD’nin buna nasıl hazırlanabileceğini görüşmek üzere fütüristler ve askerî liderleri bir araya getiren bir

32 Nicholas G. Crawford ve diğerleri, “Loci Associated with Skin Pigmentation Identified in African Populations”, *Science Magazine* 17, 2017, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29025994>

33 Kenta Watanabe ve diğerleri, “CRISPR/Cas9-Mediated Mutagenesis of the *Dihydroflavonol-4-reductase-B* (*DFR-B*) Locus in the Japanese Morning Glory *Ipomoea* (*Pharbitis*) *Nil*”, *Scientific Reports* 7, 30 Ağustos 2017, <http://bio-engineering.ir/wp-content/uploads/2017/10/s41598-017-10715-1.pdf>

konferansa davet etti. Olabileceklere ilişkin farklı senaryolar üretmek üzere gruplara ayrılmanızın ardından her takım kendi düşüncelerini paylaştı. İlk grup, gelecekte askerlerin genetiklerinin değiştirilebileceğini ve örüntü tanımada üstün hale getirilebileceğini anlattı.

Ben ise, “O zaman neden belli türde bilişsel problemleri çözmede otistik olmayanlardan çok daha başarılı olan yüksek işlevli otistik kişileri işe almıyoruz?” dedim. “Mevcut durumda örüntü tanımada çok iyi olan insanlar zaten varken, neden genetik tasarıma başvuralım?”³⁴

İnsan genetik mühendisliği çağına girdiğimiz şu dönemde bu tip soruların geniş çapta sorulması gerekir. Aramızdaki en az avantajlılara gerçek fırsatlar ve daha iyi okullar sunarak toplumun zekâ ve problem çözme yetisini kolektif olarak ciddi biçimde artırabilecekken, neden üstün IQ için insan üretelim? Dünyanın en büyük sanatçıları beyinleri farklı şekilde çalıştığı için büyükken, neden embriyo seçimiyle bipolar bozukluk oranını azaltalım?”³⁵

Basit yanıtları olmayan zorlu sorular bunlar ama ebeveynlerin gey olma ihtimali en düşük embriyoları seçmesi, iki ırklı ebeveynlerin çocuklarını o veya bu renkte seçmesi veya genlerini ona göre düzenletmesi fikri ahlaken çirkin olmakla kalmayıp, aynı zamanda türümüzün avantajlı çeşitliliğine karşı da bir darbe olabilir. Gelecekte tüm bunlar tercihler arasına girebileceği için genetik devrimin son kertede bir korku filmine dönüşmesini istemiyorsak, çeşitliliğimizi takdir edip ona yatırım yapmanın (ve ortak genetik veri havuzumuzda çeşitliliği sağlamanın) yeni ve daha iyi yollarını bulmak için çabalarımızı şimdiden katbekat artırmalıyız. Çeşitlilik türümüzün en değerli varlığıdır, onu kucaklamayı seçersek. İyi niyetle de olsa çeşitliliğimizi azaltmak bizim için ölümcül zaaf yaratmak anlamına gelebilir/.... bizim için Aşil'in topuğuna dönüşebilir.

Öte yandan genetik çeşitliliğin her yönünü fetişleştirmek de hata

34 “Study Finds Autistics Better at Problem-Solving”, EurekaAlert!, 16 Haziran 2009, https://www.eurekaalert.org/pub_releases/2009-06/uom-sfa061609.php

35 Neel Burton, “Bipolar Disorder and Creativity”, *Psychology Today*, 9 Mart 2012, <https://www.psychologytoday.com/blog/hidden-and-seek/201203/bipolar-disorder-and-creativity>

olabilir. Birkaç gen bizi kurtarabilir, bazıları öldürebilir, farklı bağlamlarda farklı deneyimlenen geriye kalanlar ise büyük oranda ortada bir yerde durmaktadır. Genetik çeşitliliğe saygıdan dolayı çocuklarımızı öldüren korkunç hastalıkları kabullenmemiz gerektiğini ileri sürmek veya çeşitliliği artırmak adına ebeveynlere, biliminsanlarına yepyeni hastalıklar taşıyan çocuklar tasarlamaları için izin vermek son derece abes olurdu. Üstelik genetik mühendislik, genetik çeşitliliği sınırlamak için kullanılacağı gibi artırmak için de kullanılabilir.

Meselenin özü şu ki, genetik devriminin en iyi yanlarını hayata geçirebilmek için, yaklaşan çağda çeşitliliğin değerini hem bireysel hem de kolektif tercihlerimiz üzerinden, bugüne kıyasla çok daha etkili biçimde dile getirmemiz, yüceltmemiz ve doğrulamamız gerekecek.

Çeşitlilik gibi eşitlik meseleleri de düşünüşümüzde merkezî konuma sahip olmalı.

* * *

Bütün teknolojilerin inişli çıkışlı bir benimsenme eğrisi vardır.

Avantajlı bir teknolojiye daima öncelikle ilk kişi ya da ilk grubun erişimi olur. Biliminsanları arasında *Homo sapiens* atalarımızın Neandertal akrabalarımızı rekabette mi, avlamada mı, hayatta kalmada mı ve/veya cinsel birleşimde mi üstün gelip yok olmaya ittiği konusunda fikir ayrılığı vardır ama hangisi olursa olsun aletlerimizi, toplumsal stratejilerimizi, cinsel organlarımız ve beynimizi ezici biçimde kullandığımıza şüphe yoktur. Onlardan on binlerce yıl sonra Moğollar üzeninin süvarilere sağladığı askerî avantajı alıp, amansız bir savaş kültürü ve toplumsal örgütlenmede yeni fikirlerle birleştirerek, tarihin en büyük coğrafi imparatorluğunu kurdu. Barutu ve pusulayı Çinliler icat ettiği halde bu teknolojiler Avrupalılar tarafından silaha ve savaş gemilerine uyarlandı ve dünyanın kalanını kolonileştirme amacıyla kullanıldı. Örneklerin her birinde görece önemsiz bazı teknolojik avantajlar onlarca hatta yüzlerce yıl süren hâkimiyetlere; Neandertal örneğinde ise yok oluşa vesile oldu.

Genetik teknolojilerin eşitsiz dağılımıyla bu tür korkutucu so-

nuçların doğması pek çok açıdan mümkün. Çocuklara yararlı özellikler verecek seçimleri ve genetik tasarımları sadece varlıklı ve başka yönlerden avantajlı insanlar yapabilirse, onların çocukları gerçek ya da algılanan yetileri sayesinde toplumlara hükmeder hale gelebilir. Özellikleri geliştirilmiş kişilerin herhangi bir ölçütle bir işi istatistiksel olarak daha iyi yaptığı görülürse, işverenler özellikleri geliştirilmemiş birini işe almak istemeyebilir. Geliştirmelere izin verilir ve eşitsiz erişim devam ederse, avantajlı bir ailenin her yeni nesli, dezavantajlı akranlarından genetik olarak biraz daha gelişkin olur ve iki grup arasındaki fark sonunda kapatılamaz hale gelebilir.

Eşitlikte daha yüksek bir düzey yakalama çabaları kritik önem taşısa da mutlak eşitlik bir amaç olmamalı. 1997 tarihli ünlü *Gattaca* filmi bu fikri ele alır. Filmde özellikleri geliştirilmemiş genç bir adam astronot olmak ister ama genetik profili yüzünden engellenir. Başka karakter nihayetinde azmi, pratik zekâsı ve hileleriyle uzaya gitmeyi başarır. Peki, gerçek hayatta radyasyona karşı daha dayanıklı, sıfır yerçekimi ortamında kemik yoğunluğunu daha iyi koruyacak şekilde genetik olarak optimize edilmiş kişiler varken, toplum genetiği artırılmamış birinin kritik bir uzay görevine katılmasını ister mi?

Birçok teknoloji yola birkaç elit tarafından kullanılarak çıkar, sonradan daha geniş bir kitleye erişir. 2012'de Bangladeş'e yaptığım ziyarette bir mikro kredi programına katılmış köylü kadınlarla görüşmemde, kredi alan kadınların hepsinin küçük işletmeler açmak ve ailelerine bakabilmek için yaptıklarından müthiş etkilenmiş ama daha ötesini yapacak şanslarının pek olmadığını gördüğümde üzül-müştüm. iPhone'um beni evrensel internet kütüphanesine bağladığında, ayrıcalıklı Amerikalılığımın sunduğu büyük avantajların, daha da büyüdüğünü hissetmiştim. Cebimde taşıdığım pahalı teknolojik mucizeye bu yoksul insanların gücü nasıl yetebilir, diye düşündüm. Bugün Bangladeşli köylüler 60 dolar gibi makul bir fiyata akıllı telefon alabiliyorlar, kullanım oranı ise patlama yapıyor. Bizler en baştan akıllı telefona herkes için eşit erişim talep etseydik, akıllı telefon endüstrisi asla bu hızla büyüyüp fiyatları dünyanın dört bir yanındaki yoksul insanların erişeceği rakamlara çekemezdi.

Devletler ve sigorta şirketlerinin, genetik hastalıkları ortadan

kaldırmak için ve normalde o hastalıklarla gelen maliyetlerden veya ilerleyen yıllarda o hastalıklara yakalanacak kişilere ömür boyu bakım sağlamanın maliyetinden kaçınmak için embriyo taramayı, ardından da gen düzenlemeyi destekleme arzusu duyacağını incelemiştik. Ancak şirketler ve devletlerin embriyo tarama işlemini ve genetik mühendisliği yaygın erişime sunmak isteyeceğini söylemek, kesinlikle bunu etkin biçimde yapacakları anlamına gelmez. Çünkü etkin olmayan statükonun bile daima faydalananları vardır. Üstelik imkân sahibi bazı ebeveynler, devlet ve sigorta şirketleri parasını ödemese bile doğacak çocuklarını seçmek ve özelliklerini artırmak isteyecektir. Nihayetinde hiçbir sorunun yanıtı basit değil ama ilk uygulayıcıların çocuklarını genetik olarak geliştirmesine engel olmak, akıllı telefon ve süper bilgisayarı ilk kullananların, bu teknolojilerin sunduğu avantajlardan yararlanmasını engellemekle aynı şey olmaz mı sorusu, yersiz olmasa gerek.

OLASI GENETİK GELİŞTİRMELER



Genel zekâ



Süper duyuşsal beceriler; Görme, işitme veya sezgi.



Spesifik zekâ: Belli bir işlev ya da görev için en uygun olan zekâ; üstün matematik yeteneği, özel duyular veya örüntü tanıma gibi.



Arzulanan davranış özellikleri



Yaratıcılık



Yeti; gıdalardan besin maddelerini çıkarabilme gibi.



Özgünlük; bir biyolojik öz-sanat eseri olarak.



Sağkalım becerileri: Nükleer serpintiden, ölümcül sentetik patojenlerden, yüksek seviye radyasyondan ve uzayda düşük yerçekiminden sağ çıkma yetisinin artırılması gibi.



Fiziksel özellikler; güzellik, boy, dayanıklılık ya da güç gibi.



Yeti; Bugün hayal bile edemeyeceğimiz şeyler yapma yetisi.

Ayrıca birçok kişi genetik determinizmin hükmettiği distopik bir gelecek korkusu yaşasa da genetik kimlikleme konusunun üstü tek kalemde silinmemelidir. Mozart'ın potansiyelini açığa çıkarması kısmen Habsburg Sarayı'nda büyümesinden ileri geliyordu ama bugün Suriyeli mülteci kamplarında kaç Mozart yitip gidiyordu? Peki, müzik bölümlerinin, başvuru yapan gençlerden hangisinin genetik olarak kusursuz kulağa yatkın olduğunu öğrenmesini hep yanlış mı bulacağız?³⁶ Dünyanın en avantajsız topluluklarında muazzam genetik potansiyele sahip olan çocukları belirlemek ve potansiyellerini açığa çıkarmaları için onlara daha iyi fırsatlar sunmak için ya da her çocuğun öğrenme becerisine en uygun eğitim şeklini bulabilmek için genetik tarama yapmaya her zaman karşı mı çıkacağız?

Kimse insanlara doğuştan belli rollerin saptandığı ve tutkularını keşfedip başarabileceklerini gösterme fırsatının tanınmadığı bir toplumda yaşamak istemez. Ayrıca herkese eşit fırsat tanınması için hepimizin elinden geleni yapması gerekir. Öte yandan o veya bu alanda dikkate değer genetik potansiyele sahip olan insanlara fazladan olanaklar sunmak, zamanla dezavantajlı toplumlara bir hizmet olarak, ulusal rekabetçilik açısından bir nimet ve iyi ve doğru bir davranış olarak görülmeye başlanabilir. Hatta belki gelecek on yıllar ve yüzyıllarda bazılarımız çocuklarının geliştirilmiş beceri ve özelliklere sahip olmasını da isteyebilir.

Bu tip geliştirmelerin dağılımı eşit olmasa bile olumlu değerlerle motive edildiği sürece özellikleri geliştirilmiş az sayıda insanın bilim, felsefe, sanat ya da politika gibi alanlarda dünyayı herkes için daha iyi bir yer haline getirecek olağanüstü katkılar sağlayacağı söylenebilir.

Teknolojimizle birlikte evrilmeyi sürdürürken, insan-makine arayüzünde insanın rolünü genişletebilmek için üstün yetenekli kod yazıcılardan oluşacak bir grup yaratmamız gerekecek. Yapay zekânın tanımladığı bir dünyada beşeri yaratıcılık ve empati gibi insani özel-

36 Elizabeth Theusch, Analabha Basu ve Jane Gitschier, "Genome-wide Study of Families with Absolute Pitch Reveals Linkage to 8q24.21 and Locus Heterogeneity", *The American Journal of Human Genetics* 85, 2009, 112-119.

likler öyle değer kazanacak ki genetik mühendislikle daha empatik ve yaratıcı çocuklar üretebilmek için belki de birbirimize karşı silahlanma yarışı başlatacağız. Bu bazılarına korkunç görünse de yapay süper-zekâ dünyasında türümüzün konumunu korumak için gerekli yetilerin genetik olarak artırımını kısıtlamak, otomotiv çağının şafağında beygir ve teker gücünü sınırlamak gibi bir şeye dönüşebilir.

Ne var ki belli işlevlere olan genetik yatkınlıkları belirlemenin makul nedenleri olduğunu söylemek, beceri olarak algılanan birtakım özelliklerin genetik tarafından belirlendiği veya genetiği artırılmış insanlarla artırılmamış olanlar arasındaki uçurumun giderek büyüdüğü bir geleceği pasif biçimde kabullenmemiz gerektiği anlamına gelmez.

İnsan genetik mühendisliğinin geleceği üstüne yaptığım her konuşmanın ardından birisi mutlaka genetik olarak tasarlanmış eşitsizliğin gelecekteki tehlikeleri hakkında soru sorar. Benim yanıtımsa hep aynıdır. Genetik eşitsizlik geleceğimiz için gerçek bir kaygı olmalıdır. Ancak geleceğin uzak bir noktasındaki eşitsizlik için kaygılanıyorsak, bugünden eşitlik değerlerimize göre yaşamaya başlamalıyız. Bu kitabı okuyan ortalama bir insanla Orta Afrika Cumhuriyeti'nde yaşayan ortalama bir kişi arasındaki mevcut farkları ele almak, işe başlamak için iyi bir nokta olabilir.

Bitmeyen içsavaş yüzünden Orta Afrika Cumhuriyeti'nin yüzde 76'sı yoksulluk içinde yaşıyor, dörtte biri yerinden olmuş durumda, yarısı açlık tehdidi altında ve çocukların yüzde 40'ının büyümesi sekteye uğruyor. Ana karnında yetersiz beslenmenin yaygınlığı bu çocuklarda bilişsel işlevlerin ortalamada daha avantajlı ortamlarda doğan ortalama bir çocuktan önemli ölçüde düşük olduğuna işaret ediyor.³⁷ Dolayısıyla diğer ülkelerin avantajlı

37 "Central African Republic", World Food Programme, erişim 2 Haziran 2018, <http://www1.wfp.org/countries/central-african-republic>; Caroline H.D. Fall, "Fetal Malnutrition and Long-Term Outcomes", *Maternal and Child Nutrition: The First 1,000 Days*, Nestlé Beslenme Enstitüsü Atölye Serisi, 74, 2013, 11-25, doi:10.1159/000348384

çocukları, Orta Afrika Cumhuriyeti'ndeki muadillerine kıyasla şimdiden genetik olarak gelişmiş durumda. Eşitliği –ve genetik eşitliği– önemsiyorsak, ki önemsemeliyiz, bölünmüş dünyamızda onu bugün savunmakla, genetik mühendislik ürünü eşitsizliğin olasılığa dönüşeceği yarınlarda değerlerimize örnek teşkil etmiş oluruz.

Ancak bu değerleri hayata geçirmeye çalışırken, bir miktar genetik eşitsizliğin insan olmanın özünde yattığını, çeşitliliğimizin merkezî unsurlarından olduğunu da unutmamalıyız. Türümüz için gerçek anlamda kâbus senaryosu genetik eşitsizlik değil, mutlak bir genetik eşitlik olurdu. Bununla beraber, zincirlerini koparmış bir eşitsizlik de korkunç bir kâbusa dönüşür. Bu güçlüğün en makul çözümü, genetik eşitlikte çok fazla ile çok az arasındaki dengeyi bulmamız olabilir. Başarması kolay değil elbet, özellikle de bizim gibi kibirli bir tür için.

Alman filozof Friedrich Nietzsche *Übermensch*, yani üstün insan fikrini ortaya atarken, insanın Kitabı Mukaddes'te anlatıldığı gibi dünyaya yapılp tamamlanmış halde düşmeyip süregiden bir evrimsel sürecin ürünü olması ve mevcut halinin bu yolculuktaki adımlardan sadece biri olmasının anlamını ele alır. Ona göre bu geçişli versiyonumuz, aşılması gereken bir şeydir. Şu soruyu sorar Nietzsche: “Şimdiye dek tüm varlıklar kendisinin ötesinde bir şey yaratmıştır; peki, sen bu yüce selin geriye çekilen suları mı olacaksın, hatta insanı aşmak varken hayvanlığa kadar geri mi gideceksin.”³⁸

Britanya Öjeni Derneği lideri ve zoolog (aynı zamanda *Cesur Yeni Dünya*'nın yazarı Aldous'un kardeşi) Julian Huxley, İkinci Dünya Savaşı yıllarından önce öjenistliğini açıkça beyan eden ve “zihinsel kusurlar”ı olan insanların gönüllü kısırlaştırılmasını, Birleşik Krallık'a göçe kısıtlama getirilmesini destekleyen biriydi. Nazizm öjenik hareketin kalbine çiviye çaktıktan sonra bile Huxley yıllarca “bilimsel hümanizm” ilkelerine dayalı daha modern bir öjeni tanıdı

yapabilmek için çırpındı.³⁹ 1957’de, Sovyetler’in *Sputnik*’i fırlattığı ve dünyayı yeni bir bilim çağına taşıdığı yıl, Huxley “Transhümanizm” adlı makalesinde şunları söylüyordu:

İnsan türü isterse kendini aşabilir; sadece gelişigüzel aralıklarla, o yönüyle biri bu yönüyle öbürü şeklinde değil, insanlık olarak topyekûn. Bu yeni inanç için bir isim gerek bize. Transhümanizm anlamı karşılar belki: İnsanın insan olarak kalması ama insani doğasının yeni olasılıklarını ve insanı doğası adına olasılıkları gerçekleştirerek kendini aşması... İnsan türü yepyeni bir varoluşun eşiğinde olabilir; bizim varoluşumuz Pekinli birinden ne kadar farklıysa, bizimkinden o kadar farklı bir varoluşun eşiği. Gerçek kaderini nihayet bilinçli bir şekilde yerine getirecek olan bir insan.⁴⁰

O zamandan bu yana transhümanist hareket, düşünürler ve teknologlardan oluşan entelektüel anlamda tek safta toplanmış bir gruptan çıkıp uluslararası derneği, manifestosu, hatta siyasi makam için adayları olan küresel bir harekete dönüştü. Hans Moravec, Ray Kurzweil ve Nick Bostrom gibi parlak düşünürlerin destek verdiği transhümanistler 1998 “Transhümanist Deklarasyon”a göre “insanlık potansiyelinin hâlâ büyük oranda gerçekleştirilmemiş” olduğuna inanıyorlar. Bu potansiyel “yaşlanmayı, bilişsel yetersizlikleri, istenmeyen acıları ve Dünya gezegeniyle kısıtlanmışlığımızı aşmak suretiyle” genişletilebilir. Bireylere “yaşamlarını etkinleştirme konusunda geniş kişisel seçenekler sunulmalı” ve bu seçeneklere “bellek, konsantrasyon ve zihinsel enerjiye yardım edecek tekniklerin kullanımı; yaşam uzatma tedavileri; üreme tercihi teknolojileri; cryonics [canlı dondurma] işlemleri ve başka birçok insan modifikasyonu”yla özellik

39 Paul Weindling, “Julian Huxley and the Continuity of Eugenics in Twentieth-century Britain”, *Journal of Modern European History*, 1 Kasım 2012, erişim 10 Mayıs 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4366572/>

40 Tobiasz Mazan, *Transcend the Flesh: Transhumanism Debate*, 2015, 8, https://www.researchgate.net/publication/279189548_Transcend_the_Flesh_Transhumanism_debate

artırma teknolojisi" de dahil edilmeli.⁴¹ Tıpkı öjeni ve ondan önceki çoğu din gibi transhümanizm de insanın biyolojik sınırlarını aştığı bir dünyanın hayalini kuruyor.

Nietzsche'nin *Übermensch* hayali meşum anlamlar edinirken⁴² transhümanistler ve benzeri gruplar, makine ve insan becerilerini kusursuz bir evrimsel devrim ağında birleştiren *Über-zekânın* hayali kuruyor. Bu fikirler ürkütücü olduğu kadar son derece baştan çıkarıcı.

İnsanın varoluş tarihi baştan sona hayatta kalma şansını artırmak için verilen bitmek bilmez bir mücadelenin ürünü. Bunu da kalorileri emniyete alarak, hava şartlarından korunarak ve üreyerek yapıyor. Gelgelelim onca ömürlük birikim yaşlanan beynimizin çöküşüne ve ölümün yıkımına yenik düşerken, tür olarak attığımız üç adımın ardından, iki adım geriye gidiyoruz. Genetik teknolojiler bize daha uzun ve sağlıklı yaşama, bilgiyi koruma ve başka birçok şeyi daha iyi yapma olanağı sunduğunda, hatta sırf kendi biyolojimizin kaprisine karşı savaşma kabiliyetimiz olduğu hissini verdiğinde, bu teknolojileri kullanma fikrinin çekiciliği kolektif olarak karşı konulmaz dereceye varacaktır.

Ne var ki öjeni ile transhümanizm arasındaki entelektüel bağlantı hepimize bir uyarı niteliğindedir. Bir şeyi yapacağımızı ve muhtemelen de yapmamız gerektiğini söylemek, sınırlar olmaması gerektiği anlamına gelmez. En özgür toplumların bile insanların özel yaşamlarında ve ötesinde neyi yapıp yapamayacağını belirleyen yasaları vardır. Genetik mühendisliğin geleceği aslında pek çok yönüyle bizzat insanın geleceğidir. O geleceğin mümkün kılınabilmesi için kucaklanması gerekir. Kendimizi kendimizden koruyabilmemiz için ise geleceğin kurallar altına alınması gerekir.

41 Doug Baily ve diğerleri, "Transhumanist Declaration", 1998'da taslağı yazıldı ve 2009'da Humanity+ tarafından benimsendi, <http://humanityplus.org/philosophy/transhumanist-declaration/>

42 Santi Tafarella, "What Did Friedrich Nietzsche Take from Charles Darwin?", 2010, <https://santitafarella.wordpress.com/2009/12/26/what-did-friedrich-nietzsche-take-from-charles-darwin/>

Ancak bugün karşımızdaki zorluk, bilim katlanan bir hızla ilerlerken, halkın onu anlama yetisinin sadece lineer bir artış göstermesidir. Bilimsel gelişimle etik kısıtlamalar arasında en doğru dengeyi bulmak için gereken düzenleyici yapılar bugün buzlu zemin üstünde santim santim ilerliyor. Bunların yaşandığı dünya da öyle bir dünya ki, büyük bazı kültürel ve toplumsal farklılıklar, toplumların içi ve aralarındaki daha büyük rekabetlerin de ittirmesiyle, ortak zemin bulmamızı hiç olmadığı kadar zorlaştırıyor.

ÇOKLUKLAR İÇERİYORUZ¹

Biz insanlar yalnızca genetik anlamda çeşitli bir tür değiliz. Kültürel anlamda da çeşitliyiz. Dünyamızı böylesine ilginç, ilişkilerimizi böyle ödüllendirici kılan şey büyük ölçüde çeşitliliğimiz.

Fikir ve yaklaşımdaki çeşitlilik, türümüz için büyük bir değer olsa da bazı bedelleri de var. İnsan genetik mühendisliğinin geleceğiyle o veya bu şekilde bağlantılı çeşitli konulara –ki bunlara çevreye yaklaşımımız, besinleri yetiştirme şeklimiz ve yaşamın başlangıcıyla ilgili düşüncümüz de dahil– birbirimizden çok farklı yaklaşıyoruz. Bu tip konularla ilgili fikir ayrılıkları fazlasıyla büyüdüğünde bugüne dek tartıştık, üstün gelmek için siyasi rekabete girdik, kimi zaman da haklılığımızı kanıtlamak için savaştık. İnsan genetik mühendisliğine yakın olan konularda yaptığımız tartışmaları geçmişte nasıl yürüttüğümüze bakmak, bize hem genetik devrim kendini gösterdikçe

1 Amerikalı şair Walt Whitman'ın "Song of Myself, 51" şiirine gönderme. "Kendimle çelişiyor muyum? / Öyle olsun, ne âlâ, kendimle çelişiyorum / (Cesaretim var benim, çokluklar içeriyorum)." (Ç.N.)

neler görmeyi bekleyebileceğimiz hakkında fikir verebilir hem de ortak bir yol bulmanın zorluğu hakkında uyarıcı olabilir.

Genetik mühendislik doğayı atalarımızın hayal bile edemeyeceği şekillerde değiştirmeyi içeriyor. Okyanuslarda yüzen, sürünerek karaya çıkan ve ağaçlarda sallanan atalarımız çevreyi büyük ölçekte sarsacak kapasiteye sahip değildi. Bizler saldırgan ve tehlikeli bir dünyada hayatta kalma mücadelesi veren, tekrar tekrar açlıktan ölümün eşiğine gelen, hastalıkların pençesinde boğuşan ve öldürmek için saldıran yırtıcılarla savaşan pek çok türden biriydik.

Ne var ki başarabildiğimiz ilk anda doğanın aşırılıklarına var gücümüzle karşı koyduk. Diğer hayvanları, zaman zaman da birbirimizi öldürecek silahları, istikrarlı bir kalori kaynağını emniyete almak için tarımı ve doğanın musibetlerine karşı savaşmak için ilaçları geliştirdik. Bazı insan toplulukları diğerlerine kıyasla daha açgözlüydü ama hepsi dünyayı kendi ihtiyaçlarına göre şekillendirdi.

Etraflarını kuşatan doğa güçleri karşısında saygıyla eğilen avcı-toplayıcı toplumlar bile büyük olasılıkla başka türlerin kitlesel yok oluşundan sorumluydu. Örneğin Amerikan Yerlisi Kızılderililerin ataları 13 bin yıl önce Bering Boğazı'nı aşıp geldikten sonra yeni dünyada –mamutlar, mastodonlar, gri (korkunç) kurtlar, dev kunduzlar ve *camelop*'lar²– çok sayıda türün soyu hızla tükendi.³ Doğal yaşam alanlarında yaşanan benzer yıkımlar, insanın Hawaii, Yeni Zelanda, Easter Island ve başka birçok yere ilk kez ayak basmasından sonra oldu.

Eski dönem Batılı teologlar insanın doğaya hükmünü gerekçelendirmek için Eski Ahit'i referans gösterirdi. Tanrı, "İnsanı kendi suretimizde, kendimize benzer yaratalım," der "Yaratılış" 1:26'da.

2 Devesuratılar. (Ç.N.)

3 Shepard Krech III, *The Ecological Indian: Myth and History*, W.W. Norton & Company, New York, 2000. Bu yok oluştan insanların sorumlu olup olmadığı, doğrusu arkeologlar arasında hâlâ tartışılıyor. Onaylayan görüş için bkz. Gary Haynes, "The Catastrophic Extinction of North American Mammoths and Mastodonts", *World Archaeology* 33, No. 3 (2002): 391-416, doi:10.1080/0043824012010744. Karşı görüş için bkz. Donald Grayson, "Clovis Hunting and Large Mammal Extinction: A Critical Review of the Evidence", *Clovis Hunting and Large Mammal Extinction: A Critical Review of the Evidence* 16, No. 4, Aralık 2012, doi:10.1023/A:1022912030020

“Denizdeki balıklara, gökteki kuşlara, evcil hayvanlara, sürüngenlere, yeryüzünün tümüne egemen olsun.” Doğal dünyayı fethedip kendi yurtlarında çevreyi mahvetmeyi haklı çıkarmak için egemenlik felsefesini kullanan Avrupalı toplumlar, yeni geliştirdikleri bilimsel ve endüstriyel becerileriyle de dünyanın kalanını acımasızca kolonize edip amansızca sömürdüler. 20. yüzyılın ikinci yarısında ise Avrupa’da çoğunluğun duyarlılığında bir kayma oldu ve Avrupalılar dünyanın önde gelen çevrecileri, iklim değişikliğini yavaşlatmada küresel çabaların destekleyicisi oldular.

Amerika’ya gelen Avrupalı yerleşimciler plantasyonlar kurmak için engin ormanları kestiler, araziye tarlalara dönüştürmek için devasa ekosistemleri yok ettiler ve bizon gibi hayvanları spor için yok olma eşiğine varana dek avladılar. Ancak sonra John Muir gibi korumacılar Teddy Roosevelt’e Amerika’nın ilk milli parklarını kurma yolunda ilham verdi ve çevre bilinci gelişmeye başladı. 1969 ile 1971 arasındaki üç inanılmaz yılda Yeryüzünün Dostları, Doğal Kaynakları Savunma Konseyi, Greenpeace ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) kuruldu ve ilk defa Dünya Günü ilan edildi.⁵

Çin de doğanın halk ve devlet tarafından algılanışında benzeri savrulmalar yaşadı. Geleneksel Çin kültürü insan ve doğa arasında belli bir uyuma değer veriyordu. İnsanın doğayla birliği, *tian ten he yi*, Konfüçyüsçülük ve Taoculuk gibi Çin’in başlıca düşünce okullarında göze çarpan bir unsurdur. MÖ 4. yüzyıl filozofu Mengzi, “Havuzlarla göletlere ağlar sokulmazsa, balıklar ve kaplumbağalar tüke- tilemeyecek kadar çoğalır. Baltalarla keserler tepeler ve ormanlara bir tek uygun zamanlarda girerse, kullanılamayacak kadar çok kereste olur,”⁶ der. Gelgelelim bu uyum, diğer kültürlerde de olduğu gibi her zaman gerçekleşmeyen bir idealdi.

4 1:26 (Kral James İncil’i), <https://www.biblegateway.com/passage/?search=Genesis+1%3A26&version=KJV>

5 Donald Trump başkanlığı döneminde gelişmekte olan bu çevresel kalkınma kayboldu ve ABD hükümeti iklim değişikliğine istinaden önceki yükümlülüklerinden çekildi, milli parkları küçülttü ve EPA’nın içini boşalttı.

6 Bölüm 3, *The Works of Mencius*, <http://nothingistic.org/library/mencius/mencius01.html>

Mao ve Çinli komünistlerin 1949'da gücü ele geçirmesinden sonra geleneksel doğaya saygı felsefesi bir hınçla tersyüz edildi. Çin'in modernizasyonunu hızlandırma çabası içindeki Mao 1958'de Büyük İleri Atılım'ı başlattı. Endüstrileşmeyi destekleme yolunda tarımsal ürün fazlası oluşturabilmek için çiftçiler komünler halinde örgütlenmeye ve tarlalarına eskisinin on katı tohum ekmeye zorlandılar. Bunu takiben mahsuller aşırı yoğunluktan öldü. Kalanların bir kısmını serçeler yediği için Mao ve parti liderleri çocukları serçe yuvalarını bulup yok etmeye, çiftçileri de serçeler yorulup kaçsın diye tencere tava çalmaya çağırdı. Milyonlarca serçe öldürüldükten sonra doğal olarak böcek nüfusu patladı ve tarım ürünlerine yeni zararlar verdi. Bu çöküş döngüsü içinde bile çiftçilere arka bahçelerinde sanayileşmeyi hızlandırmada kullanılabilecek metalleri eritmek için ocaklar kurmaları emredildi. Bu anlamsız ocaklar için ülkenin dört bir yanında ağaçlar kesildi, Çin'in ormanları kırıлып geçildi. Kuraklık geldiğinde ise Mao'nun Çin'i tamamen hazırlıksızdı. Mao'nun azman ekolojik kırımının yol açtığı insan kaynaklı tarihin en büyük kıtlığında, 1958 ile 1962 arasında tahmini 45 milyon Çinli öldü.⁷

Çin'in çevresel yıkımı, Mao'dan sonra ülke daha akıllı endüstrileşme politikaları uygularken bile devam etti. 1978'de göreve yeni geçen başkan Deng Şiaoping Çin ekonomisini dışa açma süreci başlattı ve ülkenin hızla kalkınmasının önünü açtı. Daha çok mühendislerin başını çektiği Çin Komünist Partisi, yaşamın her alanı tasarlanabilirmiş gibi davranıyordu. Parti, tek çocuk politikasını getirerek nüfus mühendisliğine, Üç Boğaz Barajı ve Güney-Kuzey Su Yönlendirme Projesi gibi dev çalışmalarla çevre mühendisliğine ve hava kirliliği, güvenlik ve işçi haklarını fazlaca dikkate almayan endüstriyel politikalarla kalkınma mühendisliğine soyundu. Çin bunu izleyen 40 yıl içinde tarihin en hızlı büyüyen ekonomisi haline gelirken, "ne pahasına olursa olsun büyüme" felsefesi suyollarının büyük bölümünün kirlenmesine, hava kirliliğine ve yemyeşil arazilerin çöle dön-

7 Frank Dikötter, *Mao's Great Famine: The History of China's Most Devastating Catastrophe, 1958-1962*, Walker & Company, New York, 2010.

mesine yol açtı.⁸ Nihayet Çin'in havasından boğulan, besininden zehirlenen ve yeni yeni palazlanan orta sınıfın ayaklanması tehdidiyle karşı karşıya kalan Şi Cinping gibi Çinli liderler, çevrenin temizlenmesini öncelik haline getirdiler.

Çevrenin korunmasına ilişkin ulusal yaklaşımlardaki tüm bu gelgitler, genetiğimizi değiştirme konusunda gelecekte eylemlerimize rehberlik edecek olan milli ve komünal ideolojilerin, toplumlar içinde ve özellikle toplumlar arasında yekpare olmayacağının açık bir göstergesi.

Özüne bakıldığında, insan genetik mühendisliği üstüne yapılacak tartışma, bir tür olarak ne kadar ileri gideceğimizin tartışması olacaktır. İnsan olarak hepimiz tek bir türüz ama aynı zamanda evrimin bize miras bıraktığı biyolojimizi değiştirip değiştirmeyeceğimiz ya da ne kadar değiştireceğimiz konusunda farklı görüşlere sahip çok çeşitli gruplardan oluşuyoruz. Doğayla ilişkimize dair bu tür birbirinden ayrı felsefeler, genetiği değiştirilmiş ürünler üstüne yapılan çekişmeli tartışmalar bağlamında, farklı toplumlarda farklı biçimlerde gelişti.

Atalarımız, Gregor Mendel özelliklerin nesilden nesle aktarım mekanizmasını çözmeden çok önce bitkilerle seçici yetiştirme yapıyordu. Genetiğin kurallarını anlamak araştırmacıları özel genetik karakterlere sahip bin bir türlü organizmayı yetiştirmede daha da başarılı kıldı. Genlerin ne olduğu ve ne yaptığını daha iyi anlayan biliminsanları, bir organizmanın genetik materyalini diğerine aktararak bir adım daha ileri gidebildi.

Stanford Tıp Fakültesi öğrencisi Stanley Cohen ve profesörü Herbert Boyer 1973'te antibiyotik direnci sağlayan bir geni, bir bakteri türünden alıp bu dirence sahip olmayan başka bir türe aktardı.

8 Elizabeth C. Economy, *The River Runs Black: The Environmental Challenge to China's Future*, Cornell University Press, 2010.

İkinci bakteri antibiyotik direnci kazanınca genetiği değiştirilmiş organizmalar, yani GDO doğdu.⁹ GDO'lar genetik materyali insanlar tarafından, özellikle de türler arasında gen aktarımı yaparak değiştirilip, doğada genelde kendi kendine oluşmayan bir forma dönüştürülmüş bitki, hayvan ve diğer organizmalardır.

Bundan kısa süre sonra General Electric'te çalışan bir mikrobiyolog ham petrolü parçalamak üzere genetik olarak tasarlanmış bir bakterinin patentini aldı. Bakteri özellikle petrol sızıntısı sorununda büyük yararlar sağlama potansiyeline sahipti. GE'nin patent başvurusu reddedildi çünkü ABD Patent Ofisi'nin kurallarında canlı organizmalara patent alınamayacağı açıkça belirtiliyordu. Ancak GE'nin temyiz başvurusu sonucu ABD Yüce Mahkemesi 1980'de aldığı, "Canlı, insan yapımı bir mikroorganizma, patenti alınabilir bir konudur,"¹⁰ kararıyla dünyayı hayrete düşürdü. Yaşamın patenti alınıyorsa, yarış şimdi o konuda portföy oluşturmaya dönüyordu.

Ne var ki Genentech ve Amgen gibi şirketler hızla işlerini kurup büyütürken, diğerleri biliminsanlarının "rekombinant DNA" diye andığı şeyin olası tehlikelerinden kaygı duymaya başlamıştı; yani birden fazla organizmadan alınan genetik materyali birleştirerek normalde doğada bulunmayacak türden genetik diziler yaratmak. Önde gelen biliminsanlarından oluşan bir grup, ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri direktörünü özel bir komite kurmaya çağırdı. Komite bu yeni teknolojinin olası biyolojik ve ekolojik tehlikelerini değerlendirmeli ve rekombinant DNA moleküllerinin insan, hayvan ve ekin popülasyonunda hedeflenmemiş yayılımını önlemenin yollarını aramalıydı.¹¹ 1975'te Amerika'nın öncü biliminsanlarından bazıları rekombinant DNA'nın yeni araçlarının nasıl kullanılacağını belirleyecek olan stan-

9 Genetiği değiştirilmiş organizmalar, genleri normalde çiftleşmeyle olmayacak biçimlerde değiştirilmiş organizmalardır. Transgenik organizmalar ise farklı bir organizmadan alınan genetik materyalin eklendiği türden bir genetik modifikasyon geçirmiş olan organizmalardır.

10 Diamond / Chakrabarty, 447 ABD 303, 1980, <https://supreme.justia.com/cases/federal/us/447/303/case.html>

11 Paul Berg ve diğerleri, "Potential Biohazards of Recombinant DNA Molecules", *Science* 26, 1974, 303, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC388511/?page=1>

dartlara dair önerileri konuşmak üzere Pacific Grove, California, Asilomar Konferans Alanı'nda etikçiler, avukatlar ve devlet yetkilileriyle bir araya geldi.¹² GDO teknolojilerinin uygulamaları giderek artarken, bu tür standartları belirlemek kritik önem taşıyordu.

1982'de FDA diyabetik tüketiciler için genetiği değiştirilmiş bakteriden elde edilen insülinin satışını onayladı. İki yıl sonra ABD Tarım Bakanlığı genetiği değiştirilerek daha yavaş olgunlaşıp daha uzun raf ömrüne sahip hale getirilen Calgene's Flavr Savr domateslerinin satışını onayladı. Bunu izleyen yıllarda ABD'de genetiği değiştirilmiş tohum pazarı, Bayer, Dow, DuPont, Monsanto ve Syngenta gibi güçlü çokuluslu şirketlerin öncülüğünde katlanarak büyüdü. 2000'e gelindiğinde ABD'de yetiştirilen mısır, soya fasulyesi ve pamuğun büyük kısmını genetiği değiştirilmiş olanlar teşkil ediyordu.

Genetiği değiştirilmiş ekin kullanımı artmaya devam etti çünkü çiftçiler GD tohumların rekolte ve kârı artırıp, tarım ilacına ihtiyacı azalttığına inanıyordu. Kamu da buna büyük oranda katılıyordu. Pew tarafından 1999 ile 2003 arasında yapılan bir dizi ankete göre Amerikalıların çoğunluğu ürünlerde genetik değişiklik hakkında çok az şey biliyor, üçte bir kadarı bu konuda kaygı duyuyor, beşte biri ise güvenli olduğunu düşünüyordu.¹³ 2016'ya gelindiğinde Amerikalıların çoğu hâlâ genetiği değiştirilmiş ürünler hakkında bilgisizdi, ankete katılanların yine üçte biri GDO'lar konusunda endişeliydi ve yüzde 58'lik bir oran genetiği değiştirilmiş ürünlerin insan sağlığı için genetiği değiştirilmeyenlerle eşit derecede iyi ya da daha iyi olduğunu düşünüyordu.¹⁴ 2016 tarihli bir ticari rapora göre ABD market alışverişçileri-

- 12 Paul Berg ve diğerleri, "Summary Statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 72, 1975, 1981-1984, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC432675/pdf/pnas00049-0007.pdf>
- 13 Rick Blizzard, "Genetically Altered Foods: Hazard or Harmless?", *Gallup News*, 12 Ağustos 2003, <http://news.gallup.com/poll/9034/genetically-altered-foods-hazard-harmless.aspx>
- 14 Cary Funk ve Brian Kennedy, "Public Opinion about Genetically Modified Foods and Trust in Scientists Connected with These Foods", Pew Research Center, 1 Aralık 2016, <http://www.pewinternet.org/2016/12/01/public-opinion-about-genetically-modified-foods-and-trust-in-scientists-connected-with-these-foods/>

nin hiçbirisi genetiği değiştirilmemiş gıdalara fazladan para ödemek istemiyordu ve tahminlere göre “Genetiği değiştirilmemiş gıda ürünleri fiyatındaki düzenli artış devam ederse tüketiciler genetiği değiştirilmiş gıda ürünlerine geçiş yapacak”tı.¹⁵

Çin de genetiği değiştirilmiş ürünleri istikrarlı adımlarla benimsedi. Dünyadaki tarıma elverişli arazilerin sadece yüzde 9’una sahip, nüfusun ise yüzde 20’sine sahip bu ülke geçmişten beri gıda yetersizliği yaşıyordu. Çin devleti için genetik modifikasyon uzun zamandır küçük ve marjinal çiftliklerin mahsulünü artırmanın, ülkenin muazzam tekstil operasyonları için gerekli pamuğu yetiştirmenin ve Çin halkı ile kalabalık çiftlik hayvanlarını beslemenin cazip bir yolu olarak görünüyordu. Bugün küresel soya fasulyesi ihracatının yüzde 60’ı Çin’e gidiyor ve bunun tamamına yakını genetiği değiştirilmiş ürünlerden oluşuyor.

GDO ve diğer tarımsal teknolojilerin gelecek açısından kritik önemini fark eden Çin devleti “geliştirilmiş tarım”ı devletin 2016 Beş Yıllık Planı’nda stratejik bir “gelişmekte olan endüstri” olarak sınıflandırdı.¹⁶ Başkan Şi Cinping 2014’te Çin, “GDO teknolojilerini cesurca araştırmalı, yenilikler katmalı ve onun en kritik noktalarına hâkim olmalı. Yabancı ülkelerin GDO pazarına hükmetmesine izin verilmemeli,” diyordu.¹⁷ 2017’de dünyanın öncü tarımsal biyoteknoloji devlerinden biri olan çokuluslu İsviçre şirketi Syngenta’nın, Çin Kamu İktisadi Kuruluşu ChemChina tarafından 43 milyar dolara satın alınmasının ardında yatan itici güç de bu devlet teşvikiydi.¹⁸

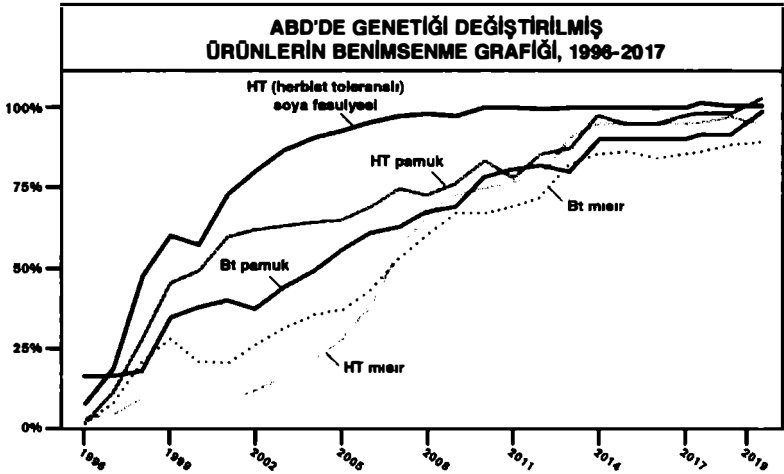
15 “Genetically Modified Seeds Market—9.83% CAGR to 2020”, *PR Newswire*, 7 Eylül 2016, <https://www.prnewswire.com/news-releases/genetically-modified-seeds-market—983-cagr-to-2020-592549281.html>

16 Çin’de genetiği değiştirilmiş ürünleri regülasyonunun harika bir değerlendirmesi için bkz. Alice Yuen-I’ing Wong ve Albert Wai-Kit Chan, “Genetically Modified Foods in China and the United States: A Primer of Regulation and Intellectual Property Protection”, *Food Science and Human Wellness* 5 No. 3, 2016, 124-140, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213453016300076>

17 Chui Wei-Yap, “Xi’s Remarks on GMO Signal Caution”, *Wall Street Journal*, 9 Ekim 2014, <https://blogs.wsj.com/chinarealtime/2014/10/09/xis-remarks-on-gmo-signal-caution/>

18 “ChemChina Clinches Its \$43 Billion Takeover of Syngenta”, *Fortune*, 5 Mayıs 2017, <http://fortune.com/2017/05/05/chemchina-syngenta-deal-acquisition/>

Çin'de GDO konusundaki kamusal kaygı, ülkede tekrar tekrar yaşanan gıda güvenliği skandallarıyla artış gösterse de anketlere göre Çin tüketicilerinin önemli çoğunluğu genel olarak, Amerikalı muadilleri gibi ama Avrupalıların aksine genetiği değiştirilmiş gıdaları kabul ediyor.¹⁹



Kaynak: "Recent Trends in GE Adoption," USDA Economic Research Service, son güncelleme 12 Temmuz 2017, <https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx>

ABD ve Çin'de giderek artan GDO benimseme oranının temeli sadece tüketici bilgisizliği değil. Aynı zamanda bilim. Genetiği değiştirilmiş ürünlerin yaygınlığı arttıkça, araştırmacıların güvenlik risklerini değerlendirmede kullandığı veri setleri de genişledi. On yıllar

19 Fei Han ve diğerleri, "Attitudes in China about Crops and Foods Developed by Biotechnology", *Plos One* 10, 2015, <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0139114>; ve Kai Cui ve Sharon P. Shoemaker, "Public Perception of Genetically modified (GM) Food: A Nationwide Chinese Consumer Study", *Nature News*, 5 Haziran 2018, <https://www.nature.com/articles/s41538-018-0018-4>; npj *Science of Food*, cilt 2, makale No: 10, 2018.

boyunca birbiri ardına gelen çalışmalar, genetiği değiştirilmiş ürünlerin geleneksel olanlar kadar güvenli olduğunu tekrar tekrar ortaya koydu. Amerikan Bilimsel Gelişme Birliği Yönetim Kurulu'nun 2012 raporuna göre, "Modern moleküler biyoteknoloji teknikleriyle ürün geliştirmek güvenlidir."²⁰ *Journal of Agricultural Food Chemistry*'nin 2013 tarihli literatür incelemesine göre "kendisi de güvenlik açısından uzun bir geçmişe sahip olan geleneksel yetiştirmeye kıyasla [genetiği değiştirilmiş ürünlerin] ürün kompozisyonunu daha az bozan nitelikte olduğuna dair... çok sayıda delil mevcut."²¹ 2020 Avrupa Birliği raporunun²² yanı sıra Dünya Sağlık Örgütü²³, Amerikan Tıp Derneği²⁴, ABD Ulusal Bilimler Akademisi²⁵, Britanya Kraliyet Derneği²⁶ tarafından yürütülen çalışmalar ve dünyanın diğer saygın kuruluşlarının hepsi aynı sonuca ulaştı.

Genetiği değiştirilmiş ürünlerin güvenliliği için bunlar yeterli delil değilse, ABD Ulusal Bilimler Akademisi, Mühendislik ve Tıp Bölümü 2016'da GDO bilimiyle ilgili kendi kapsamlı incelemelerini yayımladı. Bu muazzam meta-analizde dünyanın her yerinde o güne

- 20 "Statement by the AAS Board of Directors on Labeling of Genetically Modified Foods", American Association for the Advancement of Science, 12 Haziran, 2013, <https://www.aaas.org/news/statement-aaas-board-directors-labeling-genetically-modified-foods>
- 21 Rod A. Herman ve William D. Price, "Unintended Compositional Changes in Genetically Modified (GM) Crops: 20 Years of Research", *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 2013, 11695-11701, <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf400135r>
- 22 *A Decade of EU-Funded GMO Research (2001-2010)*, European Commission on Food, Agriculture and Fisheries and Biotechnology, 2010, https://ec.europa.eu/research/bio-society/pdf/a_decade_of_eufunded_gmo_research.pdf
- 23 *Safety Assessment of Foods Derived from Genetically Modified Microorganisms: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology*, WHO Headquarters, Geneva, İsviçre, 24-28 Eylül 2001, <http://www.fao.org/3/a-ae585e.pdf>
- 24 *Report 2 of the Council on Science and Public Health (A-12) Labeling of Bioengineered Foods* (Kararlar 508 ve 509-A-11), 2012, <http://ag.utah.gov/documents/AMA-BioengineeredFoods.pdf>
- 25 *Read Safety of Genetically Engineered Foods: Approaches to Assessing Unintended Health Effects*, NAP.edu. National Academies Press: OpenBook, erişim 30 Nisan 2018, <https://www.nap.edu/read/10977/chapter/1>
- 26 *Genetically Modified Plants for Food Use and Human Health—An Update*, Policy Document 4/02, Şubat 2002, https://royalsociety.org/~media/royal_society_content/policy/publications/2002/9960.pdf

dek yapılan bütün güvenilir GDO çalışmaları gözden geçirildi, yüzlerce üst düzey uzmana danışıldı ve ilgili 700'ü aşkın kişi ve kurumdan yorumlar alındı. Genetiği değiştirilmiş ürünlerinin bu en sistematik incelemesiyle elde edilen tüm girdilere dayanarak Ulusal Akademiler raporunda "Genetiği değiştirilmiş ürünler ile çevresel sorunlar arasında neden-sonuç ilişkisine dair hiçbir kati delil bulunmadığı" ve "Genetiği değiştirilmiş gıdaların kullanıma girmesinden sonra spesifik sağlık sorunlarında artış ya da azalmaya dair hiçbir delil" bulunamadığı sonucuna varıldı. Raporda herbisit (bitki öldürücü) dirençli otların tehlikesine ve başka bazı güçlüklerle yer verilse de genel mesaj açık ve netti: Genetiği değiştirilmiş ürünler insan tüketimi için genetiği değiştirilmemiş ürünler kadar güvenlidir.²⁷

Şubat 2018'de İtalyanların yayınladığı bir çalışma bir adım daha ileri gitti. Dünyanın çeşitli yerlerinden 20 yılı aşkın bir sürece yayılmış çok sayıda çalışmayı gözden geçiren yazarlar, genetik modifikasyonun mısırdaki aslında rekolteyi artırıp kanserojen toksinleri azalttığı sonucuna vardılar.²⁸ Genetiği değiştirilmiş mısır, insan tüketimi için sadece güvenli değil, bu çalışmaya göre genetiği değiştirilmemiş mısıra göre daha sağlıklıydı.

Öte yandan genetiği değiştirilmiş ürünlerin tüketim için güvenli olması, ortada haklı endişeler yaratan konular olmadığı anlamına gelmez. Belli ürünlere gereğinden çok bel bağlarsak, şirketlerin gıda teminimiz üstünde tekelleştirici güç edinmesine fırsat tanırsak veya dikkatsiz davranıp aşırı dirençli bitki zararlıları yaratırsak, gerçek sorunlarımız olabilir. Genetiği değiştirilmiş titiz düzenlemeler gerektiren muazzam avantajlara ve olası dezavantajlara sahip bir araçtır.

Ne var ki güvenli olduklarını gösteren bunca çalışmaya rağmen GDO'ların bilimsel hikâyesi Batı dünyasının birçok yerinde abartılı korkulara giderek yenik düştü. 1990'da Amerikan çevre aktivistleri

27 *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*, National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, The National Academies Press, Washington, 2016, 15, <https://doi.org/10.17226/23395>

28 Elisa Pellegrino ve diğerleri, "Impact of Genetically Engineered Maize on Agronomic, Environmental and Toxicological Traits: A Meta-analysis of 21 Years of Field Data", *Scientific Reports* 8, 2018, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21284-2>

“Biyoteknolojinin Acı Hasadı” başlıklı bir rapor yayınladı. Raporda genetiği değiştirilmiş bitkilerin yaygınlaşması kınanıyor, ABD hükümeti bu teknolojiye verdiği desteği kesmeye davet ediliyordu.²⁹ O günden bu yana yeni teknolojilere, ABD küresel şirketlerine ve genel anlamda piyasa kapitalizmine duyduğu güvensizlikten yola çıkan ve küçük çiftçileri romantize etmenin yanında yediği besinlerin kirle- neceğinden korkan kişilerin çoğunluğu oluşturduğu GDO karşıtı aktivistler, *Frankengıdalar* diye anlamaya başladıkları şeye karşı alarm seviyesini giderek yükselttiler.

GDO karşıtı örgütler bilim camiasına karşı hücumla geçmek ve camianın sesini boğmak üzere tasarlanmış yanlış bilgilendirmelerle dolu kampanyalar başlattı. Birçok kişi bu tip hatalı bilgilendirmelere açıktır çünkü atalarımız binlerce yıldır doğada büyük çaplı değişiklikler yaptığı halde çoğumuz içgüdüsel olarak doğanın doğal olduğu yönünde bir “doğacılık yanılgısı”na sığınırız. Öte yandan Monsanto gibi büyük ve saygınlığı darbe almış çok uluslu şirketlerin yeni gelişen bu sanayiden önemli kârlar sağlaması da durumu iyileştirmez.³⁰

Bu aktivizm özellikle Avrupa’da heyecan uyandırdı. 2016’ya gelindiğinde anket yapılan Avrupalıların yüzde 84’ü genetiği değiştirilmiş gıdalardan haberdardı ve tam yüzde 70’i genetiği değiştirilmiş ürünlerin “yapı itibarıyla doğal olmadığı” inancındaydı. Yüzde 61 genetiği değiştirilmiş ürünleri geliştirmenin teşvik edilmemesi, caydırılması gerektiğine, yüzde 59 ise genetiği değiştirilmiş ürünlerin güvenli olmadığına inanıyordu.³¹

Kamuoyu muhalefетinin sesi yükseldikçe Avrupalı yasa düzenleyiciler kulak kabarttı. 1980’lerde modern bitki genetik mühendisliğinin-

29 Rebecca Goldberg ve diğerleri, *Biotechnology's Bitter Harvest*, Biotechnology Working Group, Mart 1990, <http://blog.ucsusa.org/wp-content/uploads/2012/05/Biotechnology-Bitter-Harvest.pdf>

30 Monsanto’nun çalışmalarının adil bir değerlendirmesi için bkz. Drake Bennett, “GMO Factory Monsanto’s High-Tech Plans to Feed the World”, Bloomberg.com, 4 Temmuz 2014, erişim 10 Mayıs 2018, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2014-07-03/gmo-factory-monsantos-high-tech-plans-to-feed-the-world>

31 Eurobarometer Biotechnology Report, Ekim 2010, http://ec.europa.eu/commfrontoffice/publicopinion/archives/ebs/ebs_341_en.pdf

de başı Belçikalı bilimciler çektiği halde on yıl sonra genetiği değiştirilmiş gıdaların etiketlenmesini ilk talep edenler Avrupalı yasa düzenleyiciler oldu. Etiketleme ilk bakışta iyi fikir gibi görünse de yapı itibarıyla aldatıcıdır çünkü yediğimiz gıdalar ve hayvanları beslediğimiz tahıllardaki enzimlerin büyük bir kısmı genetiği değiştirilmiş olanlardır. GDO'ları tam olarak etiketlemek, yediklerimizin o kadar büyük bir kısmını etiketlemeyi gerektirir ki, gösterim işlemi anlamını yitirir.

Genetiği değiştirilmiş ürünlerin potansiyel birçok yararına karşın Greenpeace, Earth Liberation Front ve diğerleri gibi GDO karşıtı örgütler GDO araştırmalarını tekrar tekrar ve zorla sekteye uğrattı ve dünyanın çeşitli araştırma merkezlerinde genetiği değiştirilmiş ürün denemelerini yıkıma uğrattı.³² 2011'de Greenpeace, kendi üyelerinin deneysel, genetiği değiştirilmiş buğdayları tahrip amacıyla Avustralya araştırma tesisine zorla girdiğini kabul etti. 2013'te Greenpeace'le işbirliği içindeki aktivistler Filipinler'deki ünlü Ulus-



Kaynak: Becker 1999/flickr, Creative Common 2.0 üzerinden genel kullanıma açık fotoğraf.

32 Karl Haro von Mogel, "GMO Crops Vandalized in Oregon", Biology Fortified, 24 Haziran 2013, <https://www.biofortified.org/2013/06/gmo-crops-vandalized-in-oregon/>

lararası Pirinç Araştırma Enstitüsü'ndeki vitamini artırılmış altın pirinç araştırma tarlalarından ürünleri söktüler.”

Avrupa Birliği üstündeki baskının artmasıyla birlikte Avrupalı liderler bir yanda kamuoyundaki fikir karışıklığının, diğer yanda bilimsel ve ekonomik rekabetin katlanılamaz bir durum yarattığını kabul ettiler. Kamuoyu kışkacına girmekten kaçınma çabasıyla AB çevre bakanları 2013'te genetiği değiştirilmiş ürünlerini herhangi bir nedenle kısıtlayıp kısıtlamama kararının her AB ülkesinin kendisi tarafından verilmesinde mutabık kaldı. Bilimden çok kamuoyuna yanıt veren 17 Avrupa ülkesi, 2015 itibarıyla genetiği değiştirilmiş ürünleri yetiştiriciliğini yasakladı.

Eskiden GDO karşıtı, sonradan GDO savunucusu olan Mark Lynas'ın o dönemde yazdığı gibi:

Kıta Avrupa'sı aslında koskoca bir bilimsel ve teknolojik girişime kapılarını kapatıyor. 1910'da Amerika'nın otomobil boykotu ilan etmesi ya da Avrupa'nın 15. yüzyılda matbaa makinesini yasaklaması gibi bir şey bu.³⁴

Avrupa Akademileri Bilim Danışma Konseyi, AB'nin “tarımsal yenilikçilikte uluslararası rakiplerin gerisine düştüğünü” ve bunun da “AB'nin bilim ve yenilikçilik hedeflerinin yanı sıra çevre ve tarıma da etkileri olacağını”³⁵ beyan etti. Ancak o noktada geç

33 Tom Nightingale, “Scientists Speak Out against Vandalism of Genetically Modified Rice”, *ABC News*, 19 Eylül 2013, <http://www.abc.net.au/news/2013-09-20/scientists-speak-out-against-vandalism-of-gm-rice/4970626>. Sanhtekâr Hintli aktivist Vandana Shiva da GDO karşıtlığı kervanına katılarak bir milyon kadar insanın hayatını kurtaran yeşil devrimin aslında açlığa neden olduğu ve altın pirinçin bir kandırmaca olduğunu söyledi.

34 Mark Lynas, “With G.M.O. Policies, Europe Turns against Science”, *The New York Times*, 24 Ekim 2015, <https://www.nytimes.com/2015/10/25/opinion/sunday/with-gmo-policies-europe-turns-against-science.html?mtref=www.google.com&assetType=opinion>

35 “EASAC Warns EU Policy on GM Crops Threatens the Future of Our Agriculture”, The Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 10 Temmuz 2013, <https://www.knaw.nl/en/news/news/easac-warns-eu-policy-on-gm-crops-threatens-the-future-of-our-agriculture>

kalinmış, Avrupa'nın GDO karşıtı treni çoktan istasyondan ayrılmıştı.

2015'te Berlin'de genetiği değiştirilmiş ürünler üstüne kısıtlamalar getiren Alman yasa koyuculardan birkaçıyla görüştüm. Her biri bana kısıtlamanın bilimsellik dışı, amaca zarar veren yapıda ve saçma olduğunu söyledi. Hepsi aksini düşünmesine rağmen GDO'yu kısıtlamak durumunda kaldığını çünkü kamuoyu tarafından Almanya'nın ve Avrupalı siyasi liderlerin elinin zorlandığını söyledi.³⁶ İçlerinden birkaçı GDO karşıtı kampanyanın öncüsü Greenpeace'in peynir, ekmek, şarap ve birada kullanılan genetiği değiştirilmiş birçok enzimin GDO olarak etiketlenmesine karşı lobicilik yaptığını iddia etti. İddiaya göre bunun nedeni GDO'lara belimizin ne kadar bağlı olduğunun anlaşılması halinde GDO karşıtı kampanyanın çökeceği korkusuydu.³⁷ Ayrıca CRISPR gibi gen düzenleme teknikleri, genetik özellikleri değiştirmek için ekinlerin kendi içinde zaten mevcut olan genlerin kapatılıp açılmasına olanak sağladığı, dolayısıyla teknik anlamda GDO olmadığı halde Greenpeace ve GDO karşıtı güçler muhalif çağrı yapıyordu.³⁸

2016'da Nobel ödüllü 109 kişi Greenpeace'i GDO karşıtı kampanyayı sonlandırmaya davet eden bir mektup yayınladı. "Greenpeace ve destekçilerine şunları ısrarla tavsiye ediyoruz," deniyordu mektupta:

Dünyanın çeşitli yerlerinden çiftçi ve tüketicilerin biyoteknoloji ile iyileştirilmiş ekin ve gıdalarla olan deneyimlerini yeniden incele-

- 36 Yeşiller Partisi'nin Almanya'da biyoteknolojide yenilikçiliği baltalamadaki etkinliği üstüne eleştirel bir değerlendirme için bkz. Günther, Susanne, "How Anti-GMO Advocates Hijacked German Science, Blocking Agricultural Innovation and Threatening the CRISPR Revolution: A Farmer's Perspective", Genetic Literacy Project, 17 Temmuz 2018, erişim 5 Ağustos 2018, <https://geneticliteracyproject.org/2018/07/12/how-anti-gmo-advocates-hijacked-german-science-blocking-agricultural-innovation-threatening-crispr-revolution-farmers-perspective/>
- 37 Paul Gander, "EU Enzyme Scrutiny Could Open Up GM 'Can of Worms'", *Food Manufacture*, 8 Ağustos 2012, <https://www.foodmanufacture.co.uk/Article/2012/08/09/Are-enzymes-processing-aids-or-should-they-be-labelled-as-ingredients>.
- 38 Steven Cerier, "Anti-GMO Forces New Breeding Techniques (NBTs) Despite Similarities to Conventional Crops", Genetic Literacy Project, 26 Şubat 2018, <https://geneticliteracyproject.org/2018/02/26/anti-gmo-forces-target-new-breeding-techniques-nbts-despite-similarities-conventional-crops/>

melerini, yetkili bilimsel kurumlar ve düzenleyici kuruluşların bulgularını tanımasını ve genelde GDO'lara, özelde altın pirinçe karşı yürütülen kampanyayı terk etmesini öneriyoruz. Dünyanın her yerinden bilimsel ve düzenleyici kuruluşlar biyoteknolojiyle iyileştirilen besinlerin, en az diğer üretim yöntemleriyle türetilenler kadar güvenli olduğunu tekrar tekrar ve istikrarla ortaya koydu. Şimdiye dek insan ya da hayvan tüketiminde sağlık üstünde olumsuz etkiye dair onaylanmış tek bir örnek dahi olmadı. Bu ürünlerin çevreye olan etkilerinin ise daha az zarar verici olduğu ve küresel biyoçeşitliliğe yarar sağladığı yine tekrar tekrar gösterildi.³⁹

Uzman topluluğun coşkulu talebine karşın GDO karşıtı kampanyanın etkisi özellikle Avrupa'da hâlâ yüksek. Bu çabalar Temmuz 2018'de büyük bir zafer kazandı. Çünkü bu tarihte Avrupa'nın en yüksek mahkemesi olan Adalet Divanı, CRISPR gibi yeni gen düzenleme teknikleriyle genleri düzenlenmiş ürünlerin, dışarıdan genetik materyal eklenmediği halde genetiği değiştirilmiş ürünlerle aynı düzenlemelere tabi olacağına hükmetti.⁴⁰ Umeå Üniversitesi bitki fizyoloğu Stefan Jansson *Nature*'a, "Bunun araştırmalar üstünde tıpkı GDO yasalarının 15 yıldan beri yarattığı etki gibi korkunç bir etkisi olacak,"⁴¹ dedi.

Avrupa'nın GDO yasakları, kıtanın ekonomik rekabet kabiliyetine zarar veriyor ama Avrupa vatandaşlarının yaşamını tehlikeye atmıyor. Aynı şeyi bu politikaların gelişmekte olan ülkeler üstünde etkileri için söylemek mümkün değil. GDO üreten ülkelerin bazı tarımsal ithalatlar üstündeki kısıtlamaları, ekonomik refahı bu ihra-

39 "Laureates Letter Supporting Precision Agriculture (GMOs)", Support Precision Agriculture, 29 Haziran 2016, http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html

40 "Organisms Obtained by Mutagenesis Are GMOs and Are, in Principle, Subject to the Obligations Laid down by the GMO Directive", Avrupa Birliği Adalet Divanı, basın bildirisi No 111/18, Lüksemburg, 25 Temmuz 2018, C-528/16 davasının hükmü, Confédération Paysanne ve diğerleri / Premier ministre ve Ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-07/cp180111en.pdf>

41 Callaway, Ewen, "CRISPR Plants Now Subject to Tough GM Laws in European Union", *Nature News*, 25 Temmuz 2018, erişim 4 Ağustos 2018, <https://www.nature.com/articles/d41586-018-05814-6>

cat pazarlarına bağlı olan birçok Afrika ve Asya ülkesini de genetiği değiştirilmiş ürün ekimini kısıtlamaya zorladı. Bu da yoksul ülkeleri biyoteknoloji kullanarak virüs dirençli ürünlerle daha çok rekolte elde etme, gübreyi ve tehlikeli tarım ilacını azaltma, beslenme düzeyine hayat kurtaran besin maddelerini katma ve binlerce ölüme yol açabilen kuraklıkların etkisini minimuma indirme şansından mahrum etti. Bunların da yararlı sonuçlar olduğu söylenemez.⁴²

Nobel ödüllü grup Greenpeace'e karşı en sert eleştiriyi, kuruluşun altın pirince olan muhalefetlerine ayırmıştı. "Greenpeace altın pirince karşı muhalefete öncülük etmiştir, oysa altın pirinç," diyorlardı:

... en büyük etkisi Afrika ve Güneydoğu Asya'nın en yoksul insanları üstünde görülen A vitamini eksikliğinin (VAD) yarattığı ölüm ve hastalıkları büyük oranda azaltma veya ortadan kaldırma potansiyelidir. Dünya Sağlık Örgütü'nün tahminlerine göre 250 milyon kişide VAD görülüyor ve bunun içinde gelişmekte olan ülkelerin beş yaş altı çocuklarının yüzde 40'ı yer alıyor. UNICEF istatistiklerine göre VAD'nin bağışıklık sistemine zarar vermesi, bebek ve çocuklarda büyük tehlikeler yaratmasının sonucu olarak her yıl VAD kaynaklı ve önlenabilir bir ila iki milyon ölüm gerçekleşiyor. Dünya çapında her yıl 250 bin-500 bin çocuğu etkileyen çocuk körlüğünün de önde gelen nedeni yine VAD. Bu çocukların yarısı görme yetilerini kaybettikten sonraki 12 ay içinde yaşamını yitiriyor. GREENPEACE'e özellikle altın pirince, genel olarak da biyoteknolojiyle üretilen ekin ve gıdalara karşı yürütülen kampanyayı bırakmaları ve çekilmeleri için SESLENİYORUZ... Bunu "insanlığa karşı suç" olarak görmemiz için dünyada daha kaç yoksul insanın ölmesi gerekiyor?"⁴³

42 Marian Tupy, "Europe's Anti-GMO Stance Is Killing Africans", *Reason*, 5 Eylül 2017, <http://reason.com/archives/2017/09/05/europes-anti-gmo-stance-is-killing-afric>

43 "Laureates Letter Supporting Precision Agriculture (GMOs)", Support Precision Agriculture, 29 Haziran 2016, http://supportprecisionagriculture.org/nobel-laureate-gmo-letter_rjr.html. GDO karşıtı örgütlerin altın pirince karşı yürüttüğü yanlış bilgilendirici tehlikeli kampanya hakkında daha fazla bilgi için bkz. Andrew Porterfield, "Anti-GMO Groups Draw FDA Rebuke over Misrepresentation of Golden Rice Nutrition", Genetic Literacy Project, 15 Haziran 2018, erişim 18 Haziran 2018, https://geneticliteracyproject.org/2018/06/11/anti-gmo-groups-draw-fda-rebuke-over-misrepresentation-of-golden-rice-nutrition/?mc_cid=6c723bdda&mc_eid=6d7f502b6d

Afrika genetiği değiştirilmiş ürünler üstündeki kısıtlamaları son zamanlarda gevşetmeye başlamış olsa ve 2019 sonunda Filipinler altın pirinç satışını onaylayan ilk ülke olsa da Avrupalı ve aktivist STK'ların korku tellallığı sonucunda dünyanın en savunmasız ülkelerinde GD ürünlerin benimsenmesinin geciktiğine şüphe yok.“ Tarım ürünleri üstünde uygulanan genetik modifikasyon ve gen düzenlemelerinin, gıda tedarikinde dayanıklılık ve sürdürülebilirliği önemli ölçüde artırma ve nüfusu büyürken giderek ısınan gezegenimizde yaşamı daha mümkün ve kalımlı kılma potansiyeli var.“ GDO karşıtı kampanya yürütenlerin savları tümüyle dayanaksız olmasa da, korku tellallığı yapan GDO karşıtı kampanyanın yarardan çok zarara yol açtığına da şüphe yok.

GD mahsüllerinde yaşanan tecrübe, farklı insanların “doğa” olarak farklı biçimlerde algıladığı şeyleri değiştirme konusundaki tartışmaların, ne kadar hararetle bir hal alabileceğini gösteriyor.

GDO tartışması, genetiği değiştirilen organizma soya fasulyesi ile mısır değil de biz olduğumuzda nasıl bir tabloyla karşılaşabileceğimiz hakkında da fikir veriyor. Üstelik insan üremesi söz konusu olduğunda ideolojik kampların ne kadar duyarlı ve çalkantıya açık olduğunu da önceki bölümlerde gördük.

★ ★ ★

İnsanlar kayıtlı tarihimizin büyük bir kısmı boyunca kürtaji uy-

- 44 Iowa State Üniversitesi'nden araştırmacılar Batı'daki GDO karşıtı haber yayınlarını, Rus devleti tarafından desteklenen haber birimlerinin öne çıkardığını ileri sürdü. “How Russia Tried to Turn America against GMOs and Agricultural Biotechnology and Sow Ideological Discord”, Genetic Literacy Project, 9 Mart 2018, erişim 4 Ağustos 2018, <https://geneticliteracyproject.org/2018/03/06/russia-tried-turn-america-gmos-agricultural-biotechnology-sow-ideological-discord/>
- 45 National Academies of Sciences. “Science Breakthroughs to Advance Food and Agricultural Research by 2030”, National Academies Press: OpenBook, 18 Temmuz 2018, erişim 5 Ağustos 2018, <https://www.nap.edu/catalog/25059/science-breakthroughs-to-advance-food-and-agricultural-research-by-2030>.<https://doi.org/10.17226/25059>, 4-5

guladılar. İlk kürtaj kayıtları Mısır, MÖ 1550'ye dek uzanıyor. Kürtaj antik Mısır ve Roma'da yaygındı ve benimsenmişti. Platon da Aristoteles de yazılarında kadınların kürtaj yaptırma hakkını açıkça destekliyordu. MÖ 500 gibi erken bir döneme ait Çin arşivleri, gebeliği sonlandırmada cıva kullanımından söz ediyordu.

Britanya Parlamentosu 1803'te beş ayı aşan –ruhun fetüse girdiğine inanılan zaman– gebelikte kürtajı idamla cezalandırılabilir hale getirdi. Ceza daha sonra kürtajı gerçekleştiren için ömür boyu hapse indirildi. Kürtaj kolonyal Amerika'da da yaygın olduğu halde ABD'de 1850'lerde başlayan kısıtlamalar, gebeliğini sonlandırmak isteyen Amerikalı kadınları, o dönemde zaten düşük olan tıbbi standartlardan da sağlıksız ve tehlikeli koşullarda kürtaja itti ve binlerce gereksiz ölüme neden oldu. Birleşik Krallık'ın 1967 Kürtaj Yasası ile ABD Yüce Mahkemesi'nin dönüm noktası niteliğindeki 1973 "Roe Wade'e Karşı" davasının kararı her iki ülkede de kadınların kürtaj hakkını resmileştirse de kürtaj meselesi çözüme ulaşmaktan çok uzaktı.

"Roe Wade'e Karşı"yı izleyen yıllarda Katolik Kilisesi ve evanjelik Hristiyanlar giderek artan bir kalabalıkla kürtaja karşı hareket yürüttü ve nihayetinde Amerikan Cumhuriyetçi Parti'nin siyasi desteğini kazandı. Roe kararı geçerli kalsa ve kürtaj hakları California ve New York gibi daha liberal eyaletlerde korunsa da kürtajı sınırlama baskıları daha muhafazakâr ABD eyaletlerinde arttı. 1977 Hyde Yasa Değişikliği kürtaj için federal fon kullanımını önemli ölçüde kısıtladı.

"Roe"den sonraki 40 yıl içinde, kürtaj kliniklerine karşı kundakçılık ve bombalama da dahil 300 kadar şiddetli saldırı gerçekleşti ve ABD'de cinayete kurban giden kürtaj sağlayıcılar bile oldu.⁴⁶ Ulusal Kürtaj Federasyonu ayrıca son 40 yılda kürtaj kliniklerine ilişkin 176 bin kuşatma vakasının, 1.500 vandallık eyleminin ve 400 ölüm tehdidinin kayıtlara geçtiğini bildirdi.⁴⁷ Kürtaj hakları bugün Alaba-

46 Mireille Jacobson ve Heather Royer, "Aftershocks: The Impact of Clinic Violence on Abortion Services", National Bureau of Economic Research, 2010, <http://users.nber.org/~jacobson/JacobsonRoyer6.2.10.pdf>

47 "Violence Statistics & History", National Abortion Federation, <https://prochoice.org/education-and-advocacy/violence/violence-statistics-and-history/>

ma, Arkansas, Georgia, Kentucky, Louisiana, Mississippi, Missouri, Ohio ve Utah'ta tehlike altında. Birleşik Devletler idari bölgelerinin yüzde 84'ü kürtaj hizmeti sunmuyor ve sadece 17 eyalet kürtaj ödemelerini diğer sağlık hizmetlerine benzer şartlarda karşılıyor.⁴⁸

Çin Komünist Partisi 1949'da iktidara geldikten kısa süre sonra nüfus artışını teşvik etmek için çoğu kürtajı yasakladı. Ne var ki Mao'nun ölümünü takip eden iktidar savaşının ardından 1978'de başa geçen Deng Şiaoping, geliştirdiği ekonomik reform planlarının ancak Çin'in nüfus artışının yavaşlatılması halinde işe yarayacağına inanıyordu. Onun yönetimiyle 1979'da çoğu Han Çinlisi aileye, özellikle kentsel bölgelerdekilere, tek çocuk sınırı getiren politika devreye girdi. Politikaya destek mahiyetinde kürtaj da 1988'de yasal hale geldi.

Bunu izleyen yaklaşık 40 yıl içinde tek çocuk politikası yürürlükte kaldı, birden fazla çocuğu olan ailelerin çoğuna ağır maddi cezalar getirildi ve çok sayıda kadın rızası dışında kürtaja ve/veya kısırlaştırılmaya zorlandı.⁴⁹ Tek çocuk politikası kürtajın etrafında oluşan kötü algıyı hafifletti ve birçok ebeveyni, kimi zaman kasıtsızca kimi zaman doğrudan dışı embriyoları kürtajla aldırmaya, kız bebekleri evlatlık vermeye ve engelli doğan çocukları terk etmeye itti. Tek çocuk politikası nihayet 2015'te hafifletilse de Çin'in normalde ulaşacağı tahmin edilen nüfustan yaklaşık 400 milyon kişiyi eksiltti.⁵⁰

Ancak yönetimin baskısı azalsa da Çin halkı ortalamada kürtaj konusunda Amerikan muadillerinden oldukça rahat kalmayı sürdür-

48 "Public Funding for Abortion", American Civil Liberties Union, erişim 1 Mayıs 2018, <https://www.aclu.org/other/public-funding-abortion>

49 Adam Taylor, "The Human Suffering Caused by China's One-Child Policy", *The Washington Post*, 29 Ekim 2015, <https://www.washingtonpost.com/news/worldviews/wp/2015/10/29/the-human-suffering-caused-by-chinas-one-child-policy/?utmterm=.d7fa61c5c3cb>

50 Justin Parkinson, "Five Numbers That Sum Up China's One-Child Policy", *BBC News*, 29 Ekim 2015, <http://www.bbc.com/news/magazine-34666440>. Sayı muhtemelen 400 milyondan az çünkü ülkenin doğum oranı ekonomik gelişme ve artan eğitim seviyesiyle bağlantılı olarak çok büyük ihtimalle azalırdı.

dü. İnsan olmayı ilahî bir varlık addeden Batı dinlerinin aksine Çinliler kendilerini ebeveynlerinin soyundan görürler. Antikçağ'dan gelen atalara tapınma geleneğinin temeli budur. Bu fikirler Çin kültürünün başlıca dayanaklarından biri olan Konfüçyüs'çü *ataya saygı* kavramının da temelini oluşturur. Bu kavram aile mirasının devamı için sağlıklı ve kifayetli evlatlar doğurmaya büyük değer verir. Kürtaj bugün Çin'de yaygın kabul görmeyi sürdürüyor.

Bu tip farklı kültürel gelenekler ve yasal normlar dünyada kürtaj konusunda farklı benimsenme ve konfor seviyelerinin oluşmasına neden oldu. Aşağıdaki tablo kürtaja karşı tutumda çeşitli dinler arasındaki farkı Pew'un 2014 Dinî Görünüm Çalışması'nı temel alarak ortaya koyuyor.⁵¹

BELLİ BAŞLI DİNİ GRUPLARIN KÜRTAJA YAKLAŞIMI			
Kürtaj haklarına birkaç istisna ile veya istisnasız karşı	Kürtaj haklarını bazı sınırlarla destekliyor	Kürtaj haklarını birkaç sınırla ya da sınırsız destekliyor	Net bir yaklaşımı yok
• Afrika Metodist Piskoposluk Kilisesi • Tanrı Meclisleri • Roma Katolik Kilisesi • İsa Mesih'in Son Zaman Azizler Kilisesi • Hinduizm • Lüteryan Kilisesi Missouri Sinodu • Güneyli Baptist Konvansiyonu	• Episkopal Kilise • Amerika'daki Evanjelik Luteryen Kilise • Birleşik Metodist Kilisesi	• Muhafazakâr Yahudilik • Presbiteryen Kilisesi (ABD) • Reformist Yahudilik • Üniteryen Universalizm • Birleşik Mesih Kilisesi	• İslam • Budizm • Ulusal Baptist Konvansiyonu • Ortodoks Yahudilik

Kaynak: David Masci, "Where Major Religious Groups Stand on Abortion", Pew Araştırma Merkezi, 21 Haziran 2016, <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2016/06/21/where-major-religious-groups-stand-on-abortion/>

51 "Views about Abortion", Pew Araştırma Merkezi, 2014, <http://www.pewforum.org/religious-landscape-study/views-about-abortion/>

Kürtaj konusunda bu tip farklı toplumsal görüşler, dünyanın çeşitli yerlerindeki kamuoyu yoklamalarında da kendini gösteriyor. Örneğin 2017'de ankete katılan Amerikalıların yüzde 58'i kürtajın yasal ya da ağırlıklı olarak yasal olması gerektiğine inanırken, yüzde 40'ı yasadışı veya ağırlıklı olarak yasadışı olması gerektiğine inanıyordu. Yahudi, Budist ve herhangi bir dinle bağlantılı olmayan Amerikalılar, belki de tahmin edileceği gibi, kürtaj haklarını en çok destekleyenler arasındayken, Katolikler, Evanjelikler, Mormonlar ve Yehova'nın Şahitleri en şiddetle karşı çıkanlardı.⁵² 2015 tarihli 23 ülkede yapılan bir BuzzFeed anketi, tahmin edileceği gibi liberal Avrupa ülkelerinin kürtaja en hoşgörülü; daha Hıristiyan ve geleneksel Latin Amerika, Asya ve Afrika ülkelerinin ise daha az hoşgörülü ülkeler olduğunu ortaya koydu.⁵³

İnançlardaki bu farklılıklar dünyanın çeşitli idari bölgelerinde kürtajı düzenleyen birbirinden farklı yasalarda da kendini gösteriyor. Pew'un 2015 küresel kürtaj yasası analizine göre anket yapılan 196 ülkenin yüzde 26'sı kürtaja ancak annenin hayatını kurtarmak gerektiğinde izin veriyor, ek olarak bir yüzde 42'si de kürtaja ciddi kısıtlamalar getiriyor. Kısıtlayıcı ülkelerin çoğunu, dinî kurumların toplumda öncü konumda olduğu ülkeler teşkil ediyor. Kürtajı her durumda yasaklayan altı ülkenin tamamı ise kilisenin egemen olduğu ülkeler.⁵⁴ 2019 tarihli Üreme Hakları Merkezi'ne ait bir haritada dünyanın çeşitli idari bölgelerinde kürtaja yaklaşımın etkin bir görsel temsili yer alıyor. Bu farklı bölgeler arasındaki hukuki ayrılıklar, kürtaj konusunda en sert kısıtlamalara sahip ABD eyaletlerinden biri

52 "Views about Abortion", Pew Araştırma Merkezi, 2014, <http://www.pewforum.org/religious-landscape-study/views-about-abortion/>

53 Lester Feder, Jeremy Singer-Vine, ve Jina Moore, "This Is How 23 Countries around the World Feel about Abortion", Buzzfeed News, 4 Haziran 2015, https://www.buzzfeed.com/lesterfeder/this-is-how-23-countries-around-the-world-feel-about-abortion?utm_term=.veJX3nrV4#swW7R0kQ8. 2014 tarihli Pew anketine göre ağırlıklı olarak Katolik Filipinler kürtaja en karşı olan kesimken, Fransa'nın daha seküler kesimlerinde yaşayanlar en az karşı olanlardı. "Global Views on Mortality," Pew Araştırma Merkezi, <http://www.pewglobal.org/2014/04/15/global-mortality/male-abortion/>

54 Angelina E. Theodorou ve Aleksandra Sandstrom, "How Abortion Is Regulated around the World", Pew Araştırma Merkezi, 6 Ekim 2015, <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2015/10/06/how-abortion-is-regulated-around-the-world/>

olan Louisiana'da⁵⁵ kadınların kürtaj gerektiğinde neden eyalet dışına çıktığını ya da kürtajın yasaklı olduğu Andorra'da kadınların neden aynı sebeple sınırı geçip Fransa'ya gittiğini açıklıyor.

Farklı toplumların kürtaja yaklaşımı ve yasal düzenlemeleri arasındaki ayrılıklar, insana genetik modifikasyonların uygulanmasıyla ilgili tartışmalar için sadece bir öncül değil, bir ana unsur aslında. İnsanda kalıtımla aktarılan genetik mühendisliğin geçiş kapısı sayılan IVF ve embriyo seçimi prosedürleri, hemen hemen her durumda transfer edilmeyen embriyoların imhasını veya en azından dondurulmasını gerektirdiğinden, kürtaj politikaları şimdiden yardımla üreme politikasına, embriyo tarama ve insanda gen düzenleme politikasına doğru evriliyor. Amerika'nın Hyde Yasa Değişikliği bunun mükemmel bir örneği. Kürtaj tartışmasından yola çıkan yasa değişikliği, ABD'de insan genetik araştırmaları üstünde de ciddi kısıtlamalar yaratıyor.⁵⁶

İnsanlar çevre, GDO ve kürtaj tartışmalarında çıgırlarından çıktılarsa, genetiği değiştirilmiş ekinler yüzünden barikatlar kurup araştırma merkezlerini tahrip ettilerse ve kürtaj kliniklerine saldırıp doktorları öldürdülerse, aynı insani, kültürel, toplumsal ve yönetimsel/idari görüş çeşitliliği, yeni gelişmekte olan genetiği değiştirilmiş insanların bilimine karşı farklı ulusal yaklaşımlara esin verdiğinde neler olabileceğini hayal edin.

★ ★ ★

55 Gina Pollack, "Undue Burden: Trying to Get an Abortion in Louisiana", *The New York Times*, 16 Mayıs 2017, https://www.nytimes.com/2017/05/16/opinion/abortion-restrictions-louisiana.html?_r=0; "The World's Abortion Laws", Center for Reproductive Rights, 2019, erişim 10 Temmuz 2019. <https://reproductiverights.org/world-abortion-laws>

56 Joshua Seitz, "Striking a Balance: Policy Considerations for Human Germline Modification", *Santa Clara Journal of International Law* 16, No. 1, 2 Mart, 2018, 60-100, erişim 18 Haziran 2018, <https://digitalcommons.law.scu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1225&context=scujil>. Gen düzenleme tartışmasının kürtaj hakları tartışlarıyla nasıl tuhaf bir yoldaşlık edindiği konusunda ilginç bir yorum için bkz. Sarah Karlin ve diğerleri, "Gene Editing: The Next Frontier in America's Abortion Wars", 16 Şubat 2016, erişim 29 Mayıs 2018, <https://www.politico.com/story/2016/02/gene-editing-abortion-wars-219230>

2016'da Alliance VITA isimli Fransız aktivist grup aşağıdaki dilekçeyle "Genetiği Değiştirilmiş Bebekleri Önleyin" kampanyası başlattı.⁵⁷

DİLEKÇE

CRISPR-CAS9:

***Tedavi amaçlı geliştirmelere Evet,
transgenik embriyolara Hayır!***

İnsan ilgiyi hak eder, genetik programlamayı değil.

Son birkaç ayda CRISPR-Cas9 teknolojisinin kullanımı keskin bir hızla arttı. Bu teknik herhangi bir bitki, hayvan ya da insan hücre DNA'sının (genom) doğrudan değiştirilmesine olanak sağlıyor.

Bu teknoloji çocuklar ve yetişkinlerde çeşitli genetik hastalıkların tedavisi için umut verici. **Ancak insan embriyolarına uyarlandığında sıfırdan genetiği değiştirilmiş insanlar üretebilir**, yani "genetiği değiştirilmiş bebekler".

Dünya çapında etik bir yasal çerçeve oluşturulmalıdır.

Genetiği değiştirilmiş bebek mi? HAYIR!

Bu dilekçeyi imzalayarak ülkemden acilen uluslararası bir moratoryum ilan edip sürdürmesini, diğer bir deyişle insan embriyoları üstünde genetik değişikliğin acilen durdurulmasını talep ediyorum; özellikle de CRISPR-Cas9 teknolojisinin kullanımında.

Kaynak: Alliance VITA, "Stop GM Babies: A National Campaign to Inform and Alert about CRISPR-Cas9 Technique", 24 Mayıs 2016, <https://www.alliancevita.org/en/2016/05/stop-gm-babies-a-national-campaign-to-inform-and-alert-about-crispr-cas9-technique/>

57 Blz. "Alliance VITA 'Stop GM Babies' Awareness-Raising Campaign Confirmed by the Results of an Opinion Poll on CRISPR-Cas9", Alliance Vita, 27 Mayıs 2016, erişim 24 Haziran 2018, <https://www.alliancevita.org/en/2016/05/alliance-vita-stop-gm-babies-awareness-raising-campaign-confirmed-by-the-results-of-an-opinion-poll-on-crispr-cas9/>

On binden fazla insanın imzaladığı bu dilekçe dev bir başarı değildi ama yakında olacakların habercisiydi. İnsan genetik mühendisliğinin sağlayacağı yararlar geniş halk kitleleri tarafından korku tellallarının etkisi nüfuz etmeye başlamadan önce hızla deneyimlenebilirse, genetiği değiştirilmiş insanlarla ilgili tartışmalar da, en azından bazı açılardan, kürtaj mücadelesi kadar çekişmeli geçmeyebilir. IVF bu tür bir gidişatın iyi bir örneği.

1978’de, Louise Brown’ın doğumunun hemen akabinde, ankete katılan Amerikalıların yüzde 28’i IVF’nin ahlaken yanlış olduğunu söylemişti. Ancak nispeten kısa bir sürede insanlar IVF’nin kadınlara bebek sahibi olmada sağladığı yararları tanıklık etti. İşte yaşam yanlısı (kürtaj karşıtı) kampanyacıların üreme kliniklerinden çok, kürtaj kliniklerini kısıkca almasının nedeni de bu belirgin başarının kendisi; oysa ikincisinde, birincisinden çok daha fazla erken evre embriyo imha ediliyor. 2013’te sorulduğunda Amerikalıların sadece yüzde 12’si IVF’nin ahlaken yanlış olduğunu⁵⁸ söyledi ki bu da kürtaj karşıtlarının yüzde 40’lık oranından çok daha azdı. Eyalette kürtajı fiilen yasaklayan 2019 yasa tasarısını sunmuş Alabama eyalet senatörü bile IVF’ye ayrıcalık tanıdı çünkü dediğine göre, “Laboratuvardaki yumurta o şekilde düşünülemez. Kadının içinde değil o. Kadın hamile değil.”⁵⁹

Bu tür esneklikler yardımıyla üremenin, preimplantasyon genetik testin ve embriyo genetiğini değiştirmenin geleceğine ilişkin bilgili, kapsayıcı ve değerlere odaklı bir tartışma adına bir nebze de olsa hareket alanı olabileceğini gösteriyor.

Johns Hopkins Üniversitesi’nin 2002’de yürüttüğü bir araştırmada Amerikalıların yüzde 74’ü ciddi hastalıklardan kaçınabilmek için preimplantasyon embriyo tarama yöntemini destekliyordu. An-

58 Heather Mason Kiefer, “Gallup Brain: The Birth of In Vitro Fertilization”, *Gallup*, 5 Ağustos 2003, <http://news.gallup.com/poll/8983/gallup-brain-birth-vitro-fertilization.aspx>; “Abortion Viewed in Moral Terms: Fewer See Stem Cell Research and IVF as Moral Issues,” *Pew Araştırma Merkezi*, 5 Ağustos 2013, <http://www.pewforum.org/2013/08/15/abortion-viewed-in-moral-terms/>

59 Jennifer Wright, “Why Anti-Choice People Are Okay with IVF,” *Harper’s BAZAAR*, 17 Haziran 2019, <https://www.harpersbazaar.com/culture/politics/a27888471/why-anti-choice-people-against-abortion-are-okay-with-ivf/>

cak sadece yüzde 28'lik bir oran yöntemin çocuğun cinsiyetini seçmede kullanılmasıyla sorunu olmadığını, yüzde 20'lik bir oran da zekâ gibi hastalıkla ilgisiz ve arzulanan özelliklerin seçimi için kullanılmasına onay verdiğini belirtti.⁶⁰

Transfer edilmemiş embriyolarda gen düzenlemesi elbette ki anneye hangi embriyonun transfer edileceğini seçmekten daha önemli bir müdahale. STAT ve Harvard T.H. Chan Kamu Sağlığı Fakültesi tarafından 2016'da, doğmamış bir çocuğun zekâ ya da fiziksel özelliklerini iyileştirmek için gen düzenlemenin kullanılıp kullanılmamasına ilişkin görüşleri sorulduğunda Amerikalıların yalnızca yüzde 17'si onay verdi.⁶¹ İki yıl sonra yapılan Pew anketinde de benzeri biçimde Amerikalıların sadece yüzde 19'unun bebeği daha zeki yapmak için genlerini değiştirmeye razı olduğu görüldü.⁶² Ancak gelecekte kendi çocuklarının ciddi hastalık riskini önemli ölçüde azaltmak için gen düzenlemesi yaptırıp yaptırmayacakları sorulduğunda, 2016'da Amerikalıların yarıya yakını "evet" dedi ve bu oran 2018 anketinde yüzde 72'ye yükseldi.⁶³

Bu anketler Amerikalıların diğer her şeyden çok, belirgin tıbbi amacı olan müdahaleler konusunda rahat olduğunu göstermekle kalmıyor, ebeveynlerin en azından farazi olarak, gelecekteki çocuklarını, gerekirse genetiğini değiştirerek, riskten agresif olarak koruyacağını ortaya koyuyordu. Anketler ayrıca bu tür müdahalelerle barışıklık düzeyinin de yükseldiğini gösteriyordu. Kürtaj anketinde de olduğu gibi dindar Amerikalıların embriyolarda gen düzenlemeye karşı tutumu, dindar olmayanlardan çok daha kısıtlayıcıydı.

60 "Awareness and Knowledge about Reproductive Genetic Technology," Genetics and Public Policy Center, 2002, <https://scholarship.library.jhu.edu/bitstream/handle/1774.2/979/PublicAwarenessAndAttitudes.pdf?sequence=>

61 "The Public and Genetic Editing, Testing, and Therapy", Harvard T.H. Chan School of Public Health, Ocak 2016, <https://cdn1.sph.harvard.edu/wp-content/uploads/sites/94/2016/01/STAT-Harvard-Poll-Jan-2016-Genetic-Technology.pdf>

62 Funk, Cary, and Meg Hefferson. "Public Views of Gene Editing for Babies Depend on How It Would Be Used", Pew Research Center: Internet, Science & Tech, 26 Temmuz 2018, erişim 27 Ağustos 2018, <http://www.pewinternet.org/2018/07/26/public-views-of-gene-editing-for-babies-depend-on-how-it-would-be-used/>

63 "The Public and Genetic Editing, Testing, and Therapy".

Birleşik Krallık ise agresif genetik müdahalenin benimsenmesindeki artışa doğru belki de en büyük kaymayı gören ülke oldu. 2001’de anket yapılan Britanyalıların üçte biri genetik araştırmaların açık biçimde etiğe aykırı olduğu ve doğayı kurcaladığı görüşündeydi.⁶⁴ Ancak 2017’ye gelindiğinde Kraliyet Derneği anketine katılan Birleşik Krallık yerleşimcilerinin yüzde 83’ü genetik değişiklikler gelecek nesillere aktarılmadığı sürece ciddi hastalıkların tedavisinde gen düzenleme kullanımını destekliyordu. Yüzde 76’lık bir kesim ise genetik değişiklikler gelecek nesillere aktarılacak olsa bile genetik bozuklukların düzeltilmesi amacıyla insan genlerinin düzenlenmesine destek veriyordu. Yüzde 40 gibi şaşırtıcı bir oran ise zekâ gibi yetilerin artırılması amacıyla genetik mühendisliğe başvurulmasını onaylıyordu.⁶⁵

Britanyalılar dünyada genetik teknolojiler konusunda en yüksek düzeyde kamu eğitimi alan halk oldu, özellikle de mitokondriyal transferle ilgili ulusal söyleşinin bağlamı içinde. Buna Birleşik Krallık’ın bilim yanlısı ve açık görüşlü ulusal yönelimi de eklenince, nüfusun dörtte üçü embriyolarda sonsuza dek gelecek nesillere aktarılabilecek olan genetik değişiklikleri destekledi, yaklaşık yarısı ise kendi çocuklarının genetik olarak geliştirilmesine razı olduğunu dile getirdi.

Çin yardımıyla üreme teknolojilerinde henüz on yıl önce Batı’nın çok gerisinde olsa da şimdi yaygın benimsenmeye doğru en büyük küresel geçiş bu ülkede yaşanıyor. Dinî inancın onlarca yıl bastırıldığı bir ülke olan Çin’de embriyo tarama ve kürtaaj alma, çoğu ül-

64 “Results of Major Surveys on Attitudes to Human Genetics”, Ipsos Mori, 1 Mart 2001, <https://www.ipsos.com/ipsos-mori/en-uk/results-major-survey-attitudes-human-genetics>

65 “Industry News: UK Public Cautiously Optimistic about Genetic Technologies”, *SelectScience*, 8 Mart 2018, <http://www.selectscience.net/industry-news/uk-public-cautiously-optimistic-about-genetic-technologies/?artID=45918>. İngiltere halkı insan genetik mühendisliğini benimsemede uzun yol kat etmiş olsa da, ilginçtir ki ankete katılanların sadece yüzde 51’i gıda üretiminde verimi artırmak için genetik teknolojilerin kullanımını destekliyordu. Diğer bir deyişle, Britanyalıların tam yüzde 25 fazlası çocuklarında genetik değişiklik yapmaya, künkatta genetik değişiklik yapmaktan daha çok destek veriyordu.

keye göre daha az dinî mesele olarak algılanıyor. *Taijiao* yani cenin eğitimi ve *yousheng* yani sağlıklı doğum gibi Antikçağ'dan gelen Çin kavramları optimum düzeyde sağlıklı bebekler doğurmanın önemini vurguluyor.⁶⁶ Engelli bireyleri kuşatan ve önemli yer teşkil eden olumsuz kültürel damgaların ve bu kişiler için kurumsal destek yokluğunun da etkisiyle birlikte tüm bu kavramlar Çin'de embriyo taramanın diğer çoğu ülkeden daha büyük bir toplumsal kabul görmesinin önünü açıyor.

2004'te Çin'de sadece dört kliniğin PGT uygulama lisansı vardı. 2016'ya varıldığında bu sayı 40'a yükseldi. Çin gibi büyük bir ülke için 40 yüksek bir sayı olarak görünmeyebilir ama bu kliniklerin çoğu bugün diğer yerlerdeki klinikleri fazlasıyla aşan bir ölçekte faaliyet gösteriyor. Pekin yakınındaki Çangşa şehrinde tek bir klinik 2016'da 41 bin IVF uygulaması bildirdi ki bu sayı aynı yıl ABD'de gerçekleştirilen toplam uygulamanın dörtte biri, Birleşik Krallık'ta kilerin ise tamamından fazlaydı.

PGT Çin genelinde yılda ortalama yüzde 60 ila 70 artış gösteriyor. ABD fiyatının üçte birine mal olan prosedürün Çin'deki toplam sayısı şimdiden ABD'dekinden fazla ve artmaya da devam ediyor.⁶⁷ Tahminlere göre Çin içindeki üreme hizmetleri piyasası 2016'da 670 milyon dolarken 2022'de ikiye katlanarak kabaca 1,5 milyar doları bulacak.⁶⁸ Çin klinikleri giderek artan sayıda genetik hastalığın riskini ortadan kaldırmak için PGT kullanabildiklerini ilan ediyor. 2017'de internet üzerinden yapılan bir araştırmaya göre an-

66 Fung-Kei Cheng, "Taijiao: A Traditional Chinese Approach to Enhancing Fetal Growth through Maternal Physical and Mental Health", *Chinese Nursing Research* 3, 2016, 49-53, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095771816300470>; Baoqui Su and Darryl R.J. Macer, "Chinese People's Attitudes towards Genetic Diseases ve People with Handicaps", *Law and Human Genome Review* 18, 2003, 191-210, <http://www.eubios.info/Papers/yousheng.htm>

67 David Cyranoski, "China's Embrace of Embryo Selection Raises Thorny Questions", *Nature* 548, 2017, 272-274, <https://www.nature.com/news/china-s-embrace-of-embryo-selection-raises-thorny-questions-1.22468>

68 "Chinese Women Are Driving a Global Fertility Industry Boom", Bloomberg, 16 Eylül 2018, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-09-16/chinese-women-are-driving-a-global-fertility-industry-boom>

kete katılan Çinliler ileride doğacak çocuklarının genetiğini değiştirme fikrini ortalamada “orta ölçüde onaylıyordu.”⁶⁹

ABD ile Birleşik Krallık ve Çin arasındaki bu toplumsal farklılıklar nihayetinde gençlerin yaşlılara kıyasla genetik mühendislikle daha barışık görüldüğü nesil farklılıkları karşısında önemini bir miktar yitirebilir.⁷⁰

Kürtaj bağlamında olduğu gibi dinî farklılıklar da şimdiden toplumları bu konularda ayrı yönleri itiyor. Dinlerin hepsi olmasa bile çoğu genetik değişiklikler gelecek nesillere aktarılmadığı sürece gen tedavisinin hastalıkları iyileştirip tedavi etmede kullanılabileceğini, hatta kullanılması gerektiğini kabul ediyor. Ne var ki kutsal su, bu noktadan sonra bulanmaya başlıyor.

Katolik Kilisesi herhangi türde bir embriyo taramasıyla birlikte gerçekleştirilecek PGT kullanımına şiddetle karşı çıkıyor.⁷¹ Papa II. John Paul 1995 tarihli *Evangelium Vitae*’de [Yaşam İncili] doğum öncesi tanısal tekniklerin “çeşitli türde anomalilerden etkilenen çocukların doğumunu engellemek için seçici kürtaja onay veren” bir “öjenik maksat” içerdiğini yazıyordu. Bu da diyordu, “utanç verici ve bütünü kınanması bir durumdur zira insan hayatının değerini ‘normallik’ ve fiziksel esenlik parametreleri dahilinde ölçmeye kalkışır ve bu suretle bebek öldürme ve ötenaziye meşrulaştırmanın önünü açar.”⁷² Katolik Kilisesi 2013’te 1987 tarihli bir Vatikan talimatını alıntılıyarak, mitokondriyal transfer için klinik denemelere yetki veren Britanya yasa tasarısına karşı çıktı: “Tıbbi araştırmalar, doğmamış çocuğun hayatı ya da bütünlüğüne zarar verilmeyeceği yönünde

69 Jiang-Hui Wang ve diğerleri, “Public Attitudes toward Gene Therapy in China,” *Molecular Therapy Methods & Clinical Development* 6, 2017.

70 Tristan McCaughey ve diğerleri, “A Global Social Media Survey of Attitudes to Human Genome Editing,” *Cell Stem Cell* 18, 2016, 569-572.

71 “Is Pre-implantation Genetic Diagnosis (PGT) Acceptable for Catholics?,” Institute of Catholic Bioethics, 6 Ocak 2014, <https://sites.sju.edu/icb/is-pre-implantation-genetic-diagnosis-PGT-acceptable-for-catholics/>

72 Ioannes Paulus PP. II, “*Evangelium Vitae*,” 1995, http://w2.vatican.va/content/john-paul-ii/en/encyclicals/documents/hf_jp-ii_enc_25031995_evangelium-vitae.html

ahlaki bir mutlakiyet bulunmadığı sürece canlı embriyolar üstünde operasyon yürütmekten kaçınılmalıdır.”⁷³

Daha ilerici bir Protestan grup olan Ulusal Mesih Kiliseleri Konseyi 2016 raporunda kalıtımla aktarılan genetik manipülasyonun oynayabileceği role ilişkin daha büyük bir takdiri dile getirdi. Raporda şöyle deniyordu: “Etkin bir germ (eşey) hattı tedavisi genetik hastalığın ortadan kaldırılması için muazzam potansiyel barındırabilir ama ‘normal’ insani rahatsızlıklarda, engelli insanlara karşı ayrımcılığı destekleyebilecek zorlu bazı ayrımlar da doğurabilir.”⁷⁴

Ancak Hıristiyan liberalizminin kol mesafesi bununla sınırlı değil. Yapay zekânın geleceğini konu alan 2017’de İngiltere, Oxfordshire, Ditchley Manor’da katıldığım bir konferansta kendini “teknoteolog” ve “Hıristiyan transhümanist” diye tanımlayan muhteşem Presbiteryen rahip Christopher Benek’le tanıştım. Chris insanın “Mesih’le ortak yaratıcı” olduğunu ve insanlığı ilerletmede kullanılabilecek yapay zekâ ve gen düzenleme gibi teknolojilerin vekilharıcı olduğunu ileri sürüyor, yazılarında “insanın iyileştirilmesi için yeni gelişen teknolojileri etik bir yaklaşımla ve toplum yararına kullanma”⁷⁵ çağrısında bulunuyordu.

Chris’in görüşleri şüphesiz Hıristiyan teolojisinin sınırlarında ama Yahudi düşüncesinin ağırlık merkezine biraz daha yakın. Geleneksel Yahudi kavramı *Tikkun Olam*, yani “dünyayı tamir etme”, dünyanın bozuk olduğu önermesini içerir ve tamirine yardım etmek de tanrının vekili olarak her Yahudinin görevidir. “Yaratılışın altı gününde yaratılan her şey,” der Tora, “Yaratılış” 11:6’da, “gelişim gerektirir... Buğdayın yere ekilmesi gerekir, insanın bile geliştirilmesi

73 Edward Pentin, “The Brave New World of Three-Parent Babies”, *National Catholic Register*, 2 Ekim 2013, <http://www.ncregister.com/daily-news/the-brave-new-world-of-three-parent-babies>

74 “Fearfully and Wonderfully Made: A Policy on Human Biotechnologies”, National Council of Churches, uyarılma 8 Kasım 2006, <http://nationalcouncilofchurches.us/common-witness/2006/biotech.php>

75 Christopher Benek, “Religion+ for Humanity+”, *H+ Magazine*, 25 Mart 2014, <http://hplussmagazine.com/2014/03/25/religion-for-humanity/>

gerekir.” Bu anlamda Tanrı’nın yaratımını tamamlamak, ilahî olanı eleştirmek değil, insanın ilahî gayesini kucaklaması olarak görülür. Yahudilikte Hıristiyanlık gibi hiyerarşik bir egemenlik yapısı yoktur ama Tay-Sachs örneğinin de gösterdiği gibi en muhafazakâr Ortodoks Yahudi cemiyetleri bile gelişkin genetik teknolojilerin ilk uygulayıcılarından olmuştur.

Bir Yahudi tıp dergisinde 2015 tarihli bir makalede Yeşiva Üniversitesi’nden Haham Moshe Tendler ve biyoetikçi John Loike, Yahudi kadınların mitokondri değiştirme tedavisi (MRT) için yapılan klinik denemelere katılmasının Yahudi yasası tarafından neden desteklendiğini açıklar, ne de olsa bu tedavi genetiği değiştirilmiş bebeklerin doğmasıyla sonuçlanabilir. Yahudi yasası, denir yazıda, “kadınların sağlıklı yavrular doğurabilmek için MRT gibi yeni biyoteknolojilerden yararlanmasına izin verir... [ve] bu tür denemelere gönüllü olmak sadece bir *chesed* [şefkat eylemi] olmakla kalmaz, aynı zamanda Yahudilerin toplumun genel sağlığına katkı yapmasını sağlayarak, toplumsal sorumluluk doğurur.”⁷⁶

Bazı genetik değişikliklere açık olmak elbette ki transhümanist Hıristiyanlığın, anadamar Yahudiliğin, ilerici Budizmin ve diğer inanç topluluklarının, sınırsızca transhümanizme giden kaygan zemine kayıtsız şartsız talip olduğu anlamına gelmez. Ancak insana genetik geliştirmelerin yapılmasıyla ilgili inançlardaki çeşitlilik, dinî ve entelektüel gelenekler içinde ve kendi aralarında şimdiden önemli bir boyuta sahiptir ve genetik teknolojilerin rüştünü ispat etmesiyle bu boyut muhtemelen daha da büyüyecektir. Bunlar yaşanırken de genelde bilim, özelde transhümanist yönelimler, giderek dinin çeşitli karakteristik nitelikleriyle donanacaktır.⁷⁷

76 Haham Moshe D. Tendler ve John D. Loike, “Mitochondrial Replacement Therapy: Halachic Considerations for Enrolling in an Experimental Clinical Trial”, *Rambam Maimonides Medical Journal* 6, 2015, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4524404/>

77 Jaron Lanier, “The First Church of Robotics”, *The New York Times*, 9 Ağustos 2010, http://www.nytimes.com/2010/08/09/opinion/09lanier.html?_r=1; Jaron Lanier, “Singularity Is a Religion Just for Digital Geeks”, *BigThink*, 11 Mart 2011, <http://bigthink.com/devils-advocate/singularity-is-a-religion-just-for-digital-geeks>

İnsan genetik devriminde gelecek nesillere aktarılabilen genetik değişiklikler konusunda bireyler, toplumlar ve yönetimlerin kendi içleri ve aralarındaki önemli farklılıklar, şimdiden ulusal yasalara yansıyan muazzam çeşitlilikler şeklinde kendilerini ortaya koyuyor.

ABD'de IVF'yi içine alan federal bir mevzuat mevcut değil ve Amerika PGT için de en elverişli yasal yapıya sahip ülkeler arasında. ABD yasaları embriyoların imha edildiği araştırmalara federal fon sağlanmasını yasaklıyor ama PGT esnasında genetik taramaların kullanım şekli neredeyse tümüyle, tıbbi kuruluşun kılavuzluğunda doktorların takdirine bırakılıyor. Sonuç olarak ABD'de yürütülen tüm PGT'lerin tahminen yüzde 9'u cinsiyet seçimi amacıyla yapılıyor ki bu da Çin, Hindistan, Kanada ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde yasadışı sayılıyor. Az sayıda ABD kliniğinde ebeveyn adaylarının çocuklarında cücelik ya da sağırılık gibi genetik bozuklukların *olmasını* garantileyecek şekilde embriyo seçmelerine bile izin veriliyor ki bu da dünyanın başka yerlerinde düşünülecek şey değil.⁷⁸

Avrupa'da yardımla üremeyi düzenleyen ortak bir mevzuat mevcut değil, bunun sonucu olarak da ortaya farklı türde yasa ve düzenlemeler çıkıyor. Çoğu Avrupa devleti preimplantasyon genetik testin ancak ciddi ve tedavisi mümkün olmayan hastalıklara karşı kullanılabileceği şartını koyuyor. İtalya ve Almanya^{79 80} gibi bazı ülke-

78 Susannah Baruch, David Kaufman, ve Kathy L. Hudson, "Genetic Testing of Embryos: Practices and Perspectives of U.S. In Vitro Fertilization Clinics", *Fertility and Sterility* 89, 2008, 1053-1058, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0015028207012162>

79 Bettina Bock von Wülfling, "Contested Change: How Germany Came to Allow PGT", *Reproductive Biomedicine and Society Online* 3, 2016, 60-67, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405661816300387>

80 Almanya nispeten yakın zamana dek insan embriyosu haklarını korumada dünyanın en kısıtlayıcı yasalarından birine sahipti ki bu da daha çok ülkenin kanlı Nazi geçmişiyle ilgili hesaplaşmasından kaynaklanıyordu. 1990 tarihli Embriyo Koruma Yasası, insan yumurtalarının araştırma için döllemesini ve embriyoların bağışlanmasını yasaklıyordu. Alman ebeveyn adayları buna karşılık PGT yaptırmak için Almanya'ya gidiyordu. Ancak kamusal ebeyevnlük nosyonlarının değişmesiyle birlikte Alman yönetimi 2011'de spesifik durumlar altında PGT'ye izin verilmesi lehine karar aldı.

ler daha kısıtlayıcı davranırken, Fransa ve Birleşik Krallık gibileri daha geniş çapta düzenlemeler yapan kuruluşlar kurdular; Fransa'da Agence de la Biomédecine⁸¹, İngiltere'de ise Human Fertilization and Embryology Authority [Biyotıp Ajansı].⁸² Bunlar PGT uygulamalarını incelemede daha anlayışlı olma eğilimindedir.⁸³ 2008 tarihli bir Avrupa Komisyonu direktifiyle bütün Avrupalılar, kendi ülkelerinde sınırlı olabilen PGT de dahil, her tür tedavi amacıyla diğer AB ülkelerine cezasız olarak gidebildiği için çeşitli ulusal kısıtların etkisi hissedilmiyor.

Şili, Fildişi Sahili, Filipinler, Cezayir, İzlanda ve Avusturya dahil güçlü dinî eğilimi olan ülkelerde ise PGT yasaklı. Şili'de biri PGT yaptırmak isterse ya bir yeraltı kliniği bulması ya başka ülkeye gitmesi ya da yaptırmaması gerekiyor. Yeni bir araştırmayla Avrupa kliniklerinde yardımla üreme hizmeti alanlardan yüzde 5'i ve ABD'de yüzde 4'ünün, kendi ülkelerindeki kısıtlama ve engellerden kaçmak için yurtdışından gelen yolcular olduğu anlaşıldı.⁸⁴

Gelişmiş ülkeler arasında Avustralya, Belçika, Brezilya, Kanada, Fransa ve Almanya gelecek nesillere aktarılacak şekillerde embriyo gen düzenlemesini yasaklıyor ve birçok ihlale karşı cezai yaptırımlar uyguluyor. İkinci bir grup ülke ise –Fransa, İsrail, Japonya ve Hollanda da dahil– germ hattı manipölasyonlarını baştan yasaklamak yerine genetiği değiştirilmiş embriyo ile insanda gebelik başlatılmasını yasa dışı kılıyor. Birleşik Krallık'ın da dahil olduğu üçüncü bir grup ise yasaklara çok spesifik istisnalar tanıyor ve kalıtımla aktarılacak ne tür değişikliklerin yapılabileceğine her örnekte tek tek karar verilmesini sağlayacak düzenleyici yapılar oluşturuyor.

81 Biyotıp Ajansı. (Ç.N.)

82 İnsan Döllenme ve Embriyoloji Mercı. (Ç.N.)

83 Michelle J. Bayefsky, "Comparative Preimplantation Genetic Diagnosis Policy in Europe and the USA and Its Implications for Reproductive Tourism", *Reproductive Biomedicine and Society Online* 3 (2016): 4147, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405661817300047>

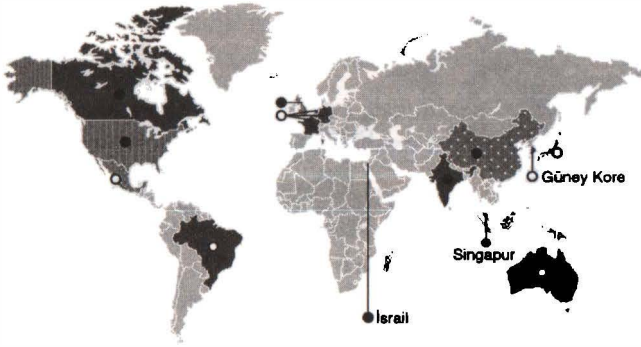
84 "Cross-Border Reproductive Care: A Committee Opinion", *Fertility and Sterility* 100(2013): 645-650, [http://www.fertstert.org/article/S0015-0282\(13\)00396-8/fulltext](http://www.fertstert.org/article/S0015-0282(13)00396-8/fulltext)

ABD'nin embriyolarda kalıtımla aktarılabilen genetik değişiklik yapılmasına özel bir yasağı yok ama bu tür faaliyetleri neredeyse imkânsız kılan başka düzenleyici yapıları var. Çin ise insanda kalıtımla aktarılabilen genetik manipölasyonları kısıtlayan makul yasa, düzenleme ve yönetmeliklere sahip olsa da diğer yanda zayıf, merkezsiz ve genelde istikrarsız bir gözetim kültürü, bazı araştırmacılar da ise Vahşi Batı zihniyeti mevcut. Ayrıca anlamlı tartışmalar yürütülemiyor ve yardımla üreme kliniği özelinde çok geniş, ehliyetsiz bir "gri piyasa" var.⁸⁵ Ekim 2018'de başlatılan ve tartışmalara konu olan insan embriyosunda ilk gen düzenleme işleminin üniversite ya da devlet gözetimi olmaksızın bir Çin laboratuvarında gerçekleştirilmesi de bu yüzden sürpriz değildi. Diğer ülkelerin ise insanda genetik düzenleme üstüne kayda değer yasaları yok ve bunlardan bazıları da kendini kısıtlamasız insan üreme turizminin gelecekteki rotası olarak konumlandırıyor.⁸⁶

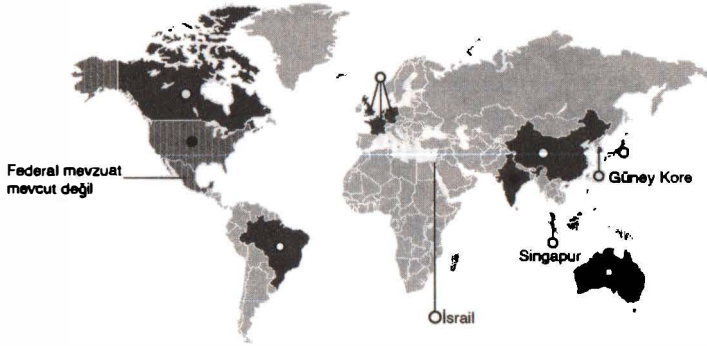
Aşağıdaki sayfalarda yer alan haritalar genetik teknolojilerin dünyadaki yasal çeşitliliği hakkında fikir verebilir:

- 85 Çin'in genetik bir Vahşi Batı olup olmadığı yönünde tartışmalar sürüyor. Onaylayan sav için bkz: Didi Kirsten Tatlow, "A Scientific Ethical Divide Between China and West", *The New York Times*, 29 Haziran 2015, <https://www.nytimes.com/2015/06/30/science/a-scientific-ethical-divide-between-china-and-west.html>. Güzel ifade edilmiş karşıt görüş için bkz: Douglas Sipp and Duanqing Pei, "Bioethics in China: No Wild East", *Nature* 534 (2016): 465-467, <https://www.nature.com/news/bioethics-in-china-no-wild-east-1.20116>; ve Ian Johnson ve Cao Li, "China Experiences a Booming Underground Market in Surrogate Motherhood", *The New York Times*, 2 Ağustos 2014, <https://www.nytimes.com/2014/08/03/world/asia/china-experiences-a-booming-black-market-in-child-surrogacy.html>. Ayrıca bkz. Genome Editing and Human Reproduction, rapor, 17 Temmuz 2018, Nuffield Council on Bioethics. <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-and-human-reproduction-FINAL-website.pdf>, 110-111; ve "The Regulatory and Legal Situation of Human Embryo, Gamete and Germ Line Gene Editing Research and Clinical Applications in the People's Republic of China", Nuffield Council on Bioethics, Mayıs 2017, <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Background-paper-GEHR.pdf>
- 86 Alta R. Charo, "On the Road(to a Cure?)—Stem-Cell Tourism and Lessons for Gene Editing", *New England Journal of Medicine* 374 (2016): 901-903, <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp1600891>

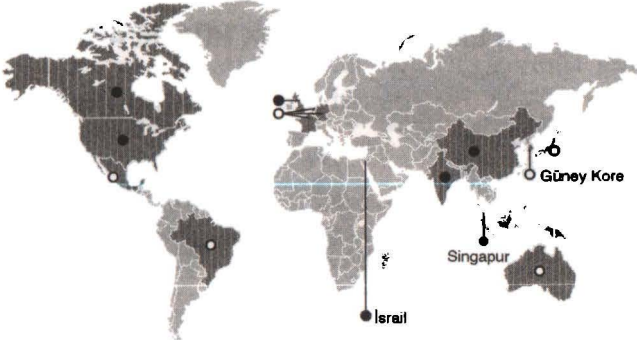
İNSANDA GERM HATTI GENETİK MODİFİKASYONU



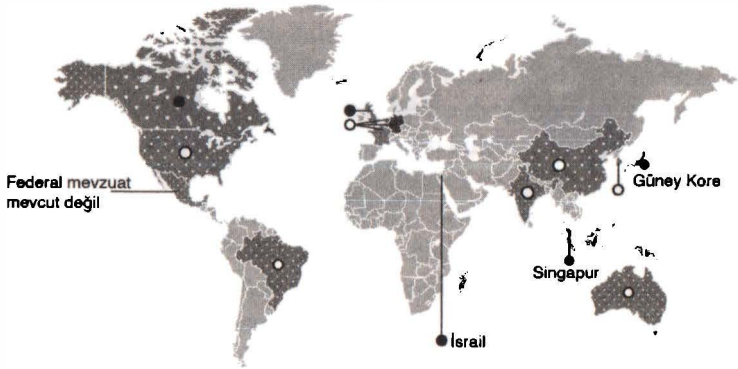
İNSANDA ÜREMEYE YÖNELİK KLONLAMA



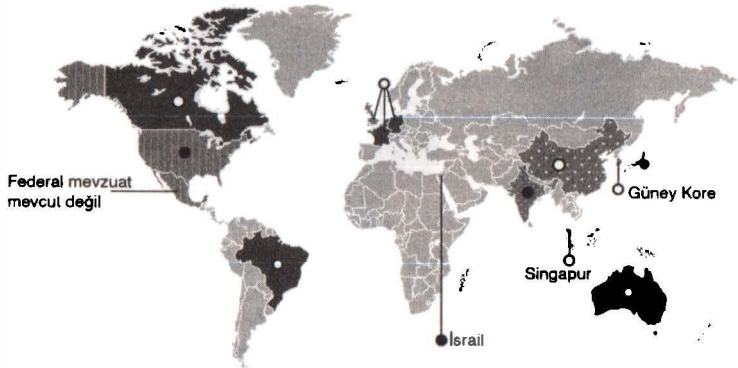
İNSANDA SOMATİK GEN TEDAVİSİ



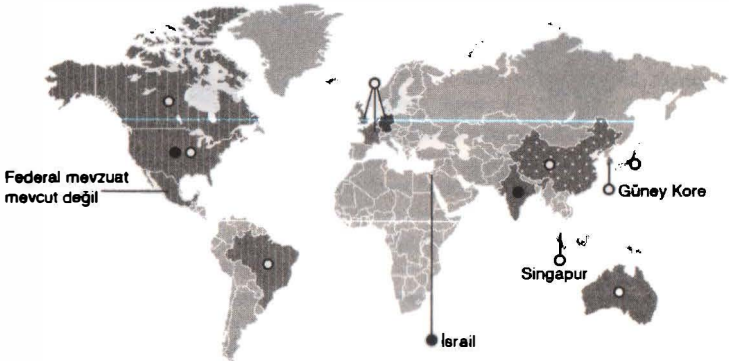
PREİMLANTASYON GENETİK TANI



İNSAN KLONLAMA ARAŞTIRMALARI



İNSANDA EMBRİYONİK KÖK HÜCRE ARAŞTIRMASI



Ekim 2018'de iki Çinli CRISPR bebeğin doğumunu takiben Japonya ve Çin'in de aralarında yer aldığı birkaç ülke insan genomunun düzenlenmesini sınırlayan yasaları güçlendirmeye girişti.⁸⁷

Düzenleme konusunda dünya çapındaki bu çeşitlilik, kritik önem taşıyan genetik verilerin korunması meselesinde de geçerli.

Genetik veriler hem bireylerin kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti hem de insan genetiğinin genel anlamda deşifresi açısından öyle hayati önem taşıyor ve suistimale o kadar açık ki vatandaşın genetik bilgilerini koruma altına almak için toplumların ileride son derece geçerli nedenleri olacak. Burada da yine ulusal çeşitlilik çok fazla ve giderek de fazlaşıyor. Farklı ülkeler genetik ve diğer verilerin gizliliğini çok farklı şekillerde düzenleyip koruyor.

ABD'de farklı devlet ve eyalet yasalarının oluşturduğu yamalı görüntü sonucunda Amerikalıların genetik bilgileri ya farklı şekillerde korunuyor ya da farklı bağlamlarda hiç korunmuyor. Genetik anonimliğin boyutlarına ilişkin sorular Nisan 2018'de, nam salmış Golden State katilinin izini sürmek için genetik veritabanının kullanılmasıyla gündeme yerleşti. Tutuklanan kişinin kendisine genom analizi hiç yapılmadığı halde eldeki DNA delillerinden yola çıkarak ilk cinayetten 40 yıl sonra veritabanından iz sürüldü. Ancak yine de Amerika'nın 2008 tarihli Genetik Bilgi Ayrımcılık Yasası (GINA), Kanada'nın Genetik Ayrımcılık Yasası, Birleşik Krallık'ın 2010 tarihli Eşitlikler Yasası ve Avustralya'nın Genetik Gizlilik ve Ayrımcılık Yasası sağlık sigortası ve istihdamda genetik bilgiye dayalı ayrımcılığı yasaklar ama tüketici genetik verilerini koruma kapsamı Avrupa Birliği'nden çok daha sınırlıdır.⁸⁸

87 "Japan to Seek Law Banning 'genome-edited Babies'", AsiaOne, 22 Nisan 2019, <https://www.asiaone.com/world/japan-seek-law-banning-genome-edited-babies>; Cyranoski, David Cyranoski, "China Set to Introduce Gene-editing Regulation following CRISPR-baby Furore", *Nature News*, 20 Mayıs 2019, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01580-1>

88 İlginçtir ki GINA ABD ordusunda görevli kişilere veya hayat sigortası gibi başka türde sigortalara uygulanmaz. Genetik ayrımcılığı önleme ileride özellikle önem kazanacak çünkü evrensel dizilim herkesçe, önceden mevcut olan o veya bu tür bir rahatsızlık olduğunu veya genel nüfusa kıyasla birden fazla hastalık riskinin yüksek olduğunu ortaya koyacak.

Bireysel gizlilik haklarını korumada en ileri noktaya giden AB'dir. Mayıs 2018'de AB'nin devrim niteliğindeki Genel Veri Koruma Yönetmeliği, yani GDPR yürürlüğe girdi. Dünyanın açık ara en agresif veri koruma yasası olan GDPR, AB vatandaşlarının dünyanın herhangi bir yerinde kendileri hakkında toplanmış verilere erişimin denetlenmesi üstündeki gizlilik haklarını adeta kutsal bir korumaya aldı ve şirketlere verileri korumaya alma açısından yeni ve güçlü yaptırımlar getirdi. GDPR'yle ilgili uluslararası tartışmalar yasanın Google ve Facebook gibi ABD merkezli teknoloji devleri üstünde yarattığı baskıya odaklansa da genetik gizlilikle bağlantılı konular da bir o kadar önemli. GDPR'nin yaptırımıyla DNA kişisel veri olarak atanıyor ve kişinin genetik verilerinin belli bir veri havuzu ya da çalışma içine alınabilmesi için kendisi tarafından açık onayın verilmesi gerekiyor.⁸⁹

Çin de yakın zamanda genetik bilgiler açısından önemli anlamlar barındıran kapsamlı bir veri koruma yasası çıkardı. 2018'de güçlendirilen 2017 tarihli Çin Halk Cumhuriyeti Ağ Güvenliği Yasası şirketler için gizliliği koruma yükümlülükleri getiriyor, Çin dışına aktarılan her tür veri için bireyin onayını gerektiriyordu. Yasa aynı zamanda yapılacak aktarım Çin'in muğlak tanımlanmış ulusal güvenliğine ve çıkarlarına zarar verebilecek nitelikte görülürse, Çin dışına kişisel bilgi transferini de yasaklıyor. Bu zorunluluk yasanın "hassas" diye tanımladığı kişisel bilgiler için geçerli ve kategoriye genetik veriler de dahil.⁹⁰

Avrupa ve Çin'in gizlilik yasaları ilk bakışta benzer görünse de gerçekte birbirinden son derece farklı. Avrupa'da GDPR her vatandaş verilerinin kendi rızası dışında, devlet de dahil herhangi biri tarafından kullanılmasından korumayı amaçlıyor. Çin'deki yeni gizlilik yasası ise Çin içinde insanlardan toplanan veya insanlarla ilgili genetik ve diğer verilerin devlet tekeline alınmasını garantiliyor.

89 Mahsa Shabani ve Pascal Borry, "Rules for Processing Genetic Data for Research Purposes in View of the New EU General Data Protection Regulation", *European Journal of Human Genetics* 26, No. 2, 2017, 149-56, doi:10.1038/s41431-017-0045-7

90 Richard Bird, "Where Are We Now with Data Protection Law in China?", Freshfields Bruckhaus Deringer, 2017, <https://www.freshfields.com/en-us/our-thinking/campaigns/digital/data/where-are-we-now-with-data-protection-law-in-china/>

AB genetik verilerin polis devleti yaratılmak için kullanılmasını önlemeye çalışırken, Çin Kamu Güvenliği Bakanlığı dünyanın en büyük veritabanını, başka amaçların yanı sıra toplumsal denetime yatırım amacıyla oluşturuyor. Ülkenin Müslüman ağırlıklı Sincan bölgesindeki Çin vatandaşlarından, diğer etnik azınlıklardan, göçmen işçiler, muhtemel muhalifler, üniversite öğrencileri ve aktivistlerden ulusal veritabanına konmak üzere numuneler sağlamaları talep ediliyor.⁹¹

Veri koruma AB’de gerekçeli bir insan hakları meselesi, Çin’de ise Orwell’vari bir denetim meselesi olarak görülebilir ama gerçek, her zaman olduğu gibi çok daha karmaşıktır.

Çoğu insan için devletin ya da şirketlerin yaşamlarımızı her yönüyle takip etmesi ürkütücü bir fikirdir. Bireysel haklar perspektifinden bakıldığında gizlilik temel bir gerekliliktir. Büyük veri analizi perspektifinden bakıldığında da gizlilik, hayata geçirilebilecek önemli bilgilerin edinileceği çok büyük veri setlerinin oluşturulmasına engel yaratma potansiyelini barındırır.

91 Wenxin Fan, Natasha Khan, ve Liza Lin, “China Snares Innocent and Guilty Alike to Build World’s Biggest DNA Database”, *The Wall Street Journal*, 26 Aralık 2017, <https://www.wsj.com/articles/china-snares-innocent-and-guilty-alike-to-build-worlds-biggest-dna-database-1514310353>; Echo Huang, “China Is Creating a Massive ‘Orwellian’ DNA Database”, *Quartz*, 16 Mayıs 2017, <https://qz.com/984400/china-is-creating-a-massive-orwellian-dna-database-to-construct-harmonic-society/>; “China: Police DNA Database Threatens Privacy”, 15 Mayıs 2017, Human Rights Watch, <https://www.hrw.org/news/2017/05/15/china-police-dna-database-threatens-privacy>. Uygur halkına dayatılan kan örneği verme zorunluluğu da dahil Sincan üstündeki baskıya ilişkin daha fazla bilgi için bkz. “China Has Turned Xinjiang into a Police State Like No Other,” *The Economist*, 31 Mayıs 2018, erişim 3 Haziran 2018, <https://www.economist.com/briefing/2018/05/31/china-has-turned-xinjiang-into-a-police-state-like-no-other?fsrc=dgle>. Ağustos 2019’da yapılan bir BM İnsan Hakları Paneli’nde Çin’in “devasa toplama kampları”nda bir milyon kadar Uygur’u tuttuğuna dair inandırıcı raporlar alındığı duyuruldu. Reuters. “U.N. Says It Has Credible Reports That China Holds Million Uighurs in Secret Camps”, *The New York Times*, 10 Ağustos 2018, erişim 15 Ağustos 2018, <https://www.nytimes.com/reuters/2018/08/10/world/asia/10reuters-china-rights-un.html>. Tahmin edileceği gibi Pekin iddiayı hızla reddetti. “China Has Prevented ‘Great Tragedy’ in Xinjiang, State-Run Paper Says”, *Reuters*, 13 Ağustos 2018, erişim 15 Ağustos 2018, <https://www.reuters.com/article/us-china-rights-un/china-has-prevented-great-tragedy-in-xinjiang-state-run-paper-says-idUSKBN1KY01B?il=0>. 2018’de İngiltere İçişleri Bakanlığı da İngiltere vatandaşlarından toplanan biyometrik verilerle merkezileştirilmiş bir veritabanı oluşturma fikrini değerlendiriyordu.

Genlerin tek tek ve grup olarak neler yaptığını anlamak son kertede bir büyük veri problemi olduğundan, veri setleri ne kadar büyük ve kaliteliyse, karmaşık hastalık ve özelliklerin altında yatan genetik örüntüleri ortaya çıkarmak da o kadar kolaylaşır. En büyük ve en iyi veri seti kimin elindeyse, beraberinde gelecek tüm zenginlik, varlık, güç ve nüfuzla birlikte genetik devrimine öncülük edecek konuma o sahip olacaktır.

Çin'in yapay zekâya yaptığı büyük çaplı yatırım, yaşam bilimleri ve biyoteknolojide ulusal liderliği desteklemesi ve genetik analizi yapılmış insanlara ait yüklü veri setlerini bir araya getirebilme becerisi, elektronik sağlık kayıtlarına tam erişim yetkisiyle de birleşince ülkeyi nihayetinde insan genomunu deşifre etme, sağlık hizmetlerini dönüştürme ve küresel genetik devrimine öncülük etme çabalarında yarışın birinci sırasına yerleştirebilir. Buna karşılık ABD ve Avrupa'da daha yüksek olan gizliliği koruma önlemleri toplumların daha güçlü ve uyumlu hale gelmesini, genetik ve diğer veri koleksiyonlarının daha yüksek standartlara ulaşmasını ve keşiflerin daha nitelikli olmasını sağlayacaktır. Hangi toplumun iddiası doğruysa, gelecekteki yeniliklere önderlik etme konumu onun olacaktır.

* * *

Çevre, genetiği değiştirilmiş ürünler, kürtaj ve insanda genetik değişiklik üstüne yapılan tartışmalar, birbirinden ayrı tarihleri, kültürleri, ekonomik baskıları ve siyasi yapıları olan farklı toplumlarımızın yeni teknolojilere ne kadar değişik tepkiler verdiğini gözler önüne seriyor. Bu benzeşmezlikler ise dünya çapında geniş bir yelpaze yayılan hukuki ve düzenleyici ortam çeşitliliği yaratıyor.

İyi haber şu ki, yaklaşımlar arasındaki büyük tutarsızlıklar, diğer uluslarla etkileşime girip rekabet ederek kendi yolunu bulmaya çalışan bir "uluslar laboratuvarı" yaratıyor. Bu bağlamda yeni teknolojilerden herhangi birinin uygulaması üstüne yürütülen en ümit verici, hatta bazen en agresif araştırma kendine yer bulabilir ve yenilikçiliği ileri götürebilir.

Olası kötü haber ise şu: Komünal inançlar ve ulusal modellerdeki çeşitlilik, insanlığı bir yandan insan genetik mühendisliğine yaklaşımda en düşük ortak paydaya sürükleyebilir. Durum böyle olursa çıtayı en agresif ülkeler belirler, geriye kalanlar ise esenlikleri, rekabetçi avantajları ve refahlarını tehlikede görmeleri halinde o ülkelere ayak uydurmak zorunda kalır. Yaklaşımlardaki çeşitliliğimiz, her tür çeşitlilikte olduğu gibi hem olumlu hem de olumsuz sonuçları artırır.

Öte yandan çeşitlilik, biyolojik bir önkoşul olsa da evrimin tek itici gücü değildir. Başka bir temel unsura daha ihtiyaç vardır: Rekabet.

İnsan genetik mühendisliği hakkındaki farklı yönelimlerimiz geniş bir seçenekler yelpazesi oluşturuyorsa, aramızdaki rekabet de türümüzü genetik çağa doğru ittirecek bir güç oluşturacaktır.

İNSAN İRKİNİN SİLAHLANMA YARIŞI

Başkalarına karşı bir çeşit avantaj elde etme fırsatı sunulduğunda, bazılarımız ciddi bir risk bulursa bile onu değerlendirir. İşte bizler bu şekilde evrimleştik.

Yaşam doğduğu andan itibaren atalarımız avantaj sağlamak ve hayatta kalabilmek için birbirleri ve diğer türlerle bitmek bilmez bir silahlanma yarışına girdi. Savaşarak besin zincirinin en tepesine geldik ve başka türlerin köftesine et olmaktan kurtulduk; ne de olsa rekabeti (şimdiye dek) biz kazandık.

Göçebe, avcı-toplayıcı günlerimizde birçok yerde insan grupları birbiriyle yılmadan rekabet etti ve sık sık da birbirinin kaynaklarını çaldı. Tarım, yazı ve diğer teknolojilerin gelişmesiyle birlikte daha büyük topluluklar halinde örgütlenince, birbirimizi soymak, boyun eğdirmek ve baskılamak için her teknolojik avantajı bireysel ve kolektif fırsata dönüştürmekte gecikmedik.

Moğollar üzenginin sağladığı avantajla atlılarına, bilinen dünyanın büyük bölümünü fethetmede ilave kuvvet sundular. Avrupalı sömürgeci güçler gelişkin gemi ve silahların yardımıyla dünyada bir-

çok yere hükmedip onları sömürdüler. Almanlar ve Japonların İkinci Dünya Savaşı başlarında sahip olduğu teknolojik avantajlar, radar, ileri kriptografi, radyo navigasyon ve nükleer silahların geliştirilmesine katkı sağlayan Amerikalı, Britanyalı ve Avrupalı siyasi mülteci bilimcilerin sunduğu daha da üstün rekabet avantajıyla alt edildi ve savaşın kazanılmasını sağladı. Bütün bu örneklerde ve daha birçok örnekte teknolojik gelişmeleri tetikleyen şey hep rekabetti; geliştirilen teknolojilerin hem iyi hem de tehlike yaratabilecek kötü yönleri olduğu halde.

Ütopyacılara yüzyıllardır hepimizin tümüyle Buda mizacımızı benimseyip bitmek bilmez rekabet döngüsünden kurtulduğumuz bir dünyayı hayal etse de o gün henüz gelmiş değil. Dünyada büyük çaplı ihtilafların oranı yıllar içinde azalıyor olsa da¹ iyi ve tehlikeli yönleriyle genetik devriminin, görüp bildiğimiz bu rekabetçi dünyada değil de hayal ettiğimiz rekabetsiz, uyumlu dünyada vuku bulacağına inanmak tehlikeli bir budalalık olur. Aksine bu rekabetin büyüklüğü ve yaratacağı sonuçlar teknolojik gelişmelerle birlikte daha da artacaktır.

Giderek genişleyen bu devrimin ilk yıllarında, özellikle de genlerin neler yaptığı, vücudun nasıl çalıştığı ve hangi manipülasyonların yararlı olduğu konusundaki bilgimizin emekleme döneminde, tedavi ile geliştirme arasındaki suni ayrım korunacaktır. Bu süreçte genetik devrimindeki amacın, öncelikle ve nihai olarak sağlığı artırmak, hastalıkları tedavi etmek olduğu kurgusu sürdürülecektir; ta ki hüsbütün savunulmaz hale gelene dek.

Devrimin ilk yıllarında belli bir bozukluğu ya da hastalığı engellemeye veya tedavi etmeye çalışan doktorlar bir embriyoya (hatta belki bir yetiştikine) ekstra avantajlar vererek oku normallik nişanının ötesine fırlatmak isteyebilir. Bir insan açısından tedavi sayılan şey başka biri açısından artırım olabileceği için “normallik” anlayışımız

1 Harvard psikoloğu Steven Pinker bu konuyla ilgili sağlam bir argüman sunuyor. Steven Pinker, *Enlightenment Now: The Case for Reason, Science, Humanism, and Progress*, Allen Lane, Londra, 2018.

da hareketli hedefe dönüşebilir. Ancak güçlü genetik teknolojilerin tedavi amaçlı uygulamalarının norm halini almasıyla birlikte neyin tedavi neyin genetik artırım olduğu giderek belirsizleşecektir.

Birkaç örnek vermek gerekirse, insanda göz bozukluğunu gidermekle normal görüşü çok iyi duruma getirmek arasında önemli bir fark olup olmadığını; hastanın kanserle ya da AIDS'le savaşması için hücresel yetilerini genetik olarak artırmakla en baştan kansere ya da AIDS'e yakalanmasını önleyecek bir genetik artırım yapmak arasında gerçek fark olup olmadığını kendimize soracağız. Diğer bir deyişle ebeveynler çocuklarına yetiştirme yoluyla avantajlar sunmakla aynı avantajları ya da fazlasını doğayla sunmak arasında bir fark olup olmadığını sorgulayacaklar. Genetik artırımlar ne kadar çoğalır, yararları ne kadar çok görülürse, toplumların içindeki ve aralarındaki rekabet, bir o kadar rekabetçi olan biz insanları, bu geliştirmeleri istemeye o kadar itecektir.

Spor dünyası rekabetçi baskıların genetik silahlanma yarışını nasıl tetikleyebileceği ve tetikleme ihtimali konusunda özellikle aydınlatıcı bir pencere işlevi görebilir.

* * *

Sporun en üst kademeleri söz konusu olduğunda, genetiğin başarıda merkezi rol oynadığından şüphe edemeyiz. Bu düzeyde kurallar belirgin bir şekilde tanımlanmıştır, başarı için gerekli beceriler nispeten spesifiktir ve genetik olmayan değerlerin dağılımı da eşittir. NBA'de boyu bir buçuk metre olan oyuncu sayısı da bu yüzden azdır.

David Epstein'in 2013 tarihli *The Sports Gene: Inside the Science of Extraordinary Athletic Performance* [Spor Geni: Olağanüstü Atletik Performansların Bilimi] adlı kitabında anlattığı gibi Finlandiyalı Eero Mäntyranta tarihin en dominant Kuzeyli kayakçılarından biriydi ve 1960 ile 1972 arasında üç altın madalya, iki dünya şampiyonluğu da dahil yedi olimpiik madalya kazanmıştı. Dört dörtlük bir şampiyon olan Mäntyranta'nın muhteşem bir iş ahlakı, boyun eğmez bir kişiliği vardı. Ancak 1990'ların başlarında ailesi ve kendisi-

nin genetik analizi yapıldığında Mäntyranta ve 29 akrabasında EPOR geninin çok nadir bir mutasyonu olduğu anlaşıldı. Bu mutasyon onları hemoglobin, yani oksijeni akciğerden dokulara taşıyan kırmızı kan hücrelerini üretmede başkalarına göre çok daha üstün kılıyordu. Bu sayede dayanıklılık kapasiteleri de daha fazlaydı.² Bu mutasyona sahip her akraba olimpik şampiyon değildi. Birkaçı öyleydi. Ama bu mutasyon şanslarını kesinlikle artırıyor.

Atletik başarı elbette ki Mäntyranta'nınki gibi bir gen bile olsa tek gene atfedilemeyecek kadar karmaşık bir fenomendir. Beslenme, ailenin sağladığı bakım, dürtü, eğitim, erişim ve şans da önemli roller oynar. Ancak bu yine de tek genlerin kritik önem taşımayacağı anlamına gelmez.

Kasların kasılma hızını etkileyen sayısı bilinmez genlerden biri olan ACTN3 geninin mutasyonu birçok insanda mevcuttur. Atletik performansla ilintili birçok gen incelense de ACTN3 şimdiye dek güce dayalı pek çok sporda gösterilen performansla bağlantısı keşfedilmiş tek gen oldu. Araştırmacılar farelerde bu tek geni etkisizleştirdiklerinde, ciddi oranda kas gücü kaybı oluştu.³ Doğru ACTN3 varyantına sahip olmak sizi muhteşem bir kısa mesafe koşucusu yapmaz ama birçok çalışmanın gösterdiğine bakılırsa ACTN3'ün bozuk kopyalarından sizde iki tane varsa, herhangi bir koşu yarışında olimpik finallere kalma ihtimaliniz neredeyse sıfır olur.

Öte yandan kas üretimini durdurma işlevi gören bir protein olan myostatinin üretimini sekteye uğratan MSTN geninde mutas-

- 2 David J. Epstein, *The Sports Gene: What Makes the Perfect Athlete*, Yellow Jersey Press, London, 2013. Ayrıca bkz: A. de la Chapelle, A. L. Traskelin, ve E. Juvonen, "Truncated Erythropoietin Receptor Causes Dominantly Inherited Benign Human Erythrocytosis," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 90 (1993): 4495-4499, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC46538/pdf/pnas01462-0175.pdf>; David Epstein, "Eero Mäntyranta -Finland's Champion. 1937-2013: Obituary", *The Science of Sport*, 31 Aralık 2013, <http://sportsscientists.com/2013/12/eero-mantyranta-finlands-champion-1937-2013-obituary/>
- 3 Eynon ve diğerleri, "Genes for Elite Power and Sprint Performance: ACTN3 Leads the Way", *Sports Medicine*, Eylül 2013, erişim 1 Mayıs 2018, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23681449>

yonunuz varsa kaslarınız pek çok insanı aşacak şekilde gelişmeye devam eder. “Dünyanın en güçlü çocuğu” unvanını edinen ve myostatin mutasyonu olan Liam Hoekstra beş aylıkken zorlu jimnastik numaraları yapıyor, sekiz aylıkken barfiks çekebiliyordu.

Genetik yapı maraton koşusunda da oldukça etkili görünüyor. Kenyalı Kalenjin kabilesinin, ondan da çok Nandi adlı alt kabilenin başarısı bunun bir örneği. Uzun mesafe koşusunda Kenyalıların yıllardır egemen olduğunu çoğu kişi bilir. 800 metre ve üstü yarışlarda en hızlı 20’nin içindeki Kenyalı erkek koşucuların oranı 1986 ile 2003 arasında 13,3’ten 55,8 gibi inanılmaz bir rakama yükseldi. Son 30 yılda Kenya doğumlu erkekler mesafe koşularında olimpiik madalyaların yarıya yakını, kır koşularında ise bütün dünya şampiyonluklarını kazandı. Ne var ki Kenya’nın koşu başarısı daha çok bir Kalenjin başarı hikâyesiydi.

Kenya koşu şampiyonlarının yaklaşık dörtte üçü, 41 milyonluk Kenya nüfusunun 4,4 milyon gibi küçük bir kısmını oluşturan Kalenjinlerdir. 1964 ile 2012 arasında Kenya’nın 64 olimpiik ve sekiz dünya şampiyonluğu madalyasının yüzde 84’ünü Kalenjin koşucular kazandı ve Kenya’nın en iyi 25 maraton başarısından 20’sinin sorumlusu yine onlardı.⁴ Kalenjin koşucularının çoğu daha da küçük olan, toplam bir milyon nüfuslu Nandi alt kabilesinden geliyordu. Koşuların başarısı zorlu çalışmaların, ulusal koşu kültürünün ve diğer çevresel faktörlerin bir sonucu olsa da Kalenjin egemenliğinin genetik temelini görmezden gelmek mümkün değildi.

Geçmiş on yıllarda maraton izlemiş herkesin bildiği gibi Kalenjin koşucularının ortalamada pek çok insana göre daha uzun bacakları, daha kısa gövdeleri, daha ince uzuvları ve boylarına kıyasla daha düşük beden kütleleri vardır. 1990’da Kalenjin çocukları inceleyen İsveçli araştırmacılar okul çağında 500’ü aşkın Kalenjin çocuğun İsveç’in en hızlı şampiyonundan iki bin metre hızlı koşabildiğini gör-

4 Ross Tucker, Vincent O. Onywera ve Jordan Santos-Concejero, “Analysis of the Kenyan Distance-Running Phenomenon”, *International Journal of Sports Physiology and Performance* 10, 2015, 285-291, https://www.researchgate.net/publication/264745551_Analysis_of_the_Kenyan_Distance-Running_Phenomenon

dü. Danimarka spor bilimleri enstitüsünden araştırmacılar 2000 yılında kalabalık bir Kalenjin erkek çocuk grubunu üç ay eğittikten sonra iddiaya göre çocukların çoğu Danimarkalı lider koşucudan hızlı koşmaya başladı.⁵

Maraton için tek bir gen keşfedilmiş olmasa ve muhtemelen hiç keşfedilmeyecek olsa da araştırmacılar atletik performans üstünde önemli etki yaratabilecek 200'ü aşkın gen belirlediler.⁶ 2008 tarihli bir çalışmada belli bir koşucunun atletizmle bağlantılı bu genlerden en iyi bilinen 23 tanesinin her birine sahip olma olasılığı değerlendirildi ve olasılığın son derece düşük olduğu sonucuna varıldı; bütün insanların yaklaşık yüzde 0,0005'i. Çıkarım doğruysa 2018'de 1,34 milyar nüfusu olan Çin'de bu genetik özelliklere sahip tüm yaş gruplarına dağılmış 6.700 kişinin olması gerekir. 324 milyonluk nüfusuyla ABD'de ise 1.620 kişinin olması gerekir.

Diyelim bir ülke –örneğin Çin– yeni doğanların genom analizinde topladığı verileri, içlerinden en çok hangisinin o veya bu alanda yıldız atlet olma şansı taşıdığını belirlemek için kullanma kararı versin. Bu durumda belirlenen genetik potansiyel ebeveynlere ve spor derneklerine bildirilebilir, onlar da bu çocuklara avantaj sahibi olacıkları sporlara yönelmeleri için özel fırsatlar tanımayı düşünebilir. Belli bir spora en büyük yatkınlık ve ilgiyi sergileyen çocuklar özel liglere davet edilebilir, orada ise en iyi oyuncular özel spor okullarına gitmeye teşvik edilebilir veya zorunlu kılınabilir. Okullarda ileri düzey sıkı bir eğitim alan bu genetik yıldızlar arasından en iyileri belir-

- 5 Açıkça belirtmek gerekirse bu başarı sadece genetiğe dayalı değil, daha çok genotipik, fenotipik ve sosyoekonomik faktörlerin karmaşık bir etkileşiminin ürünüydü. Bu konu hararetle tartışıldı. Bkz. Max Fisher, "Why Kenyans Make Such Great Runners: A Story of Genes and Cultures", *The Atlantic*, 17 Nisan 2012, erişim 6 Haziran 2018, <https://www.theatlantic.com/international/archive/2012/04/why-kenyans-make-such-great-runners-a-story-of-genes-and-cultures/256015/>; ve Alex Hutchinson, "Kenyan Dominance, Real and Imagined", *Runner's World*, 25 Mayıs 2018, erişim 6 Haziran 2018, <https://www.runnersworld.com/training/a20846404/kenyan-dominance-real-and-imagined/>
- 6 Andrew Roos and Thomas Roos, "Genetics of Athletic Performance", Stanford University, 15 Mayıs 2012, <https://web.stanford.edu/class/gene210/files/projects/Gene210-AthleticsPresentation-Roos.pdf>

lenerek ülkeyi uluslararası alanda temsil etmek üzere seçilebilir. Aslında bunlar şimdiden bir miktar gerçekleşiyor.

Pekin'de yapılan 2008 Yaz Olimpiyatı kadınlar voleybol yarışı-nallerine gittiğimde Amerikalı ve Çinli atletler arasında tuhaf bir karışıklık hissettim. Amerikalılar farklı şekiller ve cüsselerden oluşan bir potpuriydi. Amerikan örneğinde genç atletler genelde ya kendileri spora gönül verenler ya da saplantılı ailelerin çocuklarıdır. İşlelerinden bazıları eminim ki onları olimpiyata kadar getiren bir bağlılığa, kararlılığa, takım ruhuna ya da karizmaya sahipti. Öte yandan Çinliler görüntü olarak çok daha tek tipti. Yıllar önceki Sovyet takımı gibi Çinliler de atlet adaylarını genelde erken yaşta fiziksel özelliklerine göre belirler sonra onları ülkenin çeşitli yerlerindeki özel spor okullarında eğitip aralarından seçerler. Spor okulu modeli eleştirenlerin hoşuna gitmeyebilir, özellikle de çocuklarını bu okullara vermesi için ailelere baskı yapıldığı düşünülürse, ancak içlerinden çok azı atletik potansiyele sahip gençleri belirlemeye hile gözüyle bakar.

Pekin voleybol müsabakası sadece iki takım arasında değil, aynı zamanda iki farklı türde toplumsal örgütlenme arasında yapılan bir müsabakaydı. Galip atletler yaratmada belki Amerikan bireyselci sistem daha iyidir, belki Çin ve Rus devletçi sistem; ya da ikisinin bir karışımı. Ne olursa olsun ilerleyen zaman içinde bu konu teoride kalmayacaktır. Olimpik madalya alanında süregiden silahlanma yarışında, atletik başarılar mutlaka ölçülecektir.

Geliştirilmiş genetik becerileri spor alanındaki silahlanma yarışına katmak, hileciler için yeni fırsatlar yaratmakla kalmayıp hilesiz oyun anlayışımıza da meydan okuyacaktır. İnsanlar Sovyet bloku ülkelerinde, Rusya'da, Çin'de ve başka yerlerde atletlere uygulanan devlet sponsorlu dopingin –ve bisikletçi Lance Armstrong gibi atletlerin hemoglobin seviyesini artırmak için kırmızı kan (alyuvar) üretimini suni olarak tetiklemesinin– hile olduğundan uzun süredir şikâyetçi. Onların sporlarına göre gerçekten de hiledir bunlar.

Atletler yakın gelecekte dayanıklılığı artırmak ve kas onarımını hızlandırmak için hücrelerini çıkartıp genlerinde düzenleme yaptır-

dıktan sonra vücutlarına alabilirler.⁷ Bu tür bir “gen dopingi” çoğu sporun mevcut kurallarına göre şüphesiz hile sayılacaktır. Peki, artık genetik kaputun altına bakabildiğimize göre ekstra hemoglobin üretici mutasyonu olmayan bir insanın, o mutasyona sahip biriyle rekabet etmesinin mümkün olduğunu söyleyebilir miyiz? Mäntyrinta örneğindeki gibi hilecilerin taklit etmeye çalıştığı şeyi vücudu kendi kendine yapan insanlar hakkında ne düşüneceğiz? Lance Armstrong gibi atletler hemoglobin üretimini suni yolla tetiklerken kuralları ihlal ediyor mu diyeceğiz yoksa kendilerini “Mäntyrinta’layarak” oyun alanını eşitliyor mu?

Belli bazı sporlarda göreceli başarılarla olan genetik yatkınlıklar belirlendikçe, onlara sahip olmayan atletler için durum giderek adaletsizleşecektir. Öte yandan genetik açıdan herkes birbirinden farklı olduğuna göre bir atleti avantajlı bir genetik farklılığa sahip olduğu için cezalandırmak da, bir fizikçiyi matematik kabiliyeti ya da bir müzisyeni kusursuz kulağı olduğu için cezalandırmaya benzeyecektir.

Bazı atletlere doğuştan avantaj sağlayan bu genetik farklılıkları anlamamızla birlikte verilecek tepkilerden biri, atletleri genetik farklarına göre kategorize etmek olabilir. Eero Mäntyrinta gibiler birbiriyle yarışabilir, Lance Armstrong gibiler de birbiriyle. Kalenjin koşucular da benzeri biçimde birbirine karşı yarışabilir ve herkes için farklı yarışmalarımız olur. Böyle bir şey elbette ki pek çok nedenle saçma olur, özellikle de fiziksel çeşitliliğin rekabet sporlarının özünü oluşturduğu ve hangi genetik özellikler grubunun başarıda en büyük şans yarattığını belirlemenin imkânsızlığı düşünülürse. Alternatif olarak, atletleri genetiği değiştirilmiş ve değiştirilmemiş şeklinde iki kategoriye ayırabiliriz.

Ne yaparsak yapalım, insanlar acaba daha yavaş süreleri ve daha düşük performanslarıyla genetik olarak seçilmemiş olanlarla mı daha

7 Olimpiyat yetkilileri atletleri ilk kez 2016 Rio Olimpiyatı’nda “gen dopingi” testine tabi tuttular ve kırmızı kan hücresi üretme kabiliyetini artırmak için gen tedavisi yapıp yapılmadığına dair deliller aradılar. Eric Niiler, “Olympic Drug Cops Will Scan For Genetically Modified Athletes”, *Wired*, 28 Temmuz 2016, <https://www.wired.com/2016/07/olympic-drug-cops-will-scan-genetically-modified-athletes/>

çok ilgilenecektir yoksa durmadan rekorlar kıran ve insanın başara-
bileceklerine dair anlayışımızı giderek genişleten genetiği artırılmış
süper atletlerle mi?

Olimpik şampiyonlar, profesyonel atletler ve diğer spor yıldızla-
rı atletik başarılarından muazzam ödüller ve büyük paralar kazana-
bilir, avantaj sağlayabilmek için de sık sık sıra dışı önlemler almaya
razı olurlar. Bu önlemlerin bir kısmı tehlikeli olabilir ama atletin
sağlığını karşılıklı ödünlerin nesnesi yapmak da sporun özünü teşkil
eder. Futbol, boks ve serbest tırmanış bunun birkaç örneğidir. Atlet-
ler dilerlerse tercihten çekilebilirler ama evrim gibi spor da benimse-
nen her yeni avantaj setiyle birlikte, rakiplere karşı yeni bir çıtanın
oluşturulduğu silahlanma ortamları yaratır.

Üst düzey profesyonel atlet olmanın getirdiği muazzam finansal
ve benzeri ödülleri düşününce, bu tür gayeleri olan insanların neden
hayalleri uğruna gelecekteki esenliklerini dahi tehlikeye attıklarını
anlar gibi oluruz. Ne var ki bu tür olası riskleri doğuran yeni tekno-
lojileri benimsemeye gönüllü insanlar sadece gelecek vaat eden pro-
fesyonel atletler değildir. Ortalama ebeveynler bile çocuklarının atle-
tik ümitlerini gerçekleştirmeye yardım etmek için aynısını yapar.

Spora saplantılı ABD’de, ebeveynler çocuklarını henüz dört
yaşlarında rekabete dayalı spor programlarına yazdırırlar. 12 yaşın-
da bazı çocukların profesyonel atletlere denk çılgın bir programları
olabilir. Bu hırslı ebeveynler piyasasına hizmet etmek için son yıl-
larda atletik performansı ölçen büyük bir “üreticiden tüketiciye”
genetik test pazarı oluştu. Atlas Biomed, DNAFit, Genotek, Goni-
dio, Soccer Genomics ve WeGene gibi şirketler ebeveynlere ve baş-
kalarına, genetik testi yapılan kişinin sonuçlarında, atletik bir avan-
taj sağladığına inanılan tek gen mutasyonlarına ilişkin gösterge
olup olmadığı konusunda bilgi sağlıyor. Söz konusu öngörüler bu-
gün genelde yeterince bilgilendirici⁸ olmasa da genom bilgimizin

8 Nick Webborn ve diğerleri, “Direct-to-Consumer Genetic Testing for Predicting
Sports Performance and Talent Identification: Consensus Statement”, *British Journal of
Sports Medicine* 49, 2015, 1486-1491, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26582191>

artmasıyla çok daha işlevsel hale gelerek, ebeveynler için yeni olasılıklar doğuracaktır.

Atletik performansla bağlantısı belirlenen gen sayısının artmasıyla birlikte ebeveynler IVF işleminde transfer edilecek embriyoyu seçerken, o veya bu alanda atletik potansiyele ilişkin genetik ön göstergeleri de değerlendirme şansına sahip olacaktır. Mevcut ABD yasalarına göre klinikleri bu tür seçenekler sunmaktan, ebeveynleri de bu tür kararlar almaktan men eden bir engel yok.

Diyelim ebeveynler doğacak çocuğun koşu yarışçısı olabileceği veya vücudunun ortalama üstü hemoglobini üretebileceği olasılığına dayanarak bir embriyoyu seçtiler. Ya da daha basit bir yöntemle üreticiden tüketiciye yönelik bir test kullanarak, yeni doğan bebekte bu genetik göstergelere baktılar. O durumda ABD atletizm kuruluşları ve elit atletik eğitim programları hangi genç atletleri destekleyeceklerini belirlerken bu bilgiyi en azından veri göstergesi olarak değerlendirmek ister mi? Özellikle de Çin gibi rekabetçi ülkeler bunu yapıyorsa? Merkezi Pekin'de olan Çinli özel şirket Jiaxue Gene şimdi web sitesinde devletle işbirliği yaparak çocuklarda sporla bağlantılı gen taraması gerçekleştirdiklerini bildirdi. Yazıda, "Milli spor takımları ve çalıştırıcılar şirketimizin genetik deşifre teknolojisinden yararlanarak en yüksek eğitim potansiyeline sahip öğrencileri belirleme amaçlı bir tarama yapılması için Jiaxue Gene'le temasa geçtikleri" de belirtildi.

Özbekistan 2014'te genetik testleri milli spor programına kattığını ilan eden ilk ülke oldu. Özbekistan Bilimler Akademisi Milli Olimpiyat Komitesi birkaç spor federasyonu ile birlikte geleceğin yıldız adaylarını belirleyebilmek için çocuklarda atletik potansiyeli etkilediği düşünülen 50 gen için test yapılacağını duyurdu.⁹ Ağustos 2018'de Çin Bilim ve Teknoloji Bakanlığı 2022 Kış Olimpiyatları'nda yarışmayı düşünen Çinli atletlerin "genetik belirteçler"i temel

9 Ron Synovitz ve Zamira Eshanova, "Uzbekistan Is Using Genetic Testing to Find Future Olympians", *The Atlantic*, 6 Şubat 2014, <https://www.theatlantic.com/international/archive/2014/02/uzbekistan-is-using-genetic-testing-to-find-future-olympians/283001/>

alan resmî seçme sürecinin adımlarından biri olarak genom dizilimi ve “hız, dayanıklılık, patlayıcı kuvvet” açısından profillemeye yaptırımları gerektiğini duyurdu. Bugün bu tip bir testin başarı olasılığı düşüktür çünkü genlerin neler yaptığı hakkında hâlâ nispeten az bilgimiz var. Atletik başarı ise biyolojik ve çevresel faktörlerin son derece karmaşık bir karışımından oluşur.

Ancak koşuda dünya şampiyonu bir milli kahramanla ilk üç dışında kalan kişi arasındaki ayrımın saniyenin birkaç küçük parçasından ibaret olduğu düşünülürse, küçük de olsa etkinlik ihtimali taşıdığı takdirde diğer ülke ve spor organizasyonlarının da Özbekistan ve Çin örneğini izleyeceğine şüphe yoktur.

Geleceğin olimpiyat yıldızı adaylarını belirlemek için gelişkin genetik testleri kullanan ülkelerin artmasıyla, diğer ülkeler bir seçenekle karşı karşıya kalacaktır. Spor birliklerinin liderleri genetik testin başarıda itici güç oluşturmayaacağına, bir önem taşımayacağına, hatta işe yarasa bile bu tip testlerin sportmenlik ruhuna aykırı olduğuna hükmederse, genç atletleri genetik olarak değerlendirmemeyi seçebilirler. Öte yandan genetik testin milli atletik rekabete önemli etkisi olacağına inanırlarsa, bundan yararlanma yolunda çabaları artırabilirler.

Atletlere yönelik yaygın genetik testin önündeki engeller kalktığında, atletikliği artırma amaçlı embriyo seçiminin, sonrasında ise sınırlı genetik manipülasyonun önünde bekleyen engeller de büyük olasılıkla aynı rekabetçi nedenlerle bazı yerlerde devrilecektir. Bu sınırın aşılmadığı yerlerdeki halklar ve liderler o gün yine ne tepki vereceklerini değerlendirmek zorunda kalır. Geri çekilirlerse, milli atletleri bazı spor dallarında rekabet edemez duruma gelebilir.

Atletik müsabaka, insanın ve teknolojinin silahlanma yarışında, genetiğin kaçınılmaz biçimde devreye sokulacağı alanlardan sadece biridir; nispeten tehlike arz etmeyenlerinden biri. Sonuçta büyük resme bakıldığında ABD’nin hiçbir zaman olimpiik madalya kazanmaması kimin umurunda olur, değil mi? Buna karşılık çocuklarımızın iş bulması, kariyerde başarı yakalaması, ulusal ekonomimizin güçlü olması ve ülkelerimizin kendini koruması herkesi ilgilendirir.

Spor ile genetik bilim örneği aslında sadece spora özgü değildir. Hayatın her alanını ilgilendirir.

Tam anlamıyla mucizevi bir ülke olan Güney Kore 1950-1953 Kore Savaşı'nın yarattığı yıkımın ardından harabeye dönmüştü ve istikbali, en yoksul Afrika ülkesinden de karanlık görünüyordu. Ancak akıllı hükümet politikaları, inanılmaz bir gayret ve eğitime tükenmez bir adanmışlıkla ülkenin 1953'te 64 dolar olan kişi başına düşen yıllık gayrisafi yurtiçi hasılası, bugün 27 bin dolara yükseldi. Toplam GSYİH ise 41 milyon dolardan bugün 1,4 trilyon dolara yükseldi; 31 bin kat gibi akıl almaz bir artış.

Koreli öğrenciler bugün karşılaştırmalı küresel öğrenci değerlendirmelerinde istikrarlı biçimde en üst sıralarda yer alırlar ve ülke de dünyanın en eğitimlileri arasındadır. Ulusal çapta yapılan üniversite giriş sınavı *suneung*'da yüksek puan alma rekabeti kıran kırana olduğundan ve elit üniversitelere girmek, başarıya giden yolda sıçrama tahtası sayıldığından, hazırlıklar erken yaşta başlar. Devletin sağladığı mükemmel eğitime ek olarak Koreli ilkokul öğrencilerinin yüzde 75'i ebeveynleri tarafından ülkedeki 100 bin kadar hızlandırma kursundan birine yazdırılır.

Bu baskının da önemli etkisiyle Güney Kore, gençlik anksiyetesi ve intihar oranında dünyada başı çekenler arasındadır. Kore devleti buna karşılık 2006'da hızlandırma kurslarını akşam 10.00'la sınırlandırdı çünkü çok sayıda çocuk bu okullarda sabahın erken saatlerine dek çalışmaktan kronik yorgunluk yaşıyordu. Ancak devletin çabalarına rağmen Güney Kore'de eğitim alanında silahlanma yarışı devam ediyor.¹⁰

10 Hoon Choi ve Lvaro Choi, "When One Door Closes: The Impact of the Hagwon Curfew on the Consumption of Private Tutoring in the Republic of Korea", *SSRN Electronic Journal*, 2015, http://www.ub.edu/irea/working_papers/2015/201526.pdf

Güney Kore’de rekabette avantaj yarışı eğitimin çok ötelere uzanır. Fiziksel güzellik dünyanın her yerinde değerlidir ama Kore bunu bambaşka bir seviyeye taşır. Estetik cerrahinin tehlikeleri açıkça anlatıldığı halde Güney Kore dünyada kişi başına estetik cerrahi oranının en yüksek olduğu ülkedir. Bir BBC anketinin sonuçlarına göre Güney Koreli kadınların neredeyse yarısı 20’li yaşlarında bir çeşit estetik cerrahi uygulaması yaptırır. Koreli ebeveynler rekabette öne geçme işlevi görmesi için çocukları adına bu operasyonların ücretini genelde lise mezuniyet hediyesi olarak öderler.” “19 yaşına geldiğinizde, diğer bütün kızlar estetik cerrahi yaptırıyor, siz yaptırmazsanız birkaç yıl sonra arkadaşlarınız sizden iyi görünecek, sizin görüntünüz ise geliştirilmemiş bir siz olarak kalacak,” diyor Koreli bir üniversite öğrencisi *The New Yorker* dergisine.¹²

Güney Koreli ebeveynler çocuklarına rekabette avantaj sağlamak için onların sağlığını bile riske atmalarıyla tayfın ucunda yer alıyor olabilir ama bu konuda yalnız olmadıkları kesin.

Çin’de de çocukları en iyi ortaokul ve liselere sokmak için ebeveynlerin genelde aile ilişkilerini kullanmaları, pahalı okul ücretleri ödemeleri ve öğretmenlerle okul görevlilerine rüşvet vermeleri gerekir. 2013 *The Washington Post* haberine göre “birçok ailenin söylediğine bakılırsa Pekin’de orta halli bir ortaokula kabul edilebilmek için 16 bin doların üstünde ödeme yapmak ve rüşvet vermek gerekir. Altı basamaklı sayılar da duyulmamış şeyler değildir.”¹¹ Ebeveynler kayıt

11 Malleta, King, “Why Korean Parents Give Their Kids Plastic Surgery as Graduation Gifts”, *NextShark*, 23 Aralık 2016, erişim 9 Ağustos 2018, <https://nextshark.com/why-korean-parents-give-their-kids-plastic-surgery-as-graduation-gifts/>; Wei, Will, “Why Korean Parents Are Having Their Kids Get Plastic Surgery before College”, *Business Insider*, 25 Kasım 2017, erişim 9 Ağustos 2018, <https://www.businessinsider.com/eyelid-surgery-in-south-korea-2015-11>

12 Patricia Marx, “About Face”, *New Yorker*, 23 Mart 2015, <https://www.newyorker.com/magazine/2015/03/23/about-face>

13 William Wan, “In China, Parents Bribe to Get Students into Top Schools, Despite Campaign against Corruption”, *The Washington Post*, 7 Ekim, 2013, https://www.washingtonpost.com/world/in-china-parents-bribe-to-get-students-into-top-schools-despite-campaign-against-corruption/2013/10/07/fa8d9d32-2a61-11e3-8ade-af23cda135e_story.html?utm_term=.c79e7e712e12

yaptırdıktan sonra ağır bir yükün altına girer ve bazı çocuklar haftanın yedi gününü okulda geçirir. *Reuters* raporuna göre, “Gelecekte iş sahibi olmak için verilen kıran kırana mücadele ve ailelerin hırsı sayesinde uzun saatler arkadaşların değil, ders kitaplarının eşliğinde geçirilir.”¹⁴

Kore'nin *suneung*'u gibi Çin'in üniversite sınavı *gaokao*'ya hazırlık da amansız ve streslidir. Yoğun baskı öğrencilerde –küçük yaşta- kilerde bile- stres ve depresyonu tetikleyebilir. 2010'da doğu Çin'de 10 ila 12 yaş çocukları arasında yapılan araştırmaya göre yüzde 80'den fazla çocuk sınavlar için “çok” endişeleniyor, yüzde 67'si öğretmenleri tarafından cezalandırılmaktan korkuyor ve yaklaşık yüzde 75'i üstün başarı göstermezlerse ebeveynlerinden fiziksel ceza almaktan korkuyordu. Üçte birlik bir kesim de düzenli olarak aşırı stres belirtileri sergiliyordu.¹⁵

Amerikalı ebeveynler ortalamada çocuklarını Koreli ve Çinli muadilleri kadar katı cezalandırmıyor olabilir ama üniversiteye girme şansını artırmak amacıyla SAT sınavlarında başarılı olmaları için Amerikalı lise öğrencilerinin üstünde kurulan muazzam baskı, milyarder dolarlık bir sınava hazırlık endüstrisini tetikler. *The Pressure Child* [Baskı Altındaki Çocuk] ve *The Over-Scheduled Child* [Programı Dolmuş Taşan Çocuk] gibi isimleri olan Amerikan kitapları, agresif bazı ebeveynlerin çocuğa yardımıyla zarar verme arasındaki sınırı zorladığını ileri sürer.¹⁶

Hayatın rekabet dolu yarışında dünyanın çeşitli yerlerindeki bu ebeveynler doğumdan sonra biriktirilen avantajların çocukların başarısına katkı sağladığını düşünmekte haksız değiller. Tam da bu

14 Kitty Bu ve Maxim Duncan, “Playtime a Luxury for Competitive Chinese Kids”, *Reuters*, 23 Kasım 2009, <https://www.reuters.com/article/us-china-children-play/playtime-a-luxury-for-competitive-chinese-kids-idUSTRE5AM16920091123>

15 Peter Foster, “Third of Chinese Primary School Children Suffer Stress, Study Finds”, *The Telegraph*, 19 Ocak 2010, <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/china/7027377/Third-of-Chinese-primary-school-children-suffer-stress-study-finds.html>.

16 Alvin A. Rosenfeld ve Nicole Wise, *The Over-Scheduled Child: Avoiding the Hyper-Parenting Trap*, St. Martin's Griffin, New York, 2001.

nedenle o avantajları sağlamak için bu kadar ileri giderler. Yeni genetik araçlara erişim de bunun bir parçasıdır.

Yeni geliştirilen çok sayıda üreticiden tüketiciye genetik test arasından az ama giderek artan sayıda bazıları, özellikle çocukların test edilmesi için ebeveynlere pazarlanıyor. ABD şirketi BabyGenes ebeveynlere sağlık göstergeleri barındırma potansiyeli taşıyan 170 kadar genle ilgili bilgi sunuyor. Test için çocuklarının ağzından aldıkları tükürük örneklerini gönderen dünyanın çeşitli ülkelerinden ebeveynlere çocuklarının gıda toleransı, yeme alışkanlıkları, pasif içiciliğe duyarlılığı, bağımlılık ve hiperaktiviteye yatkınlığı ve sabah insanı mı gece insanı mı olduklarıyla ilgili bilgiler edinecekleri söyleniyor.¹⁷

Çin'de şimdi çeşitli yerlerde çocuğun gelecekteki güçlü yanlarını öngöreceğini iddia eden kuşku uyandırıcı "sağlık kurumları" açılıyor. Büyüyen zincirlerden biri olan Martime Gene, ebeveynlere çocuklarının dans, matematik ve spor da dahil 20 ayrı aktiviteye yeteneğini belirlediği iddia edilen bir genetik test sunuyor. Bazı Çinli ebeveynler hastalık riskleriyle bağlantılı 950 geni, ilaca tepkiyle bağlantılı 200 geni ve fiziksel ve kişilik özellikleriyle bağlantılı 100 geni tespit eden "myBabyGenome" isimli teste yaklaşık 1.500 dolar ödüyor.¹⁸

Map My Gene¹⁹ isimli Malezya şirketinin web sitesine ait aşağıdaki tablo, ebeveynlere gönderilen mesajın güzel bir örneği.

17 Timothy Caulfield ve diğerleri, "Marginally Scientific? Genetic Testing of Children and Adolescents for Lifestyle and Health Promotion," *Journal of Law and the Biosciences* 2 (2015): 627-644, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5034400/>.

18 Antonio Regalado, "Baby Genome Sequencing for Sale in China," *MIT Technology Review*, 15 Haziran 2017, <https://www.technologyreview.com/s/608086/baby-genome-sequencing-for-sale-in-china/>.

19 Genimi Haritala. (Ç.N.)

MAP MY GENE'İN 8 KATEGORİYE YAYILAN 48 YETENEK VE ÖZELLİĞİ



KİŞİLİK ÖZELLİKLERİ:

İyimserlik, risk alma, sebat/kararlılık, utangaçlık, dinginlik, kişilik bölünmesi, fevrlilik, yoğunlaşılma becerisi.



IQ:

Şefkat, esdekat, tutku, ergenlikte aşık olmaya yatkınlık, duygusallık, sosyallik, özdeşleşim, düzenetimin.



IQ:

Zekâ, kavrama, analitik bellek, yaratıcılık, okuma yeteneği, hayalgücü.



SPOR:

Direnç, hız, teknik, eğitime duyarlılık, spor yaralarına yatkınlık, spor psikolojisi.



BAĞIMLILIK:

Alkolizm, sigara içme, genel bağımlılık.



FİZİKSEL FORM:

Boy, genel sıhhat, obezite.



SANATSALLIK:

İkra yeteneği, müzik, resim, dans, edebiyat, dil.



DİĞER:

Pasif içiciliğe duyarlılık, pasif içiciliğe duyarlılık.

NORMAL EBEVEYNLİK:



Jane bebekliğinde yürüyüp konuşmayı öğrendi, ebeveyni doğal yetenekleri üstüne fazla düşünmedi.



Jane koşmayı ve dışarıda çocuklarla oynamayı seviyordu. Şane eseri bir yarış kazandı.



Jane'in ebeveyni onun koşuya yatkınlığı olduğunu düşündü. Yeteneğine yatırım yapmak için pahalı ayakkabılara, ekipmana ve derelere büyük paralar harcadı.



Jane bir süre sonra koşma hevesini yitirdi ve onun yerine piyanoya başlamak istedi.



Jane müziğe karşı doğal bir yetenek sergilediği halde ebeveyni spora hevesini yitirdiği gibi bir süre sonra piyanoya da yitireceğini düşünerek pahalı derslere ve piyanoya yatırım yapmak istemedi.



Sonuç olarak Jane hayatında müzik ve piyanonun izinden hiç gitmedi.

GENETİK DESTEKLİ EBEVEYNLİK:



Jane'in müziğe doğal yatkınlığı bebekliğinden itibaren biliyordu.



Jane'in ebeveyni müzikle ve müzikal oyuncaklarla onun yeteneğini biliyordu.



Ebeveyni Jane'i üç yaşında müzik derslerine başlattı.



Jane yedi yaşında bir müzik dehası oldu, on yaşında beste yapmaya başladı.

Bu tür genetik testler şimdilik karmaşık genetik özelliklerden çok, tek gen mutasyonu risklerini belirlemede yarar sağlıyor ama böyle kanıtlanmamış ve en azından şimdilik güvenilir olmayan teknolojilere erişme konusunda ebeveynlerin üstündeki baskı çok büyük. Bunun farkına varan bazı devletler tüketiciyi korumak için devreye giriyor. Testlerin yeterince doğruluk taşımadığına ve halkın genetik veriye çok fazla erişimle baş edemeyeceğine inanan ABD Gıda ve İlaç Dairesi 2013'te tüketiciye yönelik genetik şirketleri 23andMe'nin tüketicilere genetik hastalığa yakalanma olasılıklarına ilişkin öngörücü sağlık bilgisi vermesini yasakladı. Avrupa'da ise Fransa ve Almanya üreticiden tüketiciye genetik teste izin vermiyor.²⁰

Bu tür sıkı tedbirler, genetik testlerde poligenik puanlama sistemiyle karmaşık olan özellikler bile daha doğru öngörülebilir hale geldiğinde ve tüketiciler olasılıksal bilgiyle baş etmeyi daha iyi öğrendiklerinde zamanla gevşetilecektir. Harvard'lı medikal genetikçi Robert Green ve ekibi yürüttükleri bir dizi çalışmayla gereğince eğitildikleri takdirde sıradan insanların karmaşık genetik bilgiyle baş edebileceğini ortaya koydu.²¹ Halka karmaşık genetik veri sunmak muazzam bir eğitimi, standartların belirlenmesini ve yasal reformları gerektirir ama Green'in çalışması bunun başarılabilir olduğunu gösteriyor. Ne var ki bu tür erişilebilir testler, genetik teknolojilerde

20 Kalomirinou ve diğerleri, "Legislation of Direct-to-Consumer Genetic Testing in Europe: A Fragmented Regulatory Landscape", *Journal of Community Genetics* 9, 2018, 117-132. ABD'de Salesforce, OpenTable ve Snap gibi şirketler şimdi çalışanlarına kalıtsal hastalık riskine bakılması için ücretsiz genetik tarama olanağı sunuyor. 2018'de yaratıcı bazı polis dedektifleri 40 yıl önceki suç mahallinden elde ettikleri delilleri kullanarak sahte tüketici genetik profilleri oluşturdular ve Golden State katilinin önce genetik akrabalarını sonra kendisini buldular. Tüketicilerin genetik bilgileri şüphesiz herkese açık olmamalı. Megan Molteni, "The Creepy Genetics Behind the Golden State Killer Case", *Wired*, 4 Mayıs 2018, erişim 29 Mayıs 2018, <https://www.wired.com/story/detectives-cracked-the-golden-state-killer-case-using-genetics/>

21 S. Roberts ve diğerleri, "Direct-to-Consumer Genetic Testing: User Motivations, Decision Making, and Perceived Utility of Results", *Public Health Genomics* 20, No. 1, 10 Ocak 2017, 36-45, erişim 1 Mayıs 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28068660>. Konuyla ilgili tam referans listesi için bkz. http://www.genomes2people.org/wp-content/uploads/2018/01/PGen_Publications.pdf

ebeveynleri de içeren tüketici odaklı benimsenme eğrisinin ancak başlangıcı olacaktır.

Bazı ebeveynler çocuklarının genetik potansiyeliyle ilgili öngörülerden uzak duracak olsa, birçokları genetik bilgiyi, ebeveynlik bilgisini artırıcı yeni bir girdi olarak görecektir. Psikolog Robert Plomin'in 2018 tarihli ezber bozan kitabı *Blueprint: How DNA Makes Us Who We Are*'da [Şablon: DNA Nasıl Bizi Biz Yapıyor] dediği gibi, "Genetik, ebeveynliği farklı bir şekilde düşünme olanağı sunuyor. Çocukları kendi suretimizde yoğurmak yerine, artık ne yapmak istediklerini ve neyi iyi yapabileceklerini keşfedebiliriz." Plomin'in "neyi iyi yapabildikleri" derken kastettiği şey, 1984 yapımı *The Pope of Greenwich Village* filmindeki Paulie karakterinin ölümsüz sözlerinde yatıyor: "Her bi şey genlerde." İkiz çalışmaları Paulie'nin tümüyle haklı olmadığını gösteriyor. Her "bi şey" genlerde değil ama birçok şey genlerde. Elde edilecek genetik bilginin uygulamaları ise ebeveynliğin henüz mesele haline gelmediği bir yere dek genişleyecek. Örneğin Kore ve diğer yerlerde çocuklarını şimdiden gece boyu hızlandırılmış kurslara gönderen ebeveyn alt kümesi, daha en baştan ebeveynlerin imrendiği türde başarılarla ulaşabilecek embriyoları seçmeyi düşünmez miydi? Embriyoları zaten seçiyorlarsa, hastalık riskini azaltmak için o embriyoların genetiğini değiştirmeye, hazır bunu yaparken ileride çocuklarının o veya bu alanda rekabet şansını artıracak birkaç genetik dokunuş yapılmasına razı olmazlar mıydı? Diğer bir deyişle ebeveynler çocuklarına doğumdan sonra biriktirilen avantajları sunmaya zaten bu kadar enerji harcıyorsa, doğmadan önce biriktirilecek avantajları sunmak onlar için ne kadar büyük bir adım olabilir?

Dünyanın en büyük mühendisleri, bilgisayar programcıları ve diğer teknik uzmanları akranlarına kıyasla çeşitli özel avantajlardan yararlanırlar. Genetik yatkınlık belki de bu başarının unsurlarından biridir. Sporda olduğu gibi metanet, dayanıklılık, duygusal zekâ, kişilik, ilişkiler, grup dinamiği ve şans büyük rol oynar. Ancak genetik de dahil olmak üzere bunlardan herhangi birinde sahip olunan farklılıklar, pek çok alanda dünya lideri olmakla –ve o şekilde tanınıp ödüllendirilmekle– olmamak arasındaki farkı belirliyor olabilir.

Kısmen de olsa genetikle belirlenmiş bir gelecek, haklı olarak birçok insanın gözünü korkutmaya devam ettiği için, ebeveynler ister istemez gelecekteki çocuklarının genetik yapısıyla ilgili kararlar almanın çocukta özerklik, temsilcilik, değer ve özgür irade duygusunu azaltacağından endişe edecektir. Bu ve başka sebeplerden dolayı çoğu ebeveyn yolun her aşamasında genetik test, yardımla üreme, genetik tarama, embriyo seçimi ve genetik tasarımdan kısmen ya da tamamen çekilebilme şansına sahip olacaktır. Ancak katılmanın ya da geri çekilmenin veya ikisi arasında bir şey yapmanın ebeveynler için rekabet bağlamında –tıpkı olimpiyat komiteleri gibi– tartılması gereken bazı bedelleri olacaktır.

Tam genetik optimizasyona katılım kararı veren ebeveynler, örnek olarak çocuklarının bazı hastalıklara yakalanmamasını, daha uzun süre daha sağlıklı yaşamasını ve belli işlerde üstünlük konusunda daha yüksek şansa sahip olmasını garantileyecekler. Katılımın yararları yeterince büyükse avantajlar eğrisinin giderek hızlanacağını düşünebiliriz. Genetiği geliştirilmiş bir nesil, çocuklarının yeni nesil gelişmelere daha çok erişmesini garantilemek için gereken avantajlara sahip olacak ve bu böyle nesilden nesle devam edecektir. Bu insanlar büyük olasılıkla çocuklarının da benzeri genetik değişikliklere sahip insanlarla birleşmesini ve her neslin genetiğinin biraz daha değiştirilmesini isteyecektir. Böylece yapılan geliştirmelelerin etkisi çok sayıda nesille daha da büyüyecektir.

Alternatif olarak, çocuklar eğer üstün gelmek üzere tasarlandıkları işlevleri yerine getirmekle ilgilenmezlerse, katılım kararı alan ebeveynler onları bir ömür acı ve sıkıntıya mahkûm etmiş olabilir. Üstelik başarıda tek faktör genetik yapı olmadığından, çocuk baştan optimize edildiği şeyde iyi olmayabilir. Ayrıca toplumda genetiği artırılmış insanlara karşı bir tepki ya da öngörülemeyen bir tehlike de oluşabilir.

Öte yandan çocuklar genetik olarak optimize edilmiş veya geliştirilmiş akranlarıyla bazı alanlarda boy ölçüşemezlerse, katılma kararı alan ebeveynler onları ikinci sınıf statüsüne sürgün etmiş olabilir. Bu senaryoda katılanlarla katılmayanlar arasındaki kapasite farkı düzenli olarak artabilir, hatta H.G. Wells'in 1895

tarihli *Zaman Makinesi* romanındaki gibi iş iki ayrı sınıfın oluşmasına dek varabilir.

Öyle ya da böyle, süreci ileriye itecek gücün rekabet olma ihtimali yüksektir. Genetik geliştirme trenine binmek için spor otoriteleri ve ebeveynler gibi devletleri de teşvik edecek rekabetle bağlantılı nedenler olacaktır.

* * *

1944'te İkinci Dünya Savaşı'nı Müttefikler'in kazanacağı belli olduğunda Amerikalı ve Müttefik güçlerden planlamacılar, yıkımın küresel küllerinden doğacak daha iyi bir dünya hayal etmeye başladılar. Sabit hâkimiyet ve aşırı milliyetçiliği iki dünya savaşına kapı aralamış kanserler gibi gören bu vizyonerler, ortak egemenlik ve toplumsal sorumluluk gibi yeni fikirleri destekleme yolunda Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası ve NATO gibi kuruluşları kurdular. Devletler arası agresif ve genelde tehlike arz eden rekabeti yumuşatmak için ulus-ötesi insan hakları ve uluslararası hukuk gibi kavramları geliştirdiler.

Bu planlar pek çok açıdan hayal edemeyecekleri kadar başarılı oldu. Amerika'nın askerî güçle desteklenen aydınlanmış kişisel çıkarlar, dünyanın büyük bölümünde giderek gelişen barış ve refah için çerçeve oluşturdu. Savaşı izleyen on yıllar içinde dünya, ABD ile Sovyetler Birliği arasında on yıllar boyu süren Soğuk Savaş'a rağmen, insanlık tarihinin pek çok döneminden daha büyük bir ekonomik gelişme, yenilikçilik ve genel esenlikte artış deneyimledi.

Ne var ki insanlar gibi ülkeler de varlıklarını, biyolojik evrimi andıran bir yüksek rekabet ortamında sürdürürler. Burada statüko asla sonsuza dek devam etmez. Nasıl biyolojik organizmalar evrimleşmeyle edindikleri becerileri rekabetçi avantajlara dönüştürüyorsa, ülkeler de kitlelerinin becerisi, yönetim yapıları ve doğal kaynaklarından oluşan bileşimi ulusal güce dönüştürürler. Bu güç böylece daha çok insanı eğitme, daha iyi yönetimler kurma, daha çok kaynak sahibi olma ve başkalarına karşı avantaj kazanma yolunda sarf edilir.

Siyaset kuramcısı Francis Fukuyama liberal demokrasinin diğer yönetim şekillerini alt etmiş gibi görüldüğü 1989'da "tarihin sonu" nun geldiğini ilan etse de bu kuram, devletler arası rekabetin doğal seyrininin kayalarına toslayarak darmadağın oldu." Sovyetler Birliği'nin 1991'deki çöküşü ABD öncülüğünde küreselciliğin yükseldiği kısa bir ânın yaşanmasına neden olduysa da yepyeni bir rakip kendini göstermeye başlamıştı.

Son yüzyıllarda çetin yollardan geçen Çin, dört bin yılı aşkın bir süre muhteşem bir medeniyet olmuştu. Modernleşmekte başarısız olan Çin, 19. yüzyıl boyunca ve 20. yüzyıl başlarında Avrupalı düşmanları ve Japonya'yla girdiği bir dizi savaşta yenilgiye uğramış, ardından Çin milliyetçilerinin İkinci Dünya Savaşı sırasında işgalci Japonya'yla savaşmasıyla büyük yıkımlara uğramıştı. Çin komünist kuvvetlerin içsavaşta milliyetçileri yenmesi ve 1949'da ülke denetimini ele almasından sonra Mao Zedong Çin halkının yıllar süren yabancı hâkimiyeti ardından "ayağa kalktığı"nı söyledi. Gelgelelim Mao yönetimi altında ayağa kalkmanın da Çin halkı için doğuracağı amansız sonuçlar vardı. Mao'nun politikaları devrimi izleyen 20 yıl içinde Çin'i ve halkını yıkıma uğrattı, zaten küçük olan endüstriyel ve teknolojik temeli silip süpürdü. 1960'lar ve 70'lerde devam eden Kültür Devrimi'nde birçok üniversite kapandı, biliminsanları taşraya sürgün edildi ve araştırmalar aniden durma noktasına geldi.

Mao'nun 1976'daki ölümünden birkaç yıl sonra iktidara geçen Deng Şiaoping bilim ve teknolojiyi Çin'de kalkınmanın temelini oluşturmak için gerekli "ana üretim güçleri" olarak görüyordu. Üniversiteler yeniden açıldı. Biliminsanları yerlerine döndü.

Ancak Çin istikrarla zenginleştikçe, ekonomik, politik ve askerî Amerikan hâkimiyetinin dayatıyor görüldüğü kısıtlamalara karşı öfkesi arttı ve bir zamanlar keyfini sürdüğü ihtişamlı Orta Krallık statüsüne dönüş için kamuoyunu körüklemeye başladı. Böyle bir ga-

yeye ulaşmak kesintisiz ekonomik kalkınma gerektiriyordu. Çin'in liderleri bunun ayrıca yurtiçi ve yurtdışında ülkenin hammaddeye ve proje gücüne erişimini koruyabilmek için muazzam bir askerî takviye de gerektirdiğini düşünüyordu. Yakın zamanda Başkan Şi Jinping Çin'in 2050 itibarıyla "kapsayıcı ulusal güce ve uluslararası nüfuza sahip" bir ülke olarak "dünya liderliği"nde hak ettiği yeri edinmesi için beslediği gayeyi dile getirdi. Çin gözünü en büyük rakibine önce denk olmaya sonra da onu aşmaya dikmişti.

ABD yaklaşık 100 yıldır bilimsel yenilikçilikte dünya liderliğini korudu ve jet, uzay, bilgisayar, enformasyon, biyoteknoloji, genetik ve diğer alanlardaki bilimsel devrimlere öncülük etmenin muhteşem meyvelerini topladı. Amerika'nın teknoloji liderliği sayesinde bu alanlarda dünyanın birçok öncü şirketi Amerikan şirketleri oldu. Genetik de dahil olmak üzere yeni nesil teknolojilerde çığır açmanın eşiğine gelen Çin'in milli saplantısı, bu defa gemiyi kaçırmamak yönündeydi.

Pekin'in "*Sputnik ânı*" ise DeepMind'in ürettiği AlphaGo algoritmasının go oyununda Çin'in insan şampiyonlarını bozguna uğratmasıyla yaşandı. ABD hegemonyasına meydan okumak için ülkenin ekonomik, askerî ve siyasi kudretinden yararlanmayı zaten aklına takmış olan Çinli liderler, yapay zekâ ve onunla bağlantılı teknolojilerde dünyaya öncülük etmenin gelecekte teknolojinin tüm alanlarında ve ulusal güçte mücadeleyi kazanmak için bir anahtar olduğunu anladılar.²³ Gelişkin yapay zekâ, genomun sırlarını keşfetmede de merkezi rol oynadığından, böyle bir amacın insan genetik mühendisliğinin geleceği üstünde önemli uzantıları olacaktı.

Pekin'in Temmuz 2017'de duyurulan iddialı Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı, Obama yönetiminin 2016 planından²⁴ pek çok

23 Elsa B. Kania, *Battlefield Singularity: Artificial Intelligence, Military Revolution, and China's Future Military Power*, Center for a New American Security, Kasım 2017, 51, <https://s3.amazonaws.com/files.cnas.org/documents/Battlefield-Singularity-November-2017.pdf?mtime=20171129235804>

24 *The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan*, National Science and Technology Council, Ekim 2016, https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

şeyi sakınmadan almış gibiydi ama yapay zekâ liderliğinin milli güvenlik uzantısını önemli ölçüde ileri taşıyordu. “Yapay zekâ uluslararası rekabetin yeni odağı haline gelmiştir,” diyordu belgede, Çin de, “Yapay zekâ geliştirme alanındaki uluslararası rekabetin bu yeni aşamasında teşebbüse önyak olmalı, yepyeni alanların açılmasını sağlayacak ve milli güvenliği etkin biçimde koruyacak yeni rekabet avantajları yaratmalıdır.” Belgede Çin için birkaç hedef belirleniyordu: 2020 itibarıyla dünyanın yapay zekâ konusunda lider ülkeleriyle aynı kulvarda yer almak; 2025 itibarıyla yapay zekânın ülke sanayinin gelişiminde “ana itici güç” olmasını sağlamak; 2030 itibarıyla “dünyanın başlıca yapay zekâ inovasyon merkezi” olmak ve “yapay zekâ teknolojisinin hâkim tepelerini işgal etmek”.²⁵

Çin yönetiminin 2018-2020 Yeni Nesil Yapay Zekâ Endüstrisinin Gelişimini Teşvik Amaçlı Üç Yıllık Eylem Planı’nın hedefi, yapay zekâyı sağlık sistemiyle, robot sanayiyle, imalat, otomotiv ve diğer sektörlerle entegre etme konusunda Çin’i lider haline getirmektir. Yönetim, milli yapay zekâ inovasyon platformları oluşturmak için Çin’in Alibaba, Baidu ve Tencent gibi BT firmalarıyla anlaştı.²⁶ 2017’de ilk defa Çin’in yapay zekâ start-up şirketlerine, Amerikan şirketlerden daha çok riziko sermayesi yatırımı yapıldı.²⁷

Yapay zekâ devriminin milli güvenlikle ilgili uzantılarına özellikle ağırlık veren belge “çok yönlü, çok alanlı, yüksek verimli aske-

- 25 Yayımlayanlar: Yeni Nesil Yapay Zekâ Geliştirme Planı Danıştay Ouyurusu No. 35 [2019] Doğrudan Merkezi Hükümet Altındaki Eyalet Halk Yönetimleri, Özerk Bölgeler ve Doğrudan Merkezi Hükümet Altındaki Şehirler, Devlet Konseyi Bakanlık ve Komisyonları ve Doğrudan Danıştay altındaki Hükümet Daireleri, 8 Temmuz 2017, erişim 18 Haziran 2018, http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm
- 26 Ma Si, “Key AI Guidelines Unveiled”, *China Daily*, 15 Aralık 2017, <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/15/WS5a330a41a3108bc8c6734c64.html>; Neil Connor, “Anxious Chinese Parents Cause Gene Testing Boom as They Try to Discover Young Children’s Talents”, *The Telegraph*, 11 Şubat 2017, <http://www.telegraph.co.uk/news/2017/02/11/anxious-chinese-parents-fuel-gene-testing-boom-try-discover/>
- 27 “Chinese AI Startups Scored More Funding Than America’s Last Year”, *MIT Technology Review*, 14 Şubat 2018, <https://www.technologyreview.com/the-download/610271/chinas-ai-startups-scored-more-funding-than-americas-last-year/>. Çin teknoloji firmalarına RS yatırımı 2019’da ABD-Çin ticari savaşı, Çin start-upları arasındaki yüksek nakit sıkıntısı oranı ve radikal yenilikçilikle yetersizlik endişeleriyle aniden düştü.

rî-sivil yapay zekâ entegrasyonu şablonunun oluşturulmasını teşvik için askeri-sivil entegrasyon geliştirme stratejisi" adı verilen şeyin uygulanmasını gerekli kılıyordu.²⁸

Çin planının devreye sokulduğu sıralarda ABD'de Obama yönetiminin yerini Donald Trump yönetimi almıştı. Beyaz Saray Bilim ve Teknoloji Politikaları Ofisi'ne bir bilim danışmanı atamak, yeni ABD başkanının yaklaşık iki yılını aldı, personel sayısı ise yarıya indirildi.²⁹ Başkanın 2018 bütçesi, Ulusal Sağlık Enstitüleri, Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi, Ulusal Bilim Vakfı'nda ve yapay zekâ araştırmalarıyla ya da genel olarak bilimle bağlantılı diğer federal kuruluşlarda ciddi kesintiler gerektiriyordu. Üstün yetenekli uzmanların vizeleri de dahil olmak üzere göçmen vizeleri de kısıtlandı. Yönetimin yapay zekânın önemine dair attığı sayılı adımlardan biri, Mayıs 2018'de Beyaz Saray Yapay Zekâ Özel Komitesi'nin kurulması ve Şubat 2019'da ödeneksiz "Amerikan yapay zekâ Girişimi"nin başlatılmasıydı ama bu çabalar da fazla bir sonuç doğurmadı.³⁰

ABD yönetiminin geleceğin teknolojilerini desteklemeye daha az odaklanmasıyla birlikte Çin kapsamlı stratejik amaçlarını hayata geçirmek üzere genom sırlarının keşfinde liderliği yakalamak ve hassas tıpta yeni bir çağ açmak için var gücüyle rekabete geçti.

Çin'in ileri düzey genetik ve kişiselleştirilmiş tıp alanlarında yarışı kazanma konusuna kendini ne kadar adanmış olduğunu gösteren kanıtları her yerde görmek mümkün. Örneğin yakın zamanda duyurusunu yaptığı hassas tıpta ulusal liderlik kurma planı,³¹ Obama yönetiminin vaat ettiği ve sonradan Başkan Trump'ın baltaladığı çok daha küçük

28 Graham Webster ve diğerleri, "China's Plan to 'Lead' in AI: Purpose, Prospects, and Problems", *New America*, 1 Ağustos 2017, <https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/blog/chinas-plan-lead-ai-purpose-prospects-and-problems/>

29 Blz. Coral Davenport, "In the Trump Administration, Science Is Unwelcome. So Is Advice", *The New York Times*, 9 Haziran 2018, erişim 18 Haziran 2018, <https://www.nytimes.com/2018/06/09/climate/trump-administration-science.html>

30 Chappellet-Lanier, Tajha. "White House Announces Creation of Select Committee on Artificial Intelligence", *Fedscoop*, 10 Mayıs 2018, erişim 9 Ağustos 2018, <https://www.fedscoop.com/white-house-artificial-intelligence-committee-kratsios/>

31 David Cyranoski, "China's Bid to Be a DNA Superpower", *Nature* 534, 2016, 462-463, <http://www.nature.com/news/china-s-bid-to-be-a-dna-superpower-1.20121>

girişimi gölgede bırakıyor.” Gelişkin dizilim makinelerinin yapımında ABD şirketi Illumina liderliğini korusa da, Çin genlerin işleyişini anlama yolunda itici güç görevi görecek yüklü veri setlerinin birleştirilmesi konusunda hızla dominant hale geliyor.

ABD’nin araştırma kabiliyeti hâlâ dünyanın en iyisi ama Çinli yazarların dünyanın önde gelen tıp dergilerinde yer alan yayınları son yıllarda iki katına çıktı. Çinli yatırımcı ve şirketlere verilen ABD patentlerinin sayısı ise yılda yüzde 30’a yakın bir oranla artıyor; Amerikan muadillerinden çok daha hızlı.” Çin araştırma ve geliştirme harcamaları son 20 yılda yüzde 15 gibi hayret verici bir oranla artıyor ve şimdi dünyada ikinci sıraya yerleşti; henüz ABD’den az ama Avrupa Birliği ülkelerinin toplamından fazla. Çin ayrıca diğer bütün ülkelerden daha çok bilim ve mühendislik doktorası sunuyor.”³²

Muazzam bilim, araştırma ve endüstriyel temelleriyle ABD ve Çin, giderek iki atlık bir yarışa dönen bu mücadelede, geleceğin lider ekonomisi ve bilim merkezi olmaya çalışıyorlar. Bu yarış, başta pek çok yönüyle genom bilimi olmak üzere yapay zekânın etki ettiği ve devrim yarattığı her gelişmiş teknolojiyi etkileyecek. Pekin kökenli teknoloji yatırım firması Sinovation Venture’ın lideri ile eski Microsoft ve Google yöneticisi Kai-Fu Lee, “Yapay zekâ çağında ABD-Çin düopolü kaçınılmazdır demek yetmez,” diyor. “Çoktan başladı demek gerekir.”³³ Araştırmacı Eleonore Pauwels ve Prtima Vidyart-

32 Kongre Trump yönetimine tepki olarak hassas tıp girişimi için talep edilen kesintileri reddetti ve 2017’de programın bütçesini artırdı.

33 Susan Decker, “China Becomes One of the Top 5 U.S. Patent Recipients for the First Time”, *Bloomberg News*, 9 Ocak 2018, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-09/china-enters-top-5-of-u-s-patent-recipients-for-the-first-time>.

34 Reinilde Veugelers, “China Is the World’s New Science and Technology Powerhouse”, Bruegel, 30 Ağustos 2017, <http://bruegel.org/2017/08/china-is-the-worlds-new-science-and-technology-powerhouse/>. Ben Guarino, Emily Rauhala ve William Wan, “China Increasingly Challenges American Dominance of Science”, *The Washington Post*, 3 Haziran 2018, erişim 6 Haziran 2018, https://www.washingtonpost.com/national/health-science/china-challenges-american-dominance-of-science/2018/06/03/c1e0cfe4-48d5-11e8-827e-190efaf1flee_story.html

35 Kai-Fu Lee, “China’s Artificial Intelligence Revolution: Understanding Beijing’s Structural Advantages”, Sinovation Ventures, Aralık 2017, https://www.eurasiagroup.net/files/upload/China_Embraces_AI.pdf

hi'nin dediği gibi, "ABD-Çin ilişkisi gitgide 20. yüzyıl imalat sanayilerinin sahipliğiyle tanımlanmaktan çıkıp, gelecek ekonomisinin itici gücü olan genetik ve bilgi işlemdeki yenilikçilik yarışıyla tanımlanır olacaktır."³⁶

Bu yarışın bir kısmı kazan-kazan şeklinde olacak ve rekabetin hızlandığı gelişimden insanlığın geneli yararlanacaktır. Bir kısmı sıfır toplamli oyunlar olacak, bazıları kazanırken bazı toplumlar, şirketler ve bireyler güçlerinden, pazar payından, hatta belki özerkliklerinden kayıp verecektir. Bu devrimlere öncülük eden ülkeler, şirketler ve insanlarda birikecek olan zenginlik ve güç, muazzam ve kestirilmesi zor olduğundan, yarış kıran kırana devam edecektir. Kanser ve daha binlerce hastalığın şifresini kırarak insanın diğer genetik özelliklerini de anlama ve değiştirme yetisini elde eden şirket ve ülkeler sadece Google ve Alibaba'nın biyolojik muadilleri olmakla kalmayıp, güç ve nüfuz açısından 13. yüzyıl Moğolları, 19. yüzyıl Britanyalıları ya da 20. yüzyıl Amerikalılarına denk olacaktır.

Bu iki büyük inovasyon ekosisteminin rekabetinde, iki tarafın da kendine özgü güç ve zayıflıkları olacaktır ve bunların bileşimi, yarışın nasıl oynanıp genetik teknolojilerin uygulamalarını nasıl etkileyeceğini belirleyecektir.

Örneğin büyük bir nüfusa sahip olduğu, genetik örnekleri daha agresif topladığı ve veri gizliliğine ilişkin yasaları ABD ve Avrupa'dan çok daha gevşek olduğu için, Çin'in genetik veri setleri de büyük olacaktır. Amerika ve Avrupa'nın kişisel verilerin gizliliğini korumada daha temkinli olmasıysa, genetik araştırma ve uygulamalara halk desteğinin sürmesini sağlayabilir. Öte yandan temkin, Amerikalı ve Avrupalı araştırmacıları Çinli muadilleri kadar sağlam genetik veri setlerine erişimden alıkoyarsa, bir zaafa da dönüş-

36 Eleonore Pauwels ve Apratim Vidyarthi, "Who Will Own the Secrets in Our Genes? A U.S.-China Race in Artificial Intelligence and Genomics", Wilson Center, Şubat 2017, https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/who_will_own_the_secrets_in_our_genes.pdf

şebilir.” Amerika’nın akademik özgürlüğü yaratıcılığı besleyecektir ama Çin’in merkezî planlamacılığı kaynakların ulusal öncelik hedefleri için aktarılmasında daha iyi iş görebilir.

Bu rekabet yaşanırken yeni milli şampiyon şirketler de doğacaktır; Amerikan FAAMG teknoloji devleri (Facebook, Apple, Amazon, Microsoft ve Google) ile Çin BAT’lerinin (Baidu, Alibaba, Tencent) yaşam bilimlerindeki muadilleri. IBM gibi Amerikan şirketleri, iCarbonX gibi Çin şirketleri şimdiden kendilerini bu sorumluluğu üstlenecek şekilde konumlandırıyor.

BGI’nın eski CEO’su Wang Jun tarafından Ekim 2015’te kurulan iCarbonX’in hedefi “kişinin biyolojik, davranışsal ve psikolojik verileri ile internet ve yapay zekânın bileşiminden oluşan bir ‘dijital yaşam ekosistemi’ inşa etmek.”³⁸ Hasta için/hasta tarafından yaratılan, biyolojik verileri yapay zekâ teknolojisiyle birleştiren şirket, tüketicilerin yaşamlarındaki tıbbi, davranışsal ve çevresel faktörleri daha iyi anlayarak sağlıkta en iyi duruma ulaşabilmelerine; şirketlerin ise ürün ve hizmetlerinin optimizasyonu için genetik verileri kullanmalarına yardım etmeyi planlıyor. Wang Jun’un planı nihayetinde yüz milyonlarca müşteriden³⁹ “öngörücü bir dijital avatar” yaratmak ve böylece müşterilerin kendi dizilimlerini çıkarmaktan tümüyle dijitalleşmeye⁴⁰ geçişlerini sağlamak. “Herkesin yaşam bilgisi-

37 Bu konuyla ilgili sağlıklı bir tartışma için bkz. Jennifer Kulynych ve Henry T. Greely, “Clinical Genomics, Big Data, and Electronic Medical Records: Reconciling Patient Rights with Research When Privacy and Science Collide”, *Journal of Law and the Biosciences* 4, 2017, 94-132, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28852559>. Ayrıca bkz: Eryn Brown, “Geneticist on DNA Privacy: Make It So People Don’t Care,” *Los Angeles Times*, 18 Ocak 2013, <http://articles.latimes.com/2013/jan/18/science/la-sci-sn-george-church-dna-genome-privacy-20130118>. Yenilikçi Amerikan şirketleri *blockchain* ve diğer teknolojileri kullanarak ayrık veri havuzlarını birleştirmenin bir yolunu bulabilir, böylece kişisel gizlilik daha iyi korunmuş olur veya konu hakkında bilgilendirilmiş çok sayıda kişinin onaylı katılımı sağlanabilir.

38 iCarbonX, <https://www.icarbonx.com/>

39 David Ewing Duncan, “Can AI Keep You Healthy?”, *MIT Technology Review*, 3 Ekim 2017, <https://www.technologyreview.com/s/608987/how-ai-will-keep-you-healthy/>

40 Jun Wang, “How Digital DNA Could Help You Make Better Health Choices”, TED17, https://www.ted.com/talks/jun_wang_how_digital_dna_could_help_you_make_better_health_choices/transcript?150728

ni dijitalleştirebiliriz,” diyor Wang Jun, “verileri yorumlayabilir, daha değerli bir yaşam yasası bulabilir ve nihayet insan hayatının kalitesini artırabiliriz.”⁴¹ İlk yatırımcıları arasında Tencent ve özel sermaye devi Sequoia’nın yer aldığı iCarbonX’un değeri 2017 itibarıyla hızla bir milyara fırlayarak, Çin’in ilk biyoteknoloji mucizesini yarattı.⁴²

Farklı ülkelerde yerleşik olan şirketler arasındaki bu tip yarışlar, küresel kapitalizme düzenli yakıt sağlar. Ancak ABD ve Çin, ulusal rekabet ve güvenlikte genetik bilgi ve teknolojilerin merkezî rol oynadığını anlayınca, bu defa karşı tedbirler alma konusunda yarışa giriştiler.

ABD Sağlık ve İnsan Hizmetleri Bakanlığı, Şubat 2019’da ABD vatandaşlarının genomik verilerinin paylaşılmasından kaynaklanan nedenlerle FBI’nın Çin’i ulusal güvenlik risklerinin ana kaynağı olarak belirlediğini duyurdu.⁴³ ABD yönetimi bundan iki ay sonra nisan’da iCarbonX’in, nadir hastalıkları olan hastaların oluşturduğu görünürde zararsız bir grup olan Boston kökenli hasta sosyal ağı şirketi PatientsLineMe’deki sahipliğini reddetti. Aynı ay ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri prestijli Amerikan kuruluşlarında çalışan beş Çinli kanser araştırmacısını, özel bilgileri yasalara aykırı biçimde paylaşmakla suçladı. Mayıs’ta Çin Devlet Konseyi ulusal güvenlik riskleri iddiasına dayanarak Çin vatandaşlarının genetik bilgilerinin paylaşımına sıkı kısıtlamalar getiren yeni bir yasayı yürürlüğe soktu.⁴⁴ Bir

41 Jun Wang, “The Bank of Life Gene Concerning Everyone Is Now Corning”, *Medium*, 25 Nisan 2016, <https://medium.com/@iAskMedia/wang-jun-the-bank-of-life-gene-concerning-everyone-is-now-corning-335353aa3ee>

42 Henny Sender, “China’s Tech Groups Are Building Too Much Power”, *Financial Times*, 28 Ağustos 2017, <https://www.ft.com/content/858d0312-8988-11e7-8bb1-5ba57d47eff7>

43 Jon Cohen, “The Untold Story of the ‘circle of Trust’ behind the World’s First Gene-edited Babies”, *Science*, 2 Ağustos 2019, <https://www.sciencemag.org/news/2019/08/untold-story-circle-trust-behind-world-s-first-gene-edited-babies>

44 Office of the Inspector General, U.S. Department of Health and Human Services, “Opportunities Exist for the National Institutes of Health to Strengthen Controls in Place to Permit and Monitor Access to Its Sensitive Data”, denetim raporu (A-18-18-09350) 02-05-2019, 13 Şubat 2019, <https://oig.hhs.gov/oas/reports/region18/181809350.asp>

sonraki ay ABD Senatörü Marco Rubio ve Chuck Grassley ABD istihbarat topluluğunu, Çin kökenli WuXi Nextcode ve BGI Shenzhen şirketlerince “Amerikalıların genomik bilgisi”ne erişimin, ulusal bir güvenlik riski taşıyıp taşımadığını gözden geçirmeye çağırdı.⁴⁵

Agresif Çin kapitalizmi ile yaşam değiştirici bilimin kesişimi bu örneklerle son bulmuyordu. 2018’de Çinli biliminsanı He Jiankui dünyanın ilk CRISPR bebekleri diye anılacak olan embriyolarda gen düzenlemesi yaptığını duyurmaya hazırlanırken, John Zhang ile buluşmak üzere (ABD’de yasaklı olan mitokondri transferini gerçekleştirmek amacıyla 2016’da Meksika’ya giden, sonra da Darwin Life’ı kuran Çin kökenli Amerikalı üreme sağlığı doktorunu hatırladınız mı?) New York’a gitmişti. Niyeti, Çin’in, Shenzhen şehrinde insan embriyolarında gen düzenleme de dahil olmak üzere çeşitli yeni hizmetlerin sunulacağı bir klinik açma fikrini konuşmaktı.⁴⁶

Bugün birey, işletme ve toplum düzeyindeki tüm bu rekabetçi baskılar bir araya gelerek genetiğe hizmet eden araçların ne şekillerde kullanılabileceği konusunda sınırların zorlanmasını sağlıyor. Ayrıca gelişimlerini ve uygulamalarını iyileştiren kişi, şirket ve ülkelere giderek artan avantajlar sunuyor. Ne var ki genetik teknolojilerin benimsenmesini hızlandıran rekabetçi baskılar, bir yandan da toplumlar ve devletlerin içlerinde veya aralarında ciddi anlaşmazlıklar yaratma potansiyelini barındırıyor.

* * *

Gelin şimdi embriyo seçimini ve genetik değişikliği yasaklamak suretiyle genetik silahlanma yarışından çekilen bir toplumun lideri

45 “China’s State Council Publishes New Regulations on the Management of Human Genetic Resources”, Ropes & Gray, erişim 17 Temmuz 2019, <https://www.ropesgray.com/en/newsroom/alerts/2019/06/Chinas-State-Council-Publishes-New-Regulations-on-the-Management-of-Human-Genetic-Resources>

46 “Grassley, Rubio Call on HHS IG to Examine CMS Payments to Chinese-linked Companies”, Chuck Grassley, 10 Haziran 2019, <https://www.grassley.senate.gov/news/news-releases/grassley-rubio-call-hhs-ig-examine-cms-payments-chinese-linked-companies>

olduğunuzu hayal edin. Ülkeniz bu tip kolektif bir kararı alabilecek kadar ilerici olduğundan, söz konusu hizmetleri arzulayan ebeveynlerin de başka yerlere gitme hakkı olsun. Ancak halkınızın genetiğinin değiştirilmesini önlemeniz, tanım itibarıyla yurtiçinde yapılacak genetik artırım uygulamalarıyla birlikte genetiği değiştirilmiş embriyo taşıyan gebelerin ülkeye girişini de kısıtlamanızı gerektirecek.

Bu durumda nüfusunuzun genetik bütünlüğünü korumak ve genetiği artırılmış insanları dışarıda tutmak için ülkeye giren herkesi genetik teste tabi tutmak zorunda kalacaksınız. Fakat temel genetiğini, yani genomunun değişiklik yapılmadan önceki halini bilmediğiniz sürece bir insanda genetik artırım yapıp yapılmadığını da bilemezsiniz. Döllenmeden birkaç gün sonra alınan genetik bilgileri mevcut olan insanlarda, eski ve yeni bilgiler karşılaştırılabilir. Temel genetik bilgisini ortaya koyamayanları ise ülkeye girişten men etmeniz veya vatandaşlardan biriyle üremesi halinde uzun süreli hapis cezası almakla gözdağı vermeniz gerekecektir.

Kadınların genetiği değiştirilmiş embriyo transferi yaptırmak amacıyla yurtdışına gidişini önlemek için ülkenize giriş yapan doğurgan yaştaki kadınların hepsine gebelik testi uygulamanız gerekecek. Ardından embriyoların o veya bu şekilde manipüle edilip edilmediğini anlamak için gebelere doğum öncesi kan testleri yaptıracaksınız. Elinizde sürekli güncellenen bir “yaygın genetik değişiklikler”⁴⁷ listesi bile olsa böyle bir şeyi belirlemeniz neredeyse imkânsız. Dolayısıyla kan testleri ve doğum öncesi testlerin etkinliğini sağlamak için yanlarına bir de yalan makinesi ekleyecek ve gebe kadınlara genetiği geliştirilmiş embriyo taşıyıp taşımadıklarını soracaksınız.

Peki, ülke içinde bulunan birinde geliştirme tespit edilirse, ne gibi cezalar uygulayacaksınız? Genetiği geliştirilmiş kişiler vatandaşlıktan men edilip genetiği geliştirilmiş birini dünyaya getirdikleri için sınır dışı edilse bile çocuklarının da hapse atılması, çoğalma-

47 Bilgisayardaki virüs tarama programı gibi bir şey olurdu bu. Korunacak virüsler listesini durmaksızın yenileyen bir program.

larının engellenmesi veya sınır dışı edilmeleri gerekir. Bunların herhangi birini uygulayabilmek için insanların hareketlerini takip eden ve hem kendilerinin hem de çocuklarının biyolojisini durmaksızın denetleyen totaliter, müdahaleci, istismarcı ve düpedüz çirkin bir polis devletinin gözetim mekanizmasını kurmanız gerekecek.

Diyelim ki ülkeniz bunların hepsini yaptı ve genetiği geliştirilmemiş insanlara özel bir alan haline geldi. Aralarındaki önemli tarihsel, kültürel ve yapısal farklılıklara bağlı olarak farklı devletlerin, ileri genetik mühendislik teknolojilerini neden farkı oranlarda benimseyeceğini önceden gördük. İnsan genetiğinin geliştirilmesinde ülkenizin geri çekildiği ama diğer ülkelerin ilerlediği bir dünyada seçenekleri değerlendirdiğinizi düşünün. Genel tercihleriniz şunlar olacaktır:

Birinci seçenek: Ülkenizin kolektif değerleri temel alarak ahlaki bir tercih yaptığını kabullenir, sonuçlarıyla yüzleşmeye hazır olursunuz; ülke rekabet avantajını yavaş yavaş yitirecek olsa, gelecek nesiller diğer ülke vatandaşlarına kıyasla daha sağlıklı, daha kısa ömürlü kalacak olsa ve çeşitli alanlarda daha az yıldız çıkarılacak olsa bile. Doğru tercihi yaptığınıza dair inancınızı korursunuz. İçten içe bir tür *schadenfreude*⁴⁸ ile insan genetiğini değiştirmenin sanılandan daha az yararlı ve daha tehlikeli çıkması halinde veya çıkacağı zaman, bu ulusal kararın size rekabet avantajı sağlamasını ümit edersiniz. Ülkeniz insan genetik mühendisliği konusunda güçlü ve ilkeli bir tutum benimsediği için sınırları aşan bu uygulamaya karşı getirdiğiniz yasağı korumayı görev bilirsiniz. Özünüzde ilericisinizdir ama ülkenizin genetik saflığını koruyabilmek adına polis devletinin bazı donanımlarına ihtiyacınız olduğunu kabul edersiniz. Gece geç vakitlerde kendinize sorarsınız; nasıl olur da sizin gibi bir idealist, Nazizmin dilini benimseye başlar?

İkinci seçenek: Hattı savunmayı sürdürmeye çalışır, ulusal kararınızın arkasında durur ama baskının da arttığını hissedersiniz. Yetenekli insanların arzu ettikleri genetik geliştirme hizmetlerini

alabilmek için ülkeyi bir bir terk etmeye başlamıştır. Genetiği geliştirilmemiş tutkulu olimpiyat atletleriniz ve gelişkin kod yazılımcısı uzmanlarınız yavaş yavaş organizatörlük, yoga eğitmenliği ve hemşirelik gibi genetiği geliştirilmiş muadilleriyle rekabet gerektirmeyen mesleklere geçmeye başlamıştır. Ebeveynler, başka ülkelerde genetik hastalıklara karşı bağışıklığı olan, IQ testlerinde daha büyük başarı sağlayan ve insanüstü işleri başaran çocuklar olduğunu duydukça, yasağınıza karşı tereddütle yaklaşmaya başlamıştır. Ordunuz askerlerinizin gelecekte genetiği artırılmış düşmanlar karşısında dezavantajlı duruma düşeceğinden endişe etmektedir. Ulusal uzay programınızın liderleri size genetiği geliştirilmemiş astronotlarınızın, diğer ülkelerdeki geliştirilmiş muadillerine kıyasla uzun uzay yolculuklarında radyasyona ve kemik yoğunluğu kaybına karşı koyamayacaklarını söylemektedir. Geri çekilmek gözünüze eskisi kadar cazip görünmemeye başlar. İtibarı kurtaracak bir alternatife ihtiyacınız vardır. Referandum çağırısı yaparsınız. Hararetli bir tartışmanın ardından yeni teknolojilere katılımı onaylayan yönde oy verirsiniz.

Üçüncü seçenek: Siz genetik artırımın yararlarını görürsünüz ama vatandaşlar hâlâ insan genomuyla oynamanın ve biyolojiyi yeniden yazmanın felaketle son bulacak bir kibirlilik olduğuna inanmaktadır. İlkeleriniz icabı insanlar gibi toplumların da çeşitlilik içerdiğini kabul eden, farklı toplumların bin bir alanda yaptığı farklı tercihlere haset etmeyen birisinizdir. Ama bu durum farklıdır. Diğer toplumlar nüfuslarının genetiğini geliştiriyor, sizinki geliştirmiyorsa gelecekte rekabet açısından dezavantajlı duruma düşmekle kalmayabilirsiniz. Halkınızı inatla karşı çıktıkları şeyin ta kendisinden korumakta başarısız olabilirsiniz. Sert modifikasyonlara diğer ülkelerin de izin vermesi önlenmediği sürece, tıpkı yan yana tarlalara serpiştirilen genetiği değiştirilmiş ekinler örneğinde olduğu gibi veya ülke sahasına salınan gen sürücülü sivrisinekler örneği gibi sizin halkınız da doğallığa aykırı genetik modifikasyon diye görülen şeyleri kalıtımla almaktan kaçamayabilir. Bu durumda tek seçeneğiniz ülkenizin geri çekilmesiyle yetinmeyip, genetik artırım konusunda diğer ülkelerin de uyacağı sınırları tanımlamak, benimsetmek ve dayatmak olacaktır. Başdanışmanlarınıza bunu nasıl yapabileceğinizi sorarsınız.

Listenin başında ulusal ikna güçlerinizi dünyanın çeşitli ülke ve halklarını, insanın genetiğini geliştirme işlemlerinde olumsuzlukların faydalara ağır bastığına inandırmak adına kullanmanız yer alacaktır. Peki ama karamsarlığınızı dünyanın tamamına benimsetme şansınız nedir; özellikle de diğer toplumlar genetik çağına doğru yarışırken?

İkinci olarak benzer zihniyete sahip devletlerle ittifak kurup genetik geliştirmeleri sınırlamak için ortak baskı oluşturmayı deneyebilirsiniz. Genetik geliştirmeleri kısıtlayacak ve uygulanması mümkün küresel bir anlaşma yaratmak cazip bir seçenek olsa da oldukça zordur. Dünyanın birçok lideri, insan kaynaklı iklim değişikliğinin gezegenin yaşanabilirliğini tehdit ettiğine inanmasına rağmen, henüz işleri tersine çevirecek uygulanması mümkün bir küresel anlaşma yapamadık. Birçok insanın ve çok sayıda devletin desteklediği bir teknolojiyi sınırlama yönünde küresel bir girişim, iklim değişikliğini sınırlama yönünde genelin benimsediği bir girişimden daha etkili olabilir mi?

Üçüncüsü genetik geliştirmeler yapan ve size en çok kaygı veren ülkeleri belirler, yeterli güç ve nüfuzunuz varsa onları örnek teşkil etmekten alıkoymaya çalışırsınız. Orta Asya ülkelerinden biri, preimplantasyon embriyolarda insanüstü yetiler yaratmak üzere tasarlanan ve oldukça agresif nitelikteki genetik değişikliklerin yapıldığı yerlerden birine dönüşmüştür. Ebeveynler dondurulmuş yumurta ve spermelerini veya deri ve kan örneklerini bu ülkeye göndermekte, orada bunlardan cinsiyet hücreleri üretirmekte ve embriyo seçimi, embriyo çiftleştirilmesi ve genetik artırım yaptırmaktadır.^{49,50} Söz konusu Orta Asya ülkesi için bu endüstriyi inşa etmek ahlaki bir zorun-

49 Tamar Lewin, "Coming to U.S. for Baby, and Womb to Carry It", *The New York Times*, 5 Temmuz 2014, <https://www.nytimes.com/2014/07/06/us/foreign-couples-heading-to-america-for-surrogate-pregnancies.html?hpw&action=click&pgtype=ompage&version=HpHedThumbWell&module=well-region&region=bottom-well&WT.nav=bottom-well>

50 Olmayacak şey değil. 2014 tarihli bir *The New York Times* makalesinde ABD'de yaşayan taşıyıcı annelerden altı çocuk sahibi olduktan sonra içlerinden "en iyisi"ni seçip kalanları evlatlık olarak veren Çinli bir ebeveyn anlatılıyordu.

luluk, büyük bir iş fırsatı ve stratejik bir kazançtır. Siz ise onlara kiracı bunların hepsinden vazgeçmelerini söylersiniz. Reddederler.

Belki size rahatsızlık veren birtakım ülkelere seyahat, ekonomi ya da diğer alanlarda yaptırımlar uygulamaya ikna etmeye çalışırsınız. Peki, bu yaklaşımların hiçbiri işe yaramazsa, insan türünde genetiğin değiştirilmesini durdurmak için askerî güç kullanmaya razı olur musunuz? Onun da listedeki seçeneklerden biri olduğu kesin ne de olsa.

20. yüzyıl içinde tahminî 170 ülke, düpedüz hırsızlığa maruz kalmaktan tutun da ideolojik farklara ya da tehdit olarak algılanan durumlara varana dek çeşitli nedenlerle başka ülkeler tarafından işgal edildi.⁵¹ Ülkelerin gelecekte insanlığın ortak genetik kodunun değiştirilmesini önlemek için diğer ülkelere karşı askeri güce başvurucağını düşünmek çok mu olmayacak bir şeydir? Üstelik de birçok ülke çok daha önemsiz nedenlerle işgal edilmişken.

İleri düzey genetik geliştirmeler nispeten güçsüz bir ülkede, hatta uluslararası sularda veya uzayda yapılıyor olsa askerî güç bir seçenek olabilirdi. Peki ya gelişkin genetik teknolojileri ve diğer teknolojileri halkının becerilerini artırmada kullanan ülke Çin gibi güçlü bir ülkeyse ve diğer ülke, örneğin ABD siyasi ve başka nedenlerle bu konudan tamamen çekildiyse ne olur? ABD ile Çin bugün Güney Çin Denizi'ndeki birkaç resif için kullanmakla tehdit ettikleri kadar bir gücü, türümüzün olası dönüşümü için de kullanmayı düşünmez mi?⁵²

Eğer kişisel, komünal ve ulusal düzeydeki bu rekabetçi baskıların tümü insani deneyimimiz açısından ender durumlar olsaydı, genetik devrim bağlamında bunlardan kaçınılabileceği yönünde bir sav ileri sürülebilirdi. Fakat rekabet yaklaşık dört milyar yıldır evrimsel sürecimizin kalbinde yer aldığından, aynı itici güçlerin bizleri gide-

51 "List of Invasions", Wikipedia, son değişiklik 28 Temmuz 2018, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_invasions

52 Robert Farley ve diğerleri, "China vs. America: 3 Ways a War in the South China Sea Could Start", *The National Interest*, erişim 24 Haziran 2018, <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/china-vs-america-3-ways-war-the-south-china-sea-could-start-26034>

rek karmaşıklaşan insan genetik mühendisliği uygulamalarının cesur ve yeni dünyasına, eşitsiz ama kolektif bir şekilde itmesi ezici bir ihtimaldir.

Hem insan genetik mühendisliğini ileriye iten rekabetçi baskılar hem de bu rekabetin tetiklemesi muhtemel olan potansiyel çatışma senaryoları, oldukça gerçektir. Sahip olduğumuz değerlerin en iyilerini, genetik devrimin gidişatına etki edecek şekilde uygulamaya koymazsak, kendimizi çatışmaya giden bir yola sokarız. En kötü senaryolardan kaçınabilmemiz için türümüzün, devrimci genetik teknolojilerin yararlarını en üst düzeye çıkarıp tehlikelerini asgariye indirmeye akıl yormak adına önceden görülmemiş bir şekilde bir araya gelmesi şarttır.

İyi haber şu ki, bu tür bir şeyi daha önce de yapmaya çalıştık. Kötü haberse; bunu tam anlamıyla hiç başaramadık.

İNSANLIĞIN GELECEĞİ

İlk nükleer bilimciler çalışmalarının hem yaratıcı hem de yok edici bir potansiyel barındırdığının farkındaydı. “Atomun parçalanmasıyla salınan güç, düşünce tarzımız dışında her şeyi değiştirdi,” demişti Einstein, ABD’nin Hiroşima ve Nagazaki’ye atom bombası atmasını ve Soğuk Savaş’ın başlamasını takiben. “Bu yüzden de eşi görülmemiş bir felakete sürükleniyoruz.” Nükleer güç nasıl daha iyi bir gelecek inşa etmemizi sağlayabilirse, nükleer silahlar da bizi o derece yok olmaya yaklaştırabilir.

Amerika’nın savaş sonrası liderleri nükleer güçteki bu vaat ve tehlike ikileminin farkındaydı. Savaşın sonunda atom silahlarının tekeli ABD’nin elinde olsa da bazı yetkililer tehlikeli bir silahlanma yarışını önlemek için ülkenin nükleer sırlarını Sovyetler’le paylaşması gerektiği görüşündeydi. Dışişleri Bakanlığı strateji gurusu George Kennan gibi bazı kişilerse ABD’nin Sovyet saldırganlığına direnebilmek için atom tekeli koz olarak kullanması gerektiğini düşünüyordu.

SSCB, ABD’den getirdiği ve nükleer malzemeler üstünde ulus-

lararası denetim kuran, dünyanın bütün nükleer sahalarının teftişi ve barışçıl amaçlı atom enerjisi teknolojilerinin aktif paylaşımını öneren teklifi reddettikten sonra Ağustos 1949'da kendine ait ilk atom cihazını test etti. Nükleer silahlanma yarışı başlamıştı. Britanyalılar ilk nükleer silahlarını bundan üç yıl sonra, 1952'de patlattı, Fransızlar 1960'da, Çinliler ise 1964'te. Dünyamız hızla çok daha tehlikeli bir yer haline dönüşüyordu.

Kontrolsüz bir nükleer silah yarışının yaratacağı varoluşsal tehlikeyle nükleer enerjiye yönelik meşru arzuyu dengeleme yönündeki küresel çabalar, 1960'larda nükleer silahlara ilişkin bir anlaşmanın oluşturulmasıyla birlikte bir adım ileri götürüldü. 1970'de onaylanan Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması (NPT) iki kritik işlevi yerine getiriyordu. Birincisi o gün itibarıyla nükleer silah bulundurma izni olan beş ülkede yayılmayı önleme standartları oluşturdu; Britanya, Çin, Fransa, ABD ve SSCB. İkincisi barışçıl amaçlarla nükleer enerji geliştirilmesine yardım vaadiyle, diğer devletleri de nükleer silah edinme veya geliştirmekten caydırıcı teşvikler yarattı.

Onaylandığı tarihten bu yana NPT'nin etkisi en hafif deyimle yetersiz kaldı. Olumlu yönden bakılırsa dünya henüz pek çoklarının korktuğu "herkese bedava nükleer silah" durumunu yaşamadı. Nükleer silahı olmayan ülkelerin nükleer silah edinmesi de, giderek zayıflayan ama insanlığı korumada önem taşımaya devam eden bir tabu olmayı sürdürüyor. Öte yandan bugün ABD ve Rusya'nın elinde gezegeni defalarca patlatabilecek güçte nükleer silah var; Ukrayna da Libya da nükleer silah programından vazgeçtikten sonra işgal edildi; İsrail, Hindistan, Pakistan ve Kuzey Kore NPT dışında nükleer silah edindi ve küresel bir nükleer silahlanmanın patlak verme tehlikesi gerçekliğini koruyor ve büyüyor. Nükleer silahların azaltılması için daha iyi işleyebilecek bir düzenleme hayal etmek zor değil ama bu kusurlu sistemle bile hepimiz, alternatifine kıyasla daha iyi durumdayız.

Yıllar önce genetik devrimine ilişkin en büyük tehlikelerin nasıl önlenebileceğini düşünürken, aklım dönüp dolaşıp nükleer silah örneğine geliyordu.

Tıpkı nükleer silahlanma yarışı gibi, genetik alanındaki uluslararası bir rekabet de –genetik silahlanma yarışı– insan hayatını hem iyileştirme hem de zarar verme yönünde muazzam potansiyeller barındırıyor. Her iki olasılık da gelişmiş ülkelerde geliştirilen ve dünyanın diğer yerlerinde arzulanan hale, nihayetinde de erişilebilir duruma gelecek olan teknolojik yetileri temsil ediyor. Tek bir ülkenin nükleer silaha sahip olması o ülkeye güç kazandırabilir ama nükleer silah diye bir şeyin var olması veya bunun çok sayıda ülkede olması, hepimiz için tehdit oluşturur. Aynı şekilde insan genetik mühendisliği de hem bireylere hem de ülkelere önemli katkılar sağlama potansiyelini barındırır ama kontrolsüz bir genetik silahlanma yarışı insanlığa zarar verebilir.

Dünyanın çeşitli yerlerinden araştırmacıların çok asil niyetlerle geliştirdiği mucizevi genetik teknolojilere yasal düzenleme getirme fikri ilk bakışta yanlış görünebilir. Ne var ki nükleer çağ Hiroşima ve Nagazaki’de başladı. En kötü senaryo, yararlı yönleri henüz ortaya çıkamadan önce gerçekleşti. Genetik çağ ise biliminsanlarının en zorlu hastalıklarımıza çareler bulduğu araştırma laboratuvarlarında ve sevgi dolu ebeveynlerin sağlıklı çocuklar dünyaya getirmesine yardım eden IVF kliniklerinde başlıyor. İnsan genetik mühendisliğinin en büyük tehlikeleri hâlâ farazi olmayı ve gelecekte kalmayı sürdürüyor.

Ancak genetik devriminin nispeten zararsız olduğu bu ilk günlerinde, devletleri bilimin yolundan çekmek bazı özgürlükçüler ve transhümanistlere çekici gelse de doğru yaklaşım bu değil. Bazılarımız yerküre üstündeki yaşamın biyolojik kodlarını ortak kurallar olmaksızın yeniden yazmaya başlarsa, bu hepimiz için fazlasıyla tehlikeli olur. Genetik devriminin en güçlü araçlarına erişimin demokratikleştirilmesi sürdürüldükçe bu durum daha da gerçeklik kazanacak.

NPT’ye imza atan devletlerin çoğu, sivil nükleer endüstrilerin geliştirilmesi için sağlanacak katkılar karşılığında nükleer silah bulundurma haklarından vazgeçmişti çünkü her ülkenin nükleer silaha sahip olduğu bir dünyanın yapı itibarıyla daha tehlikeli bir dünya olacağını anlamışlardı. İnsan genetik mühendisliğinde de

aynı yoldan gidersek, ülkelerin düşünmesi gereken şey şudur; kendilerine verilen bazı teminatlar karşılığında insanlar üstünde kontrolsüz ve denetimsiz gen düzenleme yapmaktan vazgeçecekler. O teminatlar ise ülkelere, söz konusu teknolojiler genelin iyiliği adına geliştirildiği takdirde bunun hem kendileri hem de dünya açısından daha iyi olacağını söyleyecektir. Kulağa basit bir öneri gibi gelebilir ama değil; özellikle de daha önceden gördüğümüz gibi farklı insan, grup ve ülkelerin amaçlarının büyük çeşitlilik içerdiği düşünülürse.

Nükleer devrimde olduğu gibi genetik devriminin de öncülerini önemli kuruluşlardaki profesör ve araştırmacılar oluşturuyor. İşlerinden birkaçı şimdiden Nobel ödülü kazandı ya da kazanmak üzere. Onların çalışmalarını uygulayacak olanlar ise dünyanın dört bir yanındaki IVF klinikleri, üniversiteler, hastaneler, özel laboratuvarlar ve özel kliniklerde iyi eğitilmiş doktor ve teknisyenler. Ancak yakın bir gelecekte bugünün “kendi işini kendi yap” yöntemiyle çalışan biyo-hacker’lar –profesyonel laboratuvarlar dışında biyolojik çalışmalar yürütenler– insan da dahil olmak üzere birçok canlı organizmanın üstünde anlamlı değişiklikler yapabilecek duruma gelecekler.

* * *

Biyolojik hack’leme hareketi dünyanın her yerinde patlama yapıyor. 2005 tarihli bir *Wired* makalesinde biliminsanı Rob Carlson, eBay’den bin doları bulmayan bir harcama yaparak kendi garajında nasıl teşkilatlı bir genetik mühendislik laboratuvarı oluşturduğunu anlattı.¹ Carlson ne genetiği değiştirilmiş bir Frankenstein yaratıyor ne de köpeğine sonar beceriler katıyordu ama yine de yaklaşan ademimerkeziyetçi dünyanın habercisiydi. Bugün ABD’de 50’yi aşkın, Avrupa’da altmış, Asya’da 22, Kanada’da 12, Latin Amerika’da 16, Avustralya ve Yeni Zelanda’da sekiz, Afrika’da da birkaç tane Ken-

1 Rob Carlson, “Splice it Yourself”, *Wired*, 1 Mayıs 2005, <https://www.wired.com/2005/05/splice-it-yourself/>

dinYapBiyo ortak alanı mevcut.² Biyo-hackerlar büyük oranda kural-lara tabi değiller ve giderek daha güçlü teknolojileri devreye sokuyor-lar. Zaman içinde yaşamın genetiğini değiştirme yöntemlerini ve mekânlarını önemli boyutta ademimerkeziyetçi hale getirmiş ola-caklar.

Bu ilk dönemde biyo-hacker uygulamalarından bazılarının –bah-çenizdeki kakanın kimin köpeğine ait olduğunu bulmak için genom dizilimi yapmak gibi– oldukça eğlenceli olduğu söylenebilir. Ucuza “ev yapımı” sentetik insülin üretmek gibi bazıları ise daha faydalı olma potansiyelini taşıyor.³ Ancak yakında KendinYap’çı biyologla-rın hayal edilemeyecek kadar güçlü ve uygun fiyatlı araçlara erişimi olacak; kolayca edinilebilecek genetik parçacıkları birleştirerek ya-şam üretebilecek masaüstü genom yazıcısı gibi. Bu gerçekleşirken, Steve Wozniak gibi evinde hobi olarak bilgisayarla ilgilenenler IBM türü şirketler için nihayetinde neye dönüştüyse, KendinYap biyo-hacker’ları da bilimsel kuruluşlar için ona dönüşecek; ilk başta sanıldığından çok daha önemli olduğu zamanla anlaşılan, görünüşte alakasız kişiler.⁴

2019’da New York’ta yapılan Dünya Bilim Festivali’nde Berke-ley profesörü Jennifer Doudna’nın yanında şu sözleri ederken akıl-lıca konuştuğumu sanıyordum: “Jennifer’ın yaptığı gibi CRISPR-Cas9 sisteminin geliştirilmesine ortak olursanız, Jennifer’ın şüphe-

2 Bart Kolodziejczyk, “Do-It-Yourself Biology Shows Safety Risks of an Open Innovation Movement”, *Brookings Institute TechTank Blog*, 9 Ekim, 2017, <https://www.brookings.edu/blog/techtank/2017/10/09/do-it-yourself-biology-shows-safety-risks-of-an-open-innovation-movement/>. Ayrıca bkz: Mallory Locklear, “These Kids Are Learning CRISPR At Summer Camp”, *Motherboard*, 27 Temmuz 2017, https://motherboard.vice.com/en_us/article/kzavja/these-kids-are-learning-crispr-at-summer-camp. Konuyla ilgili ek bilgi yazara e-posta yoluyla Ray McCauley tarafından sağlanmıştır, 13 Kasım 2018.

3 Lisa C. Ikemoto, “DIY Bio: Hacking Life in Biotech’s Backyard”, *UC Davis Law Review* 51, 2017, 539-568, https://lawreview.law.ucdavis.edu/issues/51/2/Symposium/51-2_Ikemoto.pdf

4 See Emily Baumgaertner, “As D.I.Y. Gene Editing Gains Popularity, ‘Someone Is Going to Get Hurt’”, *The New York Times*, 14 Mayıs 2018, erişim 31 Mayıs 2018, <https://www.nytimes.com/2018/05/14/science/biohackers-gene-editing-virus.html>

siz alacağı gibi bir Nobel ödülü alırsınız ama CRISPR sistemini bir genomun düzenlenmesinde kullanırsanız, olsa olsa lise biyoloji dersinden A alırsınız.” Konuşma bittikten sonra bir kadın yanıma gelip beni kenara çekti. “Size meydan okur gibi görünmek istemedim ama lisede biyoloji dersi veriyorum ve bir genomu düzenlemek için sadece CRISPR kullanırsanız, dersten olsa olsa B alırsınız,” dedi. Genetik teknolojiler sahiden de büyük bir hızla ademimerkezî hale geliyor.

İleri düzey genetik geliştirme olanaklarına daha çok ve daha farklı tipte insan erişebilir duruma geldikçe, bir yandan daha büyük yenilikler yapma imkânı artacak bir yandan da istismarların yarattığı riskler büyüyecek.

Giderek karmaşılaşan sorunların çözümü için giderek güçlenen teknolojileri kullananların sayısı arttıkça elbette geliştirilecek olan yenilikler de artacak. Bu da genetik mühendisliğinin yaşamımızı, çoğumuzun tahmininden çok daha hızlı iyileştirebilme kapasitesini yükseltecek. “İnsan genetik mühendisliğine ilişkin bugün en dikkat çekici gerçek, onun ne kadar erişilmez olduğu değil ne kadar ürkütücü ve kışkırtıcı derecede yakın olduğudur,” diyor Siddhartha Mukherjee.⁵

Bilgi ve becerinin böyle hızlı yaygınlaşması beraberinde hakiki bazı tehlikeler de getirecek. Genetik teknolojilerin eşitsiz uygulanmasından kaynaklanacak uluslararası ihtilaf olasılıklarına ek olarak, gen düzenlemeyle devletler, terörist gruplar ya da bireyler tarafından milyonları öldürebilecek patojenler yaratılabilecek.⁶ Örneğin 2018’de Kanada’nın Alberta Üniversitesi’nden bir araştırma ekibi yaklaşık 100 bin dolar karşılığında DNA parçacıklarını kullanarak çiçek virüsünün tehlikeli bir akrabası olan atçiçeği virüsü yarattılar. Amaçları günü-

5 Siddhartha Mukherjee, *The Gene: An Intimate History*, Vintage, Londra, 2017, 467.

6 Kate Charlet, “The New Killer Pathogens: Countering the Coming Bioweapons Threat”, *Foreign Affairs*, Mayıs-Haziran 2018, <https://www.foreignaffairs.com/articles/2018-04-16/new-killer-pathogens>; Akshat Rathi, “This Could Be the Next Weapon of Mass Destruction”, *Quartz*, 20 Kasım 2015, erişim 3 Mayıs 2018. <https://qz.com/554337/this-could-be-the-next-weapon-of-mass-destruction/>

müzdeki bir hastalığa aşı üretmekti.⁷ Bundan sadece on yıl önce bu tür bir şey yapmak hayal dahi edilemezdi, üstelik imkânsız derecede pahalı olurdu. Şimdi ise teknolojisi mevcut, maliyeti ise hızla düşüyor.

Tüm bu değişiklikler genetik mühendislik dünyasına yepyeni aktörlerin katılmasına imkân sağlayarak, bu da beraberinde hem fırsatları hem de tehlikeleri getirecek. Tıpkı Lyme ve sıtma gibi hastalıkları ortadan kaldıracı için hedefi belirli gen sürücüler kullanma ve böylece hayvan popülasyonunda genetik değişiklik yaratma fikrini tartan sorumlu biliminsanları gibi, bugün haydut devletler, teröristler, hatta iyi niyetli biliminsanları da koskoca ekosistemleri çökertebilecek az sayıda genetiği değiştirilmiş organizmayı bir ortama sunma yetisine sahip olacaklar.⁸

Bu tür tehlikelerin farkına varan ABD istihbarat teşkilatı 2016 *Worldwide Threat Assessment*'ta [Dünya Tehdit Analizi] gen düzenlemeyi ilk defa potansiyel bir kitle imha silahı olarak belirtti. ABD milli istihbarat direktörü James Clapper ardından şunları yazdı:

Batı ülkelerinden farklı yasal ve etik standartlara sahip ülkeler tarafından yürütülen genom düzenleme araştırmaları, zararlı olabilecek biyolojik ajan ve ürünlerin yaratılma tehlikesini artırıyor olabilir. Bu çifte yönlü teknolojinin yaygın dağılımı, düşük maliyeti ve hızlı gelişim temposu düşünüldüğünde, kasti ya da kasıtsız hatalı kullanımlarının ekonomi ve ulusal güvenlikte çok yönlü etkiler yaratacağı söylenebilir.⁹

Clapper'ın da belirttiği gibi kötü niyetle ve dikkatsizlikle kullanılan teknolojiler muazzam zararlara yol açabilme potansiyelini ba-

- 7 Ryan S. Noyce, Seth Lederman ve David H. Evans, "Construction of an Infectious Horsepox Virus Vaccine from Chemically Synthesized DNA Fragments", *PLoS One* 13, No. 1, 2018, doi:10.1371/journal.pone.0188453
- 8 Sharon Begley, "Why FBI and the Pentagon Are Afraid of Gene Drives", *STAT*, 19 Nisan 2018, erişim 11 Mayıs 2018, <https://www.statnews.com/2015/11/12/gene-drive-bioterror-risk/>
- 9 James R. Clapper, "Worldwide Threat Assessment of the U.S. Intelligence Community", Senate Armed Services Community, 9 Şubat 2016, 9, https://www.dni.gov/files/documents/SASC_Unclassified_2016_ATA_SFR_FINAL.pdf

rındırır. ABD Milli İstihbarat Konseyi 2017 “Küresel Trendler” raporunda şöyle diyordu: “İnsan anatomisini anlama ve manipüle etme yönünde kaydedilen önemli teknolojik gelişmeler, büyük olasılıkla bizzat yaşamın doğasına ve insanların sevme ve nefret etme biçimlerine meydan okuyacaktır. Bu da insanlar, ülkeler ve bölgeler arasında güçlü bölünmeleri tetikleyecektir.”¹⁰ ABD Ulusal Bilim Akademileri Mühendislik ve Tıp Bölümü Haziran 2018’de “Sentetik Biyoloji Çağında Biyo-savunma” isimli üstü düzey bir rapor yayınladı. Raporda ucuz ve erişilebilir yeni sentetik araçların teröristler tarafından ölümcül ve hızla yayılabilecek patojenler yaratma amacıyla kullanılabileceği uyarısı yapılıyordu.¹¹

Genetik mühendislik teknolojilerinin düzenlenmesine veya bazı örneklerde düzenlenmemesine farklı ülkelerin nasıl farklı yaklaşımlar benimsediklerini şimdiden görüyoruz. Ülkeler tek tek kendi yasalarını ne kadar iyi düzenlerse düzenlesin, genetik teknolojilerin kötüye kullanımına ilişkin olası tehlikeleri ele alabilmek için uluslararası düzeyde de anlamlı düzenlemeler yapmak gerekecektir. Ancak bu teknolojilerin kullanımına ilişkin kısıtlamaları ulusal sınırlar içinde yaratmak zorsa, uluslararası düzeyde yapmak çok daha zor olacaktır.

* * *

“Şu mızrak denen şey pek güzel ama denetlenmezse korkarım kabilede birbirimizi öldürmek için kullanabiliriz,” demiş olmalı düşünceli atalarımızdan biri.

Ateşin etrafında toplaşmış kemik kemiren kir pas içindeki insanlar da başlarını sallamış, “Mmmm, tamam, olur” diye homurdanmıştır. “Kendi kabilemizdekileri öldürmek yok. Tamam.”

- 10 “Global Trends: Paradox of Progress”, National Intelligence Council, Ocak 2017, <https://www.dni.gov/files/documents/nic/GT-Full-Report.pdf>
- 11 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, *Biodefense in the Age of Synthetic Biology*, Washington, National Academies Press, 2018. <https://www.nap.edu/catalog/24890/biodefense-in-the-age-of-synthetic-biology>, doi:10.17226/24890

Ne var ki bir vizyoner olan düşünceli atamızın daha parlak bir fikri vardır.

“Mesele sadece kabilimizdeki insanları öldürmemek değil, diğer kabilelerle kanlı çatışmaları da önlemeliyiz. Bugün elimizde böyle mızraklar var ama gelin gerçekçi olalım. Ne kadar zor olabilir ki bunları yapmak? Altı üstü sopaların ucunu sivrilttik. İşin sırrını çözünce diğer kabileler de bizimki gibi mızraklar yapar. O zaman ne olacak? Onlar bizi öldürmeye kalkacak belki. İyisi mi biz şimdiden komşu kabileleri toplayıp bir anlaşma yapalım ve bu mızrakları sadece mümkün olan en güvenli ve çevresel açıdan en sürdürülebilir biçimde avlanmada kullanacağımıza, birbirimize zarar vermeyeceğimize söz verelim, ne dersiniz?”

Çekirge sesleri.

Ardından eski püskü, soluk bir kumaşa sarınmış sıska bir adam, “Benim başka bir fikrim var,” diyor. “Gelin mızrakları hem hayvan avlamak hem de diğer kabilelerin eşyalarını çalmak için kullanalım. O zaman hem yiyeceğimiz olur hem de daha çok eşyamız.”

Başlar hararetle sallanmaya başlıyor. “Mmmm. İyi fikir.”

Grup sınırları içinde düzenlemeler getirmek geçmişten bu yana zorlu bir iş olmuştur. Muhtemelen her teknolojik devrimin başında, hayali sağgörülü atamız gibi biri yaklaşan tehdidi görüp uluslararası bir düzenleme teklif etmiştir... Ama işe yaramamıştır. Ne de olsa endüstri çağı beraberinde muazzam bir güç ve zenginlik getirirken insanlar onu muazzam ölçekte birbirlerini yok etme yolunda kullandı. İnternet dünyayı yepyeni biçimlerde birbirine bağladı ama yepyeni istismarların, manipülasyonların, saldırıların ve toplumsal denetimlerin de kapısını araladı. Richard Clarke ve R. P. Eddy’nin 2017 tarihli önemli kitabı *Warnings*’de de [Uyarılar] belirttiği gibi gerçekleşmemiş tehlikelere karşı uyarılar getiren Cassandra’lar çoğu zaman duymazdan gelinir.¹²

İlginçtir ki birisi olası bir tehlike için uluslararası düzenlemeler

12 Richard A. Clarke and R.P. Eddy, *Warnings: Finding Cassandras to Stop Catastrophes*, Harper Collins, 2017.

getirilmesini önerse, birçok insan bunun gereksiz ve aciliyetsiz olduğunu söyler. Oysa bir sistem oturtulmazsa, gerçek tehdit yüzünü gösterdiğinde geriye dönük adımlar için geç kalınmıştır. İşte tam da güçlü teknolojilerin idaresi bu kadar zor olduğu için durup, atom enerjisi gibi çığır açan diğer teknolojilerle nasıl baş ettiğimize bakmamız ve uluslararası düzeyde yanıtlar aramamız gerekir. İnsan genetik mühendisliğinin sağlayacağı olağanüstü yararları teşvik etme ile olası tehlikeleri minimuma indirmeye arasında bir denge bulmaya çalışmamız şarttır.

1945'te havlu atıp nükleer silahların ister istemez yaygınlaşacağını, gidişatı kendi haline bırakmaktan başka çare olmadığını söyledik, neler olurdu hayal edin. Gezegenimizi kurtarmak ve alternatif enerji kaynakları bulmak için savaş vermeyip çevre yıkımını kabullensek, neler olurdu?¹³ Kimyasal ve biyolojik silah kullanımına ilişkin uluslararası anlaşmalar mükemmelen uygulanmamış olabilir ama –Suriye örneğinde hiç uygulanmadı– şimdiki durum hâlâ alternatifinden çok daha iyi. Unutmayalım ki saatte 800 mille gidebilen arabalar ürettiğimiz halde insanların gidecekleri yere daha hızlı gitme arzusunu, güvenliğe duyulan toplumsal ihtiyaçla dengelemek adına hız limitleri getiriyoruz.

İnsanın genetik geliştirilmesinde doğru hız limitini bulabilmek için toplumsal ve ulusal farklılıklar bizi birbirimizden koparmadan önce genetik mühendisliğine karşı yaklaşımlar arasında bir uyum yakalamanın yolunu bulmamız gerek. Transhümanizmin sınırsız fantezisinden ve öjeninin insanilikten uzak mirasından kaçınmamızı sağlayacak bir yol bulmalıyız.

- 13 İklim değişimini yavaşlatmaya yönelik küresel çabalar insan genetik mühendisliği etrafına normlar ve kurallar örmenin ne kadar güç olacağını gösteriyor. İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin çevre üstünde felaketler yaratabileceğini ve bazı yerleri insan için yaşanmaz kılacağını kabul etmek devletlerin onlarca yılını aldı. İklim değişikliğinin gerçek olduğuna, insan kaynaklı olduğuna ve bize, gezegenimize varoluşsal bir tehdit oluşturduğuna ilişkin biliminsanları ve çoğu dünya lideri arasında uzlaşma olduğu halde, şimdiye dek çok az aşama kaydedilebildi. 2017 Paris Anlaşması'nda liderler sadece her ülkenin elinden geleni yapması konusunda anlaşabildi, sera gazı salımına sınır getirme konusunda ise anlaşma sağlanamadı. ABD Başkanı Donald Trump sonradan ABD'yi anlaşmadan geri çekince, bu karar bile sürdürülemedi.

Öncelikle, bir tür olarak kolektif biçimde sınırlamak istediğimiz ve istemediğimiz şeyleri bulmaya ihtiyacımız var.

İnsan genetik mühendisliğinin ya da genetik artırımın yapı itibarıyla yanlış bir yanı yoktur. Türümüz kusursuz yapılmış olsaydı, biyolojik yazılımımızda insanların hastalık acısı çekmesine, genç yaşta ölmesine yol açan ya da çeşitli alanlarda potansiyellerini gerçekleştirmelerine engel olan hatalar yer almazdı. Tanrı'ya inananlar bile yaratıcılarının evreni gökyüzüne fon işlevi görmekten öte bir amaçla yarattığını ve uzaklardaki güneş sistemlerini keşfedip oralara yerleşebilmemiz için biyolojimizi değiştirmemizin yollarını bulmamızı isteyebileceğini hayal edebilir; özellikle de gezegenimiz yaşanabilir olmaktan çıktığında.

İnsan genetik mühendisliğini dünyanın her yerinde tek tip bir biçimde sınırlamak nihayetinde kolektif bir evrimsel dezavantaja dönüşebilir. Kim bilir belki ölümcül bir virüs ya da nükleer savaş gibi mevcut biyolojimizle sağ atlatamayacağımız doğal ya da insan kaynaklı bir felaket köşe başında bekliyordur. Buna karşılık evrimsel gidişatımızı değiştirmemiz, henüz öngöremeyeceğimiz bir dünyada çeşitliliğimizi ve rekabetimizi azaltabilir. Gelgelelim genetik teknolojileri dikkatli, düşünceli, kapsayıcı ve şeffaf bir şekilde ileri götürme savı ilginç görünse de hiçbir çizgi çekmemek felakete davetiye çıkarmak anlamına gelebilir.

Genetik uygulamada “herkese açıklık” birtakım zararlı deneylere, hem toplum içi hem de toplumlar arası çatışmalara dönüşecekse; genetik teknolojinin önüne barikat kurmanın tehlikesi de gelecek nesilleri gereksiz acılara, gerçekleşmeyen potansiyellere, hatta yok oluşa mahkûm etmekse, o zaman istenmeyen bu iki aşırı uç arasında olası en iyi yolu bulmamız gerekir. Geçmiş birkaç başarılı örneğe bakacak olursak, akıllıca yapılacak bir uluslararası düzenleme, yaklaşımımızın kilit unsuru olabilir.

Son birkaç yılda insan genetik mühendisliğinde ileriye dönük

bir yol önerebilme amacıyla en iyi biliminsanları ve başkaları tekrar tekrar bir araya geldi. Bazı gözlemciler çok erken bir aşamada müdahil olmanın devletlere yarardan çok zarar sağlayacağı uyarısında bulundu. Bazıları ise bilim camiasının kendi kendine uygulayacağı düzenlemelerin yeterli olacağını savundu.¹⁴ Bilim camiası genetik teknolojilerin akıllıca kullanımında sağduyulu bir yol çizmiş olsa da¹⁵ kendi kendini düzenlemeye yönelen bu yaklaşım yeterli olmayacaktır. Bu konuda herhangi bir şüphe olsaydı bile 2018 Kasım'ında genleri düzenlenmiş ilk bebeklerin doğumuna ilişkin şoke edici haber özdüzenlemenin yetersizliğini açıkça ortaya koyardı. Türümüz açısından risk altında olan çok fazla şey var. Birbirinden farklı yüz ayrı düzenleyici ve düzenleme getirmeyen yaklaşımın filizlenmesine izin vermek bazarımıza ne kadar çekici görünse de bir tür olarak kendimizi evrimleştirme yolunda gideceğimiz en uzak nokta konusunda küresel bir uyum yakalamaya çalışmak zorundayız.

Küresel denetim iyi ihtimalle çeşitli ülke ve grupların karmaşık ve genelde birbiriyle çelişen çıkarlarını dengeleyecektir. Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması nasıl nükleer silahı olan ve olmayan ülkelerin gereksinimlerini dengelediye, insan genetik mühendisliğine getirilecek etkin herhangi bir düzenleyici yapı da insanlar ve ülkelerin çıkarlarını dengeleyecektir. Gelecekte doğacak çocuklarının genetiğini özgürce değiştirebilmeyi temel bir hak, hatta zorunluluk olarak görenler, bunu insanlık onuruna hakaret olarak görenlerle en azından ortak bir zemin bulmak zorundadır. Bu dengeyi bulmak elbette söylemesi kolay, yapması zor bir iştir. Zorluklar daha ilk ilkelere baş gösterir.

- 14 Amy Gutmann ve Jonathan Moreno, "Keep CRISPR Safe: Regulating a Genetic Revolution", *Foreign Affairs*, 25 Nisan 2018, erişim 3 Mayıs 2018, <https://www.foreignaffairs.com/articles/2018-04-16/keep-crispr-safe>
- 15 Önemli toplantıların bazıları Napa, California, Manchester, İngiltere, Washington DC ve Hong Kong'da gerçekleştirildi. "International Summit on Human Gene Editing: A Global Discussion", *National Academies Press*, 1-3 Aralık, 2015, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK343651/>; *Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance*, DC Washington, National Academies Press, 2017, 5, 8-9; "Statement on Genome Editing Technologies and Human Germline Genetic Modification", The Hinxton Group, Sept 3-4, 2015, http://www.hinxtongroup.org/Hinxton2015_Statement.pdf

Filozoflar binlerce yıl insan hakları ve sorumluluklarını tanımlamaya çalışmalarına rağmen, ancak iki dünya savaşı ve Nazi hunharlıklarından sonra oluşturulan Evrensel İnsan Hakları Beyannamesi ile “İnsan ailesinin bütün üyelerinde kendinden mevcut olan haysiyeti ve bunların eşit ve devredilemez hakları” adına ortak bir standart sağlandı. Beyannamenin ilk maddesi şöyle der: “Bütün insanlar haysiyet ve haklar bakımından hür ve eşit doğarlar.” İşler işte bu noktada karmaşılaşmaya başlar.

Doğmak kelimesi bu bağlamda hangi anlama gelir? Transfer öncesi genetiği değiştirilmiş bir erken evre embriyo için de geçerli midir? Bir kadının indüklenmiş kök hücrelerinden türetilip döllen laboratuvar kabı içindeki bin ayrı yumurtanın her biri, o kadının on yaşındaki çocuğuyla aynı haklara sahip olursa, *doğmak* kelimesinin *döllenmek* şeklinde değiştirilmesi kadınların üreme haklarını sınırlandırmakla kalmayıp, yardımla üreme endüstrisini de hepten bitirebilir. Bunun yanında ölümcül hastalıkları önleme, tedavi etme çabalarına da ölümcül bir darbe vurur. Diğer bir deyişle meseleler son derece karmaşıktır.

Korunan haklar ve nasıl korunacakları konusunda bir uzlaşmaya varabilirsek, küresel ahenge sahip bir düzenleyici yapının büyük faydaları olabilir. Çatışma ve insanlığa aykırı deney olasılıklarını azaltmanın yanı sıra böyle bir uzlaşma, uluslararası işbirliğini kolaylaştırabilir, kurallara uymanın maliyetlerini azaltabilir ve kamu menfaatine uygun küresel bir işbirliği ortamı yaratabilir.

İlerleyen süreçte bir çeşit uluslararası uzlaşma yakalayabilmek adına son yıllarda bu tür amaçlarla yola çıkan –ve çoğu amacından sapan– bazı çabalar gerçekleştirildi.

UNESCO Uluslararası Biyoetik Komitesi’nin “insan genomunun insanlığın ortak mirası olarak korunması gerektiği”ni¹⁶ beyan etmesinin ardından 1997 UNESCO İnsan Genomu ve İnsan Hakları Beyannamesi “insanın üreme amaçlı klonlanması gibi insan hay-

16 Alıntı: *Human Enhancement*, Nick Bostrom ve Julian Savulescu, Oxford University Press, Oxford, 2009, 132.

siyetiyle çelişen uygulamalar"ı yasakladı. Aynı yıl Avrupa Konseyi Oviedo Konvansiyonu diye anılan Biyotıp Uygulamalarına İlişkin İnsan Hakları ve Haysiyetinin Korunması Konvansiyonu'nu imzaya açtı. Buna göre insan genomunu değiştirmeye yönelik müdahaleler ancak "önleyici, tanı veya tedavi amaçlarıyla ve sonraki nesillerin genomunda müdahale yaratmayacak şekilde" olabilirdi.

Önemli ilk adımlar olsalar da, her iki yaklaşım da baştan kusur-luydu. UNESCO beyannamesi "insan haysiyeti"nin nasıl tanımlan-ması gerektiğine yeterli açıklama getirmiyor, insan genomunun dü-zenlenmemesi halinde masum bir çocuğun önlenabilir bir genetik hastalık yüzünden acı içinde erken ölümüne göz yummanın da insan haysiyetine hakaret teşkil edebilme olasılığını açık bırakıyordu. Av-rupa Konseyi'nin Oviedo Konvansiyonu ise yıkıcı ve saatli bomba gibi işleyen genetik hastalıkların taşıyıcısı birçok ebeveynin, bu teh-likeli mutasyonları kalıtımla aktarmamayı tercih edeceğini görmek-te yetersiz kalıyordu.¹⁷¹⁸

Şubat 2002'de İnsanın Üreme Amaçlı Klonlanmasına Karşı Uluslararası Konvansiyon'a yönelik bir Birleşmiş Milletler Geçici Komisyonu, bağlayıcı bir anlaşmaya varmak amacıyla görüşmeler başlattı. Mart 2005'te 84 lehte, 34 aleyhte, 37 çekimser oyla benim-senen ve bağlayıcı nitelikte olmayan Genel Kurul kararıyla üyeler "insan haysiyeti ve insan hayatını korumakla çelişmesi sebebiyle her türlü insan klonlama işlemini yasaklama"ya davet edildi.¹⁹ 2015 ta-rihli bir UNESCO toplantı raporu ise germ hattı modifikasyonu

- 17 Sharon Begley, "Families Hit by Inherited Diseases Oppose Ban on Embryo Editing", STAT, 17 Nisan 2019, <https://www.statnews.com/2019/04/17/crispr-embryo-editing-ban-opposed-by-families-carrying-inherited-diseases/>. Ebeveynlerin her ikisi de bir veya daha fazla dominant hastalık açısından heterozigot olduğunda veya normalde ar-zulanacak erken evre, transfer öncesi bir emriyoda dominant bir mutasyon oluşması halinde ebeveynlerin genetik olarak tamamen kendilerine ait bir çocuk sahibi olmasının tek yolu insan genetik mühendisliği olabilir.
- 18 Temmuz 2019 itibarıyla Avrupa Konseyi üyesi 47 ülkeden 35'i konvansiyonu imzala-mış ama sadece 29'u onay vermişti. Bunların da bir kısmı ülke içinde yasaları yürürlük-ten geçirmedi.
- 19 Jamie Metz, "Brave New World War", *Democracy* 8, No. 8, Bahar 2008, <https://democracyjournal.org/magazine/8/brave-new-world-war/>

için moratoryum çağrısı yaptı çünkü iddiaya göre insan genomunda kalıtımla aktarılabilen değişiklik yapmak “bütün insanların özünde bulunan ve dolayısıyla eşit olan haysiyetini tehlikeye atacaktı.”²⁰ 2015 sonunda Oviedo Konvansiyonu’nu gözden geçirmekle yükümlü Avrupa Konseyi komitesi, önceki belgeden geri adım atan ve konvansiyonun ana ilkelerini sadece gelecekteki tartışmalara referans noktası olarak ele alan bir bildiri yayımladı.²¹

Bu ulusal anlaşma ve belgelerin (Oviedo’nun kısmi ve sınırlı istisnailiği dışında) hiçbirisi yasal olarak bağlayıcı olmadığı gibi izlenecek yol konusunda küresel bir uzlaşmayı bile temsil etmiyordu. Söz konusu bilimden ve onun agresif uygulamalarından en kazançlı çıkacak, büyük ümitler besleyen ve bilimin kültürel olarak en çok benimsendiği ülkeler, ağırlıklı olarak imzadan kaçındılar çünkü faaliyetlerinin, oyunda kaybedecek şeyleri çok daha az olanlar tarafından kısıtlanmasını istemiyorlardı.

Daha da önemlisi “devam eden nesilden herhangi birinin genomunda herhangi bir değişikliği” kısıtlamak ve insan genomunu “insanlığın ortak mirası” olan kutsal bir şey gibi düşünmek, ileride gerçekleşecek klinik mucizeleri birkaç kişiden fazlasının hayal edemeyeceği yirmi yıl öncesinde, basite indirgeyici bir yaklaşımdı. Embriyolar arasında mitokondriyal transfer yapacak olan ilk kliniklere 2018’de lisans veren ve dünyada üreme teknolojileri açısından en dikkatli düzenlemelere sahip olan Britanya, bu kararla “insanlığın ortak mirası”nı kirleten haydut bir aktör gibi davranmıyor, tıpta ve insancılıkta öncülük yapıyordu. Bu yöntemle dünyaya gelen sözde “üç ebeveynli bebekler” ise yasadışı varlıklar değil, 1970’lerdeki Louise Brown gibi gelecekteki dünyanın müjdecileriydi.

Hastalık riskini yok etme ve azaltma amacıyla kendimizin ve

20 “UNESCO Panel of Experts Calls for Ban on ‘Editing’ of Human DNA to Avoid Unethical Tampering with Hereditary Traits”, UNESCO, 2015, <https://en.unesco.org/news/unesco-panel-experts-calls-ban-editing-human-dna-avoid-unethical-tampering-hereditary-traits>

21 “Statement on Genome Editing Technologies”, Committee on Bioethics, 2015, document DH-BIO/INF (2015) 13, <https://rm.coe.int/168049034a>

gelecekteki çocuklarımızın genetiğini değiştirmede kullanılacak yeni uygulamalar sırada beklerken, “devam eden nesilden herhangi birinin genomunda herhangi bir değişiklik”ten kaçınma arayışı artık insani bir jestten çok, gelecekteki tehlikelere yatırım yapmak gibi görünüyor. İnsan genomunu “insanlığın ortak mirası” olarak korumaya çalışmak ise sözlük anlamıyla düşünülecek olursa, cinsel birleşmeyle üremeyi yasaklayıp sadece klonlanmayla üremeyi destekleyecek bir sava dönüşüyor. Darwin’in insanın evrimine ilişkin ilkeleri hack’lense bile, onlar da evrimleşmeye devam edecektir; ama başka şekillerde. Evrimin kendisi de evrimleşir.

İnsan genetik mühendisliği konusunda uluslararası bir uzlaşma sağlama çabaları şimdiye dek başarısız olduysa bize düşen, türümüzün geleceğinde en iyiyi yakalayabilmek adına ilerleme yolunda daha iyi sonuçlar almaya çalışmaktır.

2019 Kasım’ında Çinli CRISPR bebeklerin doğumu duyurulduğu anda, bu konunun aciliyeti bir kuantum sıçrayışı yaptı. Biliminsizlikleri, etik uzmanları ve ben dahil başka birçokları insan genomunun düzenlemesine karşı moratoryum konusunda ya ağırlık koydu ya da benim gibi karşı durdu. Bu konu 2015’te *Nature*’da yayınlanan sansasyonel bir mektuptan itibaren hararetle tartışıldı.²² Aralık 2018’de, He’nin büyük ifşasından sonraki ay içinde, Dünya Sağlık Örgütü, uzmanlardan oluşan bir İnsan Genom Düzenlemesinin Yö-

- 22 Bu konu 2015’te *Nature*’da yayınlanan sansasyonel bir mektuptan beri hararetle tartışıldı. Edward Lanphier, Fyodor Urnov, Sarah Ehlén Haecker, Michael Werner, ve Joanna Smolenski, “Don’t Edit the Human Germ Line,” *Nature* 519, No. 7544, 12 Mart 2015, 410-11, erişim 17 Temmuz 2019, doi:10.1038/519410a. He’nin duyurusunun akabinde gelen moratoryum çağrıları için, bkz. Eric S. Lander, Françoise Baylis, Feng Zhang, Emmanuelle Charpentier, Paul Berg, Catherine Bourgain, Barbel Friedrich, J. Keith Joung, Jinsong Li, David Liu, Luigi Naldini, Jing-Bao Nie, Renzong Qiu, Bettina Schoene-Seifert, Feng Shao, Sharon Terry, Wensheng Wei, ve Ernst-Ludwig Winnacker, “Adopt a Moratorium on Heritable Genome Editing,” *Nature News*, 13 Mart 2019, erişim 17 Temmuz 2019, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00726-5?sf209368347=1>; Eli Y. Adashi ve I. Glenn Cohen, “Heritable Genome Editing: Is a Moratorium Needed?” *JAMA* 322, No. 2 (2019): 104, doi:10.1001/jama.2019.8977; Jamie Metzl, “Human Gene Editing Is Too Transformative to Be Guided by the Few,” *Financial Times*, 27 Mart, 2019, <https://www.ft.com/content/6ebc-7f3e-4ff5-11e9-8f44-fe4a86c48b33>

netim ve Gözetimine İlişkin Küresel Standartlar Geliştirme Amaçlı Danışma Komitesi kurduğunu ilan etti. Ben de bu komiteye davet edilmekle onurlandırıldım. Komitemiz 2019 ve 2020 içinde insan genomuna yönelik Prometheus'çu teknolojilerin, yararları azamiye çıkarıp zararları asgariye indirgeyecek şekilde nasıl düzenlenebileceği yönünde öneriler getirebilmek için canla başla çalıştı. Bu önerilerin birçoğu devlet kuruluşları ve uluslararası kuruluşların çalışmalarına destek amaçlı kullanılacak.

Komitemizin çalışmalarında ulusal biyoetik konseylerinin ve dünyanın çeşitli bilim akademilerinin çalışmalarından yararlanıldı. Bu grupların hepsi, türümüzün evrimsel yönelimindeki kritik bir kavşakta ortaya çıkan devasa etik sorunlarla boğuşuyordu. Hepsi birbirinden mükemmel olan bu raporlar içinde Alman Etik Konseyi'nin raporu taşıdığı önem itibarıyla öne çıkıyordu.

Genetik devriminin kendini göstermesiyle birlikte Alman bilimciler, filozoflar, devlet yetkilileri ve başkaları Nazizmin mirası karşısında son derece dikkatli davranmışlardı. Bazı açılardan genetik "bilimin" in en canavarca uygulamalarını miras almış Almanlar, genetik teknolojilerinin en iyi nasıl kullanılabileceğiyle ilgili çağdaş sorgulamaların, en dikkatli ve etik bir bilinçle yapıldığı yerlerden biri olmaya kararlıydı. Almanya Federal Cumhuriyeti 1990'da insan embriyolarında kalıtımla aktarılabilen değişiklikleri yasaklayan Embriyo Koruma Yasası'nı yürürlüğe sokmuştu. Böylece preimplantasyon genetik testler üstünde, Avrupa'nın en katı örnekleri arasında yer alan Alman kısıtlamaları da hayata geçirildi.

Mayıs 2019 tarihli Alman raporunda, insan genomunda yapılacak ve kalıtımla aktarılabilen değişikliklerin gerekçeli olup olmayacağına ilişkin, tahmin edileceği gibi kelimenin en iyi anlamıyla son derece ince düşünülmüş etik bir çatının ana hatları belirleniyordu. Germ hattı müdahalelerinin uygulamasına ilişkin moratoryum çağrılarının katılmasını takiben Alman konseyi şaşırtıcı ve cüretkâr iki iddiada bulundu. İlkinde Oviedo ilkelerine tamamen zıt bir açıyla "etik analizin, insan germ hattının kategorik ihlal edilmezliğini göstermediği" belirtiliyordu. İkincisindeyse kalıtımla aktarılabilen insan genetik mühendisliği kapsamında, ebeveyn adaylarının her iki-

sinde de kistik fibroz olması gibi tanımı yapılan özel bazı uygulamalarda “etik kavramların uyarlanması, bu tür müdahaleleri kısıtlama yönünde kategorik nedenler çıkarılamayacağı” söyleniyordu.²³ Dil biraz mesafeliydi belki ama son derece muhafazakâr Almanlar bile genetik devrimin bizi götüreceği yeri takdir etmeye başlamıştı.

Önceden insan genomu genetik mühendisliği için düzenleyici yasalar hazırlama ve uygulamada son derece yavaş davranan Çin yönetimi bile daha fazlasını yapmak zorunda olduğunu nihayet anlıyordu. Pekin Temmuz 2019’da yani Çin’de ilk CRISPR bebeklerin doğumundan neredeyse bir yıl sonra komünist parti liderliğiyle doğrudan bağlantılı bir Ulusal Bilim ve Teknoloji Etik Komitesi’nin kurulduğunu duyurdu.²⁴

Ne var ki Dünya Sağlık Örgütü komitemizin, Alman, Çin ve diğer ulusal biyoetik konseylerinin ve ABD, İngiltere ile diğer ülkelerdeki ulusal bilim akademilerinin önemli çalışmaları bile gerekli olan çalışmanın yanına dahi yaklaşıyor. Mesele tek başımıza ele alamayacağımız kadar büyük. Genetiği değiştirilmiş gelecek son sürat yaklaşıyor. Gerçek anlamda aşama kaydetmemizin tek yolu, hep birlikte çalışıp yolda bize rehberlik edecek küresel bir yasal düzenleme altyapısına kavuşmak. İlk iki CRISPR bebeğin 2018’de dünyaya gelmesinden sonra üçüncü CRISPR bebek büyük olasılıkla bir sonraki yaz doğdu, dördüncüsü, beşincisi, onuncusu, yüzüncüsü... ise çok da uzak olmayan bir gelecekte doğacak. Burada soru, bilimin ilerleyip ilerlemeyeceği değil. Bizim için asıl mesele, en üstün değerlerimizin, hızla gelişen bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili karar süreçlerinin tek tek her bir yönüne nüfuz etmesini sağlayacak şekilde hızlı ve iyi örgütlenip örgütlenemeyeceğimiz meselesi.

Devletlerin kendi başlarına yerine getirebileceği birçok önemli işlev var ama insan genetik mühendisliği uygulamalarını, mutabık

23 “Intervening in the Human Germline”, rapor, 9 Mayıs 2019, German Ethics Council, s. 332, <https://www.ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-eingriffe-in-die-menschliche-keimbahn.pdf>

24 财网. “中央深改委会议审议通过《国家科技伦理委员会组建方案》.” 第一财经_新浪财经_新浪网, 24 Temmuz 2019, erişim 19 Ağustos 2019, <https://finance.sina.com.cn/roll/2019-07-24/doc-ihycitn4355965.shtml>

kalınmış etik ilkeleri temel alarak düzenleyecek küresel bir altyapı geliştirmek onlardan biri değil.

İnsan genetik mühendisliğinde uluslararası bir rejimin şöyle zorlu ve çift yönlü bir işlevi olacaktır: Kamu yararı için uygulanacak sorumluluk sahibi bir bilim sunmak ve bu aktivitelerin varabileceği noktalara sınırlı kısıtlamalar getirmek.

Aradaki dengeyi bulmak inanılmaz derecede meşakkatli olacak. Fazla hoşgörölü bir çizgi çekerseniz muhalifler başkaldırabilir. Fazla kısıtlayıcı bir çizgi çekerseniz son kullanıcılar istedikleri hizmeti almanın alternatif yollarını bularak yeraltı kliniklerine, başka ülkelere ya da açık deniz gibi, hatta günün birinde uzay gibi ulus ötesi ortamlara başvurur. Tam ortadan çizgi çekerseniz düzenlemeler anlam taşımayacak kadar muğlak kalabilir. İnsan genetik mühendisliği için küresel bir standart oluşturmayı başaramazsanız da devrim niteliğindeki bu teknolojiler, uluslararası genetik silahlanma yarışına malzeme olur.

Oluşturulacak kapsamlı bir küresel yönetim çerçevesinin bir yandan insan germ hattı mühendisliği kavramından büyük rahatsızlık duyan güçlü kesimlerin duyarlılığına önem vermesi bir yandan da trilyonlarca dolarlık ticareti; bireyler, şirketler ve ülkeler arası rekabeti ve gelecek kuşakların esenliğine zemin oluşturan yeni nesil bilgiler ve uygulamaların geliştirilmesini sekteye uğratmaması gerekir. Bu dar sınırlar içinde belirlenecek her standardın mümkün olduğunca müsamahalı olması ve insan haysiyetine zarar veren en bariz ihlalleri kısıtlaması gerekir.

Hükümetler her zaman herkesi eksiksiz biçimde temsil etmediğinden, müzakerelerde kimlerin çıkarlarının temsil edileceğini, bu çıkarların nasıl örgütleneceğini, ne tür bir yaptırım mekanizmasının uygulanabileceğini ve ayarlamaların en iyi bilimsel uygulamaları baltalamak yerine onları ilerletmesi için ne şekilde kullanılabileceğini de bulmamız gerekir.

Bu noktada belki üstünde anlaşılabilecek tek sınırlama, insan genetik mühendisliğinin aşmaması gereken kırmızı çizgiye ortak bir tanım getirilmesidir. O da çoğunluk tarafından şiddetle kınanan

davranışları içerir; tehlikeli ve insanlık dışı deneyler gibi, türümüzün bütünselliğine meydan okuyacak yeni ve radikal derecede sentetik özelliklere sahip insanlar tasarlamak gibi. İnsan genetik mühendisliği bilimi, insan üstünde güvenli uygulamalar için yeterli hassasiyete henüz erişmediğinden, gelişimini sürdürülecek şekilde tasarlanmış insan embriyolarının genomunda yapılacak düzenlemeler, bugün tehlikeli insan deneylerinin kapsamına girer. Ancak bu her zaman böyle olmayacak; bize pek çoklarının sandığından çok daha yakın olan yeni dünya için hazırlanmaya başlamak zorundayız.

Hem standarda temel oluşturan bilimin kendisi hem de bizim hangi yeni uygulamaların normal, sağlıklı ve avantajlı olduğuyla ilgili kültürel algımız zamanla değişeceği için, getirilecek her uluslararası standardın son derece esnek olması ve yeni teknolojik, tıbbi gelişmeleri içine alacak şekilde düzenli aralıklarla tekrar müzakere edilmesi şarttır.

Bu yine kolay bir süreç olmayacaktır ama esas olan sürecin kendisidir. İnsan genetik mühendisliği bilimi böyle hızlı ilerlerken, her gün ulusal ve küresel çapta yeni bilimsel, etik, yasal, siyasal vb anlaşmazlıkları tetikleyecektir. On yıllık süre içinde çoğu kişi insan genetik mühendisliğini hayatın en önemli meselelerinden biri olarak görecektir. O zamana dek hepimizi bir araya getirecek bir zemin oluşturamazsak, bu zorluklarla tek başımıza boğuşmak bizi birbirimizden koparır.

Üstelik bu tür küresel bir ön düzenleme sistemi oluştursak bile dünyanın çoğu yerinde daima ek değişiklik ve geliştirmeler için bir piyasa olacaktır. Belki hırslı ebeveynler çocuklarına tehlikeli yırtıcılık içgüdüleri kazandırmak ister. Belki bir ülke, yönetimin emriyle bir grup insanı genetik olarak süper insan, uysal vatandaş veya azılı katil olarak tasarlamaya karar verir. Belki de şirketler uluslararası sularda ekstrem geliştirme merkezleri kurar. O zaman ne olacak?

2005'te küresel bir zirvede dünyanın birçok yerinden devlet yöneticisi, devletlerin vatandaşlarını "koruma yükümlülüğü" olduğu ve insan hakları ihlali ile diğer suistimaller üzerinden ihlallerin oluşması halinde bu hakkın uluslararası topluma kaydıgı ilkesine onay

verdi.²⁵ “Koruma yükümlülüğü” yasal olarak bağlayıcı olmadığı halde Irak, Libya ve Yemen gibi yerlere yapılan ve en hafif deyişle karmaşık sonuçlar doğuran askerî müdahalelerde gerekçe olarak kullanıldı.

Genetik mühendislikte uzlaşıya varılmış uluslararası normların ancak en çirkin şekilde ihlal edildiği durumlarda, uluslararası topluluğun ihlal eden tarafın yaklaşımını değiştirebilmek için ekonomik yaptırımlardan askerî müdahaleye uzanan aşamalı baskılar uygulaması düşünülebilir. Geçmişte güç kullanılarak yapılan onca “insancıl” müdahale göz önüne alınınca, uluslararası düzeyde mutabık kalınmış etik bir kırmızı çizgiyi ağır biçimde ihlal ederek halkının genetiğini hunharca değiştiren bir ülkeyi durdurmak adına başka ülkelerin günün birinde haklı gerekçeyle askerî müdahalede bulunabileceği fikri, şu an düpedüz delilik gibi görünebilir. Bugünün perspektifinden bakıldığında belki gerçekten de deliliktir. Fakat bir tür olarak bizler, gelecekte insanlara yapılacak belli değişikliklerin kabul edilebilir boyutların ötesinde olduğuna karar verirsek, o zaman günün birinde nihai bir yaptırım mekanizması gerekli olabilir.

Bütün bu güçlükler dikkate alındığında, insanın genetik geliştirilmesi üstüne küresel herhangi bir kısıtlama getirmek ve uygulamak akıl almaz derecede zorlu bir iştir. Bizler ise kolektif olarak bu işe hazır olmanın yakınında bile değiliz. Bugün bilimin yapabilecekleri ve yakında yapacağı şeyler ile insanların bunu ne kadar az anladığı ve hazırlandığı arasındaki uyumsuzluk, kamu açısından son derece tehlikeli bir barut fıçısı yaratır ve konunun en başta kamusal eğitim ve müdahillik üzerinden ele alınması gerekir.²⁶²⁷

Atılacak ilk ve acil adımlardan biri, insan genetik mühendisli-

25 The United Nations Office on Genocide Prevention and the Responsibility to Protect, <http://www.un.org/en/genocideprevention/about-responsibility-to-protect.html>

26 Edward O. Wilson, *The Social Conquest of Earth*, Liveright Publishing, New York, 2013, 7.

27 Harvard’lı biyolog ve doğabilimci E.O. Wilson da şu sözleriyle benzer şeyi vurguluyor: “Bizler Taş Devri duyguları, Ortaçağ kurumları ve ilahî teknolojilerle bir Yıldız Savaşları uygarlığı yaratık.” Fütürist vizyoner Stewart Brand de benzer yorumda bulunuyor: “Bizler tanrılar gibiyiz, hal böyleyken bari o işte gelişelim.”

ğinde her ülkenin kendi gelenekleri, değerleri ve çıkarları doğrultusunda bir toplumsal eğitim programı, biyoetik komisyonu ve yasal düzenleme çatısı geliştirmesine yardım etmektir.

Bunun yöntemi için dünyada birçok güzel örnek mevcuttur. Birleşik Krallık'ın ileri düzey üreme teknolojilerini dikkatle gözetim altında tutan İnsan Döllenme ve Embriyoloji Araştırma Komitesi devlet düzenleme birimlerinin dünyadaki belki de en güzel örneğidir. Farklı ülkeler farklı modelleri benimseyebilir ama her ülkenin mutlaka bir modeli olmalıdır. Bu olduğunda yükümlülük ve düzenleyicilik modellerini birbirleriyle daha iyi paylaşacak, birbirlerinden daha çok şey öğrenecek ve birlikte en iyi uygulamaları geliştirebileceklerdir.

Sivil toplum düzeyinde de katılım bir o kadar önem taşıyacaktır. Birleşik Krallık'ın Nuffield Biyoetik Konseyi 2018'de genom düzenleme ve insanda üreme konuları çerçevesinde halkı bilgilendirme ve katılımı sağlama amacıyla devlet fonuyla desteklenen bağımsız bir birimin kurulmasını önerdi.²⁸ Private Education Trust, Genetic Alliance UK ve Wellcome Trust da Britanya halkını konuya dahil ediyor ve halk içinde daha kapsayıcı diyalogların yapılmasını destekleyen bir dil geliştiriyor.²⁹ Danimarka da seçilen temsilcilere genetik mühendisliği ve diğer teknolojik konularda bilgi sağlayacak vatandaş gruplarına destek vermekte harika bir iş çıkarıyor.

Bizler ülkemizin ve uluslararası toplumun harekete geçmesini bekleyemeyiz, beklememeliyiz. Her birimiz kişisel sorumluluk almalı, genetiği değiştirilmiş geleceğimiz hakkında kendimizi eğitmeli, yaklaşan geleceğin bizi şekillendirmesine izin vermek yerine bizim onu şekillendirebilmemiz için ne tür sorumluluklar alabileceğimizi öğrenmeliyiz. Biz insanlar hep birlikte sağlık sistemimizi, bebek yapma şeklimizi ve yaptığımız bebeklerin geleceğini kısa süre

28 Genome Editing and Human Reproduction, Rapor, 17 Temmuz 2018, Nuffield Biyoetik Konseyi, <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-and-human-reproduction-FINAL-website.pdf>, 142.

29 Genome Editing—Progress Educational Trust, erişim 5 Ağustos 2018, <https://www.progress.org.uk/genomeediting>

sonra dönüştürecek olan bir devrimi başlatıyoruz. Şu an hepimizi ve gelecek nesilleri derinden ve temelden etkileyecek kritik kararlar alınıyor. Hemen bugün kendimizi eğitip konuya müdahil olmazsak, bizler adına başkaları tarafından alınan kararlarda en büyük değerlerimize saygı gösterilmesini nasıl bekleyebiliriz? Çok geç olmadan her birimiz insan genetik mühendisliğinin geleceği üstüne ve türümüz genelinde kapsayıcı fikir alışverişini başlatmada üstümüze düşeni yapmalıyız.

Uluslararası topluluk henüz köleliğe, kara mayınlarına, kanlı elmaslara karşı çıkmadan ya da yolsuzluk karşıtlığını, Afrika'nın borçlarını ertelemeyi ve çevrenin korunmasını benimsemeden çok önce aktivistler halk hareketlerine ilham veren bir kıvılcım çakmışlardı. O hareketlerin her biri de karşılığında hükümetlere bu alanlarda baskı yaptı.

Normlar pek çok açıdan geçirgen ve ölçümü zor şeylerdir. Örneğin köleliğin dünyanın pek çok yerinde kabul gördüğü bir dönemde, kölelik karşıtlığı 19. yüzyıl İngiltere'sinde kendine yer buldu. Cambridge Üniversitesi'nde çakılan küçük bir kıvılcımla hareket büyüdü ve sonunda Britanya'nın yasaları değişti, ABD ve diğer yerlerde kölelik kalktı ve kölelik fikri bile giderek tabuya dönüştü. Oysa kölelik karşıtlığı yasalara dönüşmeden önce genel bir histen, zamanın giderek büyüyen bir ruhundan ibaretti. Bu fikre, tıpkı yuvarlanan bir kartopu gibi çok sayıda bireysel fikir teatisi, derin düşünceler, araştırmalar, kendini sorgulamalar, diyaloglar, kurulan koalisyonlar ve nihayetinde çatışmalar, hatta içsavaşlar şeklini verdi.

Kültür antropoloğu Margaret Mead'in "Düşünceli, kendini adanmış küçük bir grup yurttaşın dünyayı değiştirebileceğinden asla şüphe etmeyin. Aslına bakarsanız şimdiye dek değişimi gerçekleştirmiş tek şey odur," dediği söylenir. İnsan genetik mühendisliğinde dengeyi bulma yolunda türümüzün en üstün değerlerini dile getirip savunmasını sağlayabilmek için bugün bu tip bir norm oluşturma sürecine fena halde ihtiyacımız var. Zaman içinde küresel normlara dönüşebilecek ve gelecekte kolektif olarak almak zorunda kalacağımız kararlara sağlıklı bir temel oluşturabilecek kesintisiz bir yerel, ulusal ve uluslararası fikir alışverişini teşvik etmek zorundayız.

Bu yolda atılacak ilk kritik adımlardan biri, devlet yetkililerimizden çok daha fazlasını istemek olacaktır. Liderlerimiz genom bilimi ve yapay zekâ devrimleri için sorumluluk içeren bir zeminin temellerini atmak yerine zaman ve enerjilerinin aşırı bir miktarını saçmalıklara odaklanarak harcıyorlar. Bunu değiştirmenin tek yolu ise bunu talep eden halk enerjisinin dalgasıdır. Halk olarak müdahilliğimiz bu noktada son bulamaz.

Şimdiye dek geleceğimizle ilgili hiç türümüzü kapsayan bir çapta fikir alışverişi yapmadık. Gerçi 18. yüzyıl Sanayi Devrimi'nin başında, küresel nüfusun sadece yüzde 10'u okuryazarken ve uluslararası iletişimin ana vasıtası aylar süren posta sistemiyken, dünya çapında bir diyalogu nasıl örgütleyebildik? 1945'te, nükleer çağın eşiğinde bile dünya nüfusunun yalnızca yüzde 30'u okuryazardı, sabit hatlı telefonlar ise azdı ve araları uzaktı. Bugün ise dünya nüfusunun yüzde 85'i okuryazar, üçte ikisinin kendi cep telefonu ve yarısından fazlasının internete erişimi var; üstelik sayılar giderek artıyor.

Dünya nüfusu giderek büyüyen bir oranla o veya bu şekilde bilgi ağına bağlanırken artık eskisinden çok daha anlamlı bir kolektif süreç için bir araya gelebilme fırsatımız var. Bilimin ve siyasi ayrılıkların gidişatına bakıldığında, yapıcı diyalog için var olan pencere uzun süre açık kalmayabilir.

Türümüzü içine alacak genişlikte bir fikir alışverişi, dünyanın çeşitli yerlerinden farklı bakış açısı ve değişik eğitim düzeyine sahip bireyler ve toplulukları, birbirine bağlı bir diyalog ağı içinde bir araya getirmeyi içermelidir. Böyle bir ağ insanda genetik geliştirmeye katı biçimde karşı olan insanları, bunu her derde deva olarak görenleri ve bu dönüşümün çoktan başladığına dair en ufak bir fikri olmayanların büyük çoğunluğunu birbirine bağlayacaktır. Yine bu ağ, söz konusu teknolojilerin akla hayale gelmez olumlu potansiyellerini önere çıkarabileceği gibi olası tehlikeleri konusunda da dürüst ve dolambaçsız olacaktır.

Bu küresel diyalogu yapılandırmanın bir yolu, önde gelen biliminsanları, düşünürler, toplumsal, dinî liderler ve başkalarından oluşan uluslararası bir komisyon kurmak olabilir. Komisyonun göre-

vi insan genetik mühendisliğinin geleceğine ilişkin bu geniş çaplı halk müzakeresine temel oluşturabilecek belli sayıda hayati soruyu ortaya koymak olabilir. Bu sorular şunları içerebilir:

1. Genetik teknolojilerin sağlık ve sıhhat alanında sunabileceği faydalara mümkün olan en kapsamlı erişimi sağlamak için neler yapılabilir?
2. Hastalık tedavisi ve yok edilmesinde genetik teknolojilerin uygulamalarına sınırlar getirilmeli midir?
3. İnsanların hem kendilerinin hem de gelecekte doğabilecek çocuklarının genetik yapısına ilişkin bilgilere tam erişimi olmalı mıdır yoksa bu erişim sınırlı mı olmalıdır? Sınırlı olacaksa bu sınırlar ne olmalıdır ve neden?

Ebeveynlere *in vitro* dölleme sürecinde doğal embriyoları arasından sınırsızca seçim yapma özgürlüğü tanınmalı mıdır? Tanınmamalıysa, hangi temeller üstünde sınırlar belirlenmelidir? Ebeveynlerin boy, tahminî IQ, kişilik tipi vb. hastalıkla bağlantılı olmayan özelliklere dayalı bir embriyo seçimi yapmalarına izin verilmeli midir?

4. Güvenli olduğu kanıtlanırsa, yetişkin cinsiyet hücrelerinden ve embriyolardan genetik hastalıkları kaldırmak için, gelecek nesillere de aktarılabilecek şekilde hassas gen düzenleme uygulamasına izin verilmeli midir?
5. İnsan genetik mühendisliğinin en ağır kötüye kullanımlarının önlenmesini sağlamak için küresel bir çerçeveye ihtiyacımız var mıdır? Eğer varsa, bu girişimler hangi standartlar üzerinden yürütülmelidir?
6. İnsan genetik mühendisliğinin geleceği üstüne, bu teknolojilerin yararlarını en üst düzeye çıkarıp olası zararlarını asgariye indirgeyecek kapsayıcı küresel bir diyalogu teşvik edebilmek için uzun vadede ne gibi kuruluşlara ihtiyacımız vardır?
7. Genetik devriminin sunacağı avantajlardan birkaç kişinin değil çoğunluğun faydalanmasını ve bu teknolojilerin hem

bizde hem de gelecek nesillerde karşılıklı saygı, eşitlik, çeşitlilik ve insanlığı zayıflatmak yerine geliştirecek şekilde kullanılmasını en iyi nasıl garantileyebiliriz?

Bütün bu soru başlıklarının uzman komisyon tarafından çerçevesi yaratıldıktan sonra her bir soru için kolayca anlaşılabilir bilgilendirici multimedya materyaller hazırlanabilir ve bu da tüm dünyada sürdürülecek bir dizi kapsamlı diyaloga temel oluşturabilir.

Ardından partner üniversiteler, okul sistemleri, düşünce kuruluşları, dinî kuruluşlar ve sivil toplum gruplarından oluşacak küresel bir koalisyon, bu diyalogların dünyanın her yerinde küçük büyük toplama mekânlarında gerçekleştirilmesini sağlayabilir. Her partner organizasyon kendi forumlarını oluşturmanın yanı sıra soruları temel alan gerçek ve sanal diyaloglar yürütebilir. Akabinde bulgular komisyona bildirilir.

Daha da demokratik bir düzeyde, hevesli insanlar ve gruplar aynı merkezî sorular çerçevesinde kendi müzakerelerini organize etmeye teşvik edilebilir. Bu şekilde yüzlerce, binlerce, hatta milyonlarca müzakere, konferans salonlarında, dersliklerde, ibadet yerlerinde, mutfaklarda, otobüs duraklarında, berber dükkânlarında, şehir meydanlarında, manikür salonlarında, sendika merkezlerinde, internet sohbet odalarında, köy merkezlerinde, sanal dünyalarda, sosyal medya forumlarında ve insanların iletişime geçtiği başka sayısız yerde yürütülebilir.

Dünyanın çeşitli kesimlerinden insanları bir araya getirebilmek için düzenli aralıklarla ve küresel çapta sanal zirveler yürütülebilir. Ayrıca TEDx modelini örnek alan, içerik odaklı konuşma serileri hem öğrenme ve katılımı ilginç, heyecanlı ve erişilebilir kılar hem de ele alınması gereken yeni soruların ortaya çıkmasını sağlayabilir.

İnsan genetik mühendisliğinin geleceğine odaklı bu yapılandırılmış ve bilgi destekli küresel diyalog kritik kitleye eriştiğinde, süreci daha iyi bir sisteme oturtmak ve bir sonraki aşamaya taşımak için süregiden bir diyalog mekanizması –muhtemelen Birleşmiş Mil-

letler'e bağlı yeni bir bünye– oluşturulabilir.³⁰ Bu mekanizma küresel müzakerelerin içeriğini, uzman görüşlerini ve ulusal, sivil ve diğer toplumlardan gelecek bilgileri bir araya getirip, halk ve uzman katılımının döngüsü içinde durmaksızın güncellenen kesintisiz bir öneriler serisine dönüştürebilir.

Herkesi içine alan bu tür bir süreç bireylerin, toplumların, devletler ve küresel toplulukların genetik devrimini ve diğer bilimsel devrimleri çok daha iyi anlamasına, ortak geleceğimizle ilgili karar sürecinde daha aktif ve yetkili katılımcılar haline gelmesine ve türümüzün, en azından şimdilik, kolektif olarak aşmaması gerektiğini düşündüğümüz bazı kırmızı çizgileri tanımlamaya başlamasına yardım edebilir.

İnsan genetik mühendisliğinin geleceğini konu alan ve türümüzü içerecek genişlikte bir diyalog, genetik devriminin getireceği zorlukların cesameti karşısında devede kulak kalabilir. Hatta bu tür bir süreç durumun farkında olmayan neo-Luddite'leri uyandırıp zarara bile yol açabilir ve onlar en selim ve yararlı genetik teknolojilere bile güç kullanarak karşı çıkabilir. Ne var ki işe bu tür geniş çaplı, kamusal bir katılımı başlamanın alternatifi daha kötü olur. Nispeten az sayıda, hatta iyi niyetli uzman, başkalarından bilgiye dayalı, anlamlı ve vakitli girdiler almaksızın birçok insanın hayatına dokunacak ve nihayetinde türümüzün evrimsel gidişatını değiştirecek bir genetik devriminin iplerini salarsa, devrime verilecek tepki, sağlayabileceği muazzam yararları fazlasıyla boğacaktır. İnsanlar genetik devrimine kucak açmalıdır ve açacaktır da, ama bunu hep birlikte yapmamız bizim için çok daha iyi olur.³¹

30 BM genel sekreterinin Eylül 2018 tarihli yeni teknolojiler stratejisi doğru yönde önemli bir adım olsa da yeterince ileri gitmiyordu. İlkel beyanlar önemlidir ama bizim şimdi dünya kamuoyunu eğitecek, müdahil edecek, güçlendirecek ve olabildiğince çeşitli kesimlerden olabildiğince çok insanın, geleceğimize rehberlik edecek olan normların geliştirileceği masada kendine yer bulmasını sağlayacak küresel kuruluşlar oluşturmaya başlamamız gerekiyor.

31 Bu konularda daha geniş bir halk katılımı nasıl yapılandırılacağını inceleyen önemli bir ön çalışma yapıldı bile. Örneğin bkz. Simon Burall, "Rethink Public Engagement for Gene Editing", *Nature* 555, No. 7697, 2018, 438-39, doi:10.1038/d41586-018-03269-3; ve Sheila Jasanoff ve J. Benjamin Hurlbut, "A Global Observatory for Gene Editing", *Nature* 555, No. 7697, 2018, 435-37, doi:10.1038/d41586-018-03270-w. Hacking Darwin TP_



Genetik devrimi insan sağlığı ve esenliğini geliştirme yolunda türümüzün tarihindeki en büyük fırsatlardan birinin kilidini açacaktır. Bizler ise doğal dünyanın amansızlığına karşı verilen ebedî mücadelede yeni bir adım olarak ve kısıtlı biyolojimizin, günün birinde ise zamanı kısıtlı gezegenimizin sınırlarını aşma yönündeki en büyük gayelerimizi gerçekleştirmenin bir parçası olarak hem kendimiz hem de çocuklarımız adına genetik teknolojilere erişimi talep edeceğiz.

Genetik teknolojileri, haysiyetimizi ve birbirimize olan saygımızı artıracak şekilde hayata geçirebilmemiz için en yüce hümanist değerlerimizden destek almamız ve çeşitliliğimize, eşitliğimize, ortak insancılığımıza olan gönül açıklığımızı, saygımızı ve yatırımlarımızı katbekat artırmamız gerekiyor. Genetik mühendislik teknolojileri yeniyken, onları irfanla kullanmak için ihtiyaç duyacağımız değerler ve felsefeler genelde eski olacak.

Türümüzün bu geçiş döneminde en yüce değerlerimizi hayata geçirebilmek içinse yaklaşan şeyin ne olduğunu, nelerin tehlikede olduğunu ve hepimiz için uygun olan teknolojik olarak artırılmış bir geleceği inşa ederken tek tek nasıl bir rol oynayacağımızı iyi anlamamız şart.

Ulusal ve uluslararası uygulamalara, nihayetinde yasalar ve düzenlemelere dönüşecek olan normları geliştirmek amacıyla diyaloglar başlatmak uzun sürecek ve zahmetli olacaktır. Bunlardan bazılarının imkânsız olduğu bile görülebilir. Ama bu yolda çaba sarf etmek bile insanlığın geleceğini belirleme sürecine daha fazla insanın katılımını sağlayacaktır. Türümüzün genetik artırımını durduramayız ama bu sürece kolektif ve yüce değerlerimizin rehberlik etmesini sağlamak için elimizden geleni yapabiliriz ve yapmalıyız.

Zorlu, ıstıraplı ve çekişmeli bir süreç söz konusu olsa da başka alternatifimiz yok. Hepimiz katılmak zorundayız. Kaybedecek tek bir dakikamız yok, hemen başlamalıyız.

Bu kitabı okuduğunuza göre artık siz de sağlığımızın, ürememi-

zin, kimliğimiz ve evrimimizin geleceğine ilişkin bu diyalogun kritik katalizörlerinden birisiniz. Kelimenin tam anlamıyla hayatınız buna bağlı.

Sevgili insanlar, gelin hep birlikte başlayalım konuşmaya.

OKUMA GRUBU REHBERİ

1. *Darwin Hack'leniyor* hem heyecan verici hem de ürkütücü bir geleceği anlatıyor. Kitabın hangi bölümleri sizi genetik teknolojilerin insanlara sunacağı yardımlar ve dünyamızı daha iyi bir yere dönüştürme açısından barındırdığı potansiyeller hakkında heyecanlandırdı? Hangi bölümler korkuttu, neden?
2. Kitap insanların avlanma, tarım, tıp ve kentleşmeyle etrafımızı kuşatan dünyayı nasıl agresif biçimde yeniden yarattığını ana hatlarıyla anlatıyor. Yediğimiz çoğu yiyecekten tutun da gezindiğimiz ormanlara varana dek “doğa” dediğimiz şeyin büyük bölümü atalarımız tarafından önemli ölçüde yeniden şekillendirildi. Bir şeyin doğal olması ne demektir? İnsan pratik zekâsının etrafımızı kuşatan dünyaya uyarlanması bir şeyi nasıl doğallığa aykırı yapar? İnsan genetik mühendisliğinin çoğu zaman doğal değilmiş hissi yaratması, onu yapmamak için bir neden olmalı mıdır?
3. Çocuğunuzun hayatına tehdit oluşturan bir tek gen mutasyo-

nunun ifadesini değiştirebilmek için ona gen tedavisi uygulanmasını destekler miydiniz? Desteklemezseniz neden? Desteklerseniz, böyle ölümcül bir mutasyonun oluşmasını baştan önlemek için gelecekte doğacak çocuğunuzun transfer edilmemiş embriyosunda gen düzenleme yapılmasını da destekler miydiniz? Bu iki müdahale arasındaki temel farklar nedir?

4. Eşeyli üreme 1,2 milyar yıldır var ve hayvanlar dünyasında çeşitlilik ve direncin ana etmeni oldu. Ancak Jamie Metzl insanın eşeyli üreyen bir tür olmayı sürdürmekle birlikte çocuklarımıza cinsel birleşmeyle gebe kalmayı yavaş yavaş azaltacağımızı ileri sürüyor. Çocuğunuzun ileride zararlı bir genetik anomaliyle doğma ihtimalini önemli ölçüde azaltacaksa, IVF ve embriyo seçimiyle bebek sahibi olma konusundaki hisleriniz nedir?
5. Bebek sahibi olma sürecinde hastalıkları önlemek için gelişmiş üreme teknolojilerden zaten yararlanıyor olsanız, diğer olası genetik hastalıklar, bozukluklar ve özellikler hakkında da bilgi sahibi olmak ister miydiniz? Ne tür genetik bilgileri öğrenmek isterdiniz? Öğrenmek istemeyeceğiniz bir bilgi var mı?
6. Gelecekteki çocuğunuzu gelişmiş embriyo seçimi ve sınırlı gen düzenleme ile genetik olarak tasarlamaya karar verseniz, hangi özelliklere öncelik verirdiniz? Bu müdahalenin sınırları ne olurdu?
7. Genetik mühendisliğini yararları en üst düzeye çıkarıp zararları minimuma indirgeyecek şekilde nasıl kullanabileceğimizi belirlemek, neslimizi bekleyen en büyük etik sorunlardan biri olacak. Bu teknolojilerin uygulamalarının hayati önem taşıyan eşitlik ve çeşitliliğimizi baltalamamasını sağlamanın en iyi yolu nedir? Hangi temeller üstüne hangi sınırlamalar getirilmelidir?
8. Sizden iki yüzyıl sonraki neslinizi düşünün. Bugünün insanlarından genetik açıdan ne farklılıkları olabilir? Bu konuda neler hissediyorsunuz?

YAZARLA SOHBET

***Darwin Hack'leniyor*'un araştırma, yazım ve üretim kısmında aşmak zorunda kaldığınız en zorlu engel neydi?**

Dünyanın en çığır açıcı teknolojisi hakkında yazmak (eski bir benzetmeyi kullanacak olursak) hızlanan bir trenin peşinden koşmak gibi bir şey. Her gün on yıl kadar önce çıksa Nobel ödülünü hak edebilecek yeni keşifler yapılıyor. Kitabı yazarken savımın yapısı konusunda kendime son derece güveniyordum ama sürekli en güncel bilgileri verdiğimden emin olmak epey bir çaba gerektirdi. Örneğin dünya Çin'de ilk CRISPR bebeklerin doğduğunu öğrendiğinde, kitabın ilk ciltli baskısı matbaaya gitmişti. Tabii hemen hem iyi hem de kötü haberle (muhteşem) yayıncımı aradım. Kötü haber bu müthiş olayı anlatabilmek için *Darwin Hack'leniyor*'u baskıdan çekmek zorunda olduğumuzdu. İyi haberse ilk CRISPR bebeklerin yakında doğacağını ve neredeyse kesin olarak Çin'de dünyaya geleceğini zaten yazmış olmamdı. Dolayısıyla değişiklikler bütünlüğü fazla bozmayacaktı. Bu ciltsiz baskıya yeni ve bilimsel birçok inanılmaz bilgi eklendi ama akıllara durgunluk verecek daha nice ilklerin yolda ol-

duğu da kesin. Ancak nereye doğru gittiğimiz ve nelerin tehlikede olduğu konusunda temel hikâye aynı. Kitapta yakalamaya çalıştığım şey buydu.

Yazım süreciniz nasıldır?

Ben bir oturuşta yazarlardanım. Ritmimi bulmam biraz sürüyor ama havaya girdiğim andan itibaren bölüm bitene dek yazabildiğim kadar yazmayı tercih ediyorum. Hatta bazen sabah dörtte kalkıp gece yarısına kadar çalıştığım oluyor, arada da en fazla Central Park'ta bir koşu yapıyorum. Yazmak genelde bir yapbozun parçalarını birleştirmek gibi bir şey olduğundan, kendimi tamamen vermek hem dağılmamı hem de argümanlarımı olabildiğince tutarlı kılmamı sağlıyor. Bir taslak çıkarınca biraz dinlendikten sonra yeniden hayatımın geneline tanımlayan aynı anda çok iş yapma rutinime dönüyorum.

Genetikle ilgili tek bir şeyi keşfetmek veya etkilemek için zaman yolculuğu yapabilseniz, o ne olurdu ve nereye giderdiniz?

Akıl almaz bir şey aslında. Bundan dört milyar yıl önce dünya üstünde hiçbir şey yoktu, sonra puf, oluverdi. Biliminsanları ilk bileşenlerin okyanus tabanındaki termal bacalar yakınındaki enerjiyle bir araya geldiğine ve yaşamın yapıtaşlarının böyle oluştuğuna dair inandırıcı teoriler ürettiler. Genetiğin temeli bu işte. Hayli ikna edici bir teori bu ama doğru olup olmadığını bilen yok. Ben geri gidip buna bakmak isterdim. Sonra da dönüp öğrendiğimi herkese anlatırdım; her ne kadar beni bu yüzden çarmıha geçecek olsalar bile.

Altı ünlü insanla bir araya gelebilecek olsanız kimler olurdu (ve onlara yemekte ne ikram ederdiniz)?

Önce menüyle başlayayım: Récamier tuzlu karamelli sufle. Kamboçya balkabaklı-hindistancevizli kreması, Angelina sıcak çikolata ve Belem yumurtalı turta. Hepsi şekerli ama fantezi kuruyorsak ne diye gerçekçi olalım? Hem inanın böyle günlerde Aristoteles, Mengzi, İbn Meymun, Mozart, Marie Curie ve Cervantes kaloriye pek kafasını takmıyor!

Gelecekte doktorun muayenehanesinde oturuyorsunuz ve

ileride doğacak çocuğunuzun bütün özellikler ve riskler kombinasyonuna bakıyorsunuz. Bu sahne nasıl yaşanır hayalinizde?

Aslında bu senaryoyu Mart 2019 *The New York Times* makalemde yazdım. Hem heyecan verici hem de ürkütücü bir olasılık. Temkinli olurum, hepimizin olması gerektiği gibi, evrimde iyi ya da kötü olmadığını, sadece belli (ve daima değişen) bir ortama uygunluk açısından daha iyi ya da kötünün olduğunu düşünürdüm. İnsan biyolojisinin karmaşıklığını düşünerek, tercihlerimin belirleyici olduğuna inanma kibrine karşı da kendimi uyarırdım. Bunlar bir yana çocuğumun sağlıklı ve uzun yaşam konusunda en büyük şansa sahip olmasını sağlardım ve artırılmış embriyo seçimine, hatta o yolda sınırlı gen düzenlemeye açık olurum. Onun ötesinde, işler daha bir karmaşılaşıyor. Ben bir zihin işçisiyim ve IQ'ya değer veririm, kavram olarak yetersizliklerini kabul etsem de. Bir yandan da ultra maratoncuyum ve fiziğe önem veririm. Yine de insan yapmanın oyuncak yapmak gibi bir şey olmadığı ve olamayacağı konusunda kendimi uyarırdım. İnsanlığımızın özünü keşfetmek felsefenin işi ama onu değiştirmenin araçları bilimin işi. Bunların hepsi de kibirli türümüz için zor gelebilecek bir tevazuyu gerektiriyor.

Boşluğu tamamlayın: “Bu kitabı okuduktan sonra okuyucular ...”

Motive olmalı! Genetik devrimi yaklaşıyor ve hem hayatınızı hem de dünyanızı değiştirecek. Onu şekillendirmede rol oynamalısınız. Bunun için (1) kendinizi yaklaşan şeyler hakkında eğitebilirsiniz, (2) kendi topluluğunuzda başkalarıyla fikir alışverişi için bir ortam sağlayıcı olabilirsiniz, (3) siyasi koalisyon oluşturabilir, seçilmiş temsilcilerinizden kitabın ilerleyen sayfalarında ana hatları verilen siyasi kılavuz doğrultusunda daha çok şey yapmalarını talep edebilirsiniz, (4) insan genetik mühendisliğinin geleceği üstüne küresel bir fikir alışverişini tetikleyebilir ve katılabilirsiniz, (5) ileride çocuk sahibi olmayı düşünüyorsanız, kendi biyolojik materyallerinizi, özellikle de yumurta veya sperminizi dondurabilirsiniz.

Okuyucularınızda kitabı kapadıklarında tek bir düşünce bırakabilseydiniz, ne olurdu?

Genetik devrimini soyut bir bilim gibi görmeyin. Sizin, ailenizin ve geleceğinizin hikâyesi bu ve gözlerinizin önünde yaşanıyor. En güçlü teknolojilerimize en yüce değerlerimizin rehberlik etmesi gerektiğini düşünüyorsanız, ki öyle düşünmelisiniz, bunu gerçekleştirmek size bağlı.

“İnsan genetik mühendisliğinin geleceği üzerine türümüzü içeren çapta bir diyalog” başlatmak gerçekdışı bir hedef değil mi?

Çılgınca bir hedef olduğu kesin ama bence gerçekdışı değil. Afrika'nın ağaçlarından aşağılara inen biz homininler şimdi yeryüzünde, kendimiz de dahil her canlıyı yeniden yapma gücüne sahibiz. Bir tür olarak bir araya gelip bu teknolojileri hem bizim hem de çevremizi kuşatan ekosistemlerin yararına kullanmanın yolunu bulamazsak, o güçler bizi birbirimizden koparacak. Bilim güdümlü geleceğimize doğru hep birlikte adım atmak, yapabileceğimiz en gerçekçi şey olabilir. Olağanüstü zor olacaktır ama şimdiye kadar hiç çalışmadığımız kadar çok ve iyi çalışırsak, imkânsız olmayabilir.

Bir mültecinin çocuğu olmak insan genetik mühendisliğiyle ilgili konuları düşünme şeklinizi nasıl etkiliyor?

Babam ve büyükanmemle büyükbabam ABD'ye 1948'de Nazizmden kaçmış sığınmacılar olarak gelmişler. Nazilere ne yaptıklarını sorsanız, size Darwin'in doğal seçim kuramlarını uyarladıklarını söylerlerdi. Nazizmin özü budur. Genetik teknolojilerin daha sağlıklı, daha uzun yaşamamıza ve inanılmaz insani potansiyelleri açığa çıkarmamıza yardım edecek fevkalade bir gücü olduğuna canı gönülden inanıyorum ama aynı teknolojilerin oluşturduğu tehlikeleri de asla gözden kaçırmamamız gerektiğini düşünüyorum. Berkeley, Caifornia'daki bir etkinlikte muhteşem bir şair benim gibi konuşma yapıyordu. Şairin kızı Down sendromuyla dünyaya gelmişti. Kızıyla olan deneyimlerinin ona insan olmayı, başka hiçbir şeyin öğretmediği kadar öğrettiğini anlattı. Son derece dokunaklıydı. Onun karşısına geçip 20 yıl sonra Down sendromlu bir çocuk görmenin, bugün çocuk felçli bir çocuk görmek kadar nadir olacağını söylemek de benim için zordu. Dünyamız hızla değişiyor ve hiçbir-

miz objektif bir bilim alanı ile sübjektif bir insanlık alanı varmış gibi davranamayız. Bilim ve teknoloji kendi özlerinde barındırdıkları değerler sistemleriyle doğmuyor. Bilimimiz toplumlarımızın bağlamında varlığını sürdürüyor, dolayısıyla devrim niteliğindeki teknolojilerimizin uygulamasına en yüce değerlerimizin öncülük ettiğinden emin olsak iyi ederiz. Aile tecrübem bunun keskin biçimde farkında olmamı sağlıyor.

Bilimkurgu eserlerinizle kurgu dışı eserleriniz arasındaki ilişki nedir?

Bilimkurgu yazarı William Gibson, “Gelecek çoktan geldi... Sadece eşit dağıtılmış değil,” demişti. Bilim öyle büyük bir hızla ilerliyor ki insana çoğu zaman bilimkurgu hissi veriyor. Son zamanlarda Harvard’lı genetikçi George Church ile, yani zamanımızın Darwin’iyle aynı yerde konuşmalar yaptım. George hep benimki gibi bilimkurgu romanları okuduğunu ve bilimkurguyu nasıl gerçek yapabileceğini hayal ettiğini söylüyordu. Ben de ona kendisinin yazdığı gibi laboratuvarlardan çıkan yazıları okuduğumu ve bu bilimin zaman içinde, insanlık düzeyinde kendini nasıl göstereceğini düşündüğümü söylüyordum. İyi bilimkurgu da iyi kurgu dışı yazın da hikâye anlatmaktan geçer. Ben *Darwin Hack’leniyor*’u, kendi neyse öyle okunabilsin diye yazmaya çalıştım; türümüzün anlatıp anlatabileceği en büyük hikâye. Bu da ilginç kılınamazsa, gidip dişçilik fakültesine başvururum.

Doğayla muhalif bir ilişkiniz varmış gibi hissediyor musunuz?

Bana doğa gibi gelen şeyi çok seviyorum ama onun çok da doğal olmadığını kabul ediyorum. Atalarımız zevk olsun diye yürüyüşe çıkmayı hayal bile edemezdi çünkü o günlerde yırtıcılara yem olabildiniz ve mağarada kalmanız daha güvenliydi. Hayatlarının tamamını kalori arayışı içinde geçirirlerdi. Biz ise kalorileri tarımdan kolayca alıyoruz. Onlar genç yaşta korkunç hastalıklardan ölüyordu, biz tıpla bunları önlüyor ve iyileştiriyoruz. Doğayı fetişleştirirsek yanılırız. Türümüzün tarihini pek çok açıdan belirleyen şey, doğayla verdiğimiz savaşın kendisidir. Ne var ki onu alt ederek kazanamayız

bu savaşı. Sağlığımızın bizden büyük ekosistemlerin sağlığına bağlı olduğu, dinamik ve birbirine bağımlı unsurlardan oluşan bir dünyada yaşıyoruz.

Çikolata şamanı olarak ikinci ve gizil bir hayatınız olduğu doğru mu?

2018'de bir teknoloji konferansında açılış konuşması yapmak üzere Berlin'e gittim ve bir "kutsal kakao seremonisi"ne davet edildim. Ne olduğuna dair en ufak bir fikrim yoktu ama yaşam boyu çikolata tutkunu biri olarak baştan çıkmıştım. Etkinlik aklımı başımdan aldı ve oradan iki düşünceyle ayrıldım: (1) Kendim daha iyi bir seremoni düzenleyebilirdim, (2) "çikolata şamanı" unvanını hak edecek birisi varsa o da bendim. New York'a döndüm ve kakao, çikolata ve Şamanizmin tarihiyle ilgili ne var ne yoksa öğrendim. Ardından internet üzerinden 15 saniyede Evrensel Yaşam Kilisesi'nden papazlık unvanımı aldım (hâlâ bana "Papaz Jamie" başlıklı e-postalar gönderirler). Sonra da New York'un ünlü çikolatacılarından biriyle işbirliği yaparak kakao seremonilerine öncülük etmeye başladım. Seremonilerde ilk mesajım, siz onları kutsal olarak düşünmediğiniz sürece kutsal kakao, bitki, dağ ya da insan diye bir şey olmadığı mesajıdır. Ancak siz öyle davranırsanız, yaşamınızdaki her şey kutsaldır. İkincisi mutlu ve özgür olmak için uyuşturucu kullanmak zorunda değilsiniz, tek yapmanız gereken hep gittiğiniz yoldan çıkmak, kalbinizi açmak ve hayatınızdaki insanları, çevrenizi saran dünyayı takdir etmektir. Kendimi fazla ciddiye almıyorum elbette bu işlerde ama seremoniler çok eğlenceli geçiyor, herkes de yüzünde koca bir gülümseme midesinde leziz çikolatalarla ayrılıyor.

SİYASİ KATILIM REHBERİ

Genetik devrim, özetle söylemek gerekirse, sağlık sistemimizi, bebek yapma yöntemimizi ve yaptığımız bebeklerin doğasını değiştirecek. Dünyanın çeşitli yerlerinde hepimizi ve gelecek nesilleri derinden ve temelden etkileyecek kritik kararlar alınıyor. Buna katılmazsak, bizler adına başkaları tarafından alınan kararlarda en büyük değerlerimize saygı gösterilmesini nasıl bekleyebiliriz?

Darwin Hack'leniyor'un ana hedeflerinden biri, devrim niteliğindeki genetik teknolojilerin kamu yararına uygulanmasını sağlayacak ulusal ve küresel çabaları başlatmak. Ancak yaklaşan geleceği anlamak ve neler yapılması gerektiğine yönelik müzakerelerin parçası olmak herkesin sorumluluğuyken, devlet liderlerimize özellikle eşsiz ve önemli görevler düşüyor. Ne yazık ki bu yetkililer çoğu zaman konular hakkında yeterince bilgili değiller ve genetiği değiştirilmiş geleceğimize sağduyulu bir zemin oluşturmak için üzüntü verecek derecede az şey yapıyorlar.

Bunu değiştirmenin tek yolu ise halk enerjisinden gelen büyük bir talep dalgası olabilir. Bu süreçte herkes devlet yetkililerine aşağıdaki soruları sorarak üstüne düşeni yapabilir.

Genetik ve yapay zekâ devrimleri, nükleer silah tehdidi ve iklim değişikliği ülkemiz ve dünya üstünde büyük etkiler yaratacak. Bu zorluklar hakkında neler yapıyorsunuz?

Sağlık sistemimizin, herkesin bireysel biyolojisini temel alan kişiselleştirilmiş sisteme geçişini kolaylaştırmak için neler yapıyorsunuz?

Sağlık sistemimiz içinde ve ötesinde ayrımcılıkla savaşmak ve kapsayıcılığı artırmak için neler yapıyorsunuz?

Genetik teknolojilerin en yarar sağlayıcı uygulamalarını teşvik eden, olası kötüye kullanımlarını ise önleyen ulusal bir düzenleyici çerçeve oluşturmak için neler yapıyorsunuz?

Genetik mühendislik teknolojilerinin insanlar üstündeki uygulamalarına ilişkin küresel yönergelerin geliştirilmesi için ülkemizin diğer ülkelerle işbirliği yapmasını sağlayacak neler yapıyorsunuz?

Toplumumuzdaki insanları bu konuya katılımını sağlamak için neler yapıyorsunuz? Konuların tartışılacağı bir belediye forumuna ev sahipliği etmeyi düşünür müsünüz?

Genetik devriminin hepimizin hayatını şekillendireceğini düşünerek, en güçlü teknolojilerimizin uygulamalarını en olumlu kolektif değerlerimizle şekillendirme yolunda el birliğiyle çalışmalıyız.

İLAVE OKUMALAR

Bazı mükemmel kitaplar *Darwin Hack'leniyor*'da tartıştığım başlıkları tek tek inceliyor. Favorilerim arasında şunlar var:

Better Than Human [İnsandan da İyi] yazar: Allen Buchanan; *Regenesi* yazar: George Church ve Ed Regis; *Yaratılıştaki Çatlak* yazar: Jennifer Doudna; *Kendi Evrimimizi Yönetmek* yazar: Juan Enriquez ve Steve Gullans; *Radical Evolution* [Radikal Evrim] yazar: Joel Garreau; *The End of Sex and the Future of Reproduction* [Seksin Sonu, Üremenin Geleceği] yazar: Hank Greely; *Homo Deus* yazar: Yuval Noah Harari; *How We Do It* [Nasıl Yaparız?] yazar: Robert Martin; *Gen* yazar: Siddhartha Mukherjee; *Blueprint* yazar: Robert Plomin *Who We Are and How We Got Here* [Biz Kimiz ve Buraya Nasıl Geldik?] yazar: David Reich; ve *She Has Her Mother's Laugh* [Gülüğü Aynı Annesi] yazar: Carl Zimmer.

Genetik devrimi büyük bir hızla ilerlediği için, araştırmaya değer ve önemli kaynak oluşturabilecek çok sayıda inanılmaz (ve hızla hareket eden) web sitesi, blog ve podcast var.

DİZİN

A

ABE (adenin baz editörü) 173, 174
ACTN3 geni 316
adenin baz editörü (ABE) 173
ADIPOQ geni 210
AFAR (Amerikan Yaşlanma Araştırması Federasyonu) 203
Agar, Nicholas 254
AIDS. Bkz HIV/AIDS 154, 315
akondroplazi 97
Alliance VITA 294
Almanya 250, 285, 302, 303, 329, 365
AlphaGo/AlphaGo Zero 70, 71, 72, 334
altın pirinç 284, 286, 287, 288
Altschuler, David 169
Alzheimer hastalığı 83, 235
Amerika Birleşik Devletleri 17, 18, 56, 60, 61, 77, 102, 151, 152, 157, 159, 220, 290
Amerikan Yaşlanma Araştırma Federasyonu (AFAR) 203
Amerikan Yerlisi Kızılderililer 272
Apple (şirket) 62, 147, 339
aralıklı oruç 220
Arctica islandica (İzlanda yuvarlak istiridyesi) 215
"Arctic elma" 146
Aristoteles 94, 96, 289, 382
Armstrong, Lance 319, 320
asırlıklar 209, 210, 224
AstraZeneca 75, 76
aşılar 53
Aşkenaz Yahudileri 209
atletik performans 315, 316, 318, 321, 322
avcı-toplayıcı 30, 37, 199, 272, 313

Avrupa Birliği 280, 284, 286, 307, 337
Avrupa Konseyi 362, 363
Avustralya 38, 52, 56, 147, 257, 283, 303, 307, 352

B

BabyGenes 327
Bailey, Leonard 187
bakteriler 33, 34, 139, 140, 141, 144, 156, 193, 224, 226
Barangou, Rodolphe 140
Barzilai, Nir 11, 209, 224, 234
Belçika 303
Benek, Christopher 300
beta-talasemi 153, 163
BGI-Shenzhen 149
bilgisayar oyunları 73
bilgi teknolojisi (IT) 22, 29, 195
bilimkurgu 19, 21, 134, 190, 385
Binet, Alfred 101
BioAge Laboratuvarı 205
BioBricks Vakfı 191
Biogen 73
Birleşik Devletler Ulusal Sağlık Enstitüleri 42, 76, 207, 235, 276, 336, 340
Birleşik Krallık (İngiltere) 56, 76, 77, 158, 159, 160, 162, 164, 266, 289, 297, 298, 299, 302, 303, 307, 370
Birleşmiş Milletler 332, 362, 374
bitkiler 37, 38, 69, 127, 138, 146, 148, 275, 282
"Bitki Melezlemesinde Deneyler" (Mendel) 39
biyoloji, sentetik 14, 20, 22, 24, 28, 33, 34, 35, 40, 66, 71, 72, 73, 74, 79, 81, 84, 93, 94, 96, 109, 110, 117, 118, 119, 121,

123, 127, 128, 155, 179, 181, 183, 184,
190, 191, 192, 193, 194, 208, 211, 215,
216, 218, 219, 234, 236, 237, 238, 242,
257, 268, 343, 344, 353, 354, 356, 368,
376, 383, 388
blastokist 52, 121, 123
Bolotin, Alexander 140, 141
Bostrom, Nick 132, 133, 245, 267, 361
Bouchard, Thomas 95, 104
boy 45, 84, 89, 97, 98, 106, 179, 331, 373
Boyer, Herbert 275
Boyle, Robert 180, 232
Brezilya 147, 303
Brigham, Carl 101
Brown, Louise 49, 50, 51, 113, 158,
295, 339, 363
BT (bilgi teknolojisi) 22, 29, 335
"Buck Bell'e Karşı" 249
Buettner, Dan 211, 212, 218, 237
Bush, George W. 17, 117, 241
büyük veri analizi 23, 45, 70, 73, 81, 84,
96, 122, 141, 193, 214, 309

C-Ç

Calico 214, 217
Calment, Jeanne 208, 213
Cameron, David 76
Caplan, Arthur 252
Caribou Biosciences 153
CAR (kimerik antijen reseptörü)-T
tedavisi 152
Carlson, Rob 352
Carrel, Alexis 199
CCR5 geni 170, 171, 176, 177, 178
C. elegans (iplik kurtları) 181, 182, 183,
217, 218
Chang, M.C. 49
Charpentier, Emmanuelle 142
ChemChina 278
Church, George 11, 149, 153, 170, 171,
175, 189, 194, 195, 219, 231, 301, 385,
389

cinsel dürtüler 35
cinsiyet hücreleri 129, 164, 345, 373
cinsiyet seçimi 23, 302
Clapper, James 355
Clarke, Richard 17, 357
Cohen, Adam 255
Cohen, Jacques 157
Cohen, Stanley 275
Coulson, Alan 42, 137
CRISPR-Cas9 (CRISPR'la bağlantılı
dokuz numaralı gen) sistemi 24, 142,
143, 144, 146, 149, 153, 163, 164, 172,
173, 188, 189, 240, 294, 353
CRISPR (düzenli aralıklarla bölünmüş
kısık palindromik tekrar kümeleri) 24,
140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147,
148, 149, 151, 153, 154, 155, 163, 164,
172, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 188,
189, 190, 195, 240, 242, 259, 285, 286,
294, 307, 341, 353, 354, 360, 364, 366,
381
CRISPR-SKIP 144
Crick, Francis 28, 137, 164
cryobank, yazarın buradaki deneyimleri
13, 111
cücelik 302
"Çan Eğrisi: Amerikan Yaşamında
Zekâ ve Sınıf" (Herrnstein ve Murray)
102
çeşitlilik 15, 100, 132, 199, 239, 256,
257, 271, 301, 307, 311, 344, 352, 374,
380
çıplak kör fareler 190, 214, 215, 216,
221, 224
Çin 11, 38, 43, 56, 63, 70, 73, 77, 78,
149, 163, 177, 178, 189, 192, 194, 273,
274, 275, 278, 279, 289, 290, 291, 297,
298, 299, 302, 304, 307, 308, 309, 310,
318, 319, 322, 323, 325, 326, 327, 333,
334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341,
346, 350, 366, 381
çinko parmak nükleazlar (ZFN) 138,
139, 142

D

Daf genleri 217, 224, 228
 Daniel, Irma 15, 97, 193, 209, 226, 231
 Danisco 140
 Darwin Charles 2, 11, 16, 34, 38, 39, 160, 242, 246, 247, 268, 364, 379, 381, 384, 385, 387, 389
 Darwin Life 341
 Davidson, Eric 67, 68
 Dawkins, Richard 253
 deCODE Genetics 75
 Deep Blue 70
 Deep Genomics 73
 DeepMind 70, 72, 73, 334
 Del Monte 147
 Deng Şiaoping 274, 290, 333
 denizanası 190, 216, 218
 denizkestaneleri 68
 derin öğrenme yazılımı 73
 Descartes 94
 deSouza, Francis 44
 devletler, ayrıca bkz. küresel yönetim;
 ulusal yaklaşımlar 58, 76, 162, 190, 244, 254, 256, 262, 263, 275, 293, 329, 332, 341, 343, 345, 351, 354, 360, 366, 367, 368, 375
 dışadönüklük 24, 107, 108
 diyabet 61, 81, 82, 98, 116, 125, 169, 171, 186, 190, 211, 222, 223, 225, 235
 DNA (deoksiribonükleik asit) 24, 28, 33, 34, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 67, 77, 78, 80, 83, 108, 119, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 149, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 164, 165, 173, 174, 187, 190, 191, 192, 193, 195, 204, 205, 207, 214, 219, 221, 276, 277, 294, 307, 308, 309, 330, 336, 339, 354, 355, 363
 DNA dizilemesi 42, 139, 146, 191, 205
 DNA veri tabanları. bkz. büyük-veri analizi 307
 "doğal," kavramı 53, 57, 110

doğal seçim 33, 34, 38, 138, 181, 247, 384
 Doudna, Jennifer 142, 153, 353, 389
 Down sendromu 55, 56, 57, 58, 59, 384
 Dünya Sağlık Örgütü komitesi 366

E

ebeveyn tercihi, ilkesi 255
 Ebola virüsü 167, 168, 169, 170
 Edison, Thomas 72
 Editas 153, 173
 Edwards, Robert 49, 51
 eGenesis 189
 Egli, Dieter 175
 eğitim ve müdahillik, kamusal 369
 Einstein, Albert 100, 133, 209, 349
 embriyolar, kimerik 189
 embriyonik kök hücreler 116, 117, 118, 119
 Embryotools 159
 Entine, Jon 253, 254
 epigenetik 41, 145, 204, 211, 218, 229, 230, 231, 232
 EPOR geni 316
 Epstein, Charles 251, 253, 315, 316
 eşitlik, genetik 2, 18, 19, 21, 23, 24, 31, 40, 45, 54, 65, 76, 77, 81, 93, 96, 98, 109, 125, 128, 150, 169, 191, 193, 196, 206, 228, 239, 243, 244, 248, 252, 254, 256, 257, 261, 262, 265, 266, 268, 272, 296, 307, 315, 317, 330, 332, 334, 345, 351, 354, 356, 359, 365, 369, 373, 374, 376, 380, 383, 384, 387, 388, 389
 eşitsizlik, genetik 265, 266
 etik 67, 134, 135, 149, 164, 194, 238, 239, 256, 269, 277, 294, 300, 355, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 380
 Evans, Martin 116, 223, 355
 evcil hayvanlar 271
 Evrensel İnsan Hakları Beyannamesi 161

evrim 15, 21, 38, 39, 113, 127, 205, 206, 247, 250, 257, 311, 313, 321, 383

F

Facebook 58, 62, 308, 339

Fae Bebek 187

FDA (ABD Gıda ve İlaç Dairesi) 149, 151, 152, 153, 157, 159, 160, 162, 277, 287

fenotip 74

Franklin, Rosalind 28, 137

Fransa 140, 208, 232, 292, 293, 303, 329, 350

G

Galton, Francis 100, 247, 249

Gardner, Richard 51

Gates Vakfı 149

Gattaca (film) 262

GDO (genetiği değiştirilmiş) ürünler 147, 149, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 293, 344

GDPR (Genel Veri Koruma Yönetmeliği) 308

Gearhart, John 116

Geisinger Sağlık Sistemi 80

Gelsinger, Jesse 151

gençleştirme (rejüvenasyon) çalışmaları, bkz. yaşlanma 216

gen dizileme, bkz. genom dizileme 28, 43, 48, 66

"gen dopingi" 320

gen düzenleme, ayrıca bkz. embriyo seçimi ve genetik değişiklik; gen tedavisi 23, 58, 135, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 153, 154, 155, 163, 164, 165, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 189, 190, 192, 243, 285, 286, 293, 297, 300, 304, 341, 352, 354, 355, 373, 380, 383

genel faktör zekâsı 102

Genel Veri Koruma Yönetmeliği (GDPR) 308

General Electric 276

genetiğe karşı çevresel etkiler 96

genetik ayrımcılık yasaları 307

genetik çeşitlilik 257, 260, 261

genetik determinizm 248, 264

genetik eşitlik 266

genetik eşitsizlik 265, 266

genetik gizlilik 307, 308

genetik hastalıklar, bkz. hastalıklar 23, 24, 47, 48, 55, 59, 60, 65, 82, 93, 163, 176, 255, 262, 344, 362, 373, 380

"genetik özcülük" 246

genetik risk skoru, bkz. poligenik skor (puanlama) 82

genetik silahlanma yarışı 315, 341, 351

genetik testler, preimplantasyon, bkz. embriyo seçimi ve genetik değişiklik; PGT (preimplantasyon genetik test)

51, 54, 57, 58, 60, 86, 110, 115, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 234, 259, 295, 302, 322, 323, 329, 331, 345, 365

genetik testler, üreticiden tüketiciye 109, 321, 322, 323, 329

genetik verilerin korunması 307

genetik veri setleri, bkz. büyük-veri analizi 45, 77, 338

"genişletilmiş taşıyıcı testi" 48

genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) 68, 179, 258

genom dizilimi, ayrıca bkz. büyük-veri analizi 22, 42, 43, 48, 63, 76, 81, 137, 141, 169, 214, 323, 353

Genome Project-Write (GP-write) 194

genom, genetik şablon olarak 229

Genomic Prediction 74, 82, 98, 99, 106

genotipler 74, 77

gen sentezi 194

gen tedavisi 150, 151, 152, 153, 154, 155, 211, 259, 299, 320, 380

germ hattı modifikasyonu 362

Geurts, Aron 138

gey çiftler 114

“gey geni” 258

Gilgamiş 197, 198, 208, 237

gizliliğin korunması 307

Google 32, 62, 70, 73, 214, 217, 219, 308, 337, 338, 339

go (oyun) 70, 72, 334

Gorbunova, Vera 215

GP-write (Genome Project-write) 194

Grassley, Chuck 341

Greenpeace 273, 283, 285, 287

Green, Robert 11, 329

Gurdon, John, 118, 119

Güney Kore 97, 324, 325

GWAS (genom çapında ilişkilendirme çalışmaları) 68, 69, 258

H

hassas (ya da kişiselleştirilmiş) tıp 22, 78, 80, 336

Hawking, Stephen 71

Hayashi, Katsuhiko 119, 120, 121

HeJiankui 176, 177, 178, 341

Herrnstein, Richard 102, 103

HFEA (İnsan Döllenme ve Embriyoloji Kurumu) 158, 160

Hıristiyan liberalizmi 300

HIV/AIDS 116, 154, 164, 170, 171, 176, 177, 178

hipertrofik kardiyomiyopati 164

Hitler, Adolf 250

Hobbes 94

Hoekstra, Liam 317

Hollanda 303

Homo sapiens'in ataları 261

hominid 36

Hood, Lee 42, 137

Horvath, Philippe 140

Hsu, Stephen 11, 98, 106, 107, 133

Hunter sendromu 154

Huntington hastalığı 45, 46, 59, 93, 168, 244

hurda DNA 41

Huxley, Julian 266, 267

hücre mozaizizmi 174

Hyde Yasa Değişikliği 289, 293

I-İ

Illumina 43, 77, 337

Inscripta 155

IQ 24, 62, 89, 90, 91, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 132, 133, 134, 135, 260, 344, 373, 383

IVF (*in vitro* döllenme), ayrıca bkz.

embriyo seçimi ve genetik değişiklik;

PGT (preimplantasyon genetik test)

23, 24, 31, 48, 51, 52, 54, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 85, 86, 93, 110, 113, 114, 115, 120, 121, 122, 124, 127, 132, 159, 161, 177, 179, 180, 234, 293, 295, 298, 302, 322, 351, 352, 380

IVF (*in vitro* döllenme); PGT (preimplantasyon genetik test) 132

iCarbonX 339, 340

iGEM (Uluslararası Genetik

Mühendisliğiyle Geliştirilmiş Makine)

Vakfı 191

ikiz çalışmaları 94, 96, 104, 107, 258, 330

iklim değişikliği 148, 273, 345, 388

indüklenmiş pluripotent kök hücreler (iPSC'ler) 119, 120, 122

insana nakil 187, 189

İnsan Genom Projesi 42

insan hakları 309, 332, 361, 368

İnsan Hücre Atlası 183

insülin 116, 169, 186, 189, 193, 224, 228, 353

internet devrimi 71, 184, 185

"intihar geni" 228

in vitro dölleme, bkz. IVF 373

in vivo (canlı içi) gen tedavisi 153

in vivo gen tedavisi 154

istiridyeler 215, 216, 217, 224, 225

İzlanda 55, 56, 75, 78, 215, 303

İzlanda yuvarlak istiridyesi 215

J

Jacob, Howard 138, 179

Jansen, Ruud 140

Japonya 113, 114, 139, 200, 212, 303, 307, 333

Jiaxue Gene 322

Jinek, Martin 142

John Paul, Papa II. 299

K

Kaeberlein, Matt 11, 225, 226

Kahn, Irving 163, 209

kalıtsallık 38, 104

kalori kısıtlaması 206, 217, 219, 220, 224

kalp hastalığı 81, 82, 87, 98, 180, 202, 228

kamusal eğitim ve müdahillik 369

Kanada 47, 77, 147, 251, 302, 303, 307, 352, 354

kan plazma nakilleri 233, 234

kanser 46, 55, 61, 73, 76, 79, 80, 82, 83, 87, 98, 128, 152, 171, 172, 173, 202, 211, 214, 223, 225, 227, 229, 230, 231, 235, 243, 340

kas distrofisi 45, 153

Kass, Leon 50, 241

Katolik Kilisesi 289, 291, 299

Kaufman, Matthew 116, 302

"kaygan zemin" 31, 244, 301

Kennan, George 349

Kennedy, John F. 21, 25, 53, 54, 277

Kenyalı koşucular 317

Kenyon, Cynthia 217, 218, 224, 228

kimerik antijen reseptörü (CAR)-T tedavisi 152

kimlik 230

kistik fibroz 45, 46, 59, 153, 366

kişilik tipleri 91, 92, 107, 108

klonlama 229, 362

kodlama yapmayan genler 41

Konfüçyüs 94, 133

kök hücreler 23, 116, 117, 119, 122, 128, 202, 233, 234, 361

kromozomlar 40, 44, 47, 204, 219

kronolojiğe karşı biyolojik yaş 203, 205

Kurzweil, Ray 134, 184, 185, 237, 267

Kuzey Kore 97, 105, 350

kültürel yanlılık 258, 259

küresel yönetim 367

kürtaj/kürtaj tartışması 56, 57, 58, 59, 117, 159, 161, 254, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 299, 310

L

LEAPER (RNA'nın programlanabilir düzenlenmesi için endojen ADAR kullanımı) 145

Lee, Kai-Fu 337

Lewis, Jim 53, 95

lezbiyen ve gey çiftler 114

LGBT topluluğu 114

Locke 94

Luft, Rolf 156

LunaDNA 77

Lynas, Mark 284

M

maliyetler 24, 43, 44, 52, 54, 59, 60, 61, 63, 83, 143, 146, 158, 161, 185, 210, 235, 243, 255, 263, 361

Mäntyranta, Eero 315, 316, 320

Map My Gene 327, 328

Marfan sendromu 97, 168, 174

Martime Gene 327

Mason, Christopher 50, 196, 295

mastürbatoryum 111
 mavi bölgeler 212, 219, 224, 237
 maymun testisi 199
 McCay, Clive 232
 Mendel, Gregor 39, 40, 45, 48, 127, 137, 146, 249, 275
 Mendelyen hastalıklar 45, 46, 48
 Mengele, Joseph 251
 metabolizma 207, 216, 217, 225
 metafor 137
 metformin 222, 223, 224, 225, 227
 Mikoplazma mikoid 192
 Mitalipov, Shoukhrat 161, 164, 165, 174, 175, 177
 mitokondriyal DNA (mtDNA) 156, 157
 mitokondriyal tedaviler; PGT (preimplantasyon genetik test); kök hücre araştırmaları 51, 52, 54, 59, 61, 63, 82, 93, 110, 158, 161, 162, 180, 216, 298, 299, 302, 303
 Moineau, Sylvain 142
 Mojica, Francisco 140
 Monsanto 37, 277, 282
 Moore Yasası 22, 43
 Morgan, Thomas Hunt 40
 mozaicism 174
 MSTN geni 316
 mTOR (repamisinin memeli hedefi) 225
 Muir, John 273
 Murray, Charles 102, 103
 Musk, Elon 71
 myostatin mutasyonu 317

N

NAD+ (nikotinamid adenin dinükleotit) 221, 222, 224
National Geographic 211, 212
 Naziler 250, 253, 384
 Neandertal 261
 nevrozizm 108

Niakan, Kathy 164
 Niemann-Pick Tip C (NPC) geni 168
 Nietzsche, Friedrich 266, 268
 nikotinamid mononükleotit (NMN) 222, 227
 nikotinamid ribosid (NR) 222, 227
 norm oluşturma 371
 Novartis 152, 226, 232
 NPC (Niemann-Pick Tip C) geni 168
 nükleer silahlanma yarışı 350, 351
 Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması (NPT) 350, 351
 nükleotitler 42

O-Ö

Obama, Barack 80, 334, 336
 oksidatif stres 215, 224
 Olimpik atletler 344
 Olshansky, Jay 235
 omnigenik özellikler 179, 181
 OpenWorm projesi 182
 orak hücre hastalığı 45, 46, 153, 154, 168, 240
 organ nakli 187, 226, 244
 ornitin transkarbamilaz (OTC) eksikliği 151
 Orta Afrika Cumhuriyeti 265, 266
 oruç, aralıklı 220
 otofaji 229
 öjeni/öjenik 100, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 266, 268, 299
 ölümsüz denizanası 216, 218
 Özbekistan 322, 323
 özelleşmiş hücreler 230

P

parabiyoz 232, 233
 PatientsLineMe 340
 Paul, Diane 253
 periferik kan mononükleer hücreleri (PBMC'ler) 121

PERV (porsin endojen retrovirüs) 188, 189
 PGD (preimplantasyon genetik tanı) 51
 PGS (preimplantasyon genetik tarama) 51, 54
 PGT (preimplantasyon genetik test) 51, 52, 54, 59, 61, 63, 82, 93, 110, 161, 180, 298, 299, 302, 303
 pili 33
 Platon 94, 96, 289
 Plomin, Robert 83, 102, 104, 105, 108, 330, 389
 polifenol oksidaz (PPO) 146
 poligenik skor (puanlama) 82, 108
 protein kodlayan genler 41, 69
 proteinler 40, 43, 44, 68, 119, 138, 171, 214, 229
 Purdy, Jean 49

R

Rainbow papaya 147
 rapamisin 224, 225, 226, 227
 rapamisinin memeli hedefi (mTOR) 225
 rastlantısal mutasyon 15, 138, 181, 256
 Rebrikov, Denis 178
 "rekombinant DNA" 276
 RNA (ribonükleik asit) 40, 41, 45, 141, 142, 144, 145, 214
 Roche, Hoffmann-La 75
 "Roe Wade'e Karşı" 289
 Roosevelt, Teddy 273
 Rubio, Marco 341

S-Ş

sağlık hizmetleri, bkz. tıp ve sağlık hizmetleri 22, 109, 165, 200, 290, 310
 Saitou, Mitinori 119, 120, 121
 Sandel, Michael 241, 252
 Sanger, Frederick 42, 137
 satranç 70, 72

Savulescu, Julian 245, 361
 Schenk, Samuel Leopold 48, 49
 Schwarzenegger, Arnold 133
 seçici üreme, ayrıca bkz. öjeni 126, 128, 131, 246
 Seluanov, Andrei 215
 senolitikler 228, 232
 sentetik biyoloji 191, 192, 356
 serbest radikaller 215
 Sherman, Brad 18
sbogi 72
 Shulman, Carl 132, 133
 "sıçrayan genlere" 145
 sıtma 46, 168, 240, 355
 sigorta şirketleri 24, 58, 62, 262, 263
 silah yarışı, genetik 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 37, 39, 40, 42, 45, 47, 48, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 115, 116, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 147, 148, 150, 151, 152, 154, 155, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 185, 190, 191, 193, 194, 195, 196, 203, 204, 206, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 224, 225, 227, 228, 229, 232, 234, 239, 243, 244, 245, 246, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 271, 275, 276, 277, 278, 281, 282, 285, 286, 288, 293, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304, 307, 308, 309, 310, 311, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 327, 329, 330, 331, 334, 336, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 358, 359, 360, 362, 364, 365, 366, 367, 368, 369,

370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 379,
380, 383, 384, 387
Silikon Vadisi 155, 234
Sinclair, David 222, 231
Sinovation Venture 337
sirtuinler 221
sistem biyolojisi 68, 73
sitoplazma 156, 157, 161
SLC30A8 geni 169
Smith, Lloyd 42
SNP'ler (tek nükleotit polimorfizmleri)
69
Soğuk Savaş. Bkz. nükleer silahlanma
rekabeti 21, 332, 349
Spallanzani, Lazzaro "Muhteşem" 36,
48, 115
Spearman, Charles 101
sperm 13, 14, 27, 34, 35, 36, 46, 48, 112,
114, 115, 119, 120, 121, 122, 129, 164,
174, 257, 345, 383
Springer, Jim 95
Stefánsson, Kári 75
Stephoe, Patrick 49
Stern, William 101
Sudhof, Thomas 233
"süper inekler" 149
süper yaşlananlar 209, 210, 234
Syn61 193
Syngenta 277, 278
Synthego 155
Şi Cinping 275, 278, 334

T

TALEN'ler (transkripsiyon aktivatör
benzeri efektör nükleazlar) 138, 139,
142, 143
"tanrıyı oynamak" 242
tarım, bkz. bitkiler 29, 272, 274, 277,
287, 379
tavuklar 126, 127, 128, 129, 131, 134,
149
Tay-Sachs 45, 47, 48, 57, 168, 301

tek gen mutasyonları 65, 68, 81, 97,
108, 169, 170, 176, 242, 321
teknoloji 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23,
24, 27, 29, 31, 33, 43, 47, 51, 66, 71, 80,
84, 109, 114, 117, 123, 137, 138, 144,
148, 163, 165, 175, 177, 179, 184, 234,
239, 253, 261, 262, 268, 294, 300, 308,
313, 314, 334, 335, 336, 337, 339, 346,
350, 352, 354, 355, 356, 358, 360, 365,
366, 367, 370, 372, 373, 375, 376, 379,
380, 381, 384, 385, 386, 388
tek nükleotit polimorfizmi (SNP'ler) 69
telomerler 219
ten rengi 258
terörizm 17, 18
"tersine çevirme testi" 245
tevazu 65, 66, 93, 125, 383
Thomson, Jamie 116, 119
T hücreleri 152
toplumsal normlar 55, 114, 259
toplumsal yanlılıklar 258
transgenik organizmalar 228, 294
transhümanizm 267, 268, 301, 358
transpozonlar 145
Trump, Donald 54, 273, 336, 337, 358
Turkheimer, Eric 104, 105
Turritopsis dohrnii (ölümsüz
denizanası) 216
tüp bebek 50, 51, 158
Türlerin Kökeni (Darwin) 38, 246

U-Ü

ulusal güvenlik 18, 340, 355
Ulusal Mesih Kiliseleri Konseyi 300
Ulusal Yaşlanma Enstitüsü 235
Uluslararası Pirinç Araştırma
Enstitüsü 283
UNESCO 361, 362, 363
uzay yolculuğu 72, 196
ülkeler. Bkz. ulusal yaklaşımlar 56,
114, 216, 244, 286, 292, 302, 303, 307,
311, 322, 323, 324, 338, 346, 355, 356,
361, 367, 370

üreme klinikleri. Bkz. F (*in vitro* dölleme); PGT (preimplantasyon genetik test) 117, 295
üstün insan (*Übermensch*) 266

V

van Leeuwenhoek, Antonie 36
Venter, Craig 42, 192, 193
Vergnaud, Giles 140, 141
virüs direnci 287
virüsler 139, 140, 141, 142, 171, 188, 259
Von Neumann, John 71
von Verschuer, Otmar Freiherr 250, 251
Voronoff, Serge 199

W

Wang Jun 339, 340
Watson, James 28, 137
Wilkins, Maurice 28, 137
WuXi Nextcode 341
Wyss-Coray, Tony 233

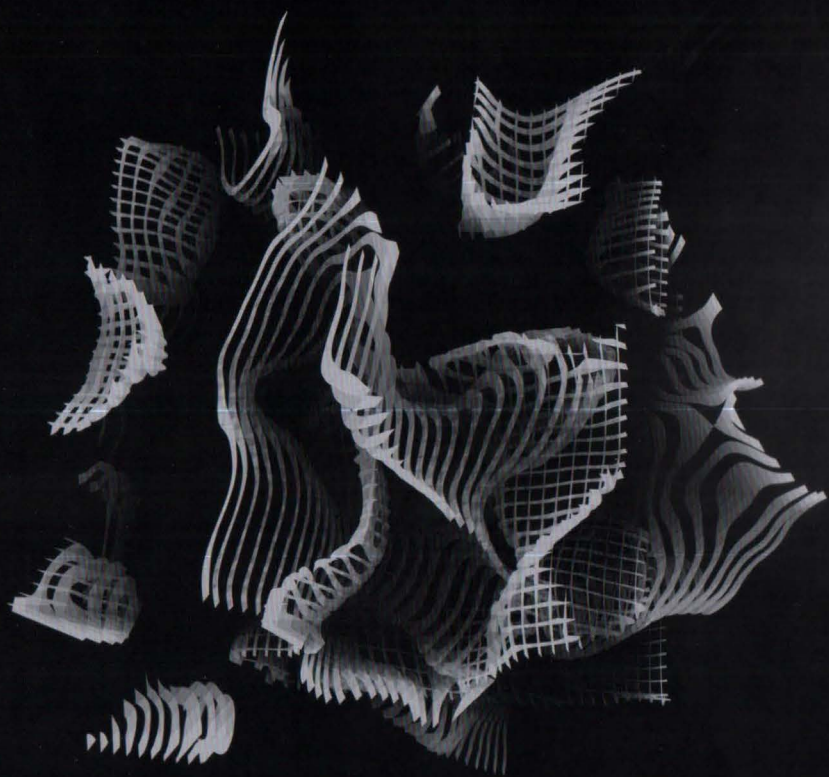
Y

Yahudilik 291, 301
Yamanaka faktörü genler 231
Yamanaka, Shinya 119, 120, 121, 122, 230, 231
yapay zekâ 70, 73, 79, 81, 134, 144, 185, 196, 205, 334, 335, 336, 339
yardımla üreme, bkz. embriyo seçimi ve genetik değişiklik 20, 23, 24, 57, 84, 86, 88, 110, 114, 123, 124, 128, 150, 159,

163, 234, 243, 244, 255, 258, 260, 277, 293, 295, 297, 301, 303, 304, 310, 323, 331, 342, 345, 355, 361, 373, 380, 383
IVF (*in vitro* dölleme) 23, 24, 31, 48, 51, 52, 54, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 85, 86, 93, 110, 113, 114, 115, 120, 121, 122, 124, 127, 132, 159, 161, 177, 179, 180, 234, 293, 295, 298, 302, 322, 351, 352, 380
PGT (transfer öncesi genetik test) 51, 52, 54, 59, 61, 63, 82, 93, 110, 161, 180, 298, 299, 302, 303
yasalar ve düzenleyici yapılar 376
yaşam şekli tercihleri ve yaşam süresi uzunluğu 219
yaşlanma 84, 88, 128, 201, 202, 203, 204, 205, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 221, 224, 227, 228, 229, 231, 233, 235, 237
yeni nesil dizileme (NGS) 69
yuvarlak istiridyeler 215, 217, 224
yuvarlak solucanlar 183, 217, 224
yünlü mamutlar 150

Z

Zedong, Mao 274, 290, 333
zekâ, bkz. IQ 24, 45, 70, 79, 81, 89, 90, 91, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 132, 133, 134, 135, 144, 179, 185, 196, 205, 258, 260, 264, 265, 296, 297, 330, 334, 336, 344, 373, 383
Zhang, Feng 142, 153
Zhang, John 159, 341
Zhang, Yan 106, 107
Zimmer, Carl 246, 389



Genetik devrimin şafağında, DNA'mız tıpkı bilgi teknolojimiz gibi okunabilir, yazılabilir ve hack'lenebilir hale geliyor. Ancak insanlık olarak kendi genetik kodumuzu yeniden düzenlemeye başladığımızda; insan refahında nefes kesici ilerlemeleri gerçekleştirmek ile tehlikeli ve potansiyel olarak ölümcül bir genetik silahlanma yarışına inmek arasındaki farkı belirleyen, bugün yaptığımız seçimler olacak.

Biliminsanlarının bilimkurguyu gerçeğe dönüştürdüğü laboratuvarlara girin. En derin inançların, etiğin ve politikanın daha önce hiç olmadığı kadar zorlandığı ve insan olmanın ne anlama geldiğinin sorgulandığı bir geleceğe bakın. Çocuklarımızı tasarlayabilecek, ömürlerimizi büyük ölçüde uzatabilecek, hayatı yeniden sıfırdan inşa edebilecek, bitki ve hayvan dünyasını yeniden yaratabilecek mühendisliğe eriştiğimiz zaman geriye tek bir soru kalacak: Tüm bunları gerçekten yapmalı mıyız?

Darwin Hack'leniyor, okuru genetik mühendisliğinin birçok açıdan hayatımızın esas temellerini –seks, savaş, aşk ve ölüm– derinden sarsan bir keşfe davet ediyor.



Evrim | Genetik

Tellekt

www.tellekt.com

ISBN 978-625-7118-13-2



9 786257 118132

44 TL