DİJİTAL KÜTÜPHANE KANALI

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/0029VbDHv8uE50Us4IvMoc0Y

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://rantey.org

KISALTMALAR

a.	arteria
aa.	arteriae (çoğul)
ggl.	ganglion
m.	musculus
mm.	musculi (çoğul)
n.	nervus
nn.	nervi (çoğul)
r.	ramus
rr.	rami (çoğul)
v.	vena
vv.	venae (çoğul)

SİNİR SİSTEMİNE GİRİŞ

SİNİR SİSTEMİNİN MİKROSKOPİK YAPISI

Sinir sisteminde *nöron (neuron)* adı verilen sinir hücreleri ile *glia hücreleri (nöroglia = neuroglia)* adı verilen destek hücreleri olmak üzere iki tip hücre vardır.

NÖRON

Nöronlar duyuların algılanması, motor ve emosyonel cevapların oluşturulması, öğrenme ve hafıza gibi fonksiyonların yerine getirilmesini sağlayan hücrelerdir. Bu hücrelerin uyarılabilme özelliği vardır.

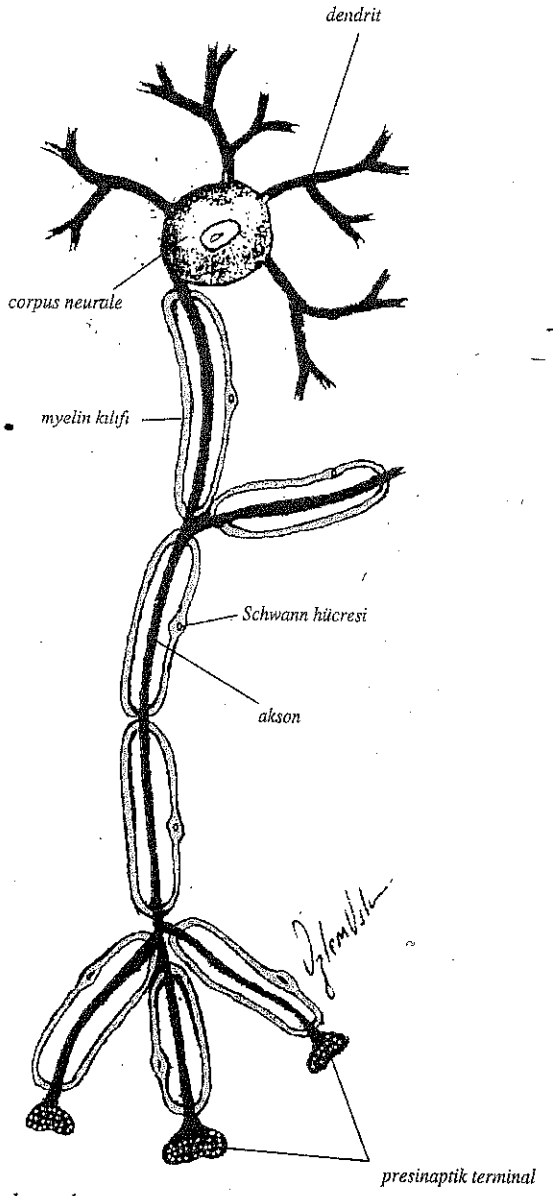
Tipik bir nöronun dört kısmı vardır (Şekil 1):

- Hücre gövdesi (corpus neurale = soma)
- Akson (axon)
- Dendritler (dendritum)
- Sinaptik terminaller (presinaptik terminaller)

Nöronların gövdesi nucleus ve sitoplazmadan oluşmuştur. Bazı yazarlar sadece sitoplazma için *perikaryon* terimini kullanırken, bazı yazarlar bu terimi hücre gövdesinin tümü için kullanır. Hücre gövdesinin *dendrit* ve *akson* olmak üzere iki tip uzantısı vardır. Nöronlarda genellikle birden çok dendrit ve bir tane akson bulunur. Dendritler dallanarak diğer nöronların uzantıları ile bağlantı kurar ve bu nöronlardan gelen impulsların hücre gövdesine iletilmesini sağlar. Akson ise, genellikle dendritlere göre daha uzun olup, hücre gövdesinden gelen impulsların diğer nöronlara veya efektör organlara iletilmesini sağlar. Aksonların bir kısmı santral sinir sisteminin dışına çıkarak *periferik sinirleri (nervus)* oluşturur.

Büyük çaplı aksonlar, genellikle miyelin kılıfı adı verilen bir kılıf ile sarılıdır. Bunlara *miyelinli aksonlar* adı verilir. Miyelin kılıfı, aksonda impuls iletiminin hızını artırır. Sinir sisteminde miyelinsiz aksonlar da vardır.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://rantey.org



Şekil 1. Tipik bir nöronun kısımları

Aksonlar genellikle uzunlukları boyunca, akson terminalleri adı verilen birçok kollateral dal verir. Bu dalların her birinin ucunda *sinaptik terminal (presinaptik terminal)* adı verilen genişlemeler vardır. Sinaptik terminaller başka nöronların gövdeleri veya dendritleri ile bağlantı kurar. Bu bağlantı noktalarına *sinaps (synapsis)* adı verilir.

Nöronların hücre membranı kimyasal, mekanik ve elektriksel stimülasyonlara karşı hassastır. Bu tür stimülasyonlar sonucunda nöronun transmembran potansiyelinde değişiklik olur ve bu değişiklik aksiyon potansiyeli olarak akson boyunca ilerler. Bir akson boyunca ilerleyen aksiyon potansiyeline *sinir impulsu* denir. Aksonlar, sinir impulslarını sinapslar aracılığı ile bağlantılı oldukları nöronlara iletirler.

Nöron tipleri

Nöronlar, uzantılarının sayılarına göre *unipolar, bipolar* ve *multipolar* olarak sınıflandırılır (Şekil 2).

Unipolar nöronlar. Bu tip nöronların bir tane uzantıları vardır. Bu uzantı dallanarak bir akson ve birçok dendrit verir. Bu tip nöronların hücre gövdesinden çıkan dendritleri yoktur. Bu tip hücreler otonom sinir sistemine ait bazı ganglionlarda bulunur.

Bipolar nöronlar. Bu tip nöronların iki tane uzantısı vardır. Bu uzantılardan periferik olanı nöronun dendriti olup, periferden hücre gövdesine impuls taşır; santral olanı ise nöronun aksonudur ve gelen impulsları santral sinir sistemine taşır. Bipolar nöronların çoğu duyu nöronlarıdır. Retina ve regio olfactoria'daki duyu nöronları bu tip nöronlara örnek olarak verilebilir. *Pseudo-unipolar nöronlar*, bipolar nöronların özel bir tipidir. Bu nöronların hücre gövdesinden tek bir uzantı çıkar ve bu uzantı iki dala ayrılır. Bu tip nöronlar da duyu nöronları olup, duyu ganglionlarında bulunur. Pseudo-unipolar nöronların periferik uzantıları çeşitli reseptörlerden dokunma, basınç, ağrı ve ısı gibi duyuları hücre gövdesine taşır. Bu nöronların santral uzantıları ise gelen impulsları medulla spinalis'e iletir.

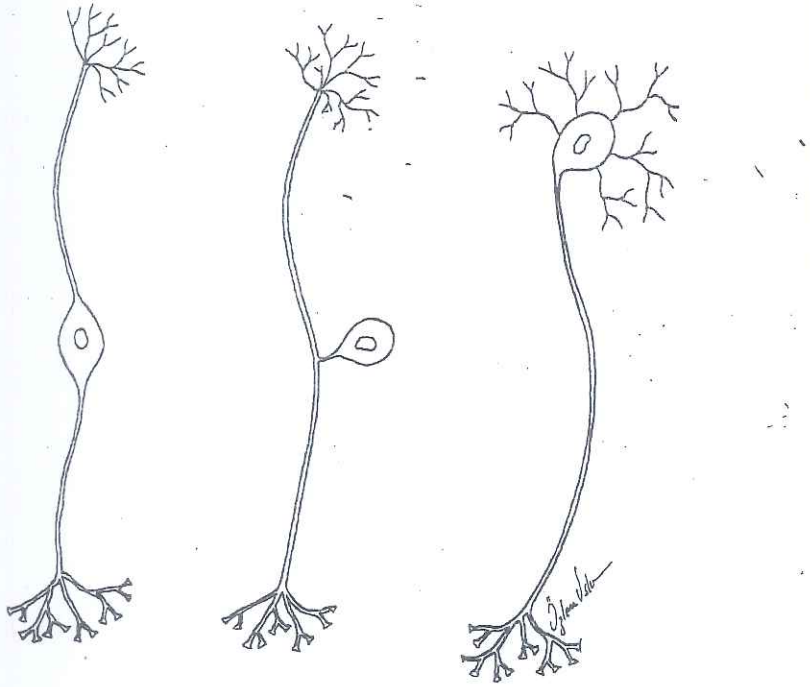
Multipolar nöronlar. Bu tip nöronların bir aksonu ve hücre gövdesinden çıkan çok sayıda dendriti vardır. Santral sinir sistemindeki nöronların büyük çoğunluğu multipolar nöronlardır. Multipolar nöronlar, dendritleri ve hücre gövdeleri aracılığı ile ortalama olarak on bin kadar nöron ile sinaps yapar.

Nöronların fonksiyonel sınıflaması

Nöronlar fonksiyonel olarak *motor nöronlar, duyu nöronları* ve *internöronlar* olarak sınıflandırılır. Duyu nöronları, çeşitli reseptörlerden aldıkları impulsları

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranitey.org

santral sinir sistemine, motor nöronlar ise santral sinir sisteminden gelen impulsları kaslara ve salgı bezlerine iletirler. Duyu ve motor nöronların dışında kalan tüm nöronlar internöronlar olarak sınıflandırılır. İnternöronlar, santral sinir sistemindeki nöronların çoğunluğunu oluşturur.



neuron bipolare *neuron pseudounipolare* *neuron multipolare*

Şekil 2. Sinir sistemi içerisinde yer alan farklı nöron tipleri

Duyu nöronları. Santral sinir sistemine bilgi getiren bu nöronların periferik uzantıları, periferik sinir sisteminin afferent bölümünü oluşturur. Bu nöronlar, bir duyu reseptöründen aldıkları impulsu santral sinir sistemine iletir. Duyu nöronları fonksiyonel olarak *somatik duyu nöronları, özel duyu nöronları* ve *visseral duyu nöronları* olmak üzere üç grupta incelenebilir.

Somatik duyu nöronları deriden gelen ağrı, ısı, dokunma ve basınç gibi somatik duyuları alan nöronlardır. Bu duyular, deride ve yüzeyel fascia içerisinde bulunan serbest sinir sonlanmaları, Meissner ve Pacinian korpüskülleri gibi reseptörlerden alınır. Bunların dışında kaslarda bulunan kas iğcikleri (muscle spindle), tendonlarda bulunan Golgi tendon organları, eklem kapsülünde ve derin fascia'larda bulunan reseptörlerden gelen hareket ile ilgili somatik duyular da vardır. Bu duyular da somatik duyu nöronları tarafından alınır.

Özel duyu nöronları görme, koku alma, işitme ve tat alma gibi özel duyuları alan nöronlardır. Bu tür duyuların algılanmasını sağlayan reseptörler özelleşmiş organlarda bulunur.

Visseral duyu nöronları organlardan, salgı bezlerinden ve damarlardan gelen duyuları alan nöronlardır. Visseral duyular, interoceptörler adı verilen reseptörler tarafından alınır. Bu tür reseptörler organların duvarında, organları saran fascia'larda ve damarların duvarında bulunur.

Motor nöronlar. Bu nöronlar periferik yapıların, organların ve sistemlerin çalışmasını santral sinir sisteminden gelen impulslar doğrultusunda, aktive veya inhibe ederek düzenler. Bu nöronların aksonları, periferik sinir sisteminin efferent bölümünü oluşturur. Motor nöronlar, *somatik motor nöronlar* ve *visseral motor nöronlar* olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Somatik motor nöronlar iskelet kaslarını inerve eder. Somatik motor nöronlar *alpha* (α), *beta* (β) ve *gamma* (γ) olmak üzere üç tiptir. Alpha motor nöronlar extrafusal kas liflerini, beta motor nöronlar intrafusal kas liflerini, gamma motor nöronlar ise hem extrafusal hem de intrafusal kas liflerini inerve eder.

Visseral motor nöronlar organlar, bezler, damarlar gibi istek dışında çalışan yapıların aktivitelerini düzenleyen nöronlardır. Bu nöronlar sempatik veya parasempatik olmalarına göre çeşitli visseral fonksiyonları aktive veya inhibe eder. Visseral motor nöronlardan farklı olarak, hormon tabiatında maddeler sentezleyen ve bunları kan dolaşımına veren nöronlar da vardır. *Nöroendokrin hücreler* adı verilen bu nöronlardan salgılanan maddelerin bir kısmı hormonların salgılanmasını düzenler; bir kısmı ise direkt olarak hormon vazifesi görür. Nöroendokrin hücrelerin salgıladığı hormonlar, vücuttaki birçok visseral aktivitenin düzenlenmesini sağlar.

İnternöronlar. Santral sinir sistemindeki nöronların çoğunluğunu internöronlar oluşturur. Bu nöronların görevi genel olarak aldıkları impulsları santral sinir sistemi içerisinde bir nörondan diğerine taşımaktır. Bu nedenle internöronların uzantıları santral sinir sisteminin dışına çıkmaz. İnternöronlar, Golgi tip I nöronlar ve Golgi tip II nöronlar olmak üzere iki grupta toplanır. *Golgi tip I nöronların* aksonları uzun olup, aldıkları impulsları santral sinir sisteminin uzak bölgelerine iletirler. *Golgi tip II nöronların* aksonları ise ya çok kısadır ya da yoktur. Bu nöron-

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

lar, gelen impulsların çok kısa uzaklıklar arasında iletilmesini ve lokal olarak değerlendirilmesini sağlar. İnternöronlar genel anlamda duyu nöronları ve motor nöronlar arasında yer alır ve gelen duyuları analiz ederek motor cevabın koordinasyonunda rol oynar. İnternöronlar uyarıcı veya inhibe edici özellikte olabilir. Bir uyarıya karşı verilecek motor cevap ne kadar karmaşık ise, duyu nöronları ve motor nöronlar arasındaki internöronların sayısı da o kadar fazladır.

Sinaps (synapsis)

Bir nöronun uzantılarının, diğer bir nöronun uzantıları veya hücre gövdesi ile kurduğu bağlantıya *sinaps* adı verilir. Böylece bir nöron, aldığı sinir impulsunu, aksonu aracılığı ile sinaps yaptığı nöronlara iletir. Sinir impulsunu ileten nörona *presinaptik nöron*, alan nörona ise *postsinaptik nöron* adı verilir. Sinapslarda, iki nöronun sitoplazması arasında *sinaps aralığı (synaptic cleft)* adı verilen boşluk vardır.

Bir nöronun aksonu başka bir nöronun dendriti ile sinaps yaparsa bu tip sinapsa *aksodendritik sinaps,* hücre gövdesi ile sinaps yaparsa bu tip sinapsa *aksosomatik sinaps* denir. Santral sinir sisteminde nadiren de olsa iki nöronun akson terminalleri arasında sinaps görülebilir. Bu tür sinapsa ise *aksoaksonik sinaps* adı verilir. Bunlardan başka, bir nöronun gövdesi başka bir nöronun gövdesi veya dendriti ile, bir nöronun dendriti başka bir nöronun dendriti ile de sinaps yapabilir.

Sinapslarda iletim, sinir impulsunun taşındığı aksondan sinaps yaptığı dendrite, hücre gövdesine veya aksona doğrudur. Nöronlar arasında impuls iletimi *nörotransmitter* adı verilen maddeler aracılığı ile olur. Aksiyon potansiyeli sinaptik terminale ulaştığı zaman, buradaki sinaptik veziküllerde depolanmış olan nörotransmitter madde sinaps aralığına verilir. Sinaps aralığına geçen nörotransmitter, postsinaptik nöronun transmembran potansiyelinin değişmesine ve sonuçta bu nöronun uyarılmasına yol açar. Buradan da anlaşılacağı gibi sinapslarda iletim kimyasaldır. Ancak santral sinir sisteminde, çok nadir de olsa, iletimin elektriksel olduğu sinapslar da vardır.

Presinaptik terminalden sinaps aralığına verilen nörotransmitter madde, postsinaptik nöron için uyarıcı (örneğin asetilkolin, dopamin) veya inhibe edici (örneğin gama amino butirik asit, glisin) özellikte olabilir. Nörotransmitter madde, hücrelerarası boşluktaki enzimler tarafından süratle parçalanır veya presinaptik hücre uzantısı tarafından tekrar hücre içerisine alınır. Böylece nörotransmitterin postsinaptik nöron üzerindeki etkisi milisaniyeler ile ölçülebilecek kadar kısa sürer. Ancak postsinaptik nöron üzerindeki etkinin daha uzun sürdüğü, hatta kalıcı olabildiği durumlar da vardır. Nöronlardaki bu tip kalıcı değişiklikler, santral sinir

sisteminde bilgi depolama ve hafıza gibi fonksiyonların temelini oluşturur.

Nörotransmitterlerden farklı olarak bazı nöronlar, sentezledikleri hormon tabiatındaki maddeleri *(nörohormonlar),* sinaptik terminal benzeri yapılar aracılığı ile kan dolaşımına vererek etkilerini çok daha uzak bölgelerde gösterebilir. Bazı nöronlar ise sentezledikleri maddeleri beyin-omurilik sıvısı içerisine veya hücrelerarası boşluğa vererek birçok nöron üzerinde etki gösterebilir. Nöronların sentezledikleri nörotransmitterler, nörohormonlar ve etkilerini birçok nöron üzerinde gösteren kimyasal maddelerin tümüne *nöromediatör* adı verilir. Sinapslarda kimyasal iletimi sağlayan çok sayıda nöromediatör madde vardır. Asetilkolin; katekolamin (noradrenalin, adrenalin, dopamin) ve indolamin (serotonin ve histamin) gibi monoaminler ile amino asit tabiatındaki nöromediatörler (glutamat, aspartat, glisin, gama amino butirik asit-GABA ve taurin) non-peptiderjik nöromediatörlerdir. Bunların dışında sayıları ellinin üzerinde, nöroaktif peptid olarak isimlendirilen nöromediatörler de vardır.

Bazı nöronların sentezledikleri *nöromodülatör* adı verilen maddeler postsinaptik nöron membranında belirgin bir değişiklik oluşturmaz; ancak postsinaptik nöronun diğer nöromediatörlere vereceği cevabı değiştirir. Bir sinaptik terminalde, genellikle değişik veziküller içerisinde, nörotransmitter ile bir veya birkaç nöromodülatör bir arada bulunabilir.

GLIA HÜCRELERİ

Glia hücreleri, sinir dokusuna metabolik ve yapısal destek sağlayan hücrelerdir. Bu nedenle glia hücreleri sinir sistemi için özelleşmiş bağ dokusu hücreleri olarak kabul edilebilir. Bu hücrelerin nöronlar gibi uyarılabilme özellikleri yoktur.

Glia hücreleri *mikroglia* ve *makroglia* olmak üzere iki gruba ayrılır.

Mikroglia. Bu hücreler esasen makrofajlardan gelişir. Bunların fonksiyonu, santral sinir sisteminde hasar görmüş veya dejenere olmuş bölgelerdeki hücresel artıkları fagosite etmektir.

Makroglia. Bu hücreler santral sinir sisteminde astrositler, oligodendrositler ve ependim hücreleri; periferik sinir sisteminde ise Schwann hücreleri ve satellit hücreler olarak sınıflandırılır.

Astrositler, santral sinir sisteminde nöronların beslenmesi ve kan-beyin bariyerinin oluşması gibi önemli fonksiyonları üstlenirler. Bu hücreler ayrıca santral sinir sistemini dıştan saran ve *glial membran (membrana limitans glialis)* adı verilen

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

koruyucu bir tabaka oluşturur. Santral sinir sisteminde *oligodendrositler* ve periferik sinir sisteminde *Schwann hücreleri*'nin uzantıları, aksonları saran miyelin kılıflarını yapar. Bundan başka, oligodendrositler ve Schwann hücre uzantıları birkaç miyelinsiz aksonu bir arada sararak neurolemma adı verilen bir kılıf oluşturur. Neurolemma, miyelinli aksonları da en dıştan sarar. *Ependim hücreleri*, santral sinir sistemindeki kavitelerin (ventriküller ve canalis centralis) duvarını döşeyen epitel tabakasını oluşturur. *Satellit hücreler* ise, periferik sinir sisteminde ganglionlar içerisinde bulunan nöronlar için yapısal destek fonksiyonu görür.

SİNİR SİSTEMİNİN BÖLÜMLERİ

Sinir sistemi morfolojik olarak bir bütün halinde olmasına rağmen, bazı anatomik ve fonksiyonel alt bölümlere ayrılarak incelenir. Bu amaçla sinir sistemi anatomik olarak *santral sinir sistemi* ve *periferik sinir sistemi* olmak üzere iki bölümde incelenir. Sinir sistemi ayrıca fonksiyonel olarak *somatik sinir sistemi* ve *otonom sinir* sistemi olmak üzere iki bölüme ayrılır.

SANTRAL SİNİR SİSTEMİ

Santral sinir sistemini oluşturan yapılar kranialden kaudale doğru şu şekilde sıralanır:

- Prosencephalon (forebrain)
  - Telencephalon (beyin hemisferleri)
  - Diencephalon (epithalamus, thalamus, hypothalamus, subthalamus)
- Mesencephalon (midbrain)
- Rhombencephalon (hindbrain)
  - Metencephalon (pons ve cerebellum)
  - Myelencephalon (medulla oblongata)
- Medulla spinalis

Medulla oblongata, pons ve mesencephalon birlikte *beyin sakı* adını alır. Prosencephalon, cerebellum ve beyin sakı cranium içerisinde, medulla spinalis ise canalis vertebralis içerisindedir.

Santral sinir sisteminde belirli fonksiyonları yerine getirmek üzere bir arada bulunan nöron gruplarına *nucleus*, benzer şekilde belirli fonksiyonlarla ilgili olan akson gruplarına ise *tractus* veya daha nadir olarak *fasciculus* adı verilir. Santral sinir sisteminin diseksiyonu sırasında aksonların yoğun olduğu bölgeler, miyelin kılıfından dolayı, açık sarı renkte görülür ve *substantia alba (beyaz cevher)* adını alır. Nöronların yoğun olduğu bölgeler ise daha koyu renkte görülür ve *substantia grisea (gri cevher)* adını alır.

PERİFERİK SİNİR SİSTEMİ

Periferik sinir sistemini, santral sinir sisteminin dışına çıkan aksonların oluşturduğu *periferik sinirler* ile santral sinir sisteminin dışında nöronların toplu olarak bulunduğu *ganglion* adı verilen yapılar oluşturur. Medulla spinalis'ten çıkan otuz bir çift *spinal sinir* ile beyin ve beyin sakından çıkan on iki çift *kranial sinir* ve bunların dalları periferik sinirleri oluşturur.

Periferik sinirler

Periferik sinir sisteminde her bir aksonu en dıştan *endoneurium* adı verilen ve bağ dokusundan oluşan bir yapı sarar. Yine bağ dokusundan oluşan *perineurium* genellikle birkaç yüz aksonu bir arada sararak *fasciculus (sinir demeti)*'ları oluşturur. Birkaç fasciculus'un bir araya gelmesi ile *periferik sinir* oluşur. Bir periferik siniri en dıştan saran ve bağ dokusundan oluşan yapıya ise *epineurium* adı verilir.

Periferik sinirler *efferent* ve *afferent* sinirler olarak sınıflandırılabilir. Efferent sinirler santral sinir sisteminin oluşturduğu motor cevapları efektör organlara, afferent sinirler ise reseptör organlardan gelen duyuları santral sinir sistemine taşır.

Efferent sinirler

Efferent sinirler *somatik efferent sinirler* ve *visseral (otonomik) efferent sinirler* olarak iki gruba ayrılır.

Somatik efferent (somatik motor-somatomotor) sinirler, çizgili kaslara gider ve sinir-kas kavşağı adı verilen bölgede yer alan motor son plakta sonlanır. Bu sinirleri, hücre gövdeleri medulla spinalis'in ön boynuzunda veya beyin sakındaki somatik motor nucleus'larda bulunan nöronlara ait miyelinli aksonlar oluşturur. Bu sinirlere *genel somatik efferent (general somatic efferent-GSE)* sinirler de denir. Ancak pharynx ve larynx kasları, yüzün mimik kasları, çiğneme kasları ve orta kulakta bulunan kaslar embriyolojik olarak üçüncü ve dördüncü brankiomerik arkuslardan (arcus branchiales) gelişir. Bunlar aslında çizgili kaslar olmalarına rağmen, bu kasları inerve eden sinirlere *özel visseral efferent (special visceral efferent-SVE)* sinirler denir.

Visseral (otonomik) efferent sinirler kalp kasını (cardiomotor), organlardaki düz kasları (visceromotor), damar duvarındaki düz kasları (vasomotor), kıl köklerinde-

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

ki düz kasları (pilomotor), sindirim sistemindeki bezleri (secretomotor) ve ter bezlerini (sudomotor) inerve eden sinirlerdir. Hücre gövdeleri otonomik ganglionlarda bulunan bu sinirlere *genel visseral efferent (general visceral efferent-GVE)* sinirler de denir.

Afferent sinirler

Afferent sinirler, *somatik afferent sinirler* ve *visseral (otonomik) afferent sinirler* olarak iki gruba ayrılır. Bu sinirler vücuttaki çeşitli reseptörlerden aldıkları duyuları, ilgili oldukları duyu ganglionlarındaki nöronların hücre gövdelerine taşır. Buradaki nöronlar ise gelen impulsları, santral uzantıları aracılığı ile, santral sinir sistemine iletir.

Somatik duyular genellikle şuura ulaşan duyulardır. Dokunma, basınç, deri ile algıladığımız ağrı, sıcak ve soğuk duyuları ile kaslar ve eklemlerden gelen hareket ile ilgili duyulara *genel somatik duyular* denir. Bu tür somatik duyuları taşıyan sinirlere ise *genel somatik afferent (general somatic afferent-GSA) sinirler* denir. İşitme, görme ve iç kulaktan gelen denge ile ilgili duyular özel somatik duyulardır. Bu duyuları taşıyan sinirlere ise *özel somatik afferent (special somatic afferent-SSA) sinirler* denir.

Fonksiyonları otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilen organ ve yapılardan gelen ve büyük bir bölümü şuura ulaşmayan duyular *genel visseral* duyulardır. Bu tür duyuları taşıyan sinirlere de *genel visseral afferent (general visceral afferent-GVA) sinirler* denir. İç organlardan gelen gerilme ve düz kas spazmı gibi nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan ağrı duyusu ise şuura ulaşan genel visseral duyulardandır.

Koku ve tat duyusu gibi özel duyular da şuura ulaşan duyulardır. Bu duyular sonuçta otonom sinir sisteminin kontrolü altında çalışan organ ve yapıları etkilediği için özel visseral duyular olarak kabul edilir. Bu duyular ile ilgili sinirlere de *özel visseral afferent (special visceral afferent-SVA) sinirler* denir.

Reseptörler

Duyu reseptörleri vücut içerisindeki ve dış ortamdaki çeşitli farklılıkları algılayan özelleşmiş yapılardır. Bunlar algıladıkları duyulara göre *mekanoreseptörler* (dokunma, basınç, ses dalgaları gibi mekanik uyarılara hassas), *fotoreseptörler* (ışığa hassas), *termoreseptörler* (ısı farklılıklarına hassas), *kemoreseptörler* (çeşitli kimyasal maddelere hassas), *nosiseptörler* (aşırı sıcak-soğuk ve doku hasarına yol açan ağrılı stimuluslara hassas) ve *osmoreseptörler* (osmotik basınç farklılıklarına hassas) olarak sınıflanabilir. Bazı reseptörler tek bir modaliteye hassastır. Bunlara *unimodal reseptörler* denir. Birden fazla modaliteye hassas olan reseptörlere ise

polimodal reseptörler adı verilir. Reseptörler fonksiyonlarına göre *eksteroseptörler*, *proprioseptörler* ve *interoseptörler* olarak da sınıflanabilir.

Eksteroseptörler. Bu reseptörler vücut dışından gelen duyuları algılar ve vücut yüzeyine yakın olarak yerleşmişlerdir. Deride dokunma, basınç, ağrı ve ısı gibi duyulara karşı hassas olan çok çeşitli tiplerde *deri reseptörleri* bulunur. Görme, işitme, koku ve tat gibi özel duyuları algılayan eksteroseptörler ise göz, kulak, burun ve dil gibi özelleşmiş organlarda bulunur.

Proprioseptörler. Bu reseptörler genel olarak kasların, eklemlerin ve vücut kısımlarının hareketleri ile ilgili olan *kinestetik duyular* ile pozisyon duyularını algılar. Golgi tendon organı, kas iğcikleri, eklem kapsülündeki reseptörler ve vestibular reseptörler bu duyular ile ilgili reseptörlerdir.

İnteroseptörler. Bu tür reseptörler organların, salgı bezlerinin ve damarların duvarında ve bağ dokusu içerisinde yaygın olarak bulunur. İnteroseptörler genellikle lokalize mekanik stimülasyonlara ve ısıya karşı hassas değildir. Bu reseptörlerin bir kısmı düz kasların aşırı kasılması sonucu ortaya çıkan gerilmeye karşı hassastır. Sindirim kanalında ve solunum yollarında bazı kimyasal maddelere karşı hassas interoseptörler de vardır. Damarlardaki kemoreseptörler ve baroreseptörler kanın kimyasal içeriğine ve basıncına karşı hassas interoseptörlerdir. Bunlardan başka derin fascia içerisinde, kaslarda ve bazı organlarda hasara yol açan mekanik stimülasyonlara karşı hassas interoseptörler olduğu kabul edilir.

Reseptörler fonksiyonel olarak sınıflandığı gibi yapısal özelliklerine göre *serbest sinir sonlanmaları*, *epidermal sinir sonlanmaları* ve *kapsüllü sinir sonlanmaları* olarak da sınıflanabilir. Bu sinir sonlanmalarının bir kısmı, sadece belirli bir veya birkaç dokuda, büyük bir kısmı ise vücüdun değişik bölgelerinde yaygın olarak bulunur.

Serbest sinir sonlanmaları. Bu tip sinir sonlanmaları vücutta deri, fascia, kas liflerini saran endomysium, tendon, ligament, eklem kapsülü, parietal peritoneum, periosteum, perichondrium, sindirim ve solunum yollarının epiteli, organların kapsülleri, damarların adventitia tabakası, menenx'ler ve cornea gibi birçok dokuda bulunur. Derideki ısı farklılıklarına hassas termoreseptörler, hafif dokunmaya hassas mekanoreseptörler, aşırı sıcak ve soğuğa hassas unimodal nosiseptörler ve doku hasarına yol açan stimülasyonlara hassas polimodal nosiseptörler bu gruba dahildir. Cornea, periosteum ve dişlerin dentin tabakasındaki serbest sinir sonlanmalarının özellikle nosiseptör karakterinde olduğu düşünülmektedir. Derin dokulardaki serbest sinir sonlanmalarının da ağrı ile ilgili nosiseptörler olması muhtemeldir. Eklem kapsülündeki serbest sinir sonlanmalarının, eklem hareketleri

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

ile ilgili proprioseptörler olduğu kabul edilir.

Epidermal sinir sonlanmaları. Bu tip sinir sonlanmaları epidermis'in hemen altında ve genellikle kıl folliküllerinin çevresinde sonlanır. Bunların, deri üzerine uygulanan basınç sonucu oluşan çöküntüyü algıladıkları kabul edilmektedir. Merkel reseptörü, "hair-guard" ve "hair-tylotrich" reseptörleri bu gruba dahildir.

Kapsüllü sinir sonlanmaları. Bu tip sinir sonlanmalarının ortak özellikleri, akson terminallerinin uyarılma özelliği olmayan hücreler tarafından sarılı olmasıdır. Meissner korpüskülleri, Pacinian korpüskülleri, Ruffini korpüskülleri, Golgi tendon organı ve kas iğcikleri bu grupta incelenir.

Meissner korpüskülleri, genel olarak kılsız derideki dermal papillalarda, palpebral konjunktivada ve dil ucundaki mukoza tabakasında bulunur. Bu reseptörler dokunma duyusu ile ilgilidir.

Pacinian korpüskülleri, genel olarak deri, dış genital organlar, meme başı, membrana interossea ve periosteum'da bulunur. Bu reseptörlerin dokunma ve derin dokulardan algılanan vibrasyona hassas olduğu kabul edilmektedir.

Ruffini korpüskülleri, kıllı derinin dermis tabakasında bulunur. Bu reseptörlerin dermis tabakasındaki kollajenin gerilmesine ve yüzeyel dokulardan algılanan vibrasyona hassas olduğu kabul edilmektedir.

Golgi tendon organı, kas ile tendon arasındaki geçiş bölgesinde bulunur. Bu reseptörler kas kontraksiyonu ve tendon gerilmesi ile aktive olan proprioseptörlerdir.

Kas iğcikleri, kas dokusunda bulunan ve kasın gerilmesi ile aktive olan proprioseptörlerdir.

Ganglionlar

Ganglionlar, santral sinir sistemi dışında bulunan nöron topluluklarıdır. Duyu ve otonomik olmak üzere iki tip ganglion vardır. *Duyu ganglionlarında,* unipolar veya pseudounipolar nöronlar bulunur. Bu nöronların periferik uzantıları organlardaki reseptörlerden alınan visseral, somatik veya özel duyular ile ilgili impulsları hücre gövdesine getirir; santral uzantıları ise gelen impulsları santral sinir sistemine iletir. *Otonomik ganglionlarda* ise multipolar nöronlar bulunur. Santral sinir sistemindeki visseral motor nöronların aksonları bu ganglionlarda sinaps yapar. Santral sinir sisteminden otonomik ganglionlara gelen sinirlere *presinaptik (preganglionik) sinir lifleri* denir. Ganglionda bulunan hücrelerin aksonları ise *postsinaptik (postganglionik) sinir lifleri* adını alır ve inerve edecekleri yapılara gider. Otonomik ganglionlar, burada sinaps yapan sinirlere göre sempatik veya parasempatik ganglionlar olarak isimlendirilir.

Sempatik ganglionlar ile ilgili olarak, *presinaptik sempatik sinirlerin* bir kısmı columna vertebralis'in iki tarafında uzanan *truncus sympathicus* içerisindeki ganglionlarda *(paravertebral ganglionlar),* bir kısmı abdomen'de bulunan *prevertebral ganglionlarda (ganglia coeliaca, ganglion mesentericum superius, ganglion mesentericum inferius),* bir kısmı da abdomen veya pelvis içerisinde yer alan *sekonder pleksuslarda (plexus hepaticus, plexus renalis, plexus vesicalis* vb.) bulunan ganglionlarda sinaps yapar. *Presinaptik parasempatik sinirler* ise cranium içerisindeki ganglionlar ile thorax, abdomen ve pelvis'te, organlara yakın olarak veya organların duvarında *(terminal ganglionlar)* bulunan parasempatik ganglionlarda sinaps yapar.

SOMATİK ve OTONOM SİNİR SİSTEMLERİ

Sinir sisteminin, dış ortamdan ve hareket sisteminden gelen duyular ile çizgili kaslara giden motor impulsları taşıyan ve isteğimiz doğrultusunda çalışan bölümüne *somatik sinir sistemi* denir. Düz kaslar, kalp kası ve salgı bezleri gibi isteğimiz dışında fonksiyon gören organ ve sistemlerden gelen duyular ile onlara giden motor impulsları taşıyan bölümüne ise *otonom sinir sistemi* denir. Otonom sinir sisteminin, *sempatik* ve *parasempatik* olmak üzere, genellikle birbirine zıt fonksiyonlar gören veya bir anlamda birbirlerini tamamlayan, iki kısmı vardır. Örneğin parasempatikler sindirim sisteminin aktivitesini artırırken, sempatikler azaltır. Vücut fonksiyonlarının yerine getirilmesi için otonom sinir sisteminin bu iki bölümü birbirleri ile uyum içerisinde çalışır. Bunlardan başka, gastrointestinal sistemi inerve eden *enterik sinir sistemi,* otonom sinir sisteminin ayrı bir kısmı olarak kabul edilir.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

BEYİN ve MEDULLA SPINALIS'İN ZARLARI

Santral sinir sisteminin, vücuttaki diğer dokulara göre daha yumuşak bir yapıya sahip olması nedeni ile, destek ve korunmaya ihtiyacı vardır. Santral sinir sistemi, dış tarafta cranium ve columna vertebralis, iç tarafta ise her birine *meninx* adı verilen üç ayrı zar tarafından sarılmıştır. Dıştan içe doğru *dura mater*, *arachnoidea mater* ve *pia mater* olarak sıralanan bu zarların hepsine birden *meninges* denir. Dura mater'e *pachymeninx*, arachnoidea mater ile pia mater'e ise *leptomeninx* adı da verilir. Dura mater, damar ve sinirden zengin bir yapıya sahipken arachnoidea mater ve pia mater damardan yoksun olup, az miktarda miyelinsiz sinir lifleri içerir. Bu liflerin, arachnoidea mater ile pia mater'in altında seyreden damarların otonom inervasyonunu sağladığı düşünülmektedir.

KLİNİK BİLGİ

Beyin ve medulla spinalis'i saran zarların inflamasyonuna *menenjit (meningitis)* denir. Bu durum genellikle yüksek ateş, meninx irritasyonuna bağlı baş ağrısı ve ense sertliğine yol açar. Lumbar ponksiyon ile alınan beyin-omurilik sıvısının laboratuvar incelemesi, hastalığın tanısı ve etiyolojisinin tespiti için önemlidir.

DURA MATER

Bu tabaka, beyin ve medulla spinalis'i saran zarların en dışında yer alan ve esneme özelliği olmayan kalın bir zardır. Dura mater'in beyini saran kısmına *dura mater cranialis*, medulla spinalis'i saran kısmına ise *dura mater spinalis* adı verilir. Dura mater cranialis'in *lamina externa (periosteal-endosteal tabaka)* ve *lamina interna (meningeal tabaka)* olmak üzere iki tabakası vardır. Lamina externa, kafa kemiklerinin iç yüzüne ve foramen magnum ile kafa kemiklerindeki diğer deliklerin kenarına yapışan lifler gönderir. Dura mater spinalis, dura mater cranialis'in lamina interna'sının kaudale doğru uzantısıdır. Canalis vertebralis'i oluşturan vertebra'ların periosteum'u ise dura mater cranialis'in lamina externa'sına karşılık gelir.

Dura mater cranialis'i oluşturan iki tabaka birbirlerine sıkıca yapışıktır. Ancak bu tabakalar belli yerlerde birbirlerinden ayrılarak, içerisinde beyin venöz kanının bulunduğu, *beyin venöz sinüslerini (sinus durae matris)* oluşturur.

Dura mater spinalis, yukarıda foramen magnum'dan başlayan ve aşağıda ikinci sakral vertebra seviyesinde kapanan bir kese şeklindedir. Dura mater spinalis'in kaudal ucu, bu seviyeden itibaren *lig. coccygeum (filum terminale externum - filum terminale pars duralis)* adını alarak fibröz bir bant şeklinde coccyx'e kadar uzanır.

Vertebra'ların periosteum tabakası ve canalis vertebralis'teki ligamentler ile dura mater spinalis arasında *epidural (extradural) aralık (spatium epidurale)* adı verilen bir boşluk vardır. Bu boşlukta gevşek bağ dokusu, yağ dokusu ve plexus venosus vertebralis internus bulunur. Dura mater cranialis'in lamina externa'sı ile kafa kemiklerinin iç yüzü arasında da benzer türde bir boşluk vardır. Ancak bu boşluk, canalis vertebralis'teki epidural aralığa göre daha dar olup, potansiyel bir boşluk olarak değerlendirilir.

KLİNİK BİLGİ

Canalis vertebralis'te, epidural aralık içerisine bir bölgeden verilen lokal anestetik madde, bu boşlukta yayılarak, komşu spinal sinirleri de etkiler ve yaygın bir anestezi oluşturur. Bu yol ile yapılan anesteziye *epidural anestezi* adı verilir.

Epidural aralık içerisine kanama olması durumuna *epidural hemoraji* denir. Bu tür kanamalar genellikle travma sonucu dura mater cranialis'i besleyen arterlerin zedelenmesine bağlı olarak gelişir. Os parietale ve os temporale kırıklarına bağlı olarak a. meningea media ve dallarının zedelenmesi epidural hemorajilerin en sık görülen nedenidir. Daha nadir olarak, sinus sagittalis superior ve sinus transversus gibi venöz sinüslerin zedelenmesine yol açan kırıklara bağlı olarak da epidural hemoraji görülebilir. Epidural kanamalar, cranium içerisindeki diğer kanamalar gibi, genellikle erken dönemde baş ağrısı, bulantı, kusma ve şuur kaybı gibi belirtiler verir.

Dura mater cranialis'in lamina interna'sı, cavum cranii'yi kompartmanlara ayıran bazı uzantılar verir. Bunlar *falx cerebri, tentorium cerebelli, falx cerebelli* ve *diaphragma sella* olarak isimlendirilir. Bu uzantılar, beyinin cavum cranii içerisinde daha stabil bir pozisyonda kalmasını sağlar.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Falx cerebri. Dura mater uzantılarının en genişi olup orak şeklindedir. İki beyin hemisferinin arasındaki fissura longitudinalis cerebri'nin içerisinde yer alır. Orta hatta, önde crista galli'den arkada protuberentia occipitalis interna'ya kadar uzanan falx cerebri'nin alt kenarı, arkada tentorium cerebelli ile devam eder. Falx cerebri'nin üst konveks kenarında dura mater'in iki tabakası arasında *sinus sagittalis superior* yer alır. Falx cerebri'nin alt konkav kenarında ise *sinus sagittalis inferior* bulunur.

Tentorium cerebelli. Fossa cranii posterior'un üzerini örten ve cerebellum ile cerebrum'un lobus occipitalis'i arasında yer alan dura mater uzantısıdır. Tentorium cerebelli'nin ön konkav kenarı serbest olup *incisura tentorii* adını alır. Bu kenarın uç kısımları ise her iki yanda os sphenoidale'nin processus clinoideus anterior'una yapışır. Tentorium cerebelli'nin konveks dış kenarı ön tarafta processus clinoideus posterior'a, yanlarda os temporale'nin pars petrosa'sının üst kenarına, arkada ise os occipitale'deki sulcus sinus transversus'a tutunur.

KLİNİK BİLGİ

Kafa içerisinde yer tutan hematom, tümör ve benzeri patolojiler, kafa içi basıncını artırarak, komşu beyin dokusunun yer değiştirmesine sebep olur. Genellikle bu patolojilerin yaptığı basınca bağlı olarak beyin dokusunun fıtıklaşması *(herniasyon-herniation)* durumu ortaya çıkabilir. Beyin dokusunun incisura tentorialis'ten aşağıya doğru fıtıklaşmasına *transtentorial herniasyon* adı verilir. Tonsilla cerebelli'nin foramen magnum'dan aşağıya doğru fıtıklaşmasına ise *tonsillar herniasyon* denir. Transtentorial herniasyonlarda fıtıklaşan oluşumlar genellikle lobus temporalis'in uncus kısmı *(uncal herniasyon)* veya daha orta hattaki diencephalon'a ait yapılardır *(central herniasyon)*. Transtentorial herniasyon sonucunda beyin sakında baskıya bağlı bulgular ortaya çıkar. Uncal herniasyonda n. oculomotorius zedelenmesine bağlı olarak ortaya çıkan pupilla dilatasyonu, ışık refleksinin kaybolması ve ilgili göz kaslarının felci en sık karşılaşılan bulgulardır. Tonsillar herniasyonda ise genellikle beyin sakındaki solunum ve dolaşım ile ilgili merkezlerin lezyonuna bağlı olarak, solunum ritminde değişiklikler, apne (solunumun geçici olarak durması), nabız sayısında azalma gibi bulgular ön plandadır. Daha ağır durumlar, hastanın solunum felci (pulmoner arrest) sonucu ölümüne sebep olabilir.

Falx cerebelli. Falx cerebelli'nin serbest olan ön konkav kenarı cerebellum'un hemisferleri arasında uzanır. Arka kenarı ise tentorium cerebelli'nin alt yüzünün

arka kısmı ve crista occipitalis interna'ya tutunur. Falx cerebelli'nin arka kenarı içerisinde sinus occipitalis yer alır.

Diaphragma sellae. Fossa hypophysialis'in üzerini örten, daire şeklinde, horizontal bir dura mater uzantısıdır. Bunun ortasındaki açıklıktan hypophysis'in infundibulum kısmı geçer.

DURA MATER'İN DAMAR ve SİNİRLERİ

Dura mater cranialis'in arteriel kanlanması esas olarak a. maxillaris'in dalı olan a. meningea media'dan gelir. Buna ek olarak dura mater'in ön kısmına a. ophtalmica'dan, arka kısmına ise a. occipitalis ve a. vertebralis'ten meningeal dallar gelir. Dura mater spinalis'in arteriel kanlanması ise rr. spinales ile sağlanır. Dura mater'in venöz drenajı, genel olarak arterlere eşlik eden venler aracılığı ile olur.

Dura mater cranialis'in tentorium cerebelli'nin üzerinde kalan supratentorial kısmı n. trigeminus'un dallarından çıkan r. meningeus (n. maxillaris'in dalı) ve n. spinosus (n. mandibularis'in dalı), infratentorial kısmı üst 2-3 servikal spinal sinirler ve n. vagus'un dalları; tentorium cerebelli ise n. ophthalmicus'un dalı olan r. meningeus recurrens (r. tentorius) tarafından inerve edilir. Dura mater cranialis'e ayrıca ganglion cervicale superius'tan da, vazomotor fonksiyonu olduğu düşünülen lifler gelir.

ARACHNOIDEA MATER

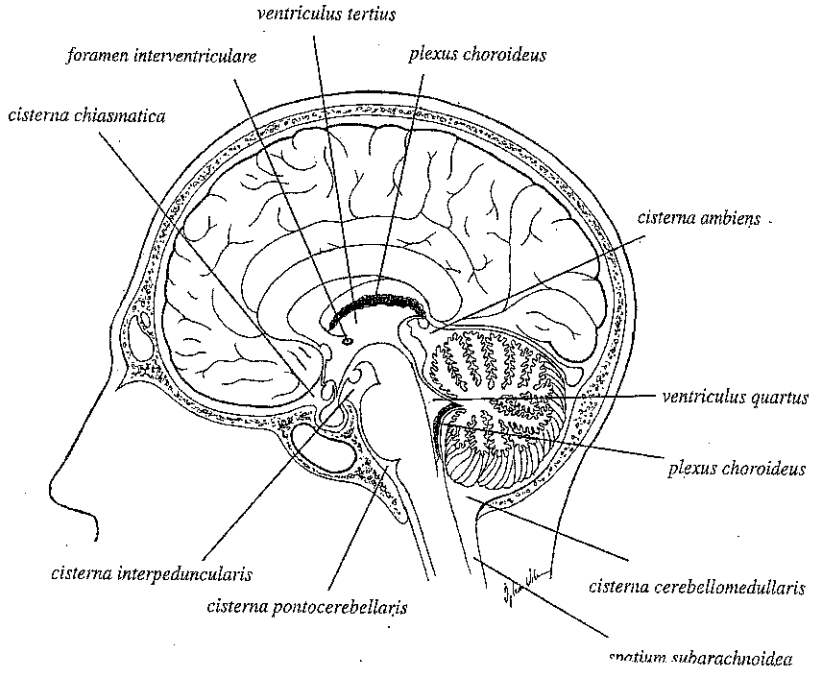
Beyin ve medulla spinalis'i saran ve dura mater ile pia mater arasında bulunan, ince, damardan yoksun bir membrandır. *Arachnoidea mater cranialis,* gyrus'ların üzerinde seyreder, ancak sulcus'ların içerisine girmez. Medulla spinalis'i saran *arachnoidea mater spinalis,* arachnoidea mater cranialis'in devamıdır. Arachnoidea mater spinalis, dura mater spinalis ile birlikte ikinci sakral vertebra seviyesinde kapanır.

Dura mater ile arachnoidea mater arasında *subdural aralık (spatium subdurale)* adı verilen dar bir boşluk vardır. Bu boşluk içerisinde seröz bir sıvı bulunur. Arachnoidea mater ile pia mater arasında ise, içerisinde beyin-omurilik sıvısının dolaştığı, *subaraknoid aralık (spatium subarachnoidea)* adı verilen bir boşluk vardır. Ayrıca, bu boşluk içerisinde pia mater'e uzanan ve *trabeculae arachnoidea* adı verilen arachnoidea mater uzantıları ile santral sinir sisteminin damarları yer alır.

Beyinin alt yüzünde ve beyin sakı çevresinde, arachnoidea mater ile pia mater arasında *cisternae subarachnoideae* adı verilen geniş boşluklar vardır (Şekil 3).

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Bunlardan en geniş olanı, cerebellum ile medulla oblongata arasında yer alan *cisterna cerebellomedullaris (cisterna magna)*'tir. Bundan başka, iki pedunculus cerebri arasında yer alan *cisterna interpeduncularis*, chiasma opticum'un hemen altında bulunan *cisterna chiasmatica*, mesencephalon'un üst, arka ve yan kısımlarını saran *cisterna ambiens (cisterna superior)*, pons'un ön tarafında yer alan *cisterna pontis (pontine cistern)*, fossa lateralis cerebri ve sulcus lateralis'in dış tarafında bulunan *cisterna fossa lateralis cerebri* diğer önemli subaraknoid cisterna'lardır. Cisterna interpeduncularis içerisinde circulus arteriosus cerebri ve n. oculomotorius; cisterna pontocerebellaris içerisinde a. basilaris; cisterna fossa lateralis cerebri içerisinde a. cerebri media; cisterna ambiens içerisinde v. magna cerebri, a. cerebri posterior, a. cerebellaris superior ve corpus pineale bulunur. Tüm cisterna'lar birbirleri ve spatium subarachnoidea'nın diğer kısımları ile bağlantılıdır.



Şekil 3. Cisternae subarachnoideae ve plexus choroideus'ları gösteren şematik çizim.

KLİNİK BİLGİ

Subdural aralık içerisine olan kanamalara *subdural hemoraji* adı verilir. Bu tür kanamalar, genellikle kafa travmaları sonucu, beyin venlerinin sinus sagittalis superior'a girdiği yerdeki rüptürüne bağlı olarak ortaya çıkar.

Subaraknoid aralık içerisine kanama olması durumuna *subaraknoid hemoraji* denir. Bu durum, sıklıkla beyin damarlarının dallanma bölgelerinde görülen anevrizmaların rüptürü sonucu ortaya çıkar. Subaraknoid kanama, meninx irritasyonuna bağlı olarak şiddetli baş ağrısı, ense sertliği ve genellikle şuur kaybına yol açar. Subaraknoid kanamada, mekanizması tam olarak bilinmeyen nedenler sonucu ortaya çıkan kronik vazospazm ise beyin dokusundaki iskeminin daha da artmasına sebep olur.

Cisterna lumbaris medulla spinalis'in alt seviyesi olan birinci lumbal vertebra'dan dura mater'in sonlandığı ikinci sakral vertebra'ya kadar uzanan bir cisterna'dır. Cisterna lumbaris içerisinde filum terminale ve cauda equina yer alır.

KLİNİK BİLGİ

Teşhis veya tedavi amacıyla, cisterna lumbaris'e bir iğne ile girme işlemine *lumbar ponksiyon (lumbar puncture-spinal tap)* adı verilir. Bu işlem, genellikle L3 ile L4 veya L4 ile L5 vertebra'ların processus spinosus'ları arasından girilerek yapılır. Bu yöntem kullanılarak, inceleme amacı ile beyin-omurilik sıvısı örneği alınabileceği gibi, subaraknoid aralığa kontrast madde verilmesi *(myelography)* veya hava verilmesi *(pneumoencephalography)* gibi diagnostik işlemler de yapılabilir. Kafa içi basıncının arttığı durumlarda, lumbar ponksiyon ile fazla miktarda beyin-omurilik sıvısı alınması, transtentorial veya tonsillar herniasyona sebep olabileceği için tehlikeli olabilir. Tedavi amacı ile subaraknoid aralığa ilaç verilmesi işlemine *intratekal injeksiyon (intrathecal injection)* adı verilir. Cisterna lumbaris'e anestetik madde verilerek yapılan anesteziye *spinal anestezi* denir. Spinal anestezi ile cisterna lumbaris içerisindeki spinal sinirlerde iletim bloke olur ve bunun sonucunda ilgili bölgelerde anestezi sağlanır.

Arachnoidea mater, sinus sagittalis superior'a yakın yerlerde, dura mater'in lamina interna'sını delerek sinus sagittalis superior'a açılan uzantılar oluşturur. Bunlara

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

granulationes arachnoideae adı verilir. Her biri çok sayıda *villus (arachnoid villi)* içeren bu uzantılar değişik sayı ve yerleşimde bulunabilir (Şekil 5). Granulationes arachnoideae, beyin-omurilik sıvısının subaraknoid aralıktan venöz sisteme sadece tek yönde geçişine izin verir. Beyin-omurilik sıvısının hidrostatik basıncı venöz sistemdeki basınçtan daha yüksek olduğu zaman sıvı subaraknoid aralıktan venöz sisteme doğru hareket eder.

PIA MATER

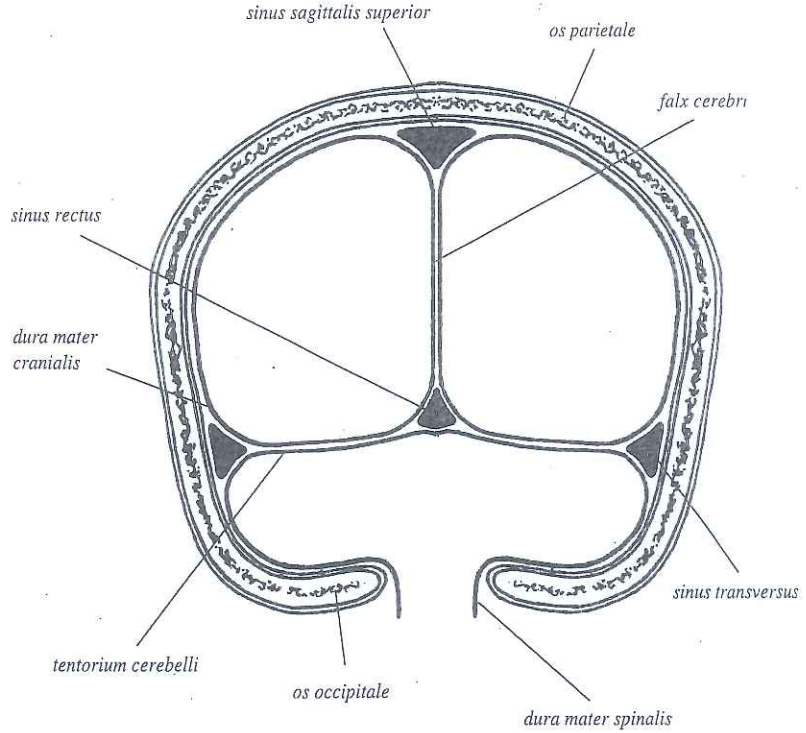
Beyin ve medulla spinalis dokusunun hemen dışında yer alan bir zardır. Bunun beyini saran kısmına *pia mater cranialis,* medulla spinalis'i saran kısmına ise *pia mater spinalis* adı verilir. Bu zar dışta *lamina externa (epipial layer)*, içte *lamina interna (intima pia)* olmak üzere iki tabakadan oluşmuştur. Lamina interna, beyin-omurilik sıvısından beslenen avasküler bir tabaka olup beyin ve medulla spinalis'i sulcus'ların en derin noktasına kadar inecek şekilde sıkıca sarar. Lamina externa ise, trabecula arachnoidea'ların yapısına katılan ve lig. denticulatum'ları oluşturan tabakadır. Bu tabaka beyin hemisferlerinin konveks yüzeyi üzerinde bulunmaz. Pia mater spinalis, medulla spinalis'in alt ucunda kapanır ve bu seviyeden itibaren ince bir bağ dokusunun etrafında, ikinci sakral vertebra seviyesine kadar uzanan *filum terminale (filum terminale internum-filum terminale pars pialis)*' yi oluşturur. Filum terminale, ikinci sakral vertebra seviyesinden itibaren dura mater ile birlikte *lig. cocygeum (filum terminale externum-filum terminale pars duralis)* adını alır ve coccyx'e yapışarak sonlanır.

Lamina externa, medulla spinalis'in her iki yanında, radix anterior ve radix posterior'un arasında kalınlaşarak *lig. denticulatum*'ları oluşturur. Lig. denticulatum'lar, arachnoidea mater ile birlikte dura mater'in iç yüzüne yapışarak medulla spinalis'in dura mater'e tutunmasını sağlar. Bu yapılar, medulla spinalis'in uzunluğu boyunca bulunur ve genellikle 21 çifttir.

BEYİN VENÖZ SİNÜSLERİ (SINUS DURAE MATRIS)

Cranium boşluğundaki venöz sinüsler, dura mater'in lamina interna ve lamina externa'sı arasında yer alır. Beyin venöz sinüslerinin iç yüzü, diğer venlerde olduğu gibi, endotel tabakası ile kaplıdır, ancak duvarlarında kas tabakası yoktur. Cerebral venler aracılığı ile beyinden gelen venöz kan ve granulationes arachnoidea aracılığı ile subaraknoid aralıktan gelen beyin-omurilik sıvısı, bu venöz sinüsler aracılığı ile drene olur. Saçlı derinin yüzeyel venleri ve vv. diploicae (yassı kafa kemiklerinin diploë'sunda bulunan venler) da *vv. emissariae* adı verilen birleştirici venler aracılığıyla venöz sinüsler ile bağlantılıdır. Beyin venöz sinüslerindeki kan, v. jugularis interna'ya drene olarak sistemik dolaşıma karışır.

Sinus sagittalis superior. Önde os frontale'deki foramen caecum'un arka tarafından başlayan ve falx cerebri'nin üst kenarı boyunca arkaya doğru uzanan sinus sagittalis superior, protuberentia occipitalis interna hizasında genişleyerek *confluens sinuum* adını alır (Şekil 4). Venöz sinüsler bu bölgede sıklıkla varyasyon gösterir. Confluens sinuum genellikle sağ sinus transversus ile daha nadir olarak sağ ve sol veya sadece sol sinus transversus ile devam eder. Sinus sagittalis superior'a, sağ ve sol tarafta, sayıları iki-üç adet olan venöz yapılar açılır. Bunlara *lacunae laterales (venous lacunae)* adı verilir. Granulationes arachnoideae'nın bir kısmı sinus sagittalis superior'a direkt açılırken, bir kısmı da lacunae laterales aracılığı ile indirekt olarak açılır (Şekil 5). Ayrıca sinus sagittalis superior'a seyri boyunca vv. superiores cerebri de açılır.



Şekil 4. Koronal bir kesitte beyin venöz sinüslerinin görünümü

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Sinus sagittalis inferior. Falx cerebri'nin serbest alt kenarı boyunca uzanan sinus sagittalis inferior, tentorium cerebelli'nin serbest ön kenarı hizasında v. magna cerebri ile birleşerek sinus rectus'u oluşturur. Sinus sagittalis inferior'a beyin hemisferlerinin medial yüzlerinden gelen venler açılır.

Sinus rectus. Falx cerebri ile tentorium cerebelli'nin birleşme yerinde uzanan sinus rectus, sinus sagittalis inferior ile v. magna cerebri'nin birleşmesiyle oluşur. Sinus rectus, varyasyon göstermekle birlikte, genellikle sol sinus trasversus'la devam eder. Ancak bazı durumlarda, sinus sagittalis superior ile birlikte confluens sinuum'a açılır. Sinus rectus daha nadir olarak sağ sinus transversus ile devam eder.

Sinus transversus. Protuberentia occipitalis interna hizasından başlayan sinus transversus'lar, sağda ve solda, tentorium cerebelli'nin kemiğe yapışık kenarında, sulcus sinus transversus boyunca seyreder. Sinus transversus'a sinus petrosus superior, vv. inferiores cerebri, vv. inferiores cerebelli ve vv. diploicae açılır. Sinus transversus, sinus sigmoideus ile devam eder.

Sinus sigmoideus. Sinus transversus'ların devamı olan bu sinüsler, sağda ve solda sulcus sinus sigmoideus'ta seyreder ve foramen jugulare'den itibaren v. jugularis interna ile devam eder. Sinus sigmoideus'a, vv. emissariae aracılığı ile, cranium çevresindeki bazı venler açılır.

Sinus occipitalis. Falx cerebelli'nin kemiğe yapışık kenarında bulunan bu sinüs, foramen magnum seviyesinde başlar ve confluens sinuum'a dökülür. Sinus occipitalis, aşağıda plexus venosus vertebralis internus ile bağlantılıdır.

Sinus cavernosus. Os sphenoidale'nin corpus'unun her iki yanında yer alan sinus cavernosus'lar, fissura orbitalis superior'dan os temporale'nin pars petrosa'sının apex'ine kadar uzanır. A. carotis interna, bunun çevresindeki sempatik sinir pleksusu ve n. abducens bu sinüsün içerisinden geçer; n. oculomotorius, n. trochlearis, n. ophtalmicus ve n. maxillaris ise lateral duvarında seyreder (Şekil 6). Sinus cavernosus'a v. ophtalmica superior, v. ophtalmica inferior veya bunun bir dalı, v. centralis retinae, vv. inferiores cerebri, v. media superficialis cerebri ve sinus sphenoparietalis drene olur. Sinus cavernosus'lar sinus petrosus superior aracılığı ile sinus transversus'a, sinus petrosus inferior aracılığı ile v. jugularis interna'ya drene olurlar. Her iki sinus cavernosus, diaphragma sella'nın içerisinde yer alan sinus intercavernosus anterior ve sinus intercavernosus posterior aracılığı ile birbirleriyle bağlantılıdır. Sinus cavernosus'un foramen ovale'den geçen bir v. emissaria aracılığıyla plexus pterygoideus ile; sinus petrosus inferior ve a. carotis interna'ya eşlik eden küçük venler aracılığıyla v. jugularis interna ile; sinus petrosus superior aracılığıyla sinus transversus ile; v. ophthalmica superior aracılığıyla v. facialis ile

bağlantısı vardır. Bu venöz yapılarda valvula'ların olmaması, basınç değişikliği sonucunda drenajın sinus cavernosus'a doğru olmasına yol açabilir.

KLİNİK BİLGİ

Venöz drenajı v. facialis ve dalları tarafından sağlanan angulus oculi medialis, burun derisi ve dudaklar, deri infeksiyonları açısından tehlikeli bölgeler olarak kabul edilir. Bu bölgede bulunan fronkül, sellülit Sinus cavernosus trombozunda ateş, baş ağrısı gibi non-spesifik şikayetlerin yanında, sinus cavernosus içerisinden geçen n. abducens, a. carotis interna ve gibi lezyonların elle sıkılması sonucunda v. facialis'te tromboflebit (thrombophlebitis) meydana gelebilir. Mikroorganizmaların buradan v. ophtalmica aracılığı ile sinus cavernosus'a yayılması *sinus cavernosus trombozu*'na yol açabilir. Os temporale'nin pars petrosa'sı, orta kulak boşluğu, orbita, burun boşluğunun duvarları ve sinus paranasales'lerdeki infeksiyonlar da sinus cavernosus'a yayılabilir.

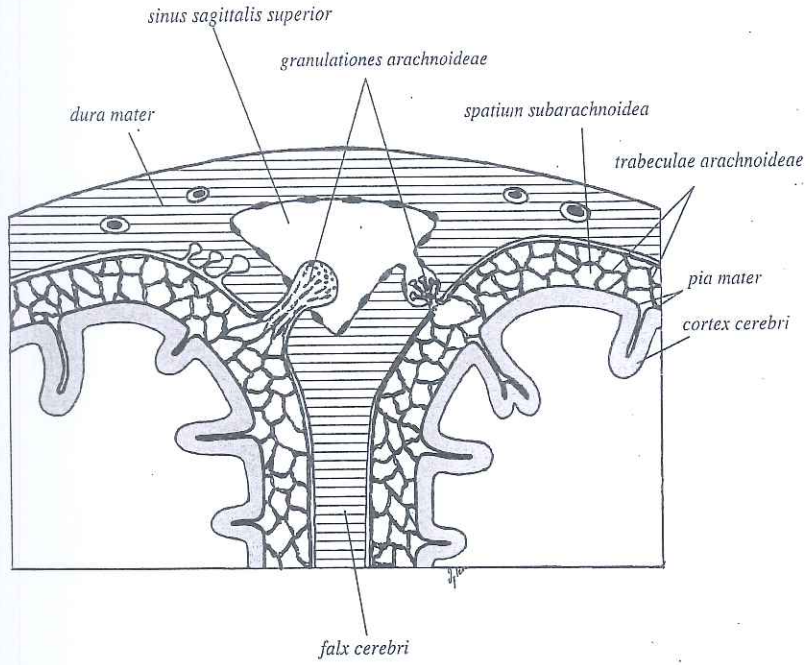
Sinus cavernosus trombozunda ateş, baş ağrısı gibi non-spesifik şikayetlerin yanında, sinus cavernosus içerisinden geçen n. abducens, a. carotis interna ve çevresindeki sempatik sinir lifleri, n. oculomotorius, n. trochlearis, n. ophtalmicus'un etkilenmesine bağlı bulgular ortaya çıkar. Sinus cavernosus trombozu genellikle n. maxillaris ile ilgili klinik bulgu vermez. Hastalarda spesifik olarak n. ophtalmicus'un inerve ettiği deri sahasında ağrı, ophthalmoplegia (göz kaslarının felci), diplopia (çift görme) vardır. N. oculomotorius'taki parasempatik liflerin etkilenmesi sonucunda mydriasis (pupilla'nın genişlemesi) veya a. carotis interna çevresindeki sempatik liflerin etkilenmesi sonucunda myosis (pupilla'nın daralması) görülebilir. Venöz drenajın bloke olmasına bağlı olarak exophthalmus (bulbus oculi'nin protrüzyonu); görme kaybına sebep olabilen, discus nervi optici'de ödem (papiledema); göz kapakları, orbita çevresi ve konjunktivada ödem, daha ileri durumlarda siyanoz kandaki oksijen miktarının azalmasına bağlı olarak deri ve mukozanın mavi-mor renk alması) gibi semptomlar ortaya çıkar. Sinus cavernosus trombozu tek taraflı olabileceği gibi sinus intercavernosus anterior ve sinus intercavernosus posterior aracılığı ile karşı tarafa da yayılabilir.

Sinus petrosus superior ve sinus petrosus inferior. Bu sinüsler sağda ve solda, os temporale'nin pars petrosa'sının üst ve alt kenarlarında yer alan küçük sinüslerdir. Sinus petrosus superior, sinus cavernosus'u sinus transversus'a; sinus petrosus inferior ise sinus cavernosus'u v. jugularis interna'ya bağlar.

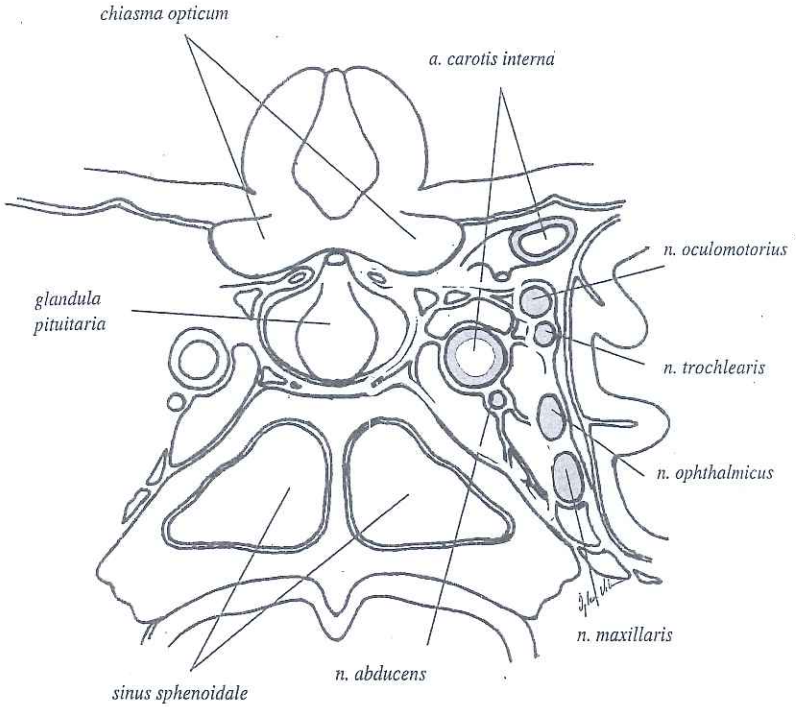
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Sinus sphenoparietalis. Sağda ve solda os sphenoidale'nin ala minor'unun alt kısmında bulunan bu sinüsler sinus cavernosus'lara drene olur.

Plexus basilaris. Os occipitale'deki clivus üzerinde bulunan venöz bir ağdır. Plexus basilaris, sağ ve sol sinus petrosus inferior'ları birbirine bağlar ve plexus venosus vertebralis internus ile devam eder.



Şekil 5. Koronal bir kesitte sinus sagittalis superior ve granulationes arachnoideae' nın görünümü



Şekil 6. Koronal bir kesitte sinus cavernosus ve içerisinden geçen oluşumlar

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

VENTRİKÜLER SİSTEM ve LİQUOR CEREBROSPİNALİS

Beyin ve beyin sakı içerisinde yer alan, birbirleri ile bağlantılı, içleri *liquor cerebrospinalis (cerebrospinal fluid-CSF; beyin-omurilik sıvısı-BOS)* ile dolu boşluklara *ventrikül (ventriculus)* adı verilir. Her bir beyin hemisferi içerisinde yerleşmiş olan sağ ve sol *ventriculus lateralis*, her iki thalamus ve hypothalamus'un ortasında yer alan *ventriculus tertius* ve beyin sakının arka tarafında bulunan *ventriculus quartus* olmak üzere dört adet ventrikül bulunur (Şekil 7). Ventriculus lateralis'ler, *foramen interventriculare (foramen of Monro)* adı verilen birer delik aracılığı ile ventriculus tertius'a açılır. Ventriculus tertius ise *aqueductus mesencephali (aqueductus cerebri, aqueduct of Sylvius)* adı verilen bir kanal aracılığı ile ventriculus quartus ile bağlantılıdır. Kaudalde medulla spinalis içerisinde uzanan *canalis centralis* ile bağlantılı olan ventriculus quartus, arka tarafta yer alan *apertura mediana (foramen of Magendie)* ve her iki yan tarafta yer alan *apertura lateralis (foramen of Luschka)* adı verilen delikler aracılığı ile subaraknoid aralığa açılır.

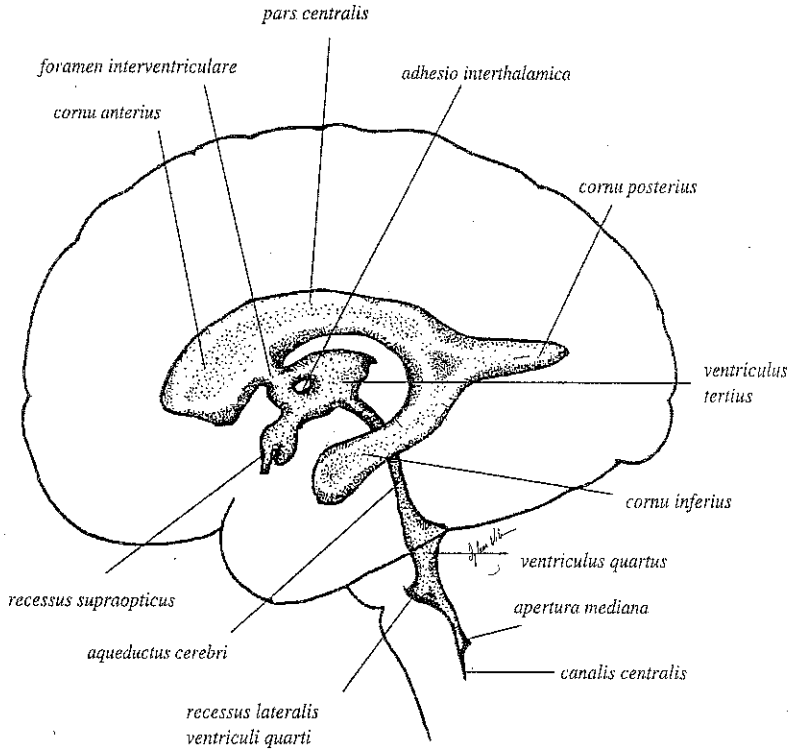
Ventriküllerin iç yüzünü döşeyen hücrelere *ependim hücreleri (ependymocytus)* adı verilir. Gelişim sırasında, ventriküllerin duvarında iki pia mater tabakası bir araya gelerek damardan zengin bir yapı olan *tela choroidea*'yı oluşturur. Tela choroidea ve bu yapının ventrikül boşluğuna bakan yüzünü örten ependim hücrelerinin birlikte oluşturdukları yapıya *plexus choroideus* denir. Ventrikül boşluğuna doğru uzanan ve liquor cerebrospinalis'in salgılanmasından sorumlu olan plexus choroideus, bütün ventriküllerde bulunur (Şekil 3).

VENTRICULUS LATERALIS

Sağ ve sol hemisferler içerisinde birer adet bulunan ventriculus lateralis'ler, hemisferlerin genel şekline uyarak "C" harfi şeklinde kıvrılmıştır. Ventriculus lateralis'in foramen interventriculare'den corpus callosum'un splenium'una kadar uzanan kısmına *pars centralis;* lobus frontalis içerisinde öne, dışa ve aşağı doğru uzanan kısmına *cornu anterius;* arkaya doğru lobus occipitalis içerisine uzanan kısmına *cornu posterius;* aşağıya ve öne doğru lobus temporalis içerisine uzanan kısmına *cornu inferius* adı verilir (Şekil 7). Ventriculus lateralis'te pars centralis, cornu posterius ve cornu inferius'un birleştiği yere *trigonum collaterale* denir.

Cornu anterius, foramen interventriculare hizasında pars centralis ile arkaya doğru devam eder; üst ve ön duvarını corpus callosum'un ön kısmı, alt ve dış duvarını nucleus caudatus'un caput kısmı, iç duvarını septum pellucidum oluşturur. Cornu posterius'un dış ve üst duvarını corpus callosum'un tapetum'u, iç duvarını ise üstte forceps major ile altta calcar avis oluşturur. Cornu inferius'un üst ve dış duvarını tapetum ile radiatio optica, iç duvarını hippocampus, alt duvarını ise lateralde eminentia collateralis ile medialde hippocampus oluşturur.

Ventriculus lateralis'in yalnız pars centralis, trigonum collaterale ve cornu inferius kısımlarında bulunan plexus choroideus, foramen interventriculare'den geçerek ventriculus tertius'un plexus choroideus'u ile birleşir.



Şekil 7. Ventriculus'ların beyin içerisindeki lokalizasyonu

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

VENTRICULUS TERTIUS

Ventriculus tertius, her iki thalamus ve hypothalamus'un arasında, orta hatta yer alan yassı bir boşluktur. Sağ ve sol thalamus'lar arasında uzanan adhesio interthalamica ventriculus tertius'un içerisinden geçer. Ventriculus tertius, sağ ve sol foramen interventriculare aracılığıyla ventriculus lateralis'ler ile, aqueductus cerebri aracılığıyla ventriculus quartus ile bağlantılıdır. Ventriculus tertius'un üst duvarında yer alan plexus choroideus, ventriculus lateralis'lerdeki plexus choroideus'un devamıdır. Ventriculus tertius üst tarafta fornix'in corpus kısmı; alt tarafta önden arkaya doğru chiasma opticum, infundibulum, tuber cinereum, corpus mammillare, substantia perforata posterior ve tegmentum mesencephali; ön tarafta lamina terminalis ve commissura anterior; arka tarafta glandula pinealis'in alt ve üst laminaları, commissura posterior ve commissura habenularis ile sınırlanmıştır.

Midsagittal düzlemden geçen kesitlerde ventriculus tertius içerisinde üç tane recessus görülür. Ventriculus tertius'un infundibulum'a doğru uzanan kısmına *recessus infundibularis*, chiasma opticum'un üstüne doğru uzanan kısmına *recessus supraopticus*, glandula pinealis'in iki laminası arasına doğru uzanan kısmına ise *recessus pinealis* adı verilir.

VENTRICULUS QUARTUS

Cerebellum'un ön tarafında, medulla oblongata'nın üst yarısı ile pons'un arka tarafında yer alan ventriculus quartus, kaudalde canalis centralis ile devam eder. Cerebellum çıkarıldığında, ventriculus quartus'un tabanı eşkenar dörtgen şeklinde görülür; buraya *fossa rhomboidea* adı verilir. Ventriculus quartus'un her iki tarafta, üst dış kenarını pedunculus cerebellaris superior, alt dış kenarını tuberculum gracile ve tuberculum cuneatum ile pedunculus cerebellaris inferior; tavanını (arka duvarını) üst tarafta velum medullare superior, alt tarafta ventriculus quartus'un plexus choroideus'u; tabanını (ön duvarını) ise fossa rhomboidea oluşturur. Ventriculus quartus'un sağ ve sol tarafta, üst-dış ve alt-dış kenarlarının birleştiği yerde oluşan çıkmazlara *recessus lateralis* adı verilir.

Ventriculus quartus'un tavanının alt kısmında ve orta hatta yer alan *apertura mediana (foramen of Magendie)* ile sağ ve sol recessus lateralis'lerin uç kısımlarında bulunan *apertura lateralis (foramen of Luschka)*'ler ventriculus quartus'taki liquor cerebrospinalis'in subaraknoid aralığa geçmesini sağlayan açıklıklardır. Plexus choroideus, ventriculus quartus'un tavanının alt kısmında yerleşmiş olup genellikle recessus lateralis'lere doğru uzanan ve bazen apertura lateralis'lerden subaraknoid aralığa çıkan uzantılar verir.

LIQUOR CEREBROSPINALIS (SEREBROSPİNAL SIVI)

Plexus choroideus tarafından salgılanan ve subaraknoid aralık içerisinde bulunan liquor cerebrospinalis, santral sinir sistemi ile bunu çevreleyen kemikler arasında mekanik travmalara karşı koruyucu bir yastık fonksiyonu görür. Liquor cerebrospinalis'in bundan başka, santral sinir sisteminde beslenme, metabolitlerin uzaklaştırılması ve hypothalamus'tan salgılanan bazı hormonların hypophysis'e ulaştırılması gibi fonksiyonları da vardır. Toplam hacmi yaklaşık 125 ml olan liquor cerebrospinalis'in 1/5'i ventriküller içerisinde, geriye kalanı ise subaraknoid aralıkta bulunur. Liquor cerebrospinalis'in basıncı, yatan bir şahısta 60-150 mm H_2O civarındadır. İnsanlarda günde 500-750 ml civarında üretilen liquor cerebrospinalis'in büyük kısmı ventriculus lateralis'lerden salgılanır.

Liquor cerebrospinalis renksiz ve berrak olup, normalde içerisinde hücre bulunmaz. İçerdiği maddeler açısından seruma benzemekle birlikte, liquor cerebrospinalis içerisindeki protein, glukoz ve iyon miktarları serumdakinden farklıdır.

Liquor cerebrospinalis, ventriculus quartus'tan apertura mediana ve apertura lateralis'ler aracılığı ile beyin ve medulla spinalis çevresindeki subaraknoid aralığa geçer. Liquor cerebrospinalis'in fazlası, sinus sagittalis superior'un içerisine doğru çıkıntı yapan granulationes arachnoidea aracılığıyla absorbe olur. Sürekli olarak salgılanan liquor cerebrospinalis'in hidrostatik basıncı venöz sinüs içerisindeki basıncı aştığında, tek yönlü geçişe izin veren bir kapak gibi çalışan granulationes arachnoidea fazla miktardaki liquor cerebrospinalis'in subaraknoid aralıktan venöz dolaşıma geçmesini sağlar (Şekil 5)

KLİNİK BİLGİ

Liquor cerebrospinalis'in aşırı salgılanması, akış yolunun tıkanması veya geri emiliminin bozulması gibi durumlarda ventriküllerde veya subaraknoid aralıkta aşırı miktarda liquor cerebrospinalis birikmesine *hydrocephalus* adı verilir. Hydrocephalus'ta biriken aşırı miktarda liquor cerebrospinalis, ventrikülleri genişleterek beyin dokusunun incelmesine ve yeni doğanlarda neurocranium'u oluşturan kemiklerin birbirinden ayrılmasına yol açar. Menenjit, tümörler ve aqueductus cerebri'nin doğuştan dar olması (congenital aqueductal stenosis) gibi patolojiler liquor cerebrospinalis'in akışını bloke ederek hydrocephalus'a sebep olabilir.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

KAN - BEYİN BARİYERİ, KAN - LIQUOR CEREBROSPINALIS BARİYERİ

Santral sinir sisteminde, kan, liquor cerebrospinalis ve beyin dokusundaki hücreler-arası boşluk olmak üzere üç farklı sıvı kompartmanı vardır. Bu kompartmanlar arasında sürekli bir iyon ve molekül değişimi söz konusudur. Ancak, kompartmanlar arasında maddelerin serbest olarak geçişini engelleyen bariyerler vardır. Bu nedenle kompartmanlar arasında madde değişimi selektif olup, genellikle taşıyıcı mekanizmalar gerektirir. Bu durum, santral sinir sistemindeki hücrelerin fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için stabil bir ortam sağlar. Kan ile beyin ve kan ile liquor cerebrospinalis arasında anatomik bir bariyer vardır; ancak liquor cerebrospinalis ile beyin arasında böyle bir bariyer yoktur.

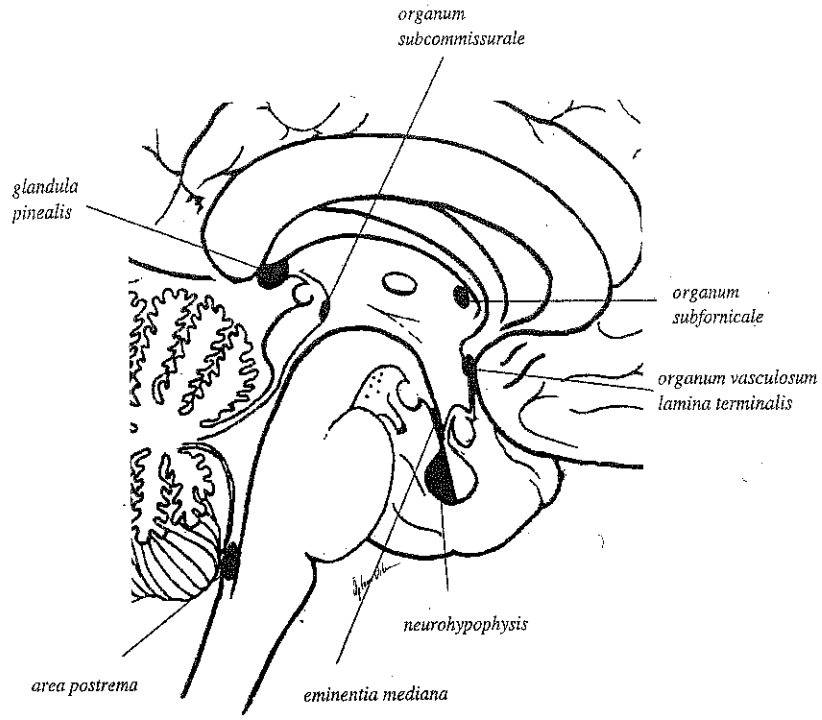
Kan-beyin bariyerini oluşturan en önemli yapı, kapiller duvarında yer alan endotel hücreleri arasındaki zonula occludens (tight junction)'lerdir. Endotel hücrelerinin dış tarafında yer alan kesintisiz bazal membran ve bazal membranın dışında yer alan astrocyte uzantıları da bu bariyerin oluşumuna katılır.

Kapiller lümeni ile plexus choroideus'un epitel hücreleri arasında yer alan *kan-liquor cerebrospinalis bariyerini* oluşturan en önemli yapı, plexus choroideus'un yüzeyindeki kübik epitel hücrelerinin apikal bölgelerini bağlayan zonula occludens tipinde bağlantı kompleksleridir. Fenestralı olması nedeni ile, bu bölgedeki kapiller endotelinin bariyer oluşumuna bir katkısı yoktur. Ancak, endotel hücrelerinin oturduğu kesintisiz bazal membran, buradaki destek hücreleri ve plexus choroideus'un epitel hücrelerinin oturduğu bazal membran kan-liquor cerebrospinalis bariyerinin oluşumuna katılır.

KLİNİK BİLGİ

Premature veya yeni doğan çocuklarda kan-beyin bariyeri henüz yeterince gelişmediği için bazı toksik maddeler sinir sistemine geçerek beyinde kalıcı hasarlara yol açabilir. Örneğin yeni doğanda aşırı miktarda bilirubinin bazal ganglionlar veya beyin sakındaki bazı nucleus'larda birikmesine *kernicterus* adı verilir.

Kan-beyin ve kan-liquor cerebrospinalis bariyerleri, sistemik olarak uygulanan ilaçların sinir sistemine geçişlerini düzenlemeleri, doz ve veriliş şeklini değiştirebilmeleri açısından tedavide önemlidir. Örneğin bazı antibiyotikler kan-beyin bariyerini geçemez. Bu nedenle özellikle sinir sistemi infeksiyonlarında bu ilaçların subaraknoid aralığa verilmesi gerekebilir. Benzer durum corpus striatum'da dopamin eksikliği sonucu ortaya çıkan Parkinson hastalığının tedavisinde de söz konusudur. Bu hastalığın tedavisinde eksik olan dopaminin dışarıdan verilmesi gereklidir. Ancak, dopamin kan-beyin bariyerini geçemediği için, tedavide dopaminin kan-beyin bariyerini geçebilen bir formu olan levodopa kullanılır.



Şekil 8. Circumventricular organlar

Beyinin bazı bölgelerinde zonula occludens'ler ile birbirlerine bağlanmış kapiller endotel hücreleri yerine fenestralı endotel hücrelerinin yer aldığı kapillerler bulunur. Dolayısıyla bu bölgeler kan-beyin bariyerinden yoksundur. Beyinde kan-beyin bariyerinin bulunmadığı yapılar *glandula pinealis, organum subcommissu-*

Üretisiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

rale, organum subfornicale, organum vasculosum laminae terminalis, eminentia mediana, neurohypophysis ve *area postrema*'dır. Area postrema dışında tüm yapıların ventriculus tertius'a komşulukları nedeniyle bunlara *circumventricular organlar* adı da verilir (Şekil 8). Çift olan area postrema dışındaki tüm circumventricular organlar orta hatta yer alır ve tektir. Damardan zengin olan bu bölgelerde proteinlerin ve küçük organik moleküllerin kandan beyin dokusuna geçişi mümkündür.

Circumventricular organlardan eminentia mediana, neurohypophysis ve glandula pinealis nöroendokrin fonksiyonlar ile ilgilidir. Organum subfornicale'nin, vücut sıvıları ile ilgili düzenleyici fonksiyonu olduğu düşünülmektedir. Area postrema, kandaki emetik maddelere hassas olan bir kemoreseptör fonksiyonu görür. Organum vasculosum laminae terminalis, kanda dolaşan makromolekül ve peptidlere hassas bir kemoreseptördür. Organum subcommissurale'nin fonksiyonu ise henüz anlaşılamamıştır.

Canalis centralis'te BOS bulunur.
BOS, Plexus choroideus' lardan üretilir.

11 Aralık 2017
Hoca: Yüksel Hoca

MEDULLA SPINALIS

Seviyesi: Yeni doğanda → L3
Yetişkinde → L1 (SINAV)

MEDULLA SPINALIS'İN DIŞ YAPISI

Medulla spinalis, foramen occipitale magnum'dan başlayarak canalis vertebralis içerisinde kaudale doğru uzanan santral sinir sistemi kısmıdır. Uzun bir silindir şeklinde olan medulla spinalis, yeni doğanda üçüncü lumbal vertebra, erişkinde ise birinci lumbal vertebra'nın alt kenarı hizasında sonlanır. Erkeklerde, kadınlara göre biraz daha uzun olan medulla spinalis'in boyu, erişkin bir erkekte ortalama 45 cm civarındadır. Medulla spinalis, foramen occipitale magnum seviyesinin üzerinde medulla oblongata ile devam eder. (seviye)

L3-L4 arası epidural enj- rain güvenli aralıktır.

Medulla spinalis, biri servikal bölgede, diğeri lumbal bölgede olmak üzere iki yerde genişleme gösterir (Şekil 9). Servikal bölgedeki genişlemeye *intumescentia cervicalis* adı verilir. Bu genişleme plexus brachialis'in oluşumuna katılan spinal sinirlerin çıktığı segmentlere uyar. Lumbal bölgedeki genişlemeye ise *intumescentia lumbosacralis* adı verilir. Bu genişleme, plexus lumbosacralis'in oluşumuna katılan spinal sinirlerin çıktığı segmentlere uyar. Medulla spinalis'in intumescentia cervicalis seviyesindeki çapı ortalama 38 mm, intumescentia lumbosacralis seviyesindeki çapı ise 35 mm dir. Medulla spinalis, intumescentia lumbosacralis'in alt ucundan itibaren incelir ve *conus medullaris* adını alarak sonlanır. (Genişleme)

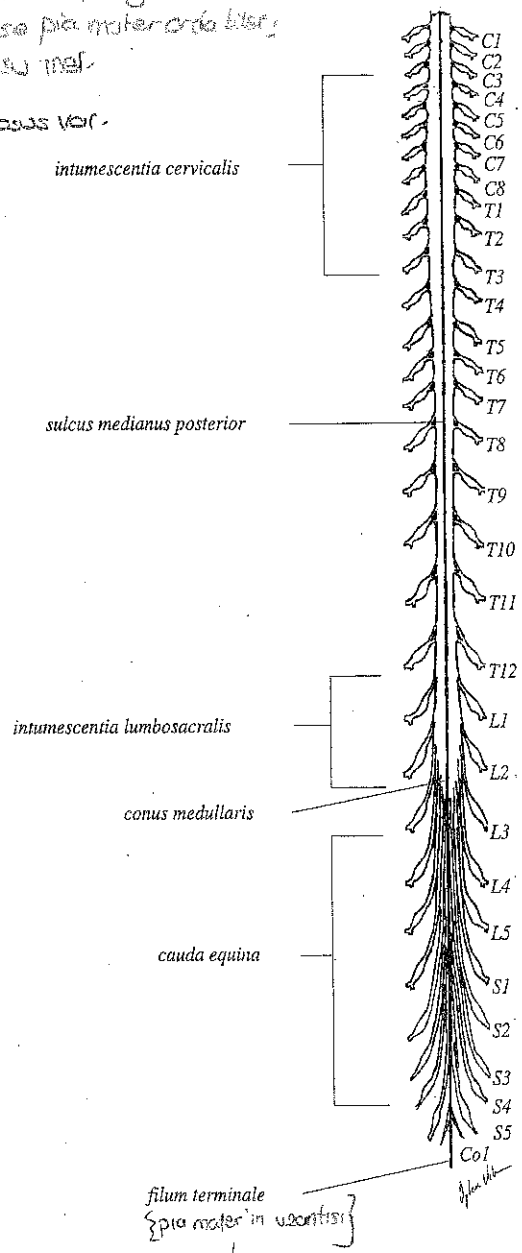
Conus medullaris oluşumu intumescentia lumbosacralis'in alt ucundan başlar.

Medulla spinalis'i saran zarlar, beyini saran zarların devamıdır. Bunlar, medulla spinalis çevresinde dıştan içe doğru *dura mater spinalis*, *arachnoidea mater spinalis* ve *pia mater spinalis* adını alır. Dura mater spinalis ve arachnoidea mater spinalis ikinci sakral vertebra seviyesinde kapanır. Pia mater spinalis, medulla spinalis'in alt ucunda kapanır ve bu seviyeden itibaren ince bir bağ dokusu uzantısı olarak ikinci sakral vertebra seviyesine kadar uzanan *filum terminale (filum terminale internum-filum terminale pars pialis)*'yi oluşturur. Filum terminale'nin üst kısmına yapışık olarak bulunan birkaç sinir lifinin, rudimente olmuş ikinci ve üçüncü koksigeal sinirlerin kalıntıları olduğu düşünülmektedir. Filum terminale, ikinci sakral ver-tebra seviyesinden itibaren dura mater ile birlikte *lig. coccygeum (filum terminale externum-filum terminale pars duralis)* adını alır ve coccyx'e yapışarak sonlanır. (Zarlar)

Dura mater spinalis S2'de sonlanır.

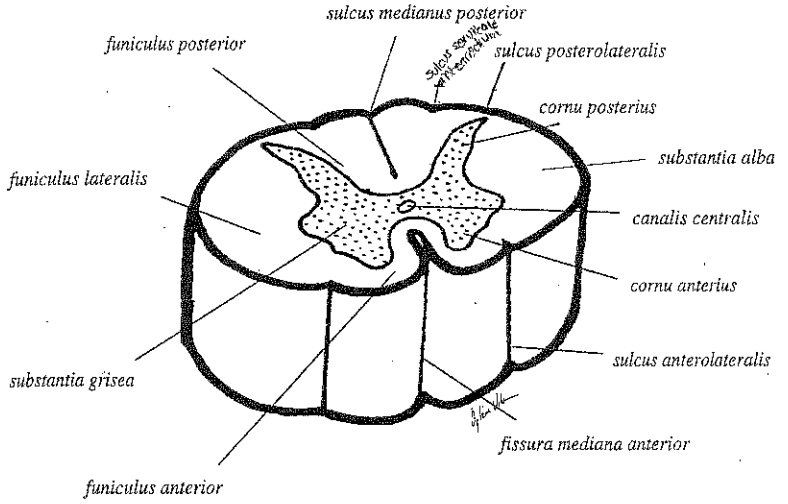
Spatium subarachnoideum içinde BOS bulunur.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 9. Medulla spinalis'in arkadan görünüşü

Medulla spinalis'in ön ve arka tarafında longitudinal yönde seyreden oluklar vardır. Bunlardan ön taraftaki daha derin olup *fissura mediana anterior*, arka taraftaki ise *sulcus medianus posterior* adını alır. Bunlardan başka medulla spinalis'in sağ ve sol tarafında, ön-dış yüzlerinde *sulcus anterolateralis*, arka-dış yüzlerinde *sulcus posterolateralis* adı verilen birer çift oluk daha vardır (Şekil 10).



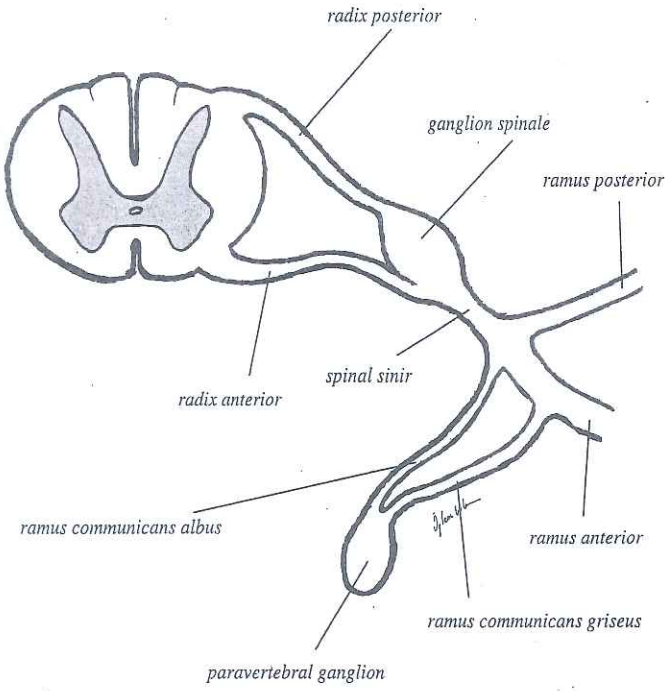
Şekil 10. Medulla spinalis'in horizontal kesiti

SPİNAL SİNİRLER (NERVI SPINALES)

Medulla spinalis'e sulcus posterolateralis'ten giren ve periferden duyuları getiren liflerin oluşturduğu yapıya *radix posterior (sensoria)* adı verilir. Sulcus anterolateralis'ten çıkarak medulla spinalis'i terk eden motor liflerin oluşturduğu yapıya ise *radix anterior (motoria)* adı verilir. Radix posterior ve radix anterior'u oluşturan lifler, sulcus posterolateralis ve sulcus anterolateralis'te *fila radicularia (rootlets)* adı verilen birkaç dal halindedir. Radix anterior ve radix posterior, foramen intervertebrale'de birleşerek bir *spinal sinir (nervus spinalis)*'i oluşturur (Şekil 11). Medulla spinalis'ten otuz bir çift spinal sinir çıkar. Her bir spinal sinir içerisinde genel somatik efferent (GSE), genel somatik afferent (GSA), genel visseral efferent (GVE) ve genel visseral afferent (GVA) sinir lifleri vardır.

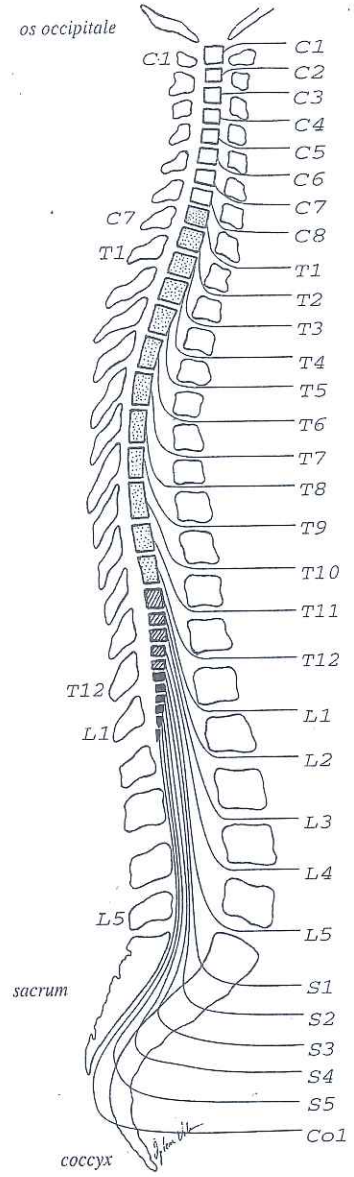
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Medulla spinalis'in segmental bir görünümü olmamasına rağmen, bir çift spinal sinirin çıkış yerine uyan medulla spinalis kısmına *segment* adı verilir. Bu tanımlamaya göre medulla spinalis'te otuz bir segment vardır. Medulla spinalis servikal, torakal, lumbal, sakral ve koksigeal olmak üzere beş bölgeye ayrılır (Şekil 12). Servikal bölgede sekiz, torakal bölgede on iki, lumbal bölgede beş, sakral bölgede beş, koksigeal bölgede ise bir segment vardır. Spinal sinirler çıktıkları segmentlere göre isimlendirilir. Örneğin medulla spinalis'in torakal bölgesinin ikinci segmentinden çıkan spinal sinire "ikinci torakal spinal sinir" veya kısaca "T2" denir.



Şekil 11. Bir spinal sinirin oluşumu

Her bir spinal sinir, foramen intervertebrale'den geçerek canalis vertebralis'i terk eder. Örneğin, ikinci torakal spinal sinir, birinci ve ikinci torakal vertebralar arasındaki foramen intervertebrale'den geçer. Birinci servikal spinal sinir ise atlas ile os occipitale'nin arasından geçer. Bu nedende birinci servikal spinal sinire *n. suboccipitalis* de denir. Medulla spinalis, fetal hayatın üçüncü ayına kadar canalis vertebralis'in tümünü



Şekil 12. Medulla spinalis segmentlerinin vertebra'lara göre pozisyonunu gösteren kesit

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranitey.org

doldurur. Ancak bu zamandan sonra columna vertebralis'in büyüme hızı medulla spinalis'e göre daha fazladır. Conus medullaris, doğumda L3 vertebra seviyesinde iken erişkinde L1 vertebra'nın alt seviyesindedir. Bu nedenle, özellikle lumbal ve sakral segmentlere ait spinal sinirlerin radix'leri kendileri ile ilgili foramen intervertebrale'lere ulaşmak için daha uzun bir yol kateder (Şekil 12). Cisterna lumbaris'te, filum terminale etrafında at kuyruğuna benzer bir görünümü olan bu radix'lerin oluşturduğu yapıya *cauda equina* adı verilir (Şekil 9).

Her bir radix, pia mater ve arachnoidea mater ile sarılı olarak dura mater'e ulaşır. Buradan itibaren dura mater de radix'leri saran kılıfın yapısına katılır. Foramen intervertebrale'de radix anterior ve radix posterior birleşerek spinal siniri oluşturduktan sonra bu kılıf spinal sinirin epineurium tabakasına karışır.

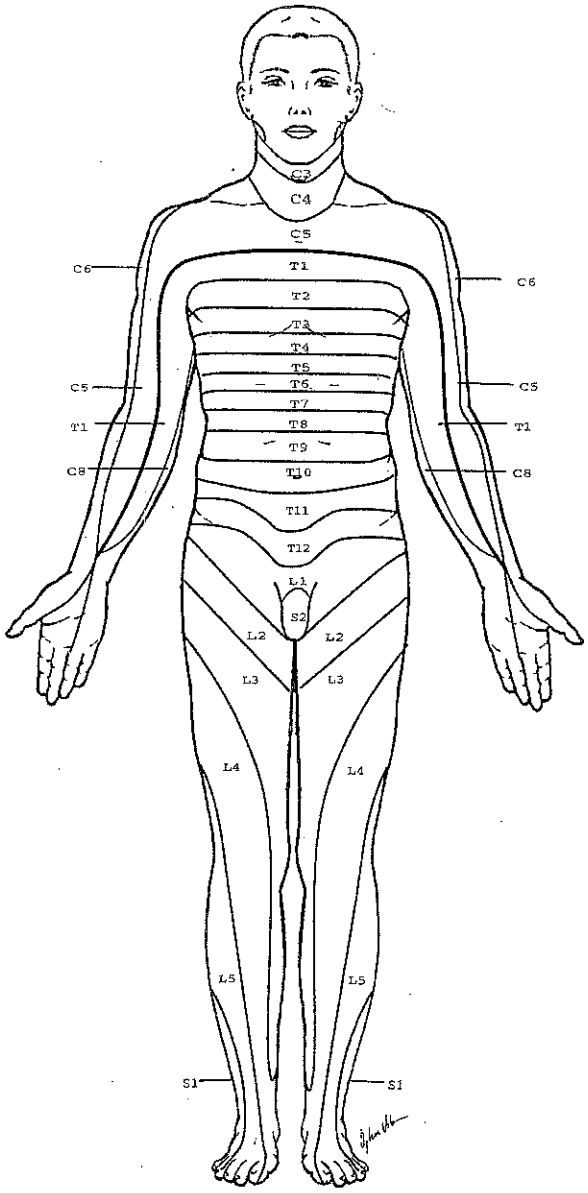
Metamer, dermatom, aksiyel çizgi. Bir spinal sinirin inerve ettiği oluşumlara *metamer (metamere)*, inerve ettiği deri bölgesine ise *dermatom (dermatome)* adı verilir (Şekil 13, 14). Birbirine komşu segmentlerden çıkan spinal sinirlerin genellikle dermatom bölgeleri de komşudur. Bir dermatoma, komşu olduğu dermatomları inerve eden spinal sinirlerden de dallar gelir. Bu nedenle bir spinal sinir kesilirse, o spinal sinire ait dermatomda klinik olarak belirgin bir duyu kaybı görülmez. Ancak bazı bölgelerde, komşu dermatom sahalarını inerve eden sinirler komşu segmentlerden çıkmaz. Bu tür iki dermatom bölgesi arasındaki çizgiye *aksiyel çizgi (axial line)* denir. Aksiyel çizgi aracılığı ile komşu olan iki dermatomu inerve eden sinir lifleri, aksiyel çizginin diğer tarafındaki dermatoma geçmez.

KLİNİK BİLGİ

Varicella zoster isimli virus, spinal sinir arka kök ganglionlarına yerleşerek burada inflamasyona sebep olur. Herpes zoster adı verilen bu hastalıkta, ilgili dermatomlarda şiddetli ağrı ve veziküller ortaya çıkar. Hastalık genellikle bir süre sonra kendiliğinden iyileşir.

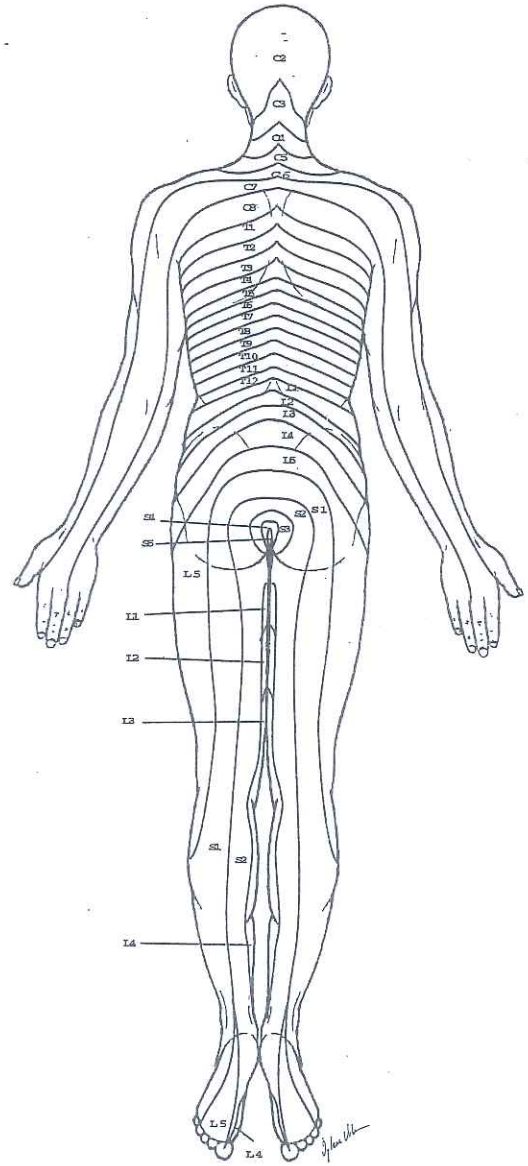
MEDULLA SPINALIS'İN İÇ YAPISI

Transvers bir kesitte, medulla spinalis'in birbirinden farklı renkte, iki kısımdan oluştuğu görülür. Bunlardan iç tarafta olanı *substantia grisea (gri cevher)* adını alır. "H" harfi şeklinde olan bu kısım, nöron gövdeleri ve bunların uzantıları tarafından oluşmuştur. *Substantia alba (beyaz cevher)* ise substantia grisea'nın dış tarafında yer alan, çoğunluğunu miyelinli aksonların oluşturduğu kısımdır (Şekil 10).



Şekil 13. Vücudun ön tarafında dermatom bölgelerinin görünüşü

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 14. Vücudun arka tarafında dermatom bölgelerinin görünüşü

SUBSTANTIA GRISEA

Değişik seviyelerde şekli farklı olmakla birlikte, medulla spinalis'in uzunluğu boyunca bulunur (Şekil 15). Transvers bir kesitte, substantia grisea'nın öne doğru olan uzantılarına *cornu anterius*, arka dışa doğru olan uzantılarına ise *cornu posterius* adı verilir. Bunlardan başka, medulla spinalis'in T1-L3(L2) segmentleri arasında, substantia grisea'nın her iki yanında, *cornu laterale* adı verilen uzantılar bulunur.

Medulla spinalis üç boyutlu olarak değerlendirildiğinde cornu anterius, *columna anterior*; cornu posterius, *columna posterior*; cornu laterale ise, *columna intermedia (columna lateralis)* adını alır. Sağ ve sol taraftaki substantia grisea arasında medulla spinalis'in uzunluğu boyunca uzanan bir kanal vardır. *Canalis centralis* adı verilen bu kanalın ön tarafındaki gri cevher kısmına *commissura grisea anterior*, arka tarafındaki gri cevher kısmına ise *commissura grisea posterior* denir. Canalis centralis içerisinde beyin-omurilik sıvısı bulunur. Yukarıda ventriculus quartus ile devam eden canalis centralis, aşağıda conus medullaris'ten sonra filum terminale içerisinde yaklaşık 5-6 mm seyrederek sonlanır.

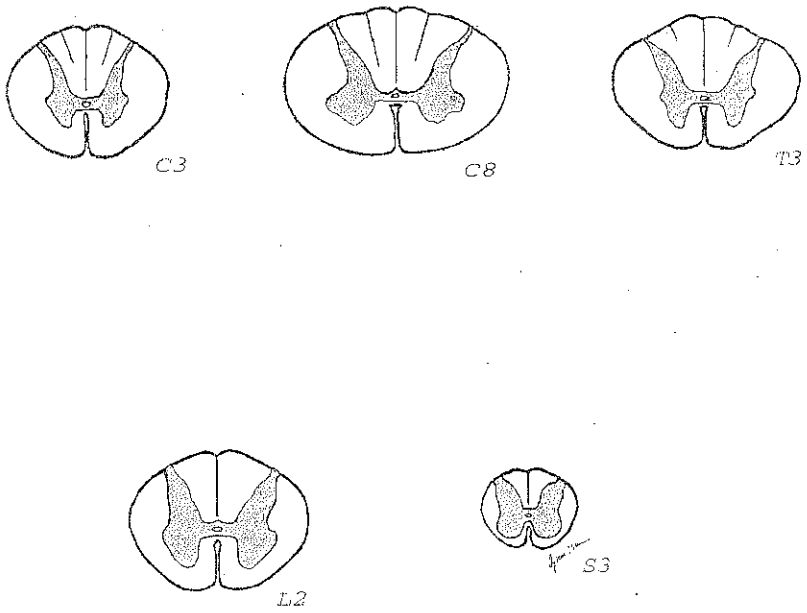
Medulla spinalis'in laminaları (laminae spinales)

Substantia grisea, burada bulunan nöronların büyüklüğü, şekli, hücresel özellikleri ve değişik bölgelerdeki yoğunlukları göz önüne alınarak on laminaya ayrılmıştır (Şekil 16). Rexed isimli araştırmacı tarafından kediler üzerinde yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkarılan bu laminasyonun, insan medulla spinalis'inde de benzer şekilde olduğu, Schoenen isimli araştırmacı tarafından gösterilmiştir. Çok keskin sınırlar ile ayrılmayan bu laminaların substantia grisea içerisindeki yerleşimi, medulla spinalis'in değişik segmentlerinde farklılıklar gösterir. Lamina I, cornu posterius'un en arka sınırında, lamina IX ise cornu anterius'tadır. Bunların arasındaki laminalar, küçükten büyüğe olmak üzere, arkadan öne doğru sıralanır. Lamina X ise canalis centralis'in çevresinde yer alır.

Lamina I'e *nucleus marginalis*, lamina II'ye *substantia gelatinosa*, lamina III ve IV'e birlikte *nucleus proprius* adı da verilir. Laminae I-IV, genel olarak deriden gelen afferent liflerin sinaps yaptığı laminalardır. Bu laminalardan üst merkezlere ulaşan çok sayıda çıkan yollar ile birçok polisinaptik refleks yollarının başladığı kabul edilir. Nosiseptörlerden gelen ağrı ile ilgili duyular özellikle laminae I ve II'de sonlanır. Laminae V ve VI'ya, proprioseptif afferentler ile motor ve duyu cortex'inden veya daha alt merkezlerden başlayan yollar gelir. Bu laminaların, hareketlerin

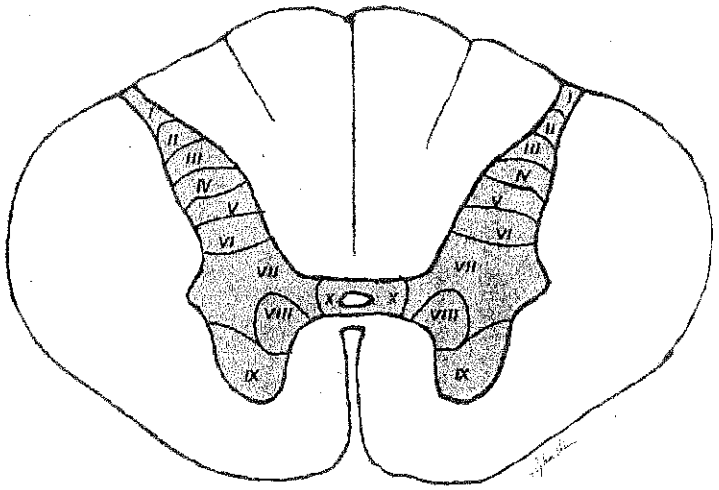
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

düzenlenmesi ile ilgili fonksiyonları olduğu düşünülmektedir.



Şekil 15. Değişik seviyelerden geçen transvers kesitlerde medulla spinalis'in görünümü

Lamina VII'nin mesencephalon ve cerebellum ile çok sayıda bağlantıları vardır. Bu laminanın postür ve hareketlerin düzenlenmesi ile ilgili fonksiyonları olduğu düşünülmektedir. Bu laminada T1-L3(L2) segmentleri arasında *nucleus intermediolateralis, nucleus intermediomedialis* ve *nucleus thoracicus posterior (Clarke's nucleus)* bulunur. Nucleus intermediolateralis'te sempatik preganglionik nöronlar yer alır. Nucleus intermediomedialis'te ise visseral ve somatik afferent impulslara bağlı olarak ortaya çıkan bazı otonomik refleksleri düzenleyen ara nöronlar bulunur. Bu nöronlarda düzenlenen otonomik refleksler ile ilgili impulslar, nucleus intermediolateralis'teki sempatik ve parasempatik preganglionik nöronlara iletilir. Bu laminada S2-S4 segmentleri arasında, nucleus intermediomedialis ile nucleus intermediolateralis'in hemen ön tarafında *nuclei parasympathici sacrales* adı verilen nöron grubu yer alır. Bu nucleus içerisinde parasempatik preganglionik nöronlar bulunur.



Şekil 16. Medulla spinalis'in laminaları

Lamina VIII'de komşu laminalardan, kontralateral lamina VIII'den ve bazı inen yollardan gelen aksonların sinaps yaptığı internöronlar bulunur. Bu laminadaki internöronların, cornu anterius'taki alpha motor nöronlar aracılığı ile, iskelet kaslarının kontraksiyonunun düzenlenmesinde etkisi olduğu kabul edilir.

Lamina IX'da iskelet kaslarını (extrafusal kas lifleri) inerve eden alpha motor nöronlar, intrafusal kas liflerini inerve eden gamma motor nöronlar ile çok sayıda internöron vardır.

Lamina X'da, radix posterior'lar ile gelen afferent liflerin bir bölümü sinaps yapar.

Yukarıda, laminaların insandaki fonksiyonel organizasyonu ile ilgili olarak verilen bilgiler, genel olarak hayvan deneyleri sonucunda elde edilen verilere dayandırılmış olup, bunların değişik hayvan türlerindeki fonksiyonel organizasyonu farklılıklar gösterebilir.

SUBSTANTIA ALBA

Miyelinli aksonların oluşturduğu bu kısım, substantia grisea'ya göre daha açık renktedir. Substantia alba'nın sulcus medianus posterior ile sulcus posterolateralis arasındaki kısmına *funiculus posterior*, sulcus posterolateralis ile sulcus anterolateralis arasındaki kısmına *funiculus lateralis* ve sulcus anterolateralis ile fissura

inen olan yollar buradadır.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranitey.org

mediana anterior arasındaki kısmına *funiculus anterior* adı verilir. Funiculus posterior, medulla spinalis'in servikal ve üst torakal segmentlerinde *septum medianum posterius* ile, medialde fasciculus gracilis ve lateralde fasciculus cuneatus olmak üzere, iki kısma ayrılır. Substantia intermedia centralis'in ön tarafındaki beyaz cevher kısmına *commissura alba anterior*, arka tarafındaki beyaz cevher kısmına ise *commissura alba posterior* denir (Şekil 10).

Funiculus'lar içerisinde, belirli fonksiyonlar ile ilgili akson demetleri ayrı gruplar halinde yerleşmişlerdir. Belirli bir fonksiyonu üstlenen ve genellikle liflerinin büyük çoğunluğunun aynı nucleus'ta sonlandığı akson demetlerine *tractus* veya *fasciculus* adı verilir. Bu tractus veya fasciculus'ların üst merkezlere impuls taşıyanlarına genel olarak çıkan yollar *(ascending tracts)*, supraspinal seviyelerden medulla spinalis'e impuls getirenlerine ise genel olarak *inen yollar (descending tracts)* denir.

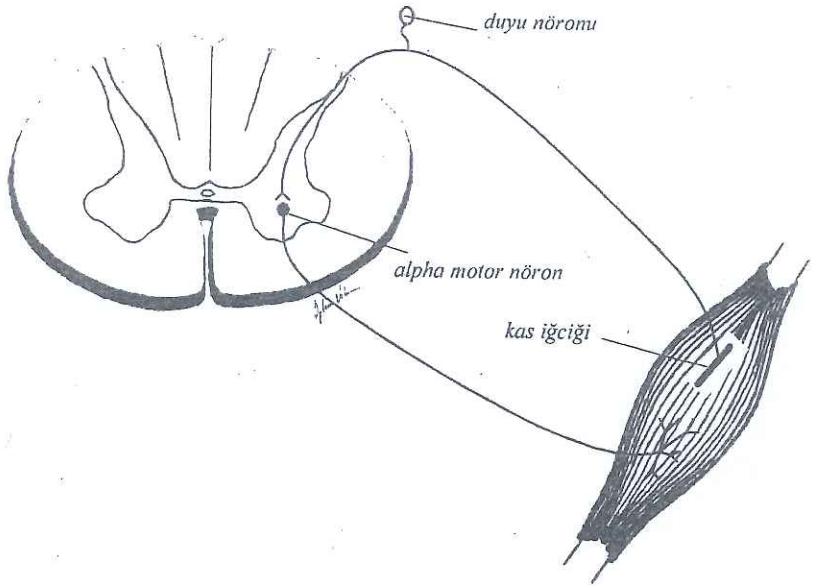
SPİNAL REFLEKSLER

Spesifik bir stimulusa karşı oluşan istek dışı reaksiyona *refleks* adı verilir. Beyinin cortex kısmına ulaşan duyular, şuura ulaşmış olduğu için, isteğe bağlı ve planlanmış hareketlerin yapılabilmesini sağlar. Beyinin cortex'ine ulaşmayarak daha alt merkezlerde değerlendirilen duyular ise hareketlerin en basiti olan refleks cevapların oluşmasına yol açar. Kas, eklem veya derideki reseptörlerden gelen stimulusların, üst merkezlere çıkmadan, medulla spinalis içerisinde değerlendirilmesi sonucu oluşturulan motor cevaplara spinal refleksler denir. Ancak spinal refleksler, alpha motor nöronların inen yollar ile olan birçok sinaptik bağlantıları nedeniyle üst merkezlerin de kontrolü altındadır.

Bir spinal refleksin oluşması için duyunun periferik reseptörler ile alınması, bu duyunun medulla spinalis'teki alpha motor nöronlara taşınması ve bu motor nöronlardan çıkan impulsların efektör yapılara ulaşması gerekir. Ganglion spinale'deki duyu nöronunun santral uzantısı cornu anterius'taki alpha motor nöron ile direkt olarak sinaps yapıyor ise, buna *monosinaptik refleks arkı* (Şekil 17); duyu nöronu ile alpha motor nöron arasında bir veya birden fazla internöron bulunuyor ise, buna *polisinaptik refleks arkı* denir.

Derin tendon refleksleri (deep tendon reflex-stretch reflex-myotatic reflex), kasların gerilmesi sonucu kas iğciklerinin uyarılması ile ortaya çıkan monosinaptik reflekslerdir. *Kas iğcikleri (muscle spindle)*, bağ dokusundan bir kapsül ile sarılı, özelleşmiş kas liflerinden oluşan, gerilmeye hassas yapılardır. Kas iğciği içerisinde yer alan bu özelleşmiş kas liflerine *intrafusal kas lifleri*, diğer kas liflerine ise *extrafusal kas lifleri* adı verilir. Kasın gerilmesi ile intrafusal kas liflerinde oluşan

impuls, grup Ia afferent sinir lifleri ile medulla spinalis'in cornu anterius'undaki alpha motor nörona iletilir. Buradaki motor nöron da aldığı impulsu motor son plaklar aracılığı ile inerve ettiği extrafusal kas liflerine ileterek kasılmaya neden olur. Grup Ia afferent aksonlar, aynı zamanda sinerjist kasları inerve eden alpha motor nöronların uyarılmasına ve inhibitör internöronlar aracılığı ile antagonist kasları inerve eden alpha motor nöronların inhibisyonuna neden olurlar. Böylece sinerjist kasların kasılması ve antagonist kasların gevşemesi, hareketlerin amaca uygun ve daha hızlı olarak yapılabilmesini sağlar (Şekil 18).



Şekil 17. Monosinaptik refleks arkı

Golgi tendon organı, kas ve tendonun birleşme yerinde bulunan kapsüllü yapılardır. Golgi tendon organı da, kas iğciği gibi, gerilmeye hassastır. Kasın kasılması ile uyarılan Golgi tendon organlarından çıkan impulslar, grup Ib afferent aksonlar ile medulla spinalis'e taşınır. Ancak bu aksonlar, grup Ia afferent aksonların tersine, substantia grisea'daki inhibitör internöronlar aracılığı ile, sinerjist kasları inerve eden alpha motor nöronların inhibisyonuna ve antagonist kasları inerve eden alpha motor nöronların uyarılmasına neden olur. Kas iğcikleri ve Golgi tendon organları aracılığı ile oluşturulan derin tendon refleksleri, kas tonusunun medulla spinalis

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

seviyesinde düzenlenmesini sağlar.

Birçok deri bölgesinde, mekanik stimülasyon, genellikle uyarılan deri bölgesinin altında yer alan kaslarda refleks kontraksiyona neden olur. Belirli deri bölgelerinin uyarılması ile ortaya çıkan bu tür reflekslere *cilt refleksleri (cutaneous reflexes)* adı verilir. Karın cildinin, genellikle lateralden mediale doğru uyarılması ile abdominal kaslarda görülen kontraksiyon *(karın cildi refleksi)*; inguinal bölge derisinin uyarılması ile m. cremaster'in kontraksiyonu *(cremaster refleksi);* ayak tabanının, genellikle topuktan parmaklara doğru uyarılması ile ayak parmaklarında görülen plantar fleksiyon *(plantar refleks)* cilt reflekslerine örnek olarak verilebilir.

Bir ekstremiteye uygulanan şiddetli ağrı ve ısı gibi zarar verici stimuluslar, o ekstremitede birçok eklemin katıldığı koordine kas kontraksiyonuna yol açar. Polisinaptik refleks yolları aracılığı ile düzenlenen ve korumaya yönelik bu hareketlere *fleksiyon refleksi (flexion withdrawal reflex)* adı verilir. Bu reflekste, impulsu alan ekstremitedeki fleksor kaslar kasılırken ekstansor kaslar inhibe olur; karşı ekstremitede ise ekstansor kaslar kasılırken fleksor kaslar inhibe olur. İki ekstremitede birbirine ters hareketlerin yapılması, ağrılı stimulustan kaçınırken postürün korunmasını sağlar.

RADIX POSTERIOR İLE GELEN AFFERENT AKSONLARIN SONLANMALARI

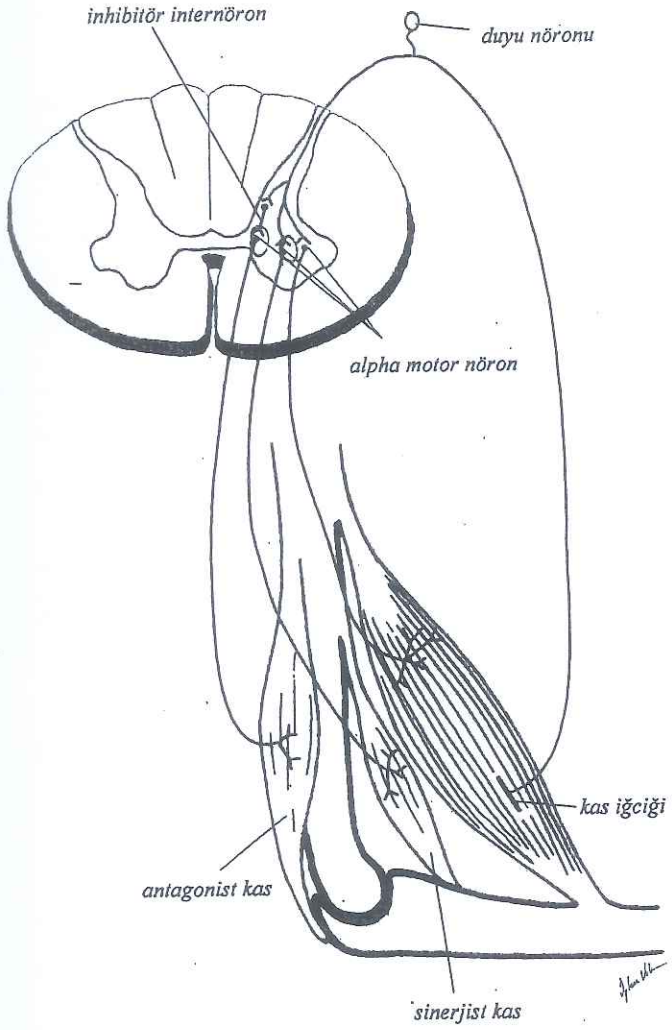
Ganglion spinale'den radix posterior ile medulla spinalis'e gelen afferent aksonlardan kalın miyelinli olanlar fila radicularia'nın medialinde, ince miyelinli ve miyelinsiz olanlar ise lateralinde bulunur. Kalın miyelinli aksonlar proprioseptif duyular ile ince miyelinli ve miyelinsiz aksonlar ise ağrı-ısı ve hafif dokunma duyuları ile ilgili impulsları medulla spinalis'e getirirler.

Ganglion spinale'deki nöronların santral uzantıları medulla spinalis'e girdikten sonra substantia alba içerisinde çıkan ve inen dallar verirler. Bu dallardan ayrılan çok sayıda kollateraller vardır. İnce miyelinli ve miyelinsiz aksonların verdiği kollateraller, substantia grisea'ya girmeden önce birkaç segment yukarıya veya aşağıya giden dallar verirler. Bu dallar medulla spinalis'in cornu posterius'unun dorsolateral kısmında bulunan ve *tractus posterolateralis (Lissauer's tract)* adı verilen yol içerisinde seyrettikten sonra gri cevherin yüzeyel laminalarında sonlanırlar. Bunların, periferden gelen ağrı-ısı ve hafif dokunma duyusu ile ilgili impulsları düzenlediği düşünülmektedir. Tractus posterolateralis'te ayrıca lamina II'nin değişik seviyeleri arasında uzanan aksonlar da vardır. Kalın miyelinli aksonlar ise medulla spinalis'te funiculus posterior içerisinde seyrederek medulla oblongata'ya

doğru yükselir. Kalın miyelinli aksonların verdiği kollateraller de substantia grisea'ya girmeden önce birkaç segment yukarıya veya aşağıya giden dallar verirler. Bunlar substantia grisea'nın derin laminalarında sinaps yapar.

Radix posterior ile gelen afferent aksonların verdiği kollateral dallar, impulsların internöronlara iletilmesi ve intrasegmental veya intersegmental refleksler ile ilgilidir. *İntrasegmental refleksler,* afferent aksonların substantia grisea içerisine girdiği segment ve buna komşu olan segmentlerinde sonlanan kollateralleri tarafından düzenlenir. *Patella refleksi (knee jerk reflex)* intrasegmental reflekslere örnek olarak verilebilir. Bu refleks, diz eklemi serbest fleksiyon durumunda iken, lig. patellae'ya refleks çekici ile vurulduğunda m. quadriceps femoris'teki kas iğciklerinin uyarılması ve bu impulsların radix posterior'dan girerek alpha motor nöronlar aracılığı ile m. quadriceps femoris'te kasılmaya yol açması sonucu ortaya çıkar. *İntersegmental refleksler* ise afferent liflerin uzak segmentlere verdiği kollateraller tarafından düzenlenir. Vücut pozisyonunun ani olarak bozulması sonucu ortaya çıkan *postural refleksler* intersegmental reflekslere örnek olarak verilebilir.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 18. Polisinaptik refleks arkına sinerjist kasların aktivasyonu, antagonist kasların inhibisyonu

MEDULLA OBLONGATA

Beyin sakının en kaudalde yer alan kısmı olan medulla oblongata (bulbus, myelencephalon), altta medulla spinalis, üstte pons ile devam eder. Medulla spinalis ile medulla oblongata'nın birleştiği yer yaklaşık olarak foramen magnum seviyesindedir. Yüzeyel yapılar açısından, medulla spinalis'ten medulla oblongata'ya geçiş ön tarafta fissura mediana anterior'un decussatio pyramidum seviyesinde kaybolması, arka tarafta tuberculum gracile ve tuberculum cuneatum'ların ortaya çıkması, medulla spinalis'teki canalis centralis'in ventriculus quartus ile devam etmesi ve spinal sinirlerin yerine kranial sinirlerin görülmesi gibi özelliklerle belirgindir. Medulla oblongata ile pons arasındaki sınırı ön yüzde sulcus bulbopontinus arka yüzde ise ventriculus quartus'un recessus lateralis'lerini birleştiren çizgi belirler.

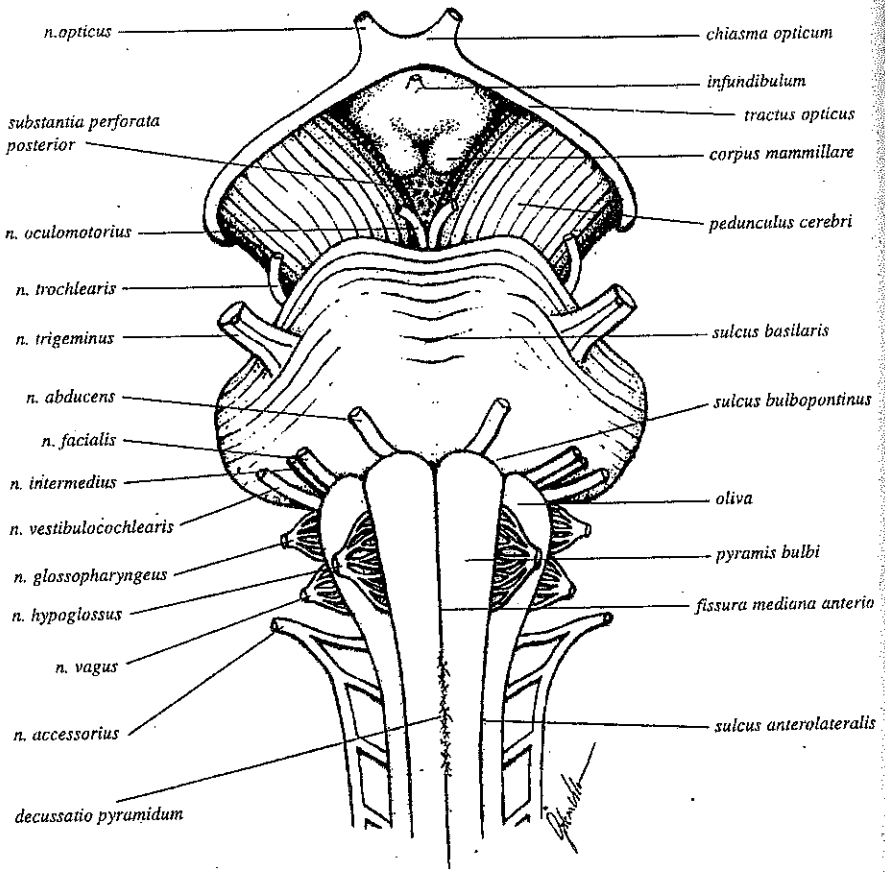
MEDULLA OBLONGATA'NIN DIŞ YAPISI

Medulla oblongata'nın ön yüzünde, decussatio pyramidum seviyesinin üzerinde görülen *fissura mediana anterior*, medulla spinalis'teki fissura mediana anterior'un devamıdır (Şekil 19). Bunun her iki yanında tractus corticospinalis'e ait aksonların oluşturduğu *pyramis bulbi (pyramis medullae oblongatae-medullary pyramid)* adı verilen kabarıntılar vardır. Pyramis bulbi'ler aşağıya doğru incelir ve içlerindeki aksonların büyük bir kısmı medulla oblongata'nın alt seviyelerinde *decussatio pyramidum* adı verilen çaprazı oluşturarak karşı tarafa geçer. Pyramis bulbi'nin lateralinde *sulcus anterolateralis* yer alır. Bu sulcus'tan *n. hypoglossus* birkaç kök şeklinde çıkar. Sulcus anterolateralis'lerin lateralinde ve her iki tarafta, nuclei olivares inferiores (inferior olivary complex)'in oluşturduğu *oliva (inferior olive)* adı verilen kabarıntılar bulunur. Her iki oliva'nın posterolateralinde *sulcus retroolivaris*'ten, aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla, *n. accessorius*'u oluşturan sinir kökleri, *n. vagus* ve *n. glossopharyngeus* çıkar.

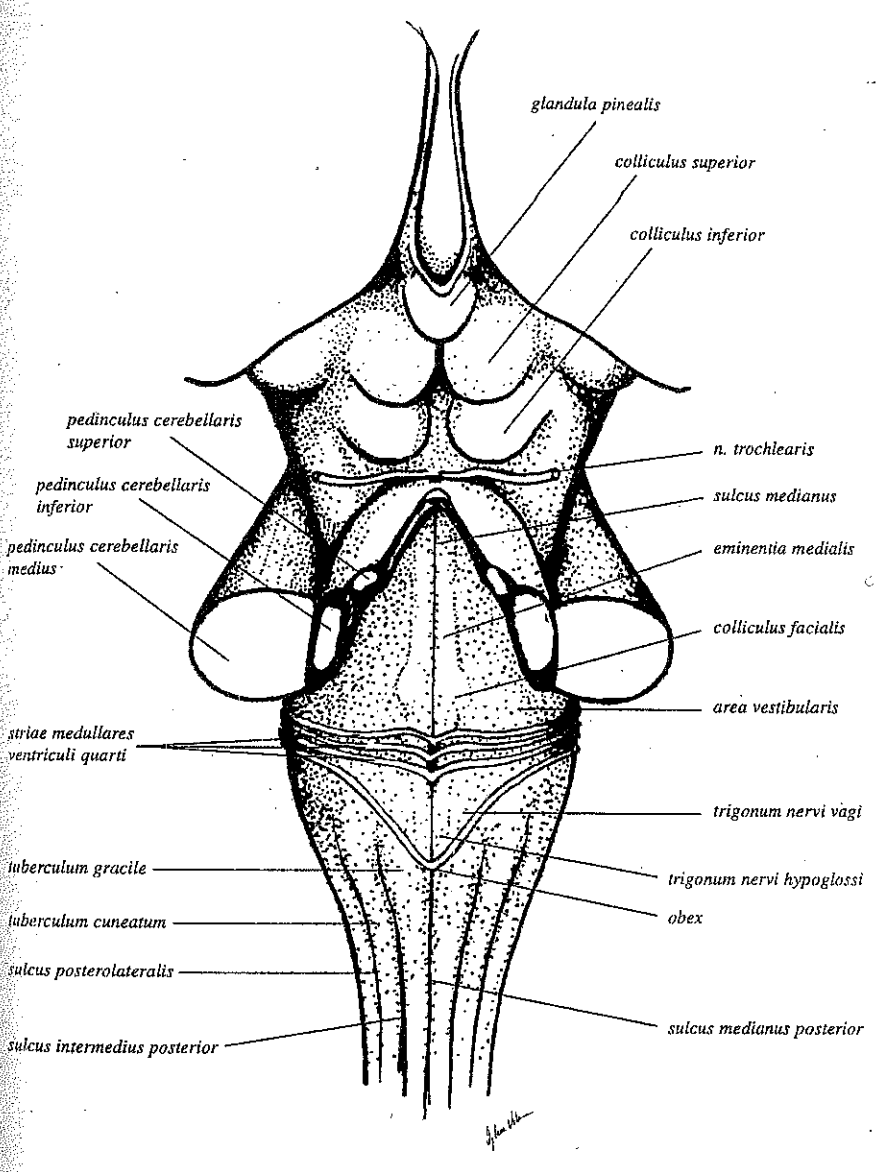
Arka yüzde, alt tarafta *sulcus medianus posterior*'un her iki yanında, medialde nucleus gracilis'in oluşturduğu *tuberculum gracile*, lateralde nucleus cuneatus'un oluşturduğu *tuberculum cuneatum* adı verilen kabarıntılar bulunur (Şekil 20). Arka yüzün üst tarafında, ventriculus quartus'un tabanını oluşturan *fossa rhomboidea*'nın

Ücretsiz PDF kitap Arşivi - https://ranter.org

alt yarımı yer alır. Fossa rhomboidea'nın ortasında vertikal yönde uzanan ve *sulcus medianus* adı verilen bir oluk bulunur. Bu oluğun her iki yanındaki kabarıntılara *eminentia medialis* adı verilir. Eminentia medialis'ler lateralde *sulcus limitans* adı verilen oluklar ile sınırlanmıştır. Sulcus limitans'ların lateral kısımlarında, nuclei vestibulares'in oluşturduğu, *area vestibularis* adı verilen bölge yer alır. Area vestibularis'in alt kısmı medulla oblongata'da, üst kısmı pons'ta bulunur. Fossa rhomboidea'nın orta kısmında, sulcus medianus'tan her iki yana doğru uzanan liflerin oluşturduğu kabarıntılara *striae medullares ventriculi quarti* adı verilir.



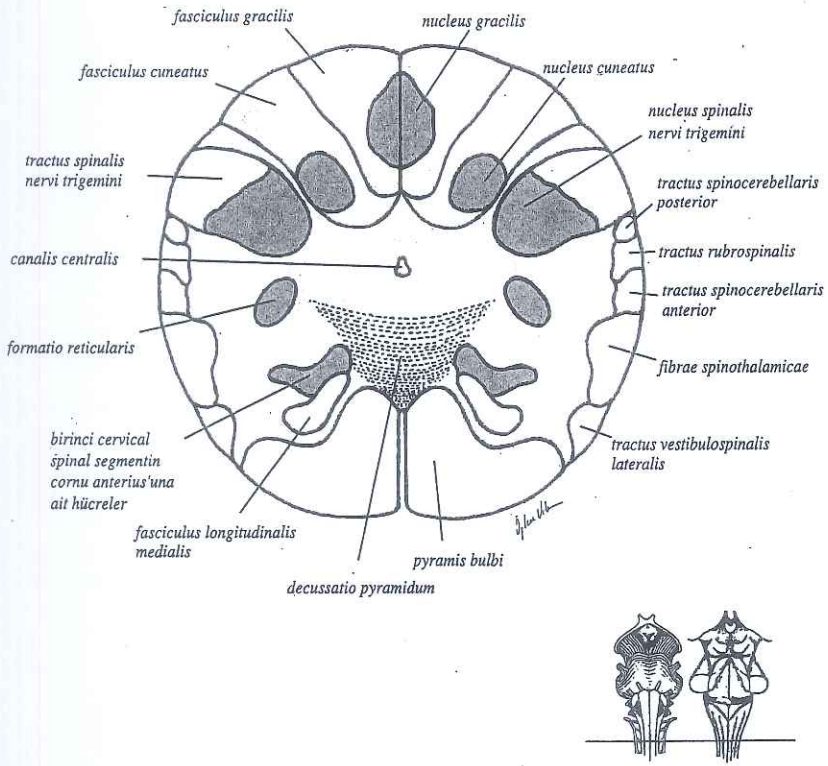
Şekil 19. Beyin sakının ön yüzden görünüşü



Şekil 20. Beyin sakının arka yüzden görünüşü

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

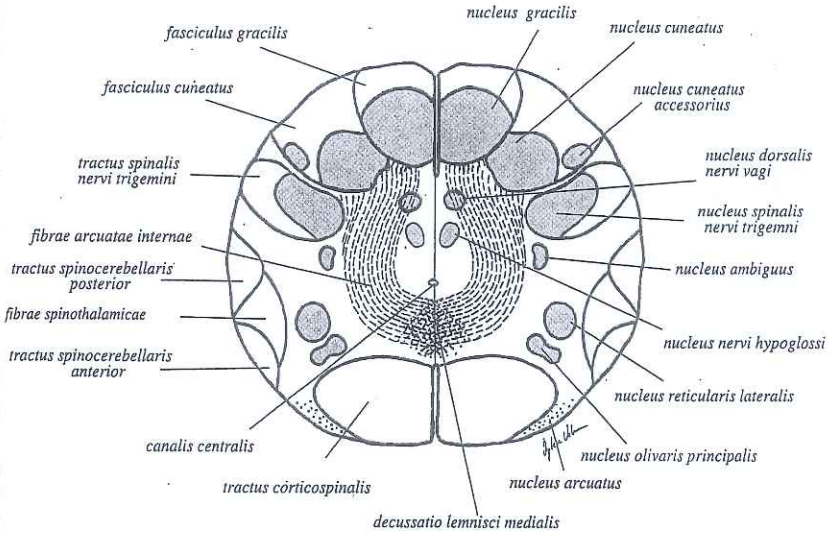
Fossa rhomboidea'nın stria medullaris'in altında kalan kısmında ve sulcus medianus'un her iki yanında, medialde *trigonum nervi hypoglossi* ve lateralde *trigonum nervi vagi* adı verilen kabarıntılar bulunur. Bunlar, sırasıyla, derinde yer alan *nucleus nervi hypoglossi* ve *nucleus dorsalis nervi vagi*'nin oluşturduğu kabarıntılardır. Ventriculus quartus'un duvarları, fossa rhomboidea'nın alt ucunda birleşir. Bu birleşim yerine *obex* adı verilir. Obex'in rostralinde, her iki tarafta *area postrema* adı verilen küçük kabarıntılar yer alır.

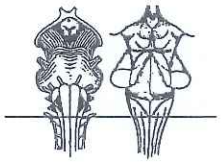


Şekil 21. Medulla oblongata'nın decussatio pyramidum seviyesinden geçen transvers kesiti

MEDULLA OBLONGATA'NIN İÇ YAPISI

Medulla oblongata'nın alt seviyelerinden geçen kesitlerde en belirgin yapılar, önde decussatio pyramidum, arkada nucleus gracilis ve nucleus cuneatus (Şekil 21); orta seviyelerinden geçen kesitlerde en belirgin yapı decussatio lemnisci medialis (Şekil 22); üst seviyelerinden geçen kesitlerde ise en belirgin yapılar nuclei olivares inferiores ve nuclei vestibulares'tir (Şekil 23). Medulla oblongata'da bazı kranial sinirler ile ilgili nucleus'lar, inen-çıkan yollar ve medulla oblongata'ya ait nuclei reticulares bulunur.





Şekil 22. Medulla oblongata'nın decussatio lemnisci medialis seviyesinden geçen transvers kesiti

Ücretsiz PDF kitap Alsın! - https://ranter.org

Decussatio pyramidum

Tractus corticospinalis, medulla oblongata'nın ön tarafında ve orta hattın her iki yanında aşağıya doğru seyreder. Tractus corticospinalis'i oluşturan aksonların büyük bir kısmı, medulla oblongata'nın alt seviyelerinde çapraz yaparak karşı tarafa geçer (Şekil 19, 21). Medulla spinalis'in üst segmentlerinde sonlanan aksonlar decussatio pyramidum'un üst kısımlarında, daha alt segmentlerinde sonlanan aksonlar ise alt kısımlarında çapraz yapar. Decussatio pyramidum'da çapraz yaparak karşı tarafa geçen aksonlar funiculus lateralis içerisinde *tractus corticospinalis lateralis*'i oluşturur. Karşı tarafa geçmeyen liflerin bir kısmı ipsilateral funiculus anterior'da *tractus corticospinalis anterior*'u, bir kısmı ise ipsilateral funiculus lateralis'te *tractus corticospinalis anterolateralis*'i oluşturur.

Nucleus gracilis, nucleus cuneatus

Şuurlu proprioception ile ilgili olan *fasciculus gracilis* ve *fasciculus cuneatus* içerisindeki aksonlar, nucleus gracilis ve nucleus cuneatus'taki ikinci nöronlar ile sinaps yapar (Şekil 21). Medulla oblongata'nın alt seviyelerinde ve arka tarafında bulunan nucleus gracilis ve nucleus cuneatus'tan başlayan aksonlar *fibrae arcuatae internae* adını alır. Bu lifler, anteromediale doğru seyrederek substantia grisea centralis'in önünde çapraz yaparak karşı tarafa geçer. Her iki taraftan gelen liflerin oluşturduğu çapraza *decussatio lemnisci medialis* adı verilir (Şekil 22). Decussatio lemnisci medialis'in seviyesi, decussatio pyramidum'a göre daha yukarıdadır. Karşı tarafa geçen lifler lemniscus medialis adını alarak orta hattın her iki yanında, tractus pyramidalis'in arka tarafında yukarıya doğru yükselir (Şekil 23). Nucleus gracilis'ten başlayan aksonlar, lemniscus medialis içerisinde daha ventralde, nucleus cuneatus'tan başlayanlar ise daha dorsalde seyreder.

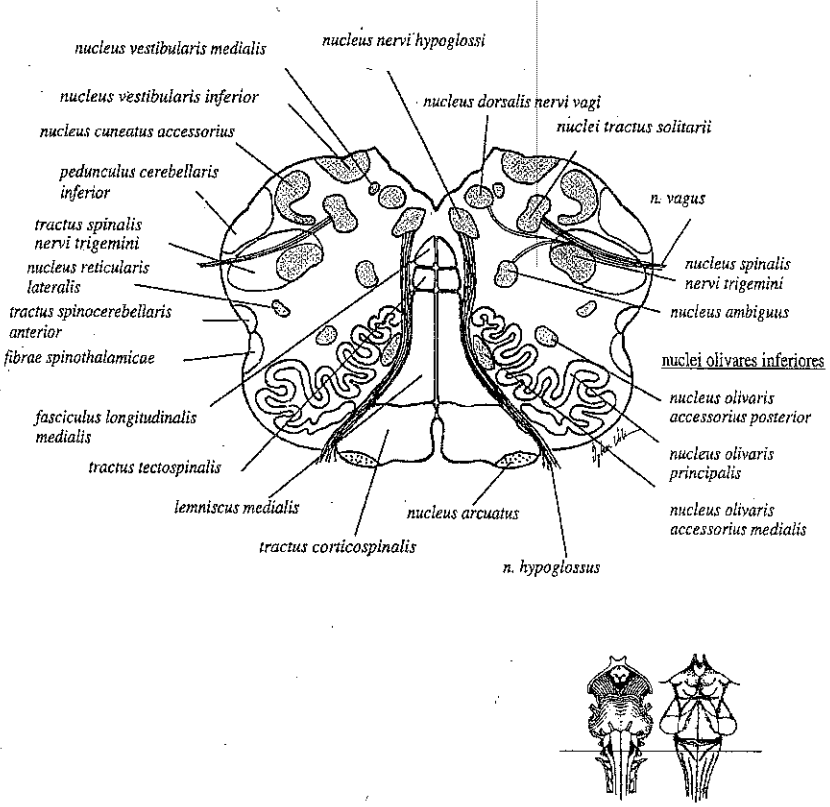
Nucleus cuneatus accessorius

Nucleus cuneatus'un rostral kısmının lateralinde yer alan bu nucleus, C8 seviyesinin üzerinden gelen şuuraltı proprioception ile ilgilidir. Bu yol ile ilgili aksonlar nucleus cuneatus accessorius'taki ikinci nöronlar ile sinaps yaparlar. Bu nöronların aksonları *fibrae arcuatae externae posteriores* adını alır ve ipsilateral pedunculus cerebellaris inferior'dan geçerek cerebellum'da sonlanır.

Nuclei olivares inferiores (complexus olivaris inferior, inferior olivary nuclear complex)

Nuclei olivares inferiores, medulla oblongata'nın üst seviyelerinden geçen kesitlerde görülen en belirgin yapı olup medulla oblongata'nın ön-dış yüzündeki oliva adı verilen kabarıntıyı oluşturur (Şekil 19, 23). Bu nucleus grubu, *nucleus olivaris principalis*, *nucleus olivaris accessorius posterior* ve *nucleus olivaris accessorius medialis* isimli üç ayrı nucleus'tan oluşmuştur. Nuclei olivares inferiores'teki nöronların aksonları orta hattı çaprazlar ve pedunculus cerebellaris inferior'dan geçerek cerebellum'da sonlanır.

Nuclei olivares inferiores'e medulla spinalis'in bütün segmentlerinden çıkan afferent lifler geldiği gibi, cerebral cortex, nucleus ruber, mesencephalon'daki substantia grisea centralis, nucleus vestibularis inferior, nucleus spinalis nervi trigemini ve kontralateral nuclei cerebelli'den inen afferent lifler de gelir.



Şekil 23. Medulla oblongata'nın nuclei olivares inferiores ve nuclei vestibulares seviyesinden geçen transvers kesiti

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Pedunculus cerebellaris inferior

Medulla spinalis ve medulla oblongata'dan başlayarak cerebellum'a giden aksonların oluşturduğu bu yapı, medulla oblongata'nın üst seviyelerinden geçen kesitlerde görülür (Şekil 23). Pedunculus cerebellaris inferior, medulla oblongata'nın dorsolateral kenarında yer alır. Tractus spinocerebellaris posterior, tractus spinocerebellaris anterior'a ait liflerin bir kısmı, tractus cuneocerebellaris, tractus olivocerebellaris ile bazı retiküler nucleus'lar ve nuclei vestibulares'ten başlayan lifler, pedunculus cerebellaris inferior içerisinden geçerek cerebellum'a ulaşan yollardır. Cerebellum'dan başlayıp nuclei vestibulares ve bazı retiküler nucleus'lara giden efferent lifler ise pedunculus cerebellaris inferior'dan geçerek cerebellum'u terk eden yollardır.

Area postrema

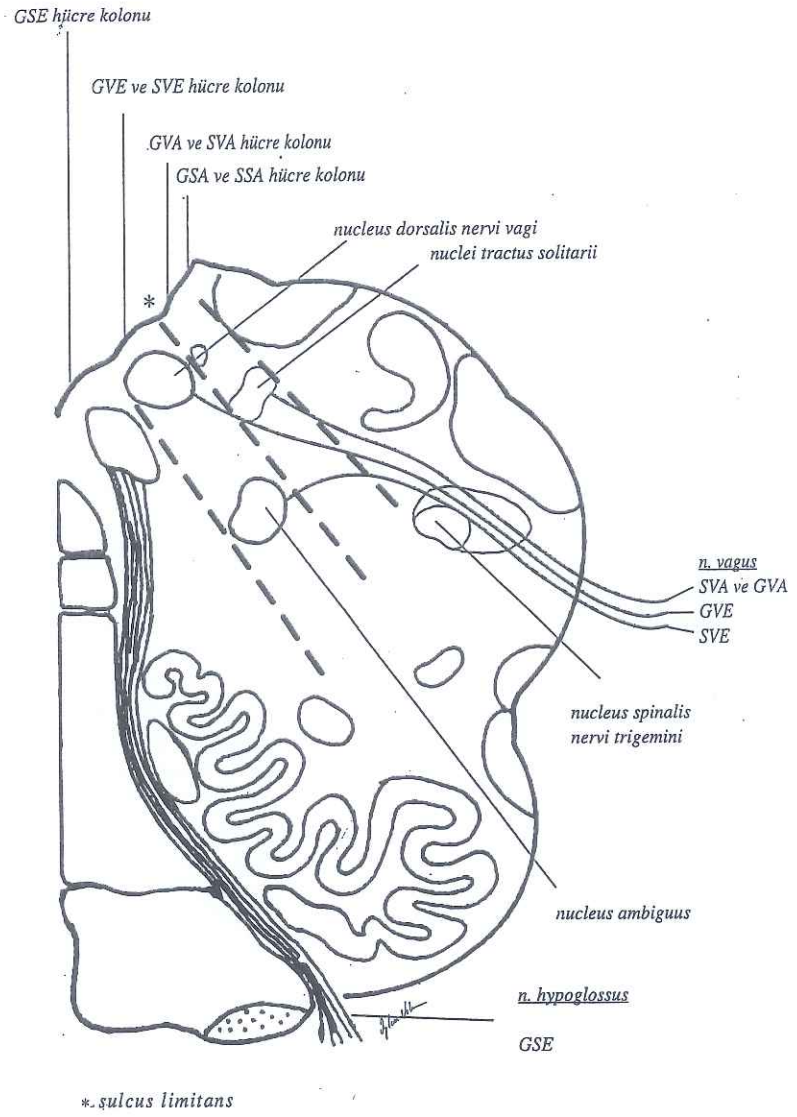
Obex'in rostralinde ve her iki tarafta yer alan bu oluşumlar, kan-beyin bariyerinin bulunmadığı bölgelerden biridir (Şekil 8). Nuclei tractus solitarii ve medulla spinalis ile bağlantıları olduğu gösterilen area postrema, bazı kimyasal maddelere hassas olan emetik bir kemoreseptördür.

Medulla oblongata'daki nuclei reticulares

Beyin sakının tüm kısımlarında bulunan nuclei reticulares, *formatio reticularis* adı verilen sistemi oluşturur. Medulla oblongata'da yer alan formatio reticularis'e ait nucleus'lar şunlardır: *nucleus reticularis lateralis, nucleus reticularis ventralis, nucleus reticularis gigantocellularis, nucleus reticularis parvocellularis, nucleus reticularis paramedianus*. Bunlardan başka, beyin sakında orta hat boyunca uzanan ve *nuclei raphes (raphe nuclei)* adı verilen nucleus'ların da formatio reticularis'e ait olduğu kabul edilir. Bu nucleus'lardan *nucleus raphes obscurus, nucleus raphes pallidus* ve *nucleus raphes magnus* medulla oblongata seviyesinde bulunur. Nuclei raphes'deki nöronların büyük bir kısmı serotonin, bir kısmı ise kolesistokinin içerir ve bu maddeleri sinaptik terminallerinden salgılarlar.

Medulla oblongata'daki kranial sinir nucleus'ları

Kranial sinirlerde, spinal sinirlerdeki GSA (genel somatik afferent), GSE (genel somatik efferent), GVA (genel visseral afferent), GVE (genel visseral efferent) sinir liflerine ek olarak SSA (özel somatik afferent), SVA (özel visseral afferent) ve SVE (özel visseral efferent) sinir lifleri de vardır. Medulla oblongata'da afferent sinirlerin geldiği nucleus'lar sulcus limitans'ın lateralinde, efferent sinirlerin geldiği nucleus'lar ise sulcus limitans'ın medialinde yer alır.



Şekil 24. Medulla oblongata'da farklı fonksiyonlar ile ilgili hücre kolonlarının sulcus limitans'a göre lokalizasyonu

Ücretsiz PDF kitap arşivi - https://ranter.org

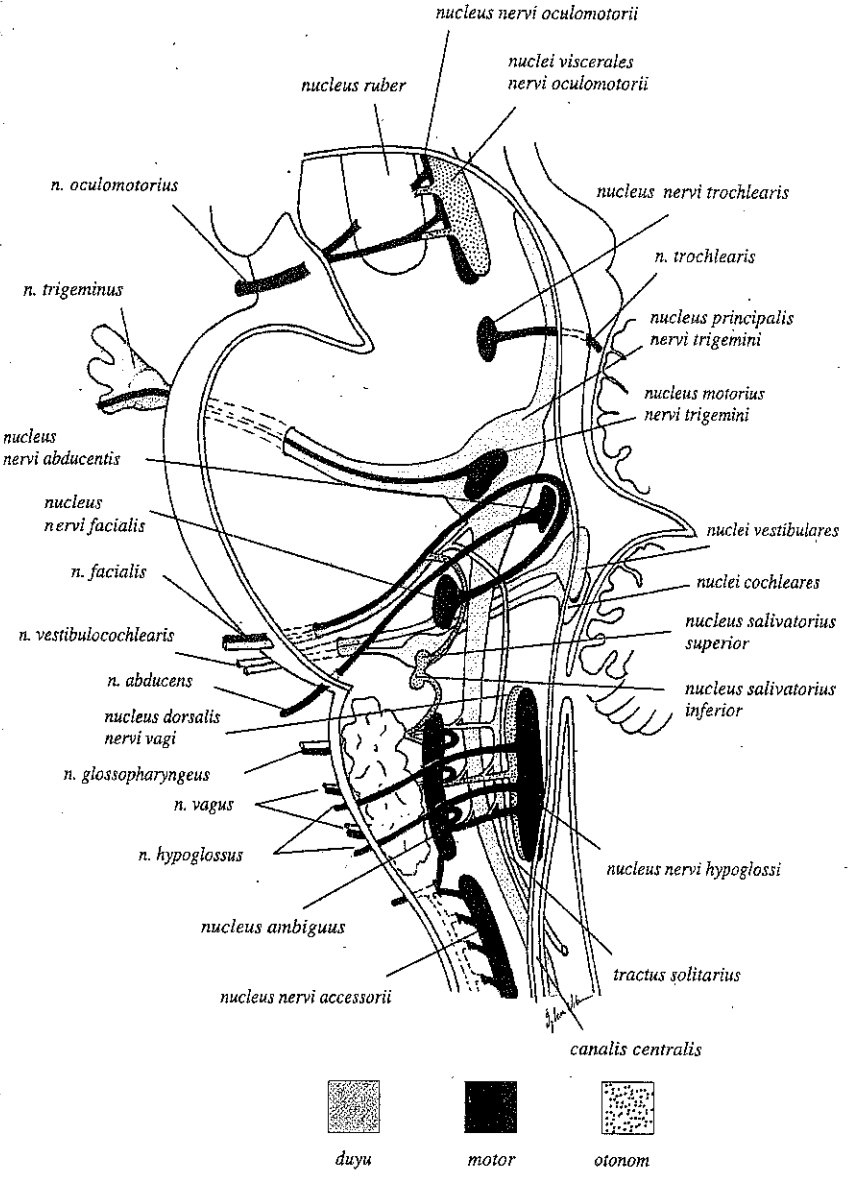
Medulla oblongata'daki nucleus'lar medialden laterale doğru: 1) GSE, 2) GVE ve SVE, 3) GVA ve SVA, 4) SSA ve GSA olmak üzere dört adet hücre kolonu şeklinde bir sıralanma gösterirler (Şekil 24).

Medulla oblongata'da n. trigeminus'un duyu nucleus'larından biri olan *nucleus spinalis nervi trigemini;* n. facialis, n. glossopharyngeus ve n. vagus'un ortak duyu nucleus'u olan *nuclei tractus solitarii;* n. glossopharyngeus, n. vagus ve n. accessorius'un ortak motor nucleus'u olan *nucleus ambiguus;* n. hypoglossus'un motor nucleus'u olan *nucleus nervi hypoglossi*; n. glossopharyngeus'un parasempatik nucleus'u olan *nucleus salivatorius inferior* ve n. vagus'un parasempatik nucleus'u olan *nucleus dorsalis nervi vagi* bulunur. Bunlardan başka n. vestibulocochlearis'in vestibular kısmı ile ilgili olan nuclei vestibulares'in alt nucleus'larından *nucleus vestibularis inferior* ve *nucleus vestibularis medialis* de medulla oblongata'da yer alır (Şekil 21, 22, 23, 25, 26).

Tractus spinalis nervi trigemini, nucleus spinalis nervi trigemini

Nucleus spinalis nervi trigemini, baş-boyun bölgesinden gelen ağrı-ısı duyusu (GSA) ile ilgilidir. Bu duyular ile ilgili birinci nöronlar ganglion trigeminale'de bulunur. Bu nöronların periferik uzantıları baş-boyun bölgesindeki ağrı-ısı ile ilgili reseptörlerden impulsları alır; santral uzantıları ise pons'un üst seviyelerinde beyin sakına girer. Bu aksonlar beyin sakında ve medulla spinalis'in üst 1-2 servikal segmentlerinde uzanan *tractus spinalis nervi trigemini*'yi oluşturur (Şekil 25, 26). Tractus spinalis nervi trigemini, medulla oblongata'nın posterolateral kısmında yer alır. *Nucleus spinalis nervi trigemini* ise bu tractus'un medialinde bulunur ve pons'tan medulla spinalis'in C2 seviyesine kadar uzanır (Şekil 21, 22, 23). Tractus spinalis nervi trigemini içerisindeki aksonlar, nucleus spinalis nervi trigemini'nin çeşitli seviyelerinde ikinci nöronlar ile sinaps yapar. Baş-boyun bölgesinden gelen dokunma duyusu ile ilgili impulsların bir kısmı da tractus spinalis nervi trigemini'ye katılır ve nucleus spinalis nervi trigemini'nin bütün seviyelerinde sonlanır. Ancak baş-boyun bölgesinin dokunma duyusu ile ilgili esas nucleus'u pons seviyesinde yer alan *nucleus principalis nervi trigemini*'dir.

Tractus spinalis nervi trigemini ve nucleus spinalis nervi trigemini içerisindeki aksonlar somatotopik bir dağılım gösterir. Buna göre n. trigeminus'un mandibular kısmından gelen lifler en dorsalde, maxillar kısmından gelen lifler ortada, ophthalmic kısmından gelen lifler ise en ventralde yerleşmiştir. Bundan başka n. trigeminus'un ophthalmic kısmından gelen lifler servikal seviyelere kadar inerken, maxillar kısmından gelenler daha rostralde, mandibular kısmından gelenler ise medulla oblongata'nın orta seviyelerinde sonlanır. Nucleus spinalis nervi trigemini içerisindeki bazı nöronlar, verdikleri kollateral dallar aracılığı ile nucleus'un değişik seviyeleri arasında bağlantı sağlarlar.



Şekil 25. Sagittal kesitte beyin sakındaki kranial sinir nucleus'larının lokalizasyonu

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://rantey.org

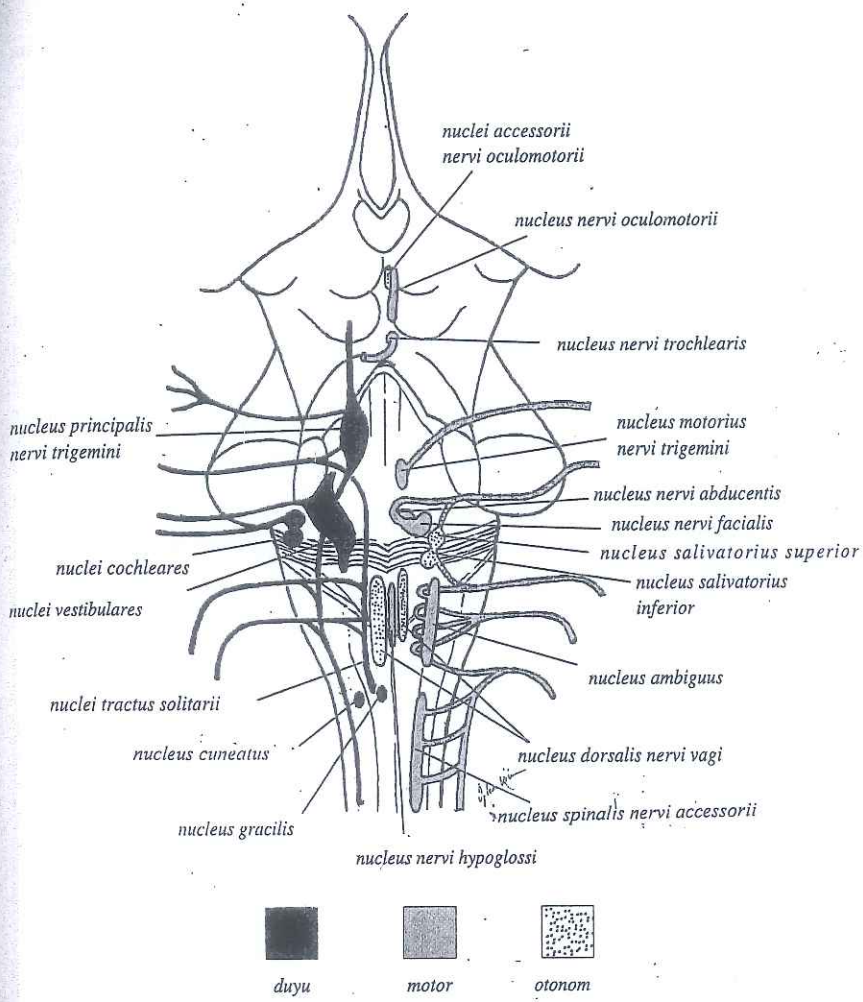
Nucleus spinalis nervi trigemini'deki ikinci nöronların aksonları birçok seviyede karşı tarafa geçerek yükselir ve thalamus'ta nucleus ventralis posteromedialis (VPM)'teki üçüncü nöronlar ile sinaps yapar. Nucleus ventralis posteromedialis'teki ağrı-ısı duyusu ile ilgili üçüncü nöronların aksonları, cerebral cortex'te Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahalarında sonlanır.

Nucleus spinalis nervi trigemini'den başlayıp thalamus'un nucleus ventralis posteromedialis (VPM)'ine giden aksonlar, lemniscus medialis ile birlikte seyreden, *lemniscus trigeminalis* isimli yolu oluşturur. Lemniscus trigeminalis içerisinde *tractus trigeminothalamicus anterior* ve *tractus trigeminothalamicus posterior* olmak üzere iki ayrı yol vardır. Nucleus spinalis nervi trigemini'deki ağrı-ısı duyusu ile ilgili nöronların aksonları tractus trigeminothalamicus anterior içerisinde seyreder. Tractus trigeminothalamicus posterior içerisinde ise nucleus principalis nervi trigemini'deki dokunma duyusu ile ilgili nöronlardan başlayan aksonlar yer alır. Bu aksonlar lemniscus trigeminalis'e pons seviyesinde katılır ve ipsilateral olarak yükselir.

Tractus spinalis nervi trigemini ve nucleus spinalis nervi trigemini'nin dorsomedial kısmına n. facialis, n. glossopharyngeus ve n. vagus aracılığı ile kulak, dil, pharynx ve larynx'ten alınan genel somatik afferent impulslar da gelir.

Nuclei tractus solitarii

N. facialis, n. glossopharyngeus ve n. vagus'un SVA ve GVA duyularını taşıyan aksonları medulla oblongata'nın uzunluğu boyunca bulunan *tractus solitarius (solitary fasciculus)*'u oluşturur (Şekil 25, 26). Tractus solitarius'u oluşturan kranial sinirlerin SVA lifleri dil ve damak mukozasından alınan tat duyusunu; GVA lifleri ise larynx, trachea, pharynx, oesophagus ile thorax ve abdomen içerisindeki organlardan alınan bazı visseral duyuları taşır. Tractus solitarius'un anterolateralinde bulunan nuclei tractus solitarii, n. facialis, n. glossopharyngeus ve n. vagus'un ortak duyu nucleus'udur (Şekil 23). Tractus solitarius içerisindeki aksonlar, çeşitli seviyelerde nuclei tractus solitarii'deki nöronlar ile sinaps yapar. N. facialis'in dilin 2/3 ön kısmından, n. glossopharyngeus'un dilin 1/3 arka kısmından ve n. vagus'un dil kökü ile damak mukozasından aldığı tat duyusu ile ilgili lifler nuclei tractus solitarii'nin *tat merkezi (gustatory nucleus)* olarak da bilinen rostral kısımlarında sonlanır. N. vagus'un özellikle gastrointestinal sistem ile ilgili visseral afferent lifleri, nuclei tractus solitarii'nin kaudal ucuna kadar iner. Her iki nuclei tractus solitarii'nin kaudal ucu orta hatta birbirleri ile birleşir. Buraya *nucleus commissuralis (commissural nucleus of the vagus nerve)* adı verilir.



Şekil 26. Beyin sakının arkadan görünüşünde kranial sinir nucleus'larının lokalizasyonu

Nuclei tractus solitarii'deki tat duyusu ile ilgili ikinci nöronlardan başlayan lifler, thalamus'ta nucleus ventralis posteromedialis'in pars parvicellularis'inde sonlanır. Bunlardan başka nuclei tractus solitarii'den lingual refleksler ile ilgili olarak nucleus nervi hypoglossi'ye; sekretuar refleksler ile ilgili olarak nucleus salivatorius superior ve inferior'a; kusma ve öksürük refleksi ile ilgili olarak nucleus dorsalis

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

nervi vagi'ye, medulla spinalis'in C3-C5 segmentlerinde bulunan nucleus phrenicus'a ve medulla spinalis'in torakal segmentlerindeki motor nöronlara lifler gider. Nucleus phrenicus'a ve medulla spinalis'in torakal segmentlerindeki motor nöronlara giden lifler tractus solitariospinalis'i oluşturur. Nuclei tractus solitarii'nin GVA duyular ile ilgili olan kaudal kısımlarından nucleus parabrachialis lateralis'e, tat (SVA) duyusu ile ilgili olan rostral kısmından ise nucleus parabrachialis medialis'e efferent lifler gider. Nuclei tractus solitarii'den nucleus ambiguus ve çevresindeki nuclei reticulares'e giden lifler de vardır.

Nuclei tractus solitarii'ye, sinus caroticus (carotid sinus)'daki baroreseptörlerden kan basıncı ile, glomus caroticum (carotid body)'daki kemoreseptörlerden ise kanın kimyasal içeriği ile ilgili impulslar gelir. Sinus caroticus'daki baroreseptörlerden gelen impulslar n. glossopharyngeus'un, glomus caroticum'daki kemoreseptörlerden gelen impulslar ise n. glossopharyngeus ve n. vagus'un GVA lifleri aracılığı ile taşınır. Sinus caroticus ve glomus caroticum'daki reseptörlerden alınan GVA duyular nuclei tractus solitarii'den nucleus dorsalis nervi vagi'ye iletilir. Buradan çıkan GVE impulslar n. vagus aracılığı ile ilgili organlara taşınarak kardiyovasküler ve solunum fonksiyonlarının düzenlenmesinde rol oynar.

Nucleus ambiguus

N. glossopharyngeus, n. vagus ve n. accessorius'un radix cranialis'inin ortak motor nucleus'u olan bu nucleus, decussatio lemnisci medialis seviyesinden nuclei olivares inferiores'in rostral kısmına kadar uzanır (Şekil 25, 26). Nucleus ambiguus, nucleus spinalis nervi trigemini ile nuclei olivares inferiores'in arasında yer alır. Nucleus ambiguus'tan başlayan SVE lifler n. accessorius'un radix cranialis'ine, n. vagus'a ve n. glossopharyngeus'a katılır. Bu lifler, embriyolojik olarak üçüncü ve dördüncü brankiomerik arkustan gelişen pharynx ve larynx kaslarının motor innervasyonunu sağlar.

Nucleus nervi hypoglossi

Bu nucleus, sadece GSE lifleri olan n. hypoglossus'un motor nucleus'udur. Nucleus nervi hypoglossi, nuclei olivares inferiores seviyesinde, medulla oblongata'nın en arka kısmında ve medialde yer alır (Şekil 23). Buradan başlayan aksonlar, MLF ve lemniscus medialis'in lateralinden, daha sonra nuclei olivares inferiores'in medialinden geçer ve sulcus anterolateralis'ten çıkarak medulla oblongata'yı terk eder.

Nucleus nervi hypoglossi'nin çevresindeki substantia grisea içerisinde *nuclei perihypoglossales* adı verilen üç nucleus bulunur. Bu nucleus'lar *nucleus subhypoglossalis (Roller's nucleus), nucleus intercalatus* ve *nucleus prepositus*'tur. Bu nucleus'lardaki nöronların morfolojisi, bunların formatio reticularis'e ait olduğunu düşündürmektedir.

Nucleus dorsalis nervi vagi

Medulla oblongata'nın arka kısmında ve nucleus nervi hypoglossi'nin posterolateralinde yer alan bu nucleus, n. vagus'un parasempatik (GVE) nucleus'udur (Şekil 23). Buradan başlayan preganglionik parasempatik lifler n. vagus'un inerve ettiği organlara gider.

Nucleus salivatorius inferior

N. glossopharyngeus'un parasempatik (GVE) nucleus'u olan nucleus salivatorius inferior, medulla oblongata'nın üst seviyelerinde dağınık hücre grupları şeklinde bulunur (Şekil 25, 26). Bu nucleus'tan başlayan parasempatik lifler, ganglion oticum aracılığı ile glandula parotidea'ya gider.

KLİNİK BİLGİ

Wallenberg sendromu (lateral medullary syndrome). Medulla oblongata'nın lateral kısmı, a. inferior posterior cerebelli tarafından beslenir. A. inferior posterior cerebelli veya bu arterin medulla oblongata'nın lateral kısmını besleyen dallarındaki ani tıkanıklık, Wallenberg sendromuna yol açar. Wallenberg sendromunda aşağıdaki bulgular görülür (Şekil 27):

1) Tractus spinothalamicus lateralis harabiyetine bağlı olarak vücudun kontralateral yarımında ağrı ve ısı duyusu kaybı,

2) Nucleus ambiguus tarafından inerve edilen larynx ve yumuşak damak kaslarındaki paraliziye bağlı olarak dysphagia (yutma güçlüğü) ve dysarthria (konuşma güçlüğü),

3) Nuclei vestibulares'in harabiyetine bağlı olarak bulantı, kusma, vertigo ve nistagmus,

4) Tractus spinalis nervi trigemini ve nucleus spinalis nervi trigemini'nin harabiyetine bağlı olarak yüzün ipsilateral yarımında ağrı ve ısı duyusu kaybı,

5) Medulla oblongata'dan geçerek medulla spinalis seviyesine inen sempatik liflerin harabiyetine bağlı olarak ipsilateral tarafta Horner sendromu,

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

6) Pedunculus cerebellaris inferior'un harabiyetine bağlı olarak cerebellar ataxia görülür.

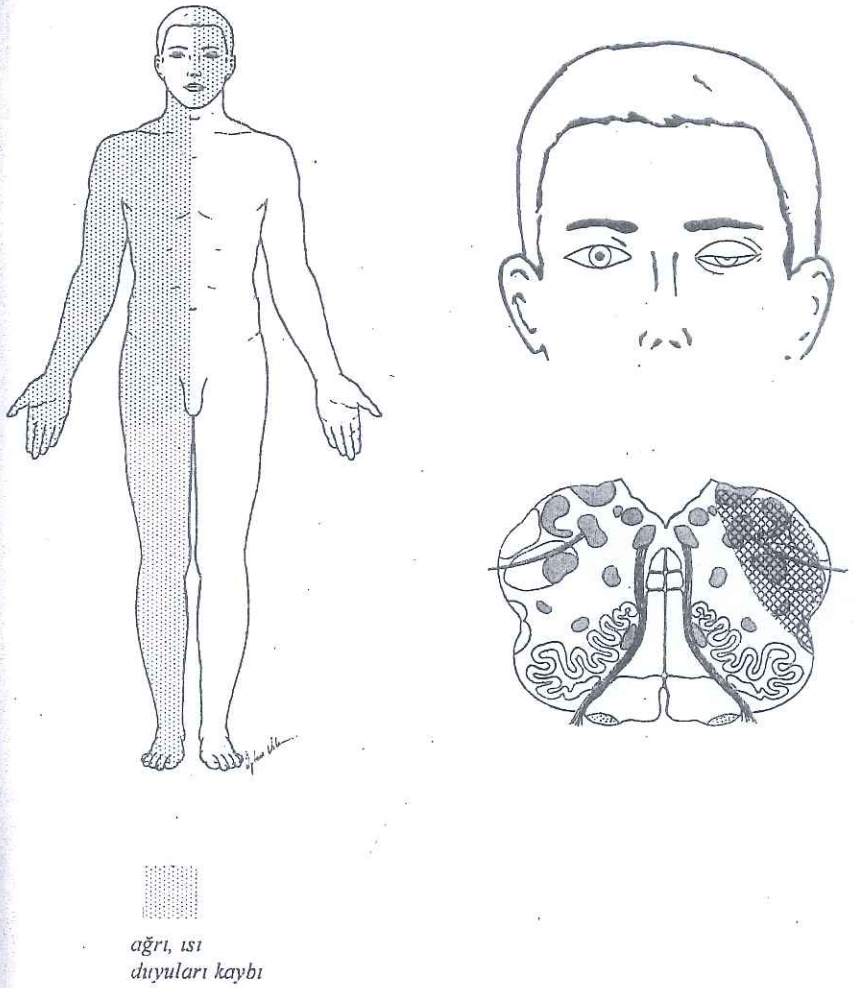
Wallenberg sendromunda, lezyonun genişliğine bağlı olarak, nuclei tractus solitarii ve nuclei cochleares de etkilenebilir.

Medial medullary syndrome (inferior alternating hemiplegia). A. vertebralis'in medulla oblongata'nın medial kısmını besleyen dallarındaki ani tıkanıklık sonucu ortaya çıkan bu sendromda şu bulgular görülür (Şekil 28):

1) Tractus corticospinalis'in harabiyetine bağlı olarak kontralateral hemipleji,

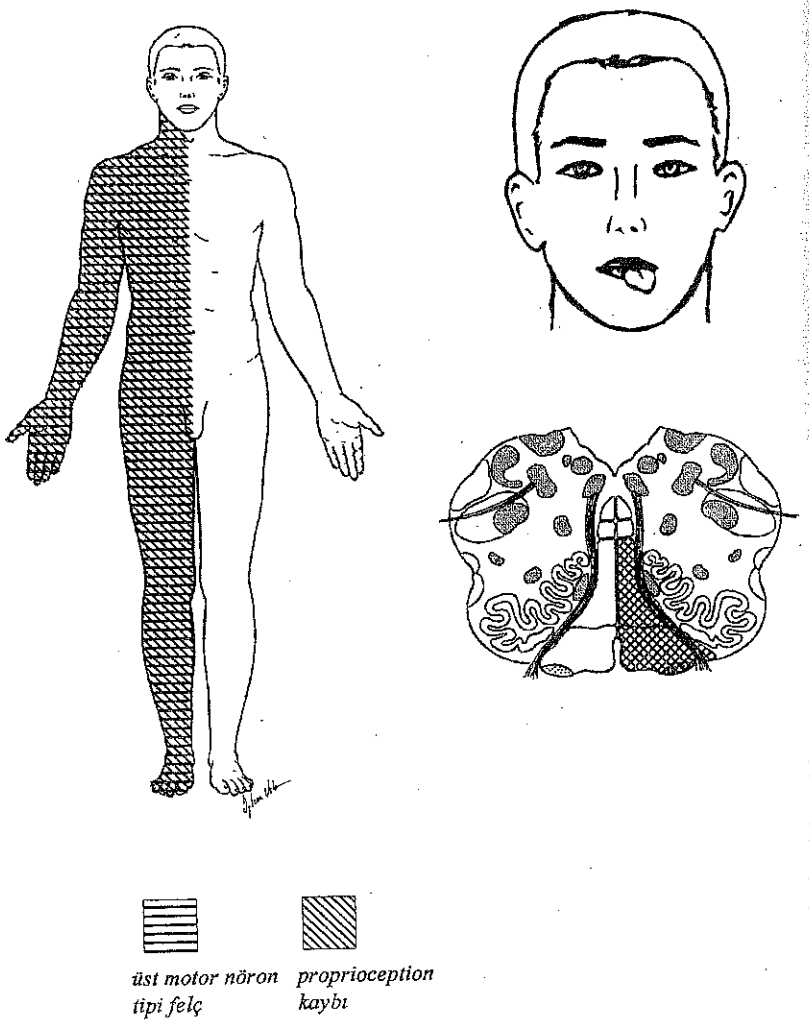
2) Lemniscus medialis harabiyetine bağlı olarak kontralateral vücut yarımında şuurlu proprioception kaybı,

3) N. hypoglossus harabiyetine bağlı olarak ipsilateral dil kaslarında paralizi.



Şekil 27. Wallenberg sendromu

Ücretsiz PDF kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 28. Medial medullary syndrome

PONS

Beyin sakının altta medulla oblongata, üstte mesencephalon ile devam eden, yaklaşık 2.5 cm uzunluğundaki kısmıdır (Şekil 29). Pons, arkada ventriculus quartus aracılığıyla cerebellum ile, önde cisterna pontis aracılığıyla os occipitale'nin clivus kısmı ile komşudur. Medulla oblongata ile pons arasındaki sulcus bulbopontinus'tan, medialden laterale doğru n. abducens, n. facialis ile bu sinire ait duyu liflerinin oluşturduğu n. intermedius, ve n. vestibulocochlearis çıkar. Rhombencephalon'un rostralinde bulunan pons'un ön kısmı (pons proper) filogenetik açıdan daha yenidir; bu kısım cortex'ten başlayıp cerebellum'a giden yollar tarafından oluşturulmuştur. Filogenetik açıdan daha eski olan arka kısmı (pontine tegmentum) ise medulla oblongata'nın yukarıya doğru devamı olarak kabul edilir.

PONS'UN DIŞ YAPISI

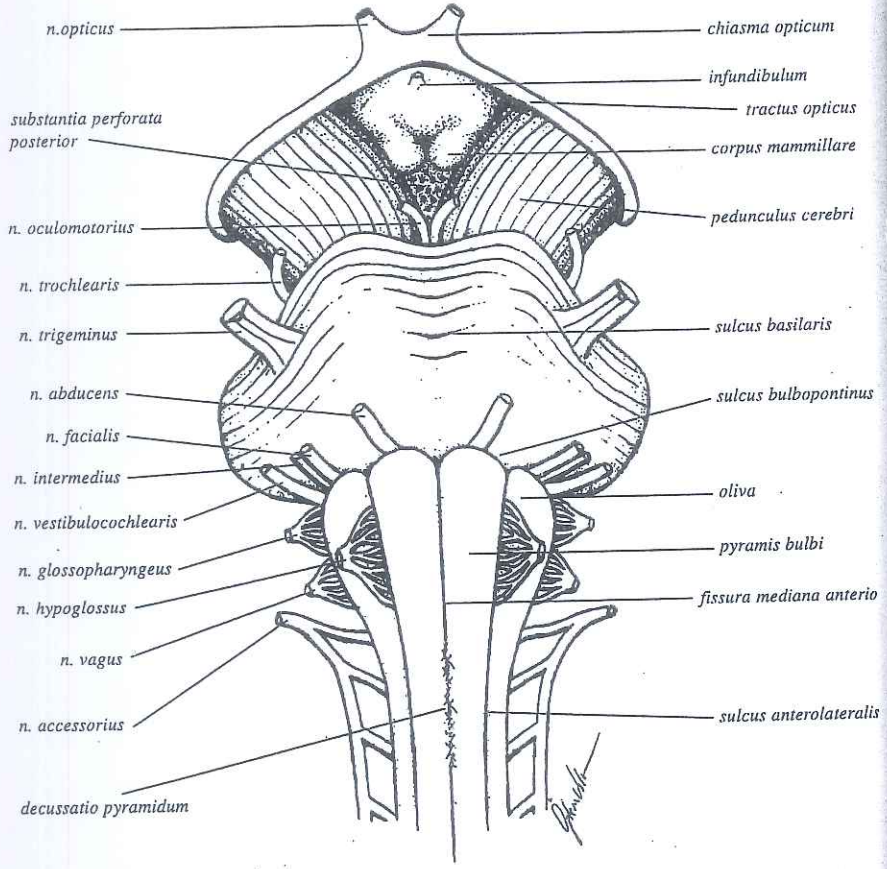
Pons'un ön yüzünde transvers yönde uzanan *fibrae pontis transversae,* lateralde birleşerek *pedunculus cerebellaris medius*'u oluşturur. Ön yüzde, orta hatta vertikal yönde seyreden oluğa *sulcus basilaris* adı verilir (Şekil 29). Bu oluğun içerisinde a. basilaris uzanır. Pons'un anterolateral yüzünden n. trigeminus çıkar. N. trigeminus pons'u, medialde daha küçük olan radix motoria ve lateralde daha büyük olan radix sensoria olmak üzere iki kök halinde terk eder.

Pons'un arka yüzü, fossa rhomboidea'nın üst yarımını oluşturur (Şekil 30). Arka yüz, yan taraflarda pedunculus cerebellaris superior'lar ile sınırlanmıştır. Sağ ve sol pedunculus cerebellaris superior'ların arasında uzanan ve fossa rhomboidea'nın üst kısmını örten beyaz cevher kısmına *velum medullare superius (anterior)* adı verilir. Medulla oblongata'nın arka yüzünde görülen *sulcus medianus,* pons'un arka yüzünde de devam eder. Sulcus medianus'un her iki tarafında görülen *eminentia medialis*'leri lateralde *sulcus limitans* sınırlar. Eminentia medialis'lerin alt ucunda *colliculus facialis* adı verilen kabarıntılar görülür. Bu kabarıntıları, nucleus nervi abducentis ve bunun arkasından dolaşan n. facialis'e ait lifler oluşturur. Sulcus limitans'ların lateral kısımlarında *area vestibularis* adı verilen bölge yer alır. Nuclei vestibulares'in oluşturduğu area vestibularis'in alt kısmı medulla oblongata'da, üst kısmı pons'ta bulunur. Fossa rhomboidea'nın lateral kenarında, nucleus cochlearis

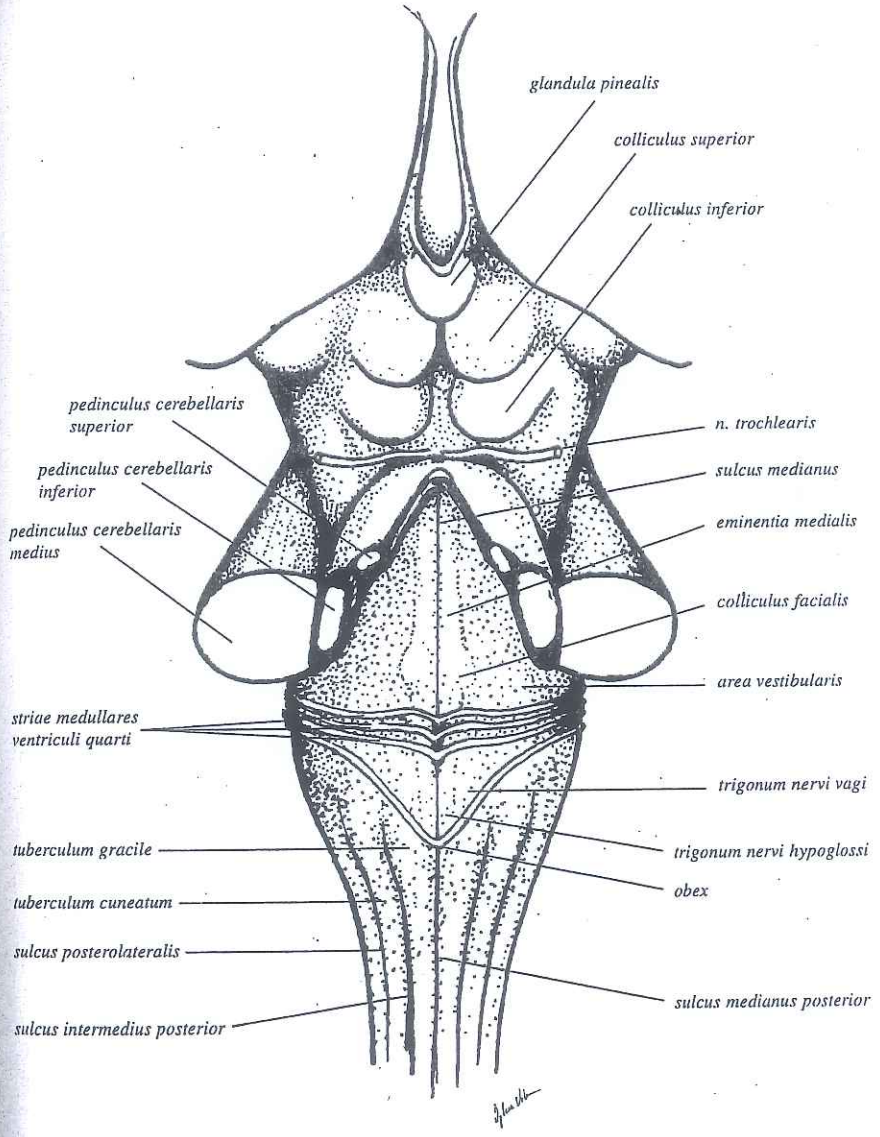
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

posterior'un oluşturduğu kabarıntıya *tuberculum acousticum* adı verilir.

Cerebellum'un rostralinde, mesencephalon'un hemen kaudalinde bulunan pons'un üst kısmı, rhombencephalon'un en dar kısmıdır; bu bölgeye *isthmus rhombencephali (isthmus of the hindbrain)* adı verilir.



Şekil 29. Beyin sakının ön yüzden görünüşü



Şekil 30. Beyin sakının arka yüzden görünüşü

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

PONS'UN İÇ YAPISI

Pons'un arka tarafta yer alan *tegmentum pontis* ve ön tarafta yer alan *pars basilaris pontis* olmak üzere iki kısmı vardır. Bu iki kısım birbirinden *corpus trapezoideum* ile ayrılmıştır (Şekil 31). Tegmentum pontis'te bazı kranial sinir nucleus'ları, inen-çıkan yolların bir kısmı ve pons'a ait nuclei reticulares bulunur. Pars basilaris pontis'te ise nuclei pontis ile fibrae pontis transversae ve fibrae pontis longitudinales (fibrae corticospinales ve fibrae corticonucleares) yer alır. Fibrae corticospinales içerisindeki aksonlar pons'un orta seviyelerinde ayrı fasiküller oluştururken üst ve alt seviyelerinde daha kompakt bir görünümdedir.

Lemniscus medialis

Medulla oblongata seviyesindeki transvers kesitlerde her iki tarafta, uzun ekseni orta hatta paralel olarak seyreden bu yol, pons seviyesinde tegmentum pontis'in ön tarafında transvers bir pozisyon alır (Şekil 31, 32).

Nuclei pontis

Cortex'in frontal, parietal, temporal ve occipital kısımlarından başlayarak ipsilateral tarafta pons seviyesine kadar inen ve *fibrae corticopontinae* adı verilen aksonlar, *nuclei pontis*'teki nöronlar ile sinaps yapar. Nuclei pontis, pars basilaris pontis'te tractus corticospinalis ve fibrae corticopontinae'nın aralarında yer alır (Şekil 31, 32). Nuclei pontis'teki nöronların aksonları *fibrae pontis transversae* adını alarak orta hattı çaprazlar ve pedunculus cerebellaris medius'tan geçerek cerebellum'un kontralateral cortex'inde sonlanır. Cerebral cortex'ten cerebellum'a giden lifler için ara nöron vazifesi gören nuclei pontis, pars basilaris pontis'in sağ ve sol tarafında dağınık olarak bulunur. Beyin sakında horizontal yönde seyreden fibrae pontis transversae, longitudinal yönde seyreden fibrae pontis longitudinales (fibrae corticospinales ve fibrae corticonucleares)'i oluşturan liflerin arasından geçer ve pons'un özellikle orta seviyelerinde bu yolları küçük fasiküllere ayırır (Şekil 32). Fibrae pontis transversae, cerebral cortex'ten cerebellum'a giden cortico-ponto-cerebellar yolun ikinci kısmını oluşturur.

Tractus tegmentalis centralis

Medulla oblongata seviyesinde bulunmayan bu yol, lemniscus medialis'in posterolateralindeki formatio reticularis içerisinde yer alır (Şekil 31, 32). Tractus tegmentalis centralis içerisinde, mesencephalon'daki nucleus ruber'in pars parvocellularis kısmından başlayarak nuclei olivares inferiores'e inen aksonlar ile pons'taki nuclei reticulares'ten başlayıp thalamus'a çıkan aksonlar bulunur.

Pedunculus cerebellaris medius

Pons'un arka-dış kısmında yer alan bu oluşum, nuclei pontis ile cerebellum'u birbirine bağlar (Şekil 31, 32). Pedunculus cerebellaris medius içerisinde fibrae pontis transversae ile colliculus superior'dan başlayıp cerebellum'da sonlanan lifler yer alır.

Pedunculus cerebellaris superior

Pons'un en üst seviyelerinde, mesencephalon'un alt seviyelerinde, arka-dış tarafta yer alan bu oluşumun içerisinden cerebellum'dan başlayan efferent liflerin büyük çoğunluğu geçer (Şekil 32). Pedunculus cerebellaris superior içerisinden geçen efferent lifler cerebellum'daki nucleus dentatus, nucleus globosus ve nucleus emboliformis'ten başlar. Nucleus ruber ile colliculus inferior'dan başlayıp cerebellum'da sonlanan lifler ve tractus spinocerebellaris anterior ise pedunculus cerebellaris superior'dan geçen afferent yollardır.

Locus caeruleus

Pons'un üst seviyelerinde bulunan ve mesencephalon'un alt seviyelerine kadar uzanan, çevresindekilere göre daha koyu renkli hücrelerden oluşmuş bir nucleus'tur. Locus caeruleus, nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini'nin ventromedialinde yer alır. Yapılan çalışmalarda locus caeruleus'u oluşturan hücrelerin hemen hepsinin noradrenalin içerdiği ve buradan başlayan aksonların telencephalon, diencephalon, cerebellum, mesencephalon, pons, medulla oblongata ve medulla spinalis seviyelerine gittiği gösterilmiştir. Locus caeruleus'un duyu nöronlarının aktivasyonu veya inhibisyonunda, kortikal aktivitenin kontrolünde ve paradoks uykuda rol oynadığı düşünülmektedir. Paradoks uyku, uyku anında alınan elektroensefalografide (EEG), uyanık durumda olduğu gibi düşük voltajlı, desenkronize, hızlı dalgalar görülmesi ile karakterizedir. Paradoks uykuda kas tonusu azalır, göz kapakları kapalı olmasına rağmen gözlerde hızlı hareketler (rapid eye movements-REM) vardır. Bu nedenle uykunun bu evresine REM uykusu adı da verilir.

Nuclei parabrachiales

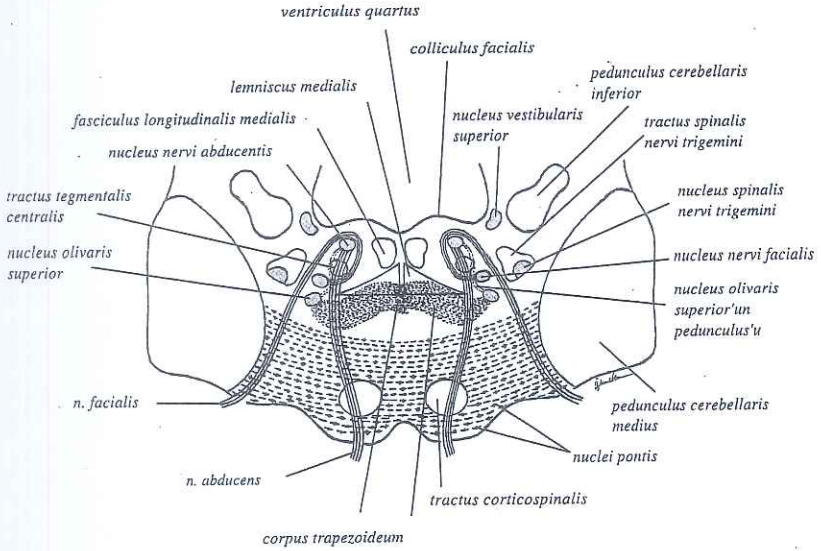
Bu nucleus'lar pedunculus cerebellaris superior'un medial ve lateral kısımlarında yer alır. Nucleus parabrachialis lateralis, nucleus solitarius'un GVA duyular ile ilgili olan kaudal kısımlarından afferent lifler alır. Buradan başlayan efferent lifler hypothalamus ve corpus amygdaloideum'a gider. Nucleus parabrachialis medialis'e nucleus solitarius'un tat duyusu ile ilgili olan rostral kısmından afferent lifler gelir. Buradan başlayan efferent lifler ise thalamus, hypothalamus ve corpus amyg-

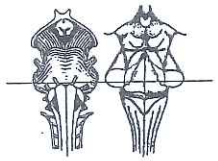
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://rantey.org

daloideum'da sonlanır.

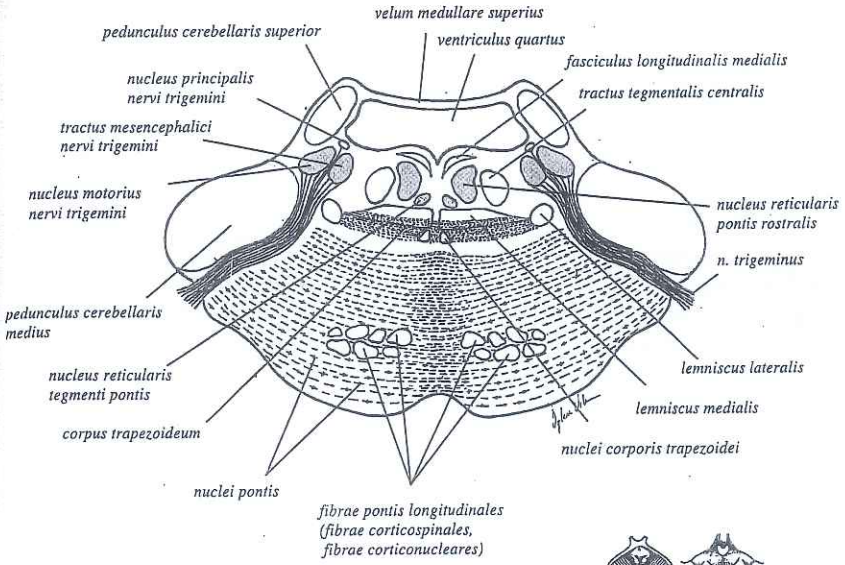
Pons'taki nuclei reticulares

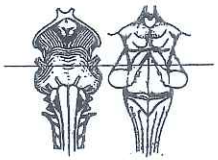
Formatio reticularis'e ait nucleus'lardan pons'ta yer alanları şunlardır: *nucleus reticularis pontis rostralis, nucleus reticularis pontis caudalis, nucleus reticularis tegmenti pontis* ve *nucleus reticularis paramedianus* (Şekil 32). Bunlardan başka pons'ta nuclei raphes'e ait *nucleus raphes pontis, nucleus raphes medianus* ve *nucleus raphealis posterior* bulunur.





Şekil 31. Pons'un alt seviyelerinden geçen transvers bir kesit





Şekil 32. Pons'un üst seviyelerinden geçen transvers bir kesit

PONS'TAKİ KRANİAL SİNİR NUCLEUS'LARI

Pons'ta n. trigeminus'un duyu nucleus'larından *nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini*'nin alt kısmı ile *nucleus principalis nervi trigemini;* n. trigeminus'un motor nucleus'u olan *nucleus motorius nervi trigemini;* n. abducens'in motor nucleus'u olan *nucleus nervi abducentis;* n. facialis'in motor nucleus'u olan *nucleus nervi facialis;* n. facialis'in parasempatik nucleus'u olan *nucleus salivatorius superior* bulunur. Bunlardan başka, n. vestibulocochlearis'in vestibular kısmı ile ilgili olan nuclei vestibulares'e ait *nucleus vestibularis superior* ve *nucleus vestibularis lateralis*, cochlear kısmı ile ilgili olan nuclei cochleares'e ait *nucleus cochlearis anterior* ve *nucleus cochlearis posterior* da pons'ta yer alır (Şekil 25, 26, 31, 32).

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Nuclei vestibulares

Ganglion vestibulare'de bulunan nöronların periferik uzantıları, iç kulakta bulunan denge ile ilgili reseptörlerden gelen duyuları (SSA) alır; bu nöronların santral uzantıları ise n. vestibularis'i oluşturur. N. vestibularis, taşıdığı duyuları nuclei vestibulares'e iletir. Bu nucleus'lar, ventriculus quartus'un tabanında bulunan area vestibularis'te yer alır. Nuclei vestibularis'in dört alt nucleus'u vardır. Bunlardan *nucleus vestibularis medialis* ve *nucleus vestibularis inferior* medulla oblongata'nın üst, *nucleus vestibularis lateralis* ve *nucleus vestibularis superior* ise pons'un alt seviyelerinde yer alır. Nucleus vestibularis lateralis, postürün kontrolünde; nucleus vestibularis medialis ve nucleus vestibularis superior, vestibulo-oküler reflekslerin düzenlenmesinde; nucleus vestibularis inferior ise iç kulaktaki denge ile ilgili reseptörlerden ve cerebellum'dan gelen impulsların integrasyonunda rol oynar.

Nuclei vestibulares'in cerebellum ile birlikte denge ve kas tonusunun düzenlenmesinde önemli fonksiyonu vardır. Nuclei vestibulares'e, iç kulaktaki denge ile ilgili reseptörlerden gelen impulsların dışında, cortex cerebelli'den, nucleus fastigii'den ve kontralateral nuclei vestibulares'ten de afferent impulslar gelir. Nuclei vestibulares'in efferentleri ise thalamus, cerebellum, bazı kranial sinirlerin motor nucleus'ları ve medulla spinalis'e gider.

Nuclei cochleares

Ganglion spirale cochleae (spiral ganglion)'de bulunan işitme yolları ile ilgili birinci nöronların periferik uzantıları, iç kulakta bulunan işitme ile ilgili reseptörlerden gelen duyuları (SSA) alır. Bu nöronların santral uzantıları ise n. cochlearis'i oluşturur ve aldıkları impulsları bu sinir aracılığı ile pons'un alt seviyelerinde bulunan nuclei cochleares'e iletirler. İşitme yolları ile ilgili ikinci nöronların bulunduğu nuclei cochleares, pedunculus cerebellaris inferior'un lateral tarafında yer alan *nucleus cochlearis anterior* ve *nucleus cochlearis posterior* olmak üzere iki nucleus'tan oluşmuştur. Nucleus cochlearis anterior'un *pars anterior* ve *pars posterior* olmak üzere iki kısmı vardır.

Nucleus cochlearis anterior'daki nöronların aksonları *stria cochlearis anterior (ventral acoustic stria)*'u, nucleus cochlearis posterior'daki nöronların aksonları *stria cochlearis posterior (dorsal acoustic stria)*'u; nucleus cochlearis anterior'un pars posterior'undan başlayan aksonların bir kısmı ise *stria cochlearis intermedia (intermediate acoustic stria)*'yı oluşturur.

Stria cochlearis anterior içerisindeki aksonlar, *corpus trapezoideum*'u oluşturmak üzere tegmentum pontis'in ön tarafında mediale doğru ilerler. Bu aksonların

çoğunluğu lemniscus medialis'in içerisinden veya önünden geçerek orta hattı çaprazlar ve kontralateral nucleus olivaris superior'un arka-dış tarafına ulaşır. Buradan itibaren yukarıya doğru yükselen lifler *lemniscus lateralis* adı verilen yolu oluşturur. Lemniscus lateralis içerisindeki aksonların hepsi sonunda *corpus geniculatum mediale*'deki nöronlar ile sinaps yapar. Bir taraftaki nucleus cochlearis anterior'dan başlayan aksonlar lemniscus lateralis'e katılana kadar ipsilateral veya kontralateral *nucleus olivaris superior*, ipsilateral veya kontralateral *nuclei corporis trapezoidei (nuclei of the trapezoid body)*'de sinaps yapar. Ancak nucleus cochlearis anterior'dan başlayan ve ipsilateral nucleus olivaris superior veya ipsilateral nuclei corporis trapezoidei'de sinaps yapan aksonların bir kısmı çapraz yapmadan ipsilateral lemniscus lateralis'te yükselir (Şekil 68).

Stria cochlearis posterior ve stria cochlearis intermedia içerisindeki liflerin çoğunluğu karşı tarafa geçer. Stria cochlearis posterior içerisindeki liflerin büyük bir kısmı direkt olarak, küçük bir kısmı ise nucleus olivaris superior'da sinaps yaptıktan sonra lemniscus lateralis'e katılır. Stria cochlearis intermedia içerisindeki liflerin bir kısmı ipsilateral veya kontralateral nuclei periolivares'te sinaps yapar; bir kısmı ise direkt olarak kontralateral lemniscus lateralis'e katılır.

Lemniscus lateralis içerisinde yükselen aksonlar, *nuclei lemnisci lateralis* ve/veya *colliculus inferior*'da sinaps yapar; veya bu nucleus'larda sinaps yapmadan corpus geniculatum mediale'ye kadar yükselir. Lemniscus lateralis içerisindeki liflerin bir kısmı nuclei lemnisci lateralis ve colliculus inferior seviyelerinde de çapraz yaparak karşı tarafa geçebilir.

Nucleus principalis nervi trigemini

Baş bölgesinden gelen dokunma ve basınç duyuları (GSA) ile ilgili nöronların yer aldığı bu nucleus, pons'un üst seviyelerinde, nucleus motorius nervi trigemini'nin posterolateralinde bulunur (Şekil 32). Nucleus principalis nervi trigemini içerisinde de, nucleus spinalis nervi trigemini'de olduğu gibi, n. trigeminus'un mandibular kısmından gelen lifler en dorsalde, ophthalmic kısmından gelen lifler ise en ventralde sonlanır.

Baş bölgesinden gelen dokunma ve basınç duyularının birinci nöronu ganglion trigeminale'dedir. Ganglion trigeminale'deki nöronların periferik uzantıları dokunma ve basınç duyuları ile ilgili impulsları alır; santral uzantıları ise pons'un üst seviyelerinde beyin sakına girerek nucleus principalis nervi trigemini'deki ikinci nöronlar ile sinaps yapar. Dokunma duyusu ile ilgili aksonların bir kısmı ise tractus spinalis nervi trigemini içerisinde aşağıya doğru seyrederek nucleus spinalis nervi trigemini'nin bütün seviyelerinde sonlanır. Nucleus principalis nervi trigemini'deki

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

nöronlardan başlayan aksonların çoğu karşı tarafa geçer, bir kısmı ise aynı tarafta üst seviyelere yükselir. Karşı tarafa geçen aksonların hücre gövdeleri nucleus principalis nervi trigemini'nin ventral kısmında bulunur; bu aksonlar kontralateral *tractus trigeminothalamicus anterior* içerisinde yükselir. İpsilateral olarak yükselen aksonların hücre gövdeleri ise nucleus principalis nervi trigemini'nin dorsomedial kısmında bulunur; bu aksonlar *tractus trigeminothalamicus posterior*'u oluşturur. Nucleus principalis nervi trigemini'deki nöronların ipsilateral ve kontralateral olarak yükselen aksonları thalamus'ta nucleus ventralis posteromedialis (VPM)'teki üçüncü nöronlar ile sinaps yapar. Nucleus ventralis posteromedialis'teki nöronların aksonları, cerebral cortex'te Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahalarında sonlanır.

Nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini ve tractus mesencephalicus nervi trigemini

Pons'un üst seviyelerinden mesencephalon'un colliculus superior seviyesine kadar uzanan ve substantia grisea centralis (periaqueductal grey substance)'in lateralinde bulunan *nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini* çiğneme kasları, dişler (dentes), diş eti (gingiva), sert damak (palatum durum) ve eklem kapsülünden alınan proprioception duyusu (GSA) ile ilgilidir. Nucleus tractus mesencephalicus nervi trigemini'ye, genel olarak n. trigeminus'un motor liflerinin bulunduğu n. mandibularis'in dağıldığı bölgelerden afferent impulslar gelir. Ancak bu nucleus'a n. trigeminus'un n. ophthalmicus ve n. maxillaris dallarının dağıldığı bölgelerden de afferent impulslar gelir. Bunlardan başka nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini'ye ekstrinsik göz kaslarından, dil kaslarından ve mimik kaslarından da proprioception ile ilgili impulsların geldiği kabul edilir.

Baş bölgesinin diğer duyularının birinci nöronları ganglion trigeminale'de bulunurken, proprioception ile ilgili birinci nöronlar nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini'de bulunur. Nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini'deki nöronların periferik uzantıları, nucleus'un lateralinde uzanan *tractus mesencephalicus nervi trigemini*'yi oluşturur. Nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini'nin santral bağlantılarının ne şekilde olduğu henüz kesin olarak bilinmemektedir.

Nucleus motorius nervi trigemini

Bu nucleus, pons'un üst seviyelerinde bulunur ve nucleus principalis nervi trigemini'nin medialinde yer alır (Şekil 32). Nucleus motorius nervi trigemini'deki nöronlardan başlayan aksonlar n. trigeminus'un radix motoria'sını oluşturur ve n. mandibularis'e katılır. N. mandibularis içerisindeki motor lifler (SVE) çiğneme kasları, m. tensor tympani, m. tensor veli palatini, m. mylohyoideus ve m. digastricus'un venter anterior'unu inerve eder.

Nucleus nervi abducentis

Pons'un orta seviyelerinde, ventriculus quartus'un tabanına yakın olarak bulunan bu motor nucleus'tan başlayan aksonlar n. abducens'e katılarak ekstrinsik göz kaslarından m. rectus lateralis'i inerve eden GSE lifler verir (Şekil 31). Nucleus nervi abducentis'te motor nöronların dışında internuclear nöronlar da bulunur. Internuclear nöronlardan başlayan aksonlar, kontralateral MLF içerisinde yukarıya doğru yükselir ve nucleus nervi oculomotorii'de kontralateral m. rectus medialis'i inerve eden nöronlar ile sinaps yaparak sonlanır. Bu bağlantı, ipsilateral m. rectus lateralis ile kontralateral m. rectus medialis'in birlikte kontraksiyonunu sağlar. Her iki gözün aynı tarafa bakması ile sonuçlanan bu durum, konjuge horizontal bakışın düzenlenmesinde önemlidir.

Nucleus nervi facialis

N. facialis'in içerisindeki SVE liflerin başladığı bu motor nucleus, tegmentum pontis'te nucleus olivaris superior'un arkasında yer alır (Şekil 31). Buradan başlayan aksonlar, nucleus'un arka tarafından çıkar ve dorsomedial'e doğru seyreder. Bu aksonlar, MLF'in arka tarafında nucleus nervi abducentis'in medialinde longitudinal olarak yukarıya doğru seyreder; nucleus nervi abducentis'in üst kısmında ise laterale doğru kıvrılır ve bu nucleus'un arkasından geçtikten sonra ventrolateral bir seyirle pons'un kaudal kısmından beyin sakını terk eder. N. facialis'e ait liflerin nucleus nervi abducentis etrafında yaptığı bu kıvrıma *genu nervi facialis* adı verilir. Nucleus nervi abducentis ve bu nucleus'un arkasından geçen n. facialis'e ait lifler, fossa rhomboidea'da *colliculus facialis* adı verilen kabarıntıyı oluşturur. Nucleus nervi facialis'ten başlayan SVE lifler mimik kasları, m. platysma, m. stylohyoideus, m. digastricus'un venter posterior'u, m. buccinator ve m. stapedius'u inerve eder. Nucleus nervi facialis'in yüzün alt tarafındaki kasları inerve eden kısmına kontralateral cortex'ten, göz ve alın çevresindeki kasları inerve eden kısmına ise her iki cortex'ten lifler gelir.

Nucleus salivatorius superior

N. facialis'in preganglionik parasempatik nöronlarının bulunduğu bu nucleus, nucleus nervi facialis'in kaudal ucunun dorsolate ralinde yer alır (Şekil 25, 26). Nucleus salivatorius superior'dan başlayan GVE aksonlar, n. facialis'in duyu liflerini taşıyan n. intermedius içerisinde beyin sakını terk eder. Bu aksonların bir kısmı ganglion pterygopalatinum'da, bir kısmı da ganglion submandibulare'de sinaps yapar. Ganglion pterygopalatinum'dan başlayan postsinaptik lifler glandula lacrimalis, glandulae salivariae minores ve glandulae nasales'in; ganglion submandibulare'den başlayanlar ise glandula submandibularis ile glandulae sublinguales'in parasempatik inervasyonunu sağlar.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

MESENCEPHALON

Aşağıda pons, arkada cerebellum ve yukarıda diencephalon arasında bulunan mesencephalon, beyin sakının en kısa bölümü olup yaklaşık 2 cm uzunluktadır (Şekil 33).

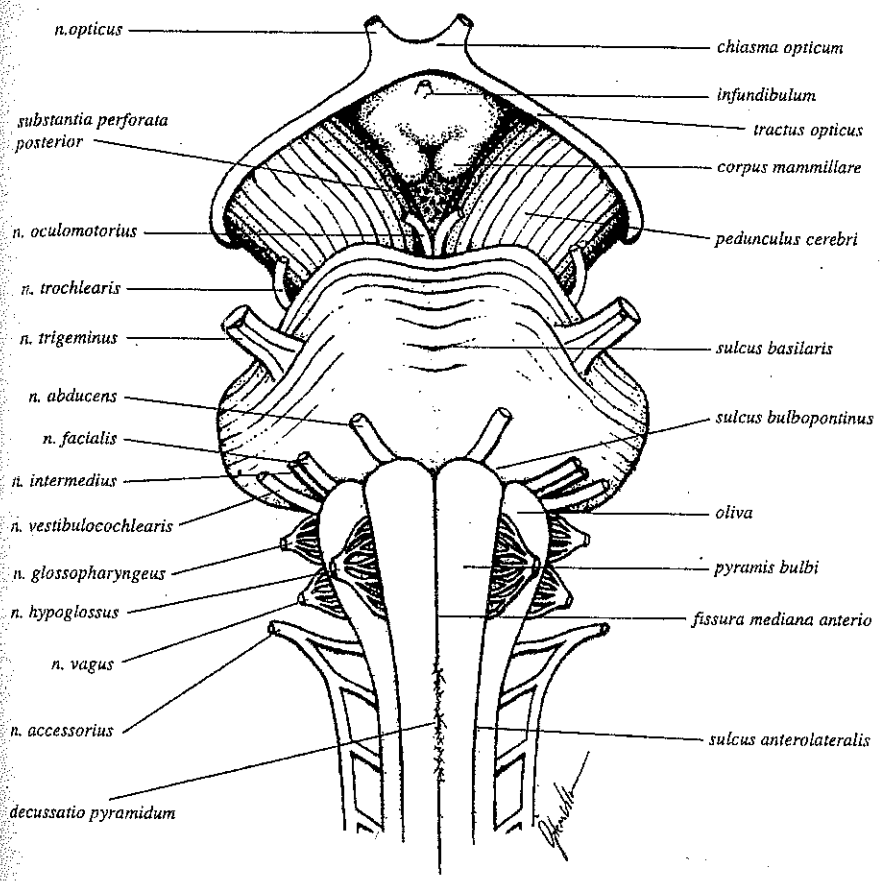
MESENCEPHALON'UN DIŞ YAPISI

Mesencephalon'un ventral yüzünde yer alan sağ ve sol *pedunculus cerebri* kaudale doğru birbirlerine yaklaşır. Pedunculus cerebri'lerin arasında bulunan çukura *fossa interpeduncularis* adı verilir. N. oculomotorius'lar mesencephalon'dan çıktıktan sonra bu fossa'nın içerisinden geçer. Fossa interpeduncularis'in tavanını oluşturan *substantia perforata posterior*'dan a. cerebri posterior'un central dalları girer (Şekil 33).

Mesencephalon'un dorsal yüzünde, sağda ve solda birer çift olmak üzere üstte *colliculus superior,* altta *colliculus inferior* adı verilen kabarıntılar bulunur (Şekil 34). Colliculus superior'ların lateral yüzünden başlayan ve corpus geniculatum laterale'ye doğru uzanan yapılara *brachium colliculi superioris;* benzer şekilde colliculus inferior'ların lateralinden başlayıp corpus geniculatum mediale'ye doğru uzanan yapılara ise *brachium colliculi inferioris* adı verilir. Sağ ve sol taraftaki colliculus'lar orta hatta vertikal yönde uzanan bir oluk ile birbirlerinden ayrılmıştır. Bu oluk yukarıda genişleyerek glandula pinealis'i içerisine alan bir çukur ile, aşağıda ise *frenulum veli medullaris superioris* adını alan bir çıkıntı ile devam eder. Frenulum veli medullaris superioris'in her iki tarafından beyin sakını terk eden n. trochlearis'ler, daha sonra pedunculus cerebri'lerin lateral yüzlerinden geçerek mesencephalon'un ventral kısmına ulaşır.

MESENCEPHALON'UN İÇ YAPISI

Mesencephalon, transvers kesitlerde önden arkaya doğru *crus cerebri, tegmentum* ve *tectum* olmak üzere üç kısımda incelenir. Crus cerebri ve tegmentum, mesencephalon'un ön yüzünde görülen pedunculus cerebri'yi oluşturur.



Şekil 33. Beyin sakının ön yüzden görünüşü

Crus cerebri'de medialden laterale doğru fibrae frontopontinae, fibrae corticonucleares, fibrae corticospinales, fibrae occipitopontinae, fibrae parietopontinae ve fibrae temporopontinae adı verilen yollar seyreder (Şekil 35). Crus cerebri içerisinde fibrae corticonucleares ve fibrae corticospinales'e ait liflerden lateralde bulunanların alt ekstremite, medialde bulunanların yüz ve larynx kasları, ikisinin ortasında bulunanların ise üst ekstremite ile ilgili oldukları ileri sürülmekle birlikte, son zamanlardaki araştırmalar crus cerebri içerisindeki somatotopik dağılımın bu kadar kesin olmadığını göstermiştir. Crus cerebri'nin arkasında bazal ganglionlara

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranitey.org

ait bir nöron topluluğu olan *substantia nigra* bulunur. Tegmentum, mesencephalon'un substantia nigra ile tectum arasında yer alan kısmıdır. Ventriculus tertius ile ventriculus quartus'u birleştiren *aqueductus cerebri* ve bunun etrafındaki *substantia grişea centralis (periaqueductal grey substance)* tegmentum'da bulunur. Tectum ise aqueductus cerebri'nin arkasında kalan, colliculus superior ve colliculus inferior'ların oluşturduğu kısımdır.

Mesencephalon'un colliculus inferior seviyesinden geçen transvers kesitlerinde en belirgin yapılar, pedunculus cerebellaris superior'a ait liflerin yaptığı çapraz (decussatio pedunculorum cerebellarium superiorum) ve nucleus nervi trochlearis'tir. Colliculus superior seviyesinden geçen transvers kesitlerinde ise en belirgin yapılar nucleus nervi oculomotorii ve nucleus ruber'dir.

Colliculus inferior

İşitme yolları ile ilgili olan colliculus inferior, lemniscus lateralis ile gelen impulsları, brachium colliculi inferioris aracılığı ile *corpus geniculatum mediale*'ye iletir; buradan başlayan lifler ise işitme cortex'ine ulaşır. Colliculus inferior'da bulunan nöronların çoğunun, her iki kulaktan gelen işitme ile ilgili stimulusları değerlendirerek, sesin lokalizasyonunu belirlemede fonksiyonları olduğu düşünülmektedir.

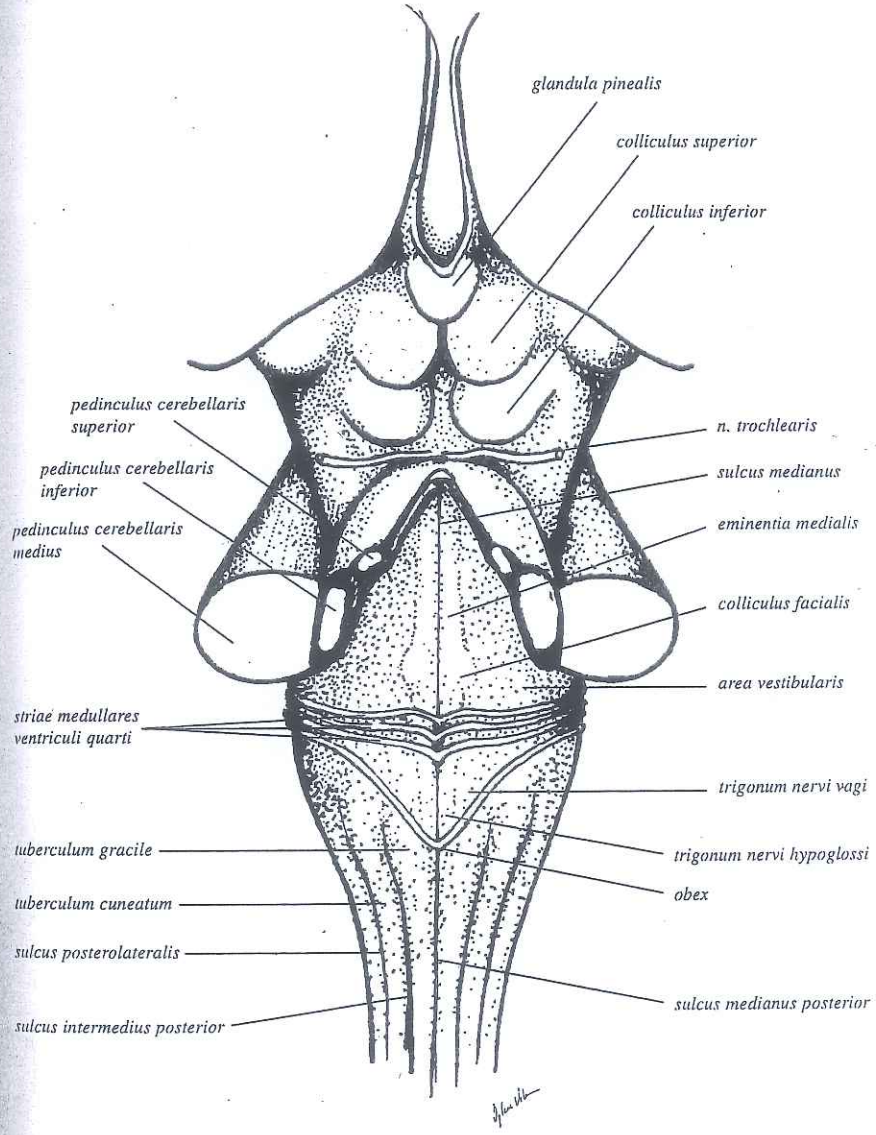
Colliculus inferior'da *nucleus centralis, nucleus externus* ve *nucleus pericentralis* olmak üzere üç nucleus grubu vardır. Bu nucleus'lar seslerin frekanslarının değerlendirilmesi, belli bir sese karşı dikkatin yoğunlaştırılması ve işitmeye bağlı motor refleksler gibi fonksiyonlar ile ilgilidir.

Nucleus parabigeminalis

Colliculus inferior'un anterolateralinde bulunan nucleus parabigeminalis'in, aslında colliculus superior ile ilgili bir nucleus olduğu ve bu iki bölge arasında çok sayıda aksonal bağlantı bulunduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmalar nucleus parabigeminalis'in sabit veya hareket eden objeler ile aktive olabildiğini ve colliculus superior ile birlikte, görüntünün değerlendirilmesinde rol oynadığını düşündürmektedir.

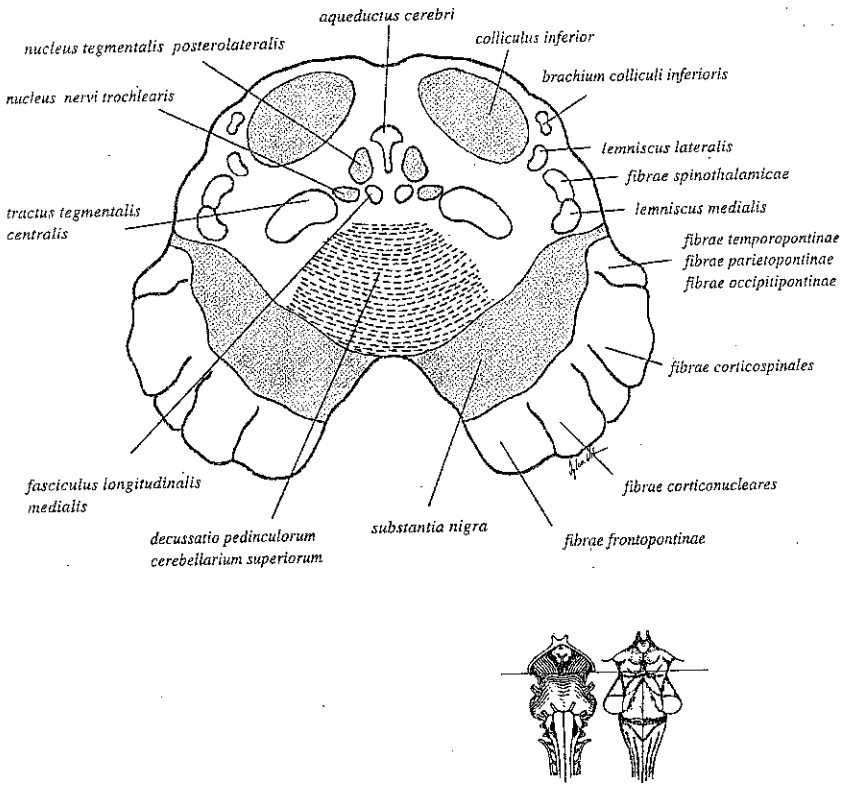
Locus caeruleus

Pons'un üst seviyelerinde bulunan ve mesencephalon'un alt seviyelerine kadar uzanan locus caeruleus, nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini'nin ventromedialinde yer alır.



Şekil 34. Beyin sakının arka yüzden görünüşü

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 35. Mesencephalon' da colliculus inferior seviyesinden geçen transvers kesit

Substantia nigra

Crus cerebri ile tegmentum arasında yer alan substantia nigra'nın, *pars compacta* ve *pars reticularis* olmak üzere iki kısmı vardır. Substantia nigra'nın pars compacta'sında melanin pigmenti içeren dopaminerjik ve kolinerjik nöronlar; pars reticularis'inde ise çok sayıda GABA-erjik nöron ile az sayıda melanin pigmenti içeren dopaminerjik nöron bulunur. Bu nöronların içerisindeki melanin pigmenti, substantia nigra'ya çevresindeki yapılara göre daha koyu bir renk verir (Şekil 35).

Substantia nigra'nın afferentleri, çoğunluğu nucleus caudatus ve putamen'den olmak üzere, globus pallidus lateralis, nucleus raphealis posterior ve nucleus

tegmentalis pedunculopontinus'tan gelir. Nucleus caudatus ve putamen'den gelen afferent lifler substantia nigra'nın pars reticularis'inde sonlanır. Substantia nigra'nın pars compacta'sından başlayan efferent lifler, nucleus caudatus ve putamen'e; pars reticularis'indeki GABA-erjik nöronlardan başlayan efferent lifler ise thalamus, colliculus superior ve nucleus tegmentalis pedunculopontinus'a gider.

Nucleus ruber

Tegmentum'un ön tarafında, substantia nigra'nın dorsomedialinde bulunan oval şekilli bu nucleus'lar, formatio reticularis'in bir parçası olarak kabul edilir (Şekil 36). Colliculus superior'un kaudal seviyelerinden diencephalon'un kaudal seviyelerine kadar uzanan nucleus ruber'in, rostralde yer alan *pars parvocellularis* ve kaudalde yer alan *pars magnocellularis* olmak üzere iki kısmı vardır.

Nucleus ruber'e afferent lifler nuclei cerebelli ve cortex cerebri'den gelir. Cortex cerebri'den nucleus ruber'e gelen lifler *fibrae corticorubrales*'i oluşturur. Nucleus ruber'den inen efferent lifler ise *decussatio tegmentalis anterior*'da karşı tarafa geçtikten sonra cerebellum'a, beyin sakındaki çeşitli nucleus'lara ve medulla spinalis'e giderler. Medulla spinalis'e giden lifler *tractus rubrospinalis* adını alır. Bu yol fleksor kas tonusunu düzenleyen impulsları taşır.

Nucleus interpeduncularis

Fossa interpeduncularis'in dorsalinde ve orta hatta bulunan bu nucleus, fasciculus retroflexus aracılığı ile nuclei habenulares'ten afferent lifler alır.

Colliculus superior

Tectum'un rostral yarımında bulunan colliculus superior yedi tabakadan oluşmuştur. Colliculus superior'un yüzeyel tabakalarına, daha çok görme duyusu ile ilgili afferent lifler, derin tabakalarına ise somatik duyular ve işitme duyusu ile ilgili afferent lifler gelir. Colliculus superior'un yüzeyel ve derin tabakaları arasında çok sayıda bağlantı olduğu gösterilmiştir. Colliculus superior'un yüzeyel tabakalarından başlayan efferent liflerin büyük çoğunluğu thalamus'a giderken, derin tabakalarından başlayan efferent lifler beyin sakı ve medulla spinalis seviyelerinde sonlanır.

Colliculus superior'a gelen afferent liflerin çoğunluğu, retina, cortex cerebri, colliculus inferior ve medulla spinalis'ten başlar. Substantia nigra'dan colliculus superior'a gelen afferent lifler de vardır.

Retina ve cortex cerebri'den başlayan afferent lifler colliculus superior'a brachium colliculi superioris aracılığı ile gelir. Bu lifler colliculus superior'un çoğunlukla

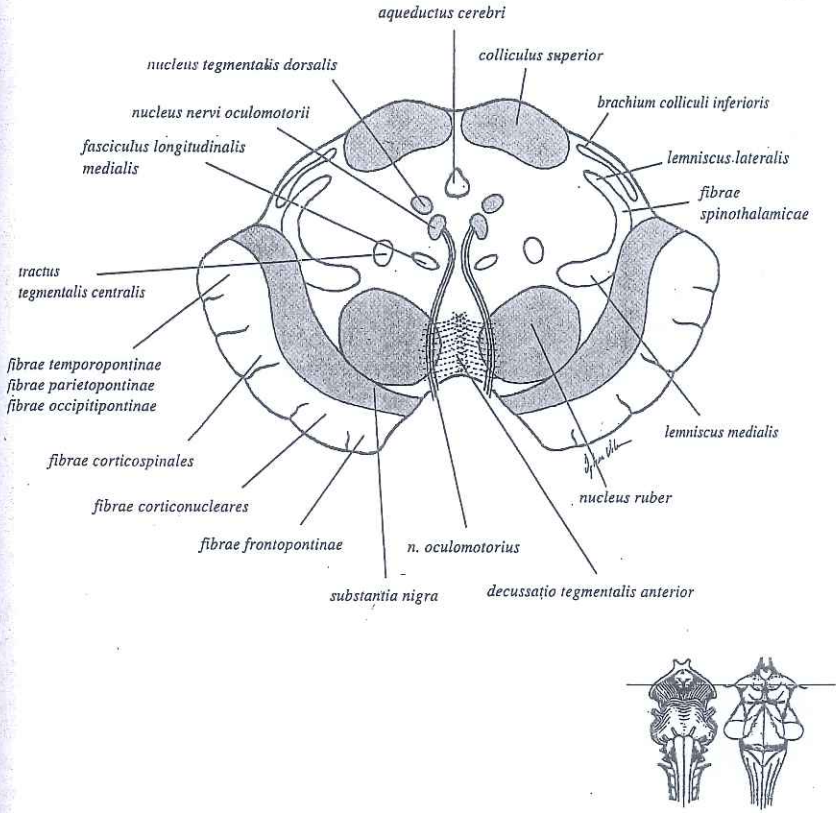
Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

yüzeyel tabakalarında sonlanır. Colliculus superior'un bu tabakaları, görme alanında hareket eden objelerin takip edilmesi ile ilgilidir. İpsilateral gözün temporal yarımı ile kontralateral gözün nasal yarımındaki retina'dan başlayan *retinotectal lifler,* corpus geniculatum laterale'ye gelmeden önce tractus opticus'tan ayrılarak colliculus superior'da sonlanır. Cortex cerebri'den başlayan ve colliculus superior'un yüzeyel tabakalarında sonlanan afferentler *corticotectal lifler*'i oluşturur. Bu lifler, büyük çoğunluğu görme cortex'inden olmak üzere, beyinin tüm loblarından başlar. Brodmann'ın 8 numaralı sahasından (frontal eye field) başlayan fibrae corticotectales'in, konjuge göz hareketlerinin motor mekanizmaları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Colliculus superior'un derin tabakalarına ayrıca colliculus inferior ve işitme ile ilgili bazı ara nucleus'lardan, işitme cortex'inden, formatio reticularis'ten ve medulla spinalis'ten de afferent lifler gelir. Medulla spinalis'ten tractus spinotectalis aracılığı ile taşınan nosiseptif impulslar, colliculus superior'un derin tabakalarında sonlanır. Yapılan çalışmalarda, colliculus superior'un derin tabakalarına nucleus cuneatus ve nucleus spinalis nervi trigemini'den de somatik duyular ile ilgili liflerin geldiği gösterilmiştir.

Colliculus superior'dan başlayan efferent lifler genel olarak beyin sakı, medulla spinalis, thalamus, nucleus parabigeminalis, nuclei reticulares, pretectum ve retina'ya gider. Colliculus superior'un derin tabakalarından başlayarak aşağıya doğru inen aksonlar, çapraz yapmayan tectopontine ve tectobulbar lifler ile çapraz yapan tectobulbar ve tectospinal lifleri oluşturur. *Tectopontine lifler,* nuclei pontis'te sinaps yapar; buradan başlayan postsinaptik lifler, pedunculus cerebellaris medius'tan geçerek cerebellum'a gider. Bu lifler baş ve göz hareketlerinin ince koordinasyonu için cerebellum'a görme ile ilgili impulslar taşır. *Tectospinal lifler* ve *tectobulbar lifler, decussatio tegmentalis posterior*'da çapraz yapar ve fasciculus longitudinalis medialis'e katılarak aşağıya doğru iner. Tectospinal lifler, görme ve işitmeye bağlı refleks hareketlerin düzenlenlenmesinde rol oynadığı düşünülen *tractus tectospinalis*'i oluşturur. Colliculus superior'un yüzeyel tabakalarından başlayan *tectothalamic lifler* ipsilateral olarak pulvinar thalami, corpus geniculatum laterale ve pretectum'a uzanır. Bu liflerin bir kısmı nucleus parabigeminalis'te sinaps yapar. Colliculus superior'dan mesencephalon'daki ipsilateral, pons ve medulla oblongata'daki kontralateral nuclei reticulares'e efferent aksonların gittiği gösterilmiştir.

Colliculus superior'un tek taraflı uyarılması ile her iki göz karşı tarafa döner. Bu cevap, colliculus superior'un beyin sakında göz hareketlerini kontrol eden nucleus'larla olan bağlantıları ile açıklanmaktadır.

Colliculus superior'un deneysel olarak oluşturulan unilateral lezyonlarında, karşı görme alanındaki görüntülerin değerlendirilmesi ve hareket eden objelerin izlenmesinde güçlük görülür; ancak göz hareketlerinde bir bozukluk olmaz. Bu sonuçlar colliculus superior'un, objelerin lokalize edilmesi ve takip edilmesi ile ilgili baş ve göz hareketlerine katkısı olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 36. Mesencephalon' da colliculus superior seviyesinden geçen transvers bir kesit

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

Commissura posterior

Mesencephalon ile diencephalon arasında yer alan commissura posterior, substantia grisea centralis'in dorsalinde ve colliculus superior'un rostralinde bulunur. Commissura posterior'un lateralinde *nucleus commissurae posterioris* yer alır. Bu nucleus'un pars ventralis (nucleus of Darkschewitsch), pars interstitialis ve pars dorsalis olmak üzere üç kısmı vardır. Commissura posterior'dan geçen lifler; 1) nuclei pretectales, 2) nucleus commissurae posterioris, 3) nucleus interstitialis (Cajal's interstitial nucleus), 4) colliculus superior, 5) nuclei dorsales thalami'den başlar.

Nucleus commissurae posterioris ve bu seviyede yer alan nucleus interstitialis, göz hareketleri ile ilgili nucleus'lardır.

Area pretectalis

Commissura posterior seviyesinde, colliculus superior'un rostralinde yer alan bu bölgede, görme yolları ile ilgili olduğu düşünülen ve *nuclei pretectales* adı verilen nucleus'lar bulunur. Bunlardan *nucleus pretectalis olivaris*'e, retina'dan başlayan ve corpus geniculatum laterale'ye gelmeden tractus opticus'tan ayrılan afferent lifler gelir. Nucleus pretectalis olivaris'ten başlayan liflerin bir kısmı commissura posterior'dan, bir kısmı ise aqueductus cerebri'nin ventralinden geçer ve bilateral olarak n. oculomotorius'un nuclei viscerales (Edinger-Westphal nucleus)'inde sonlanır. Direkt ve consensual pupilla ışık refleksi, retina ile nervus oculomotorius'un nuclei viscerales'i arasındaki bu bağlantı ile açıklanmaktadır. Bir göze ışık tutulduğu zaman o gözün pupilla'sında daralma olmasına *direkt pupilla ışık refleksi*, aynı zamanda karşı gözün pupilla'sında daralma olmasına *consensual pupilla ışık refleksi* adı verilir.

Mesencephalon'daki nuclei reticulares

Formatio reticularis'e ait nucleus'lardan mesencephalon'da yer alanları şunlardır: *nucleus cuneiformis, nucleus subcuneiformis, nucleus tegmentalis pedunculopontinus*. Bunlardan başka mesencephalon'da nuclei raphes'e ait *nucleus raphealis posterior* bulunur.

MESENCEPHALON'DAKİ KRANİAL SİNİR NUCLEUS'LARI

Mesencephalon'da n. oculomotorius'un parasempatik nucleus'u olan *nuclei viscerales (Edinger-Westphal nucleus)* ile somatik motor nöron grupları, n. trochlearis'in motor nucleus'u olan *nucleus nervi trochlearis*, n. trigeminus'un duyu nucleus'larından *nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini*'nin üst kısmı yer alır.

Nucleus nervi oculomotorii

Bu nucleus, colliculus superior seviyesinde, substantia grisea centralis'in ventralinde ve MLF'un dorsalinde yer alır (Şekil 36). Nucleus nervi oculomotorii'nin parasempatik (GVE) ve somatik motor (GSE) nöron grupları vardır. Bu nucleus'un *nuclei viscerales (Edinger-Westphal nucleus)* adı verilen parasempatik nucleus'u, ipsilateral olarak ganglion cilliare'ye giden preganglionik parasempatik lifler gönderir. Bu gangliondan çıkan postganglionik lifler, m. sphincther pupilla ve m. ciliaris'i inerve eder. Nuclei viscerales'ten başlayan bazı liflerin beyin sakının kaudal kısımlarına ve medulla spinalis'e kadar uzandığı gösterilmiştir. Ancak bu liflerin fonksiyonu bilinmemektedir. Nucleus nervi oculomotorii'deki somatik motor nöronlar ise ekstrinsik göz kaslarından m. rectus superior, m. rectus medialis, m. rectus inferior, m. obliquus inferior ve m. levator palpebrae superioris'i inerve eder. Ekstrinsik göz kaslarını inerve eden motor nöronlar, nucleus nervi oculomotorii içerisinde birbirinden ayrı bilateral hücre grupları oluşturur. Ancak her iki m. levator palpebrae superioris, orta hattaki tek bir hücre grubu tarafından inerve edilir. Bir gözdeki m. rectus medialis, m. rectus inferior ve m. obliquus inferior'u inerve eden aksonlar nucleus nervi oculomotorii'nin ipsilateral tarafındaki hücre gruplarından başlarken, m. rectus superior'u inerve eden aksonlar kontralateral taraftaki hücre grubundan başlar.

Nucleus nervi oculomotorii'den çıkan akson demetleri ventrolaterale doğru seyreder ve nucleus ruber'in içerisinden geçtikten sonra substantia nigra'nın medialinden geçerek mesencephalon'u terk eder. Mesencephalon'u terk eden akson demetleri fossa interpeduncularis'te n. oculomotorius'u oluşturur (Şekil 36).

Nucleus nervi trochlearis

N. trochlearis'in motor nucleus'u olan nucleus nervi trochlearis, colliculus inferior'un üst seviyelerinde substantia grisea centralis'in ventralinde bulunur (Şekil 35). Bu nucleus'tan çıkan aksonlar dorsolateral ve kaudale doğru uzanarak pons'un üst seviyelerinde bulunan *velum medullare superius*'ta çapraz yapar. N. trochlearis'ler, colliculus inferior'un kaudalinde, frenulum veli medullaris superioris'in her iki tarafından çıkarak beyin sakını terk eder. Bu sinir, ekstrinsik göz kaslarından m. obliquus superior'u inerve eden GSE lifler içerir.

Nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini ve tractus mesencephalicus nervi trigemini

Substantia grisea centralis'in lateralinde bulunan bu yapılar, pons'un üst seviyelerinden mesencephalon'un colliculus superior seviyesine kadar uzanır (Şekil 25). Nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini, çiğneme sırasında ısırmanın

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

kuvvetini kontrol eden mekanizmalar ile ilgili olup çiğneme kaslarındaki kas iğciklerinden proprioception ile ilgili GSA lifler alır. Ayrıca bu nucleus'a dişler, diş eti, sert damak ve çene ekleminin eklem kapsülünden de kinesthesis ve basınç ile ilgili afferent lifler gelir. Mimik kasları, dil kasları ve ekstrinsik göz kaslarından geldiği düşünülen proprioseptif duyuların da bu nucleus'ta sonlandığı ileri sürülmektedir.

CEREBELLUM

Hareketlerin amaca uygun ve koordinasyon içerisinde yapılması, kas tonusu ve dengenin sağlanması gibi motor fonksiyonların yerine getirilmesinde önemli rolü olan cerebellum, rhombencephalon'un metencephalon kısmından gelişir. Cerebellum, fossa cranii posterior'da yer alır; yukarıda, tentorium cerebelli aracılığıyla lobus occipitalis, önde ventriculus quartus aracılığıyla pons ve medulla oblongata ile komşudur (Şekil 37). Ağırlığı santral sinir sisteminin yaklaşık 1/10'unu oluşturmasına rağmen, cerebellum'daki nöronların sayısı santral sinir sistemindeki tüm nöronların yarısından fazladır.

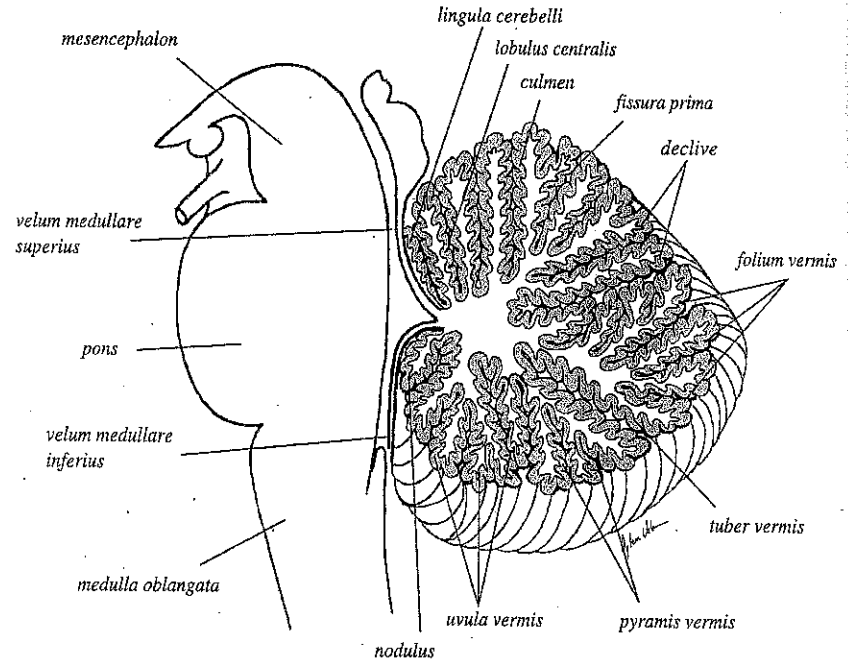
CEREBELLUM'UN DIŞ YAPISI

Cerebellum, sağda ve solda *hemispherium cerebelli* adı verilen iki adet hemisfer ile ortada *vermis cerebelli* adı verilen dar bir parçadan oluşmuştur. Vermis ve hemisferler arasındaki sınır alt yüzde daha belirgindir. Her iki hemisfer arasında, ön tarafta *incisura cerebelli anterior,* arka tarafta ise *incisura cerebelli posterior* adı verilen çentikler bulunur. Alt yüzde, her iki hemisfer arasında *vallecula cerebelli* adı verilen geniş bir aralık vardır. Incisura cerebelli posterior'a falx cerebelli adı verilen, dura mater uzantısı yerleşmiştir. Hemisferlerin dış yüzünde *folia cerebelli* adı verilen çok sayıda kıvrım bulunur. Bu kıvrımlar arasında *fissurae cerebelli* adı verilen yarıklar yer alır.

Cerebellum, *lobus cerebelli anterior, lobus cerebelli posterior* ve *lobus flocculonodularis* olmak üzere üç loba ayrılır. Lobus cerebelli anterior ve lobus cerebelli posterior *fissura prima* ile, lobus cerebelli posterior ve lobus flocculonodularis ise *fissura posterolateralis* ile birbirinden ayrılmıştır. Bu lobus'lar da çeşitli fissura'lar ile lobulus'lara ayrılır.

Lobus cerebelli anterior'u, vermiş cerebelli'nin *lingula cerebelli, lobulus centralis* ve *culmen* kısımları ile hemispherium cerebelli'nin ala *lobuli centralis* ve *lobulus quadrangularis* kısımları oluşturur.

Ücretsiz PDF Kitap Ağı - https://ranter.org



Şekil 37. Sagittal bir kesitte cerebellum'un görünümü

Lobus cerebelli posterior'u, vermis cerebelli'nin *declive, folium vermis, tuber vermis, pyramis* ve *uvula* kısımları ile hemispherium cerebelli'nin *lobulus simplex, lobulus semilunaris superior, lobulus semilunaris inferior, lobulus paramedianus, lobulus biventer* ve *tonsilla cerebelli* kısımları oluşturur. Lobulus semilunaris superior ve lobulus semilunaris inferior arasında yer alan *fissura horizontalis*, aynı zamanda cerebellum'un alt ve üst yüzlerini birbirinden ayıran bir sınır oluşturur.

KLİNİK BİLGİ

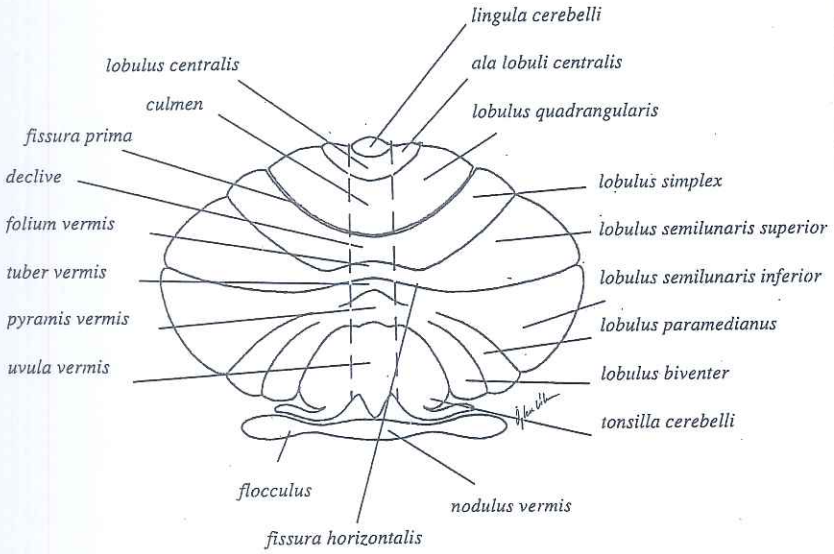
Genellikle kafa içi basınç artışı sonucunda, tonsilla cerebelli'nin foramen magnum'dan aşağıya doğru fıtıklaşmasına *tonsillar herniasyon* denir. Kafa içi basıncının arttığı durumlarda lumbar ponksiyon ile fazla miktarda beyin omurilik sıvısı alınması da tonsillar herniasyona sebep olabilir. Tonsillar herniasyonda fıtıklaşan tonsilla cerebelli, genellikle beyin sakına baskı yapar. Bunun sonucunda solunum ve dolaşım ile ilgili merkezlerin etkilenmesine bağlı olarak solunum ritminde değişiklikler, apne, nabız sayısında azalma gibi bulgular ortaya çıkar; daha ağır durumlar hastanın solunum felci sonucu ölümüne sebep olabilir.

Lobus flocculonodularis'i, vermis cerebelli'nin *nodulus vermis* kısmı ile hemispherium cerebelli'nin *pedunculus flocculi* ve *flocculus* kısımları oluşturur.

Larsell isimli araştırıcı, vermis cerebelli'nin kısımlarını numaralandırmış bunlara karşılık gelen hemispherium cerebelli lobulus'larına da, başlarına H harfi koyarak, aynı rakamları vermiştir. Vermis cerebelli'nin I numaralı kısmına karşılık gelen hemispherium cerebelli lobulus'u yoktur. Larsell'in sınıflamasına göre vermis cerebelli ve hemispherium cerebelli kısımları aşağıdaki gibi numaralandırılmıştır (Şekil 38):

Lingula cerebelli (I)	
Lobulus centralis (II, III)	Ala lobuli centralis (H II, H III)
Culmen (IV, V)	Lobulus quadrangularis anterior (H IV, H V)
Declive (VI)	Lobulus simplex (H VI)
Folium vermis (VII-A)	Lobulus semilunaris superior (H VII-A)
Tuber vermis (VII-B)	Lobulus semilunaris inferior, lobulus paramedianus (HVII-B)
Pyramis vermis (VIII)	Lobulus biventer (H VIII)
Uvula vermis (IX)	Tonsilla cerebelli (H IX)
Nodulus vermis (X)	Flocculus (H X)

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 38. Vermis cerebelli ve hemispherium cerebelli'nin kısımları

CEREBELLUM'UN İÇ YAPISI

Cerebellum kesitlerinde, dışta *cortex cerebelli* ve içte *corpus medullare cerebelli* olmak üzere iki kısım görülür. Farklı nöron gruplarının yer aldığı cortex cerebelli, dıştan içe doğru *stratum moleculare, stratum purkinjense* ve *stratum granulosum* olmak üzere üç farklı tabakadan oluşmuştur. Corpus medullare cerebelli'de ise cerebellum'un afferent ve efferent liflerinin geçtiği aksonlar bulunur. Corpus medullare cerebelli içerisinde ayrıca *nuclei cerebelli* adı verilen ve orta hattın her iki yanında yerleşmiş dört çift nucleus vardır. Cerebellum kesitlerinde, corpus medullare cerebelli ve bunun çevresindeki cortex cerebelli kısmı, bir ağacın dallarını andırdığı için bu görünüme *arbor vitae (hayat ağacı)* adı verilir (Şekil 37).

Nuclei cerebelli, corpus medullare cerebelli içerisinde medialden laterale doğru *nucleus fastigii, nucleus globosus (nucleus interpositus posterior), nucleus emboliformis (nucleus interpositus anterior)* ve *nucleus dentatus* olarak sıralanır.

Pedunculi cerebellares

Cerebellum ile santral sinir sisteminin çeşitli kısımları arasında uzanan yollar *pedunculi cerebellares* adı verilen yapıları oluşturur.

Pedunculus cerebellaris superior, mesencephalon ile cerebellum'u birbirine bağlar. Pedunculus cerebellaris superior içerisinde nucleus globosus, nucleus emboliformis ve nucleus dentatus'tan başlayan efferent lifler, nucleus ruber ve colliculus inferior'dan gelen afferent lifler ile tractus spinocerebellaris anterior yer alır. Pedunculus cerebellaris superior içerisindeki lifler colliculus inferior seviyesinde çapraz yapar.

Pedunculus cerebellaris medius, pons ile cerebellum'u birbirine bağlar. Pedunculus cerebellaris medius içerisinde, cerebral cortex'ten başlayıp nuclei pontis aracılığı ile cerebellum'a giden fibrae pontis transversae yer alır.

Pedunculus cerebellaris inferior, medulla oblongata ile cerebellum'u birbirine bağlar. Pedunculus cerebellaris inferior içerisinden geçen tractus spinocerebellaris posterior, tractus spinocerebellaris anterior'a ait liflerin bir kısmı, tractus cuneocerebellaris ve tractus olivocerebellaris *corpus restiforme* adı verilen yapıyı oluşturur. Corpus restiforme sadece afferent lifler içerir. Pedunculus cerebellaris inferior içerisinde bazı retiküler nucleus'lar ve nuclei vestibulares'ten başlayıp cerebellum'a gelen afferent lifler ile cerebellum'dan başlayıp nuclei vestibulares ve bazı retiküler nucleus'lara giden efferent lifler de yer alır. Bu lifler *corpus juxtarestiforme* adı verilen yapıyı oluşturur.

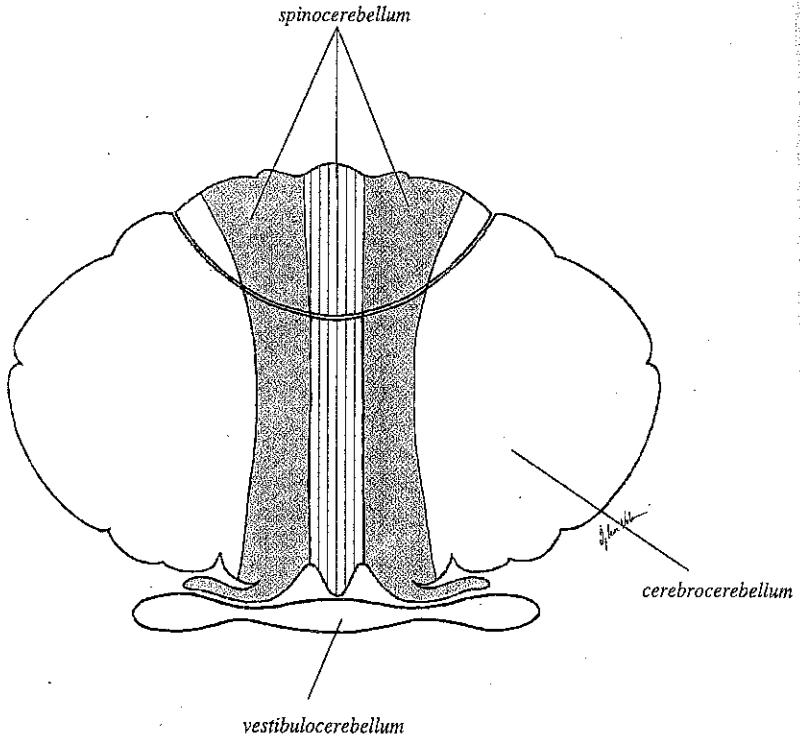
CEREBELLUM'UN EFFERENTLERİ

Cerebellum'un efferent liflerinin büyük bir kısmı nuclei cerebelli'den, bir kısmı da cortex cerebelli'den başlar. Bu lifler genel olarak pedunculus cerebellaris superior'dan geçerek nuclei vestibulares, nucleus ruber, nuclei olivares inferiores, bazı retiküler nucleus'lar, medulla spinalis ve thalamus'a gider. Cerebellum'un diğer efferentlerinden farklı olarak, nucleus fastigii'den başlayan efferent liflerin büyük bir kısmı pedunculus cerebellaris superior'dan geçmez.Bu lifler cerebellum içerisinde çapraz yapan *fasciculus uncinatus cerebelli*'yi oluşturur. Fasciculus uncinatus cerebelli, ventriculus quartus'un lateralinden geçerek nuclei vestibulares ile bazı retiküler nucleus'larda sonlanır.

CEREBELLUM'UN AFFERENTLERİ

Cerebellum'a gelen afferent lifler medulla spinalis'ten, nuclei vestibulares'ten, nuclei pontis aracılığı ile cerebral cortex'ten, nuclei olivares inferiores'ten, nucleus cuneatus accessorius'tan, colliculus superior ve colliculus inferior'dan ve bazı retiküler nucleus'lardan başlar.

Ücretsiz PDF kitap Arşivi - https://ranter.org



Şekil 39. Cerebellum'un fonksiyonel kısımlarının şematik çizimi.

CEREBELLUM'UN FONKSİYONLARI

Cerebellum, hareketlerin düzgün, amaca uygun kuvvette ve bir koordinasyon içerisinde yapılmasını, statik ve dinamik postürün sağlanmasını, karmaşık motor hareketlerin öğrenilmesini ve düzenlenmesini organize eden bir merkezdir. Cerebellum, yapılmak istenen hareket ile ilgili olarak cerebral cortex'ten, yapılmakta olan hareketin performansı ile ilgili olarak da periferden bilgi alır ve bu bilgileri değerlendirerek, inen motor sistemler (tractus corticospinalis ve tractus rubrospinalis) ile olan bağlantısı sayesinde, hareketin amaca uygun ve düzgün bir şekilde yapılabilmesini sağlar.

Cerebellum, fonksiyon ve filogenetik gelişim açısından *vestibulocerebellum (archicerebellum), spinocerebellum (paleocerebellum)* ve *cerebrocerebellum (neocerebellum)* olmak üzere üç bölgeye ayrılır (Şekil 39). Bu bölgelerin her birinin afferent ve efferent bağlantıları farklı olup lezyonlarında farklı bulgular ortaya çıkar.

Vestibulocerebellum, lobus flocculonodularis'i kapsar. Cerebellum'un filogenetik gelişim açısından en eski kısmı olan bu bölge, daha çok nuclei vestibulares ile bağlantılıdır. Vestibulocerebellum'a denge ve görme ile ilgili sistemlerden gelen bilgiler, bu bölgenin nuclei vestibulares ile olan efferent bağlantıları aracılığı ile, dengenin sağlanmasında ve vestibular reflekslerin düzenlenmesinde rol oynar. Vestibulocerebellum ayrıca göz hareketlerinin kontrolü ile baş ve göz hareketlerinin koordinasyonunu da sağlar.

KLİNİK BİLGİ

Lobus flocculonodularis, vestibular sistem ile bağlantılı olduğu için, bu bölgenin lezyonlarında hareketlerin yapılması sırasında vestibular sistemden gelen impulslar değerlendirilemez. Bunun sonucunda özellikle yürüme sırasında denge ile ilgili bozukluklar görülür. Bazı refleks göz hareketleri de vestibular sistem ve cerebellum ile ilgili olduğu için, lobus flocculonodularis lezyonlarında nystagmus da ortaya çıkar.

Spinocerebellum, vermis cerebelli ve buna komşu hemispherium cerebelli kısımlarını kapsar. Bu bölge daha çok medulla spinalis ve beyin sakındaki bazı nucleus'lar ile bağlantılı olup gövde ve ekstremite kaslarının motor kontrolü, yapılmakta olan hareketin devam ettirilmesi ve kas tonusunun düzenlenmesi ile ilgilidir.

KLİNİK BİLGİ

Spinocerebellum'un lezyonlarında hypotonia (kas tonusunda azalma) ve motor hareketlerin koordinasyonunda bozukluk ortaya çıkar. Konuşma ile ilgili kaslardaki koordinasyon düzensizliğine bağlı olarak konuşma yavaşlar ve monotonlaşır; bazı kelimeler patlayıcı bir şekilde telaffuz edilir.

Cerebrocerebellum, hemispherium cerebelli'nin lateral kısımlarını kapsar. Cerebellum'un bu bölgesine kontralateral cerebral cortex'ten nuclei pontis aracılığı

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

ile afferent lifler gelir. Cerebrocerebellum'a gelen impulslar burada değerlendirildikten sonra nucleus dentatus aracılığı ile thalamus'ta nuclei ventrales laterales'e ve buradan da cerebral cortex'in motor ve premotor bölgelerine gider. Cerebrocerebellum'un fonksiyonları hareketin planlanması, başlatılması ve zamanlaması ile ilgilidir.

KLİNİK BİLGİ

Bu bölgenin lezyonlarında hareketin başlatılması ve sonlandırılmasında gecikme ortaya çıkar. Ayrıca hareket sırasında agonist ve antagonist kasların kasılmasında ortaya çıkan zamanlama hatalarına bağlı olarak kas koordinasyonu bozulur. Hedefe yönelik bir hareketin durdurulmasındaki gecikme, hedefin geçilmesine sebep olur. *Hypermetria* adı verilen bu hatayı düzeltmek amacı ile ters yönde bir hareket başlatılır. Ancak bu yeni hareket sırasında da zamanlama hatası olacağı için, bunu düzeltmeye yönelik yeni bir hareket başlatılır. Bu hareketlerin tekrarlaması sonucunda *kinetik tremor (intention tremor)* adı verilen bulgu ortaya çıkar. Kinetik tremor, hedefe yönelik bir hareket sırasında, özellikle hedefe yaklaşıldığı sırada ekstremitede ortaya çıkan titreme olarak tarif edilir.

Cerebellum'un komplike motor hareketlerin öğrenilmesinde de rolü vardır. Bisiklete binme, dans etme vb. örneklerinde olduğu gibi, kas koordinasyonunun mükemmel uyumunu gerektiren hareketlerin başlangıçta acemice, ancak zaman içerisinde daha düzgün ve uyumlu bir şekilde yapılabilmesi, cerebellum'un motor hareketlerin öğrenilmesindeki rolüne bağlanmaktadır.

KLİNİK BİLGİ

Cerebellum lezyonlarına ait bulgular lezyon ile aynı tarafta ortaya çıkar. Bunun nedeni hem cerebellum'dan cerebral cortex'e giden liflerin çapraz yapması, hem de cerebellum tarafından etkilenen tractus corticospinalis ve tractus rubrospinalis'in çapraz yapmasıdır. Cerebellum lezyonlarında ortaya çıkan bulgular zaman içerisinde bir miktar geriler.

Cerebellum lezyonlarında, lezyonun yaygınlığına bağlı olarak aşağıdaki bulgulardan biri, birkaçı veya tümü bir arada görülebilir.

Statik ve *dinamik postural dengesizlik*. Cerebellum lezyonu olan hastalar hem sabit pozisyonda, hem de hareket ederken, lezyonun genişliğine göre, vücut kısımlarının veya tüm vücudun postürünü korumakta güçlük çekerler. Statik dengesizlik, özellikle hasta ayakları bitişik, gözleri kapalı ve kolları yukarıda ayakta durur pozisyonda iken daha belirgindir. Dinamik dengesizlik ise özellikle yürürken ortaya çıkar. İstekli hareketlerin yapılması sırasında, kas kontraksiyonlarındaki koordinasyon bozukluğuna bağlı olarak düzensiz hareketler izlenir. Özellikle yürüme sırasında ortaya çıkan, gövde ve proksimal ekstremite kaslarında daha belirgin olan bu duruma *cerebellar ataxia* adı verilir. Bu hastalar, düz bir çizgi üzerinde yürümekte zorlanırlar, dengelerini koruyabilmek için ayaklarını açarak yürürler ve sarhoş bir insanın yaptığı hareketleri andıran düzensiz hareketler yaparlar.

Hareketlerin zamanlamasında gecikme. Cerebellum lezyonu olan hastaların, hem hareketi başlatmasında, hem de sonlandırmasında gecikme görülür. Normal bir kişiden ön kolunu bir dirence karşı fleksiyona zorlaması istenirse ve direnç aniden ortadan kaldırılırsa, şahıs ön kol fleksiyonunu hızlı bir şekilde sonlandırabilir. Cerebellum lezyonu olan bir hasta ise aynı durumda fleksiyon hareketini sonlandıramaz ve ön kolu göğüsüne çarpar *(rebound phenomenon)*. Bu durum hem antagonist kasların kontraksiyonundaki gecikme, hem de hareketin durdurulmasındaki gecikmeye bağlı olarak ortaya çıkar.

Birbirini izleyen benzer hareketlerin yapılamaması. Cerebellum lezyonu olan bir hastadan, elinin palmar ve dorsal yüzlerini sırayla bir yere dokundurması istendiğinde, bu hareketleri hızlı ve düzenli bir şekilde yapamadığı görülür. Bu şekilde, birbirine zıt hareketlerin arka arkaya ve hızlı bir şekilde yapılamamasına *dysdiadochokinesis* adı verilir.

Hareketlerin düzgünlüğü ve yönünde bozukluk. Cerebellum lezyonu olan bir hasta, eli ile bir objeye ulaşmak istediği zaman eli objenin ya gerisinde kalır, veya onu geçer. Hem zamanlama hem de yönlendirme hatası sonucu ortaya çıkan bu duruma *dysmetria* adı verilir. Hastanın elinde objeye yaklaştıkça belirginleşen kinetik tremor görülür.

Ücretsiz PDF Kitap Arşivi - https://ranter.org

MEDULLA SPINALIS'İN ÇIKAN ve İNEN YOLLARI

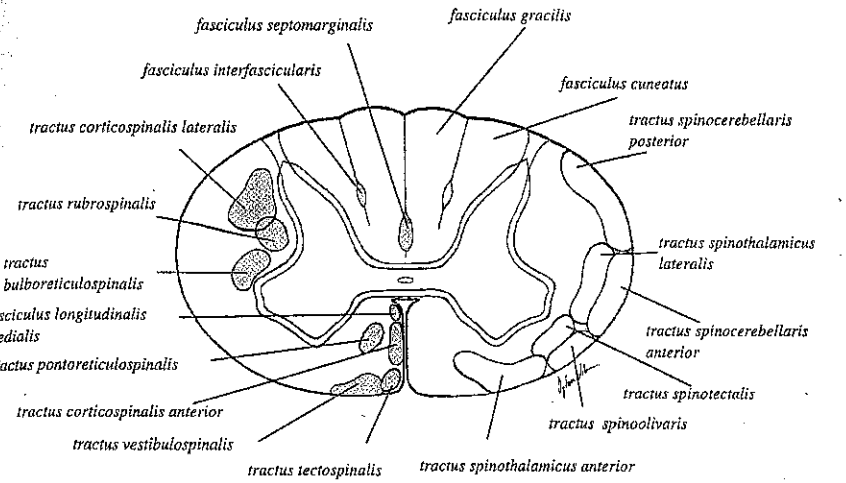
Çıkan yolları, genel olarak ganglion spinale'de bulunan nöronların santral uzantıları veya bunların gri cevher laminalarında sinaps yaptıkları ikinci nöronların uzantıları oluşturur. İnen yollar ise genel olarak cerebrum, cerebellum, beyin sakı gibi supraspinal seviyelerdeki nöronların spinal seviyelere inen aksonları tarafından oluşturulur.

AFFERENT (ÇIKAN) YOLLAR

Çıkan yollar genel olarak, ganglion spinale'deki nöronların uzantıları aracılığı ile, periferik reseptörlerden medulla spinalis'e gelen afferent impulsların santral sinir sisteminin üst kısımlarına taşınması ile ilgilidir.

FASCICULUS GRACILIS ve FASCICULUS CUNEATUS

Bu yollar, *şuurlu proprioception* (pozisyon duyusu ve kinesthesis) ve *ayırt edici dokunma-basınç duyuları* (iki nokta diskriminasyonu ve vibrasyon) ile ilgilidir. İki nokta diskriminasyonu ve vibrasyon duyusu gibi duyulara *epikritik duyular* adı da verilir. Bu yollar ile ilgili birinci nöronların hücre gövdesi ganglion spinale'de bulunur (Şekil 41). Bu nöronların periferik uzantıları Golgi tendon organı, kas iğciği ve eklem kapsülünden proprioception duyusu ile ilgili; Pacinian korpüskülü ve Meissner korpüskülleri gibi reseptörlerden ise ayırt edici dokunma-basınç duyusu ile ilgili impulsları ganglion spinale'ye taşır. *Proprioception*, insanların gözleri kapalı durumda iken eklemlerinin, vücut kısımlarının ve vücudun bütününün uzaydaki pozisyonunu (pozisyon duyusu) ve hareketlerini (kinesthesis) algılayabilmesidir. *İki nokta diskriminasyonu*, bir pergelin iki ucu gibi, deriye aynı anda uygulanan iki mekanik stimulusun birbirinden ayrı olduğunu hissedebilme; *vibrasyon duyusu* ise kemik bir çıkıntının deri altında yüzeyelleştiği bölgelere titreşen bir diyapozonun tabanı ile dokunulduğunda titreşimin algılanmasıdır. Bu tür duyular özel duyular olmayıp, dokunma duyusunun beyindeki değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan farklı tipleridir.



Şekil 40. Medulla spinalis'in transvers kesitinde inen ve çıkan yollar

Ganglion spinale'deki birinci nöronların santral uzantıları, kalın miyelinli aksonlar olup, radix posterior'un medialinden geçerek medulla spinalis'e girer ve aynı taraftaki funiculus posterior içerisinde çıkan ve inen aksonlar verir. Funiculus posterior'da çıkan aksonların koksigeal, sakral, lumbal ve alt torakal seviyelerden gelenleri *fasciculus gracilis*'i, üst torakal ve servikal seviyelerden gelenleri ise *fasciculus cuneatus*'u oluşturur (Şekil 40). Bu nedenle medulla spinalis'in alt seviyelerinde yalnız fasciculus gracilis, yaklaşık T6 segmenti ve bunun üzerindeki seviyelerde ise medialde fasciculus gracilis, lateralde fasciculus cuneatus bulunur. Fasciculus gracilis ve fasciculus cuneatus içerisinde alt segmentlerden gelen lifler daha medialde, üst segmentlerden gelen lifler ise daha lateralde seyrederler.

Funiculus posterior içerisinde yükselen aksonlar, medulla oblongata'nın alt seviyelerinde ve arka tarafında bulunan *nucleus gracilis* ve *nucleus cuneatus*'a gelir. Bu seviyede, fasciculus gracilis içerisindeki aksonlar nucleus gracilis'teki, fasciculus cuneatus içerisindeki aksonlar ise nucleus cuneatus'taki ikinci nöronlar ile sinaps yaparlar. İkinci nöronların aksonları *fibrae arcuatae internae* adını alarak öne ve mediale doğru kıvrılır ve orta çizgiyi çaprazlayarak karşı tarafa geçer. Her iki taraftan gelen liflerin oluşturduğu bu çapraza *decussatio lemnisci medialis (decussatio lemniscorum medialium)* adı verilir (Şekil 22). Karşı tarafa geçen lifler *lemniscus medialis* adını alarak orta hattın her iki yanında yukarıya doğru yükselir. Lemniscus medialis, pons'un üst seviyelerinde orta hattan laterale doğru uzaklaşır;

mesencephalon seviyesinde ise lateral kenara yaklaşarak yükselir. Lemniscus medialis'i oluşturan aksonlar daha sonra thalamus'un *nucleus ventralis posterolateralis (ventral posterolateral nucleus-VPL)*'indeki üçüncü nöronlar ile sinaps yaparlar. Bu nöronların aksonları ise capsula interna'nın crus posterius'undan ve daha yukarıda corona radiata'dan geçerek cortex'e ulaşır ve gyrus postcentralis'te Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahalarındaki nöronlar ile sinaps yaparak sonlanır (Şekil 41).

Fasciculus gracilis gövdenin alt kısmı ve alt ekstremiteden gelen, fasciculus cuneatus ise gövdenin üst kısmı, boyun ve üst ekstremiteden gelen proprioception duyularını taşır. Fasciculus gracilis, fasciculus cuneatus ve bunların devamı olan lemniscus medialis'in taşıdığı duyular cortex'e ulaştığı için, bu yolların taşıdığı duyulara *şuurlu proprioception duyusu (conscious proprioception)* adı verilir. Şuurlu proprioception duyusunu taşıyan yollar filogenetik açıdan çok yeni olan yollardır. Aynı tür duyuları taşıyan, ancak cortex'e ulaşmayıp cerebellum'da sonlanan yolların taşıdığı duyulara ise *şuuraltı propricoception duyusu (subconscious proprioception)* denir.

Medulla spinalis'in funiculus posterior'unda, radix posterior'lar ile gelen afferent liflerin inen dallarının oluşturduğu *fasciculus interfascicularis* ve *fasciculus septomarginalis* isimli iki küçük yol vardır (Şekil 40). Fasciculus interfascicularis medulla spinalis'in servikal ve torakal segmentlerinde; fasciculus septomarginalis ise lumbal segmentlerde bulunur. Ayrıca nucleus gracilis ve nucleus cuneatus'tan başlayarak aynı tarafta aşağıya inen ve bütün medulla spinalis segmentlerine ulaşan inen liflerin varlığı bilinmektedir. Bu inen yolların, bazı duyuların neuroaxis'in üst seviyelerine gidişini düzenlediği düşünülmektedir.

ÖZET

Fasciculus gracilis ve fasciculus cuneatus

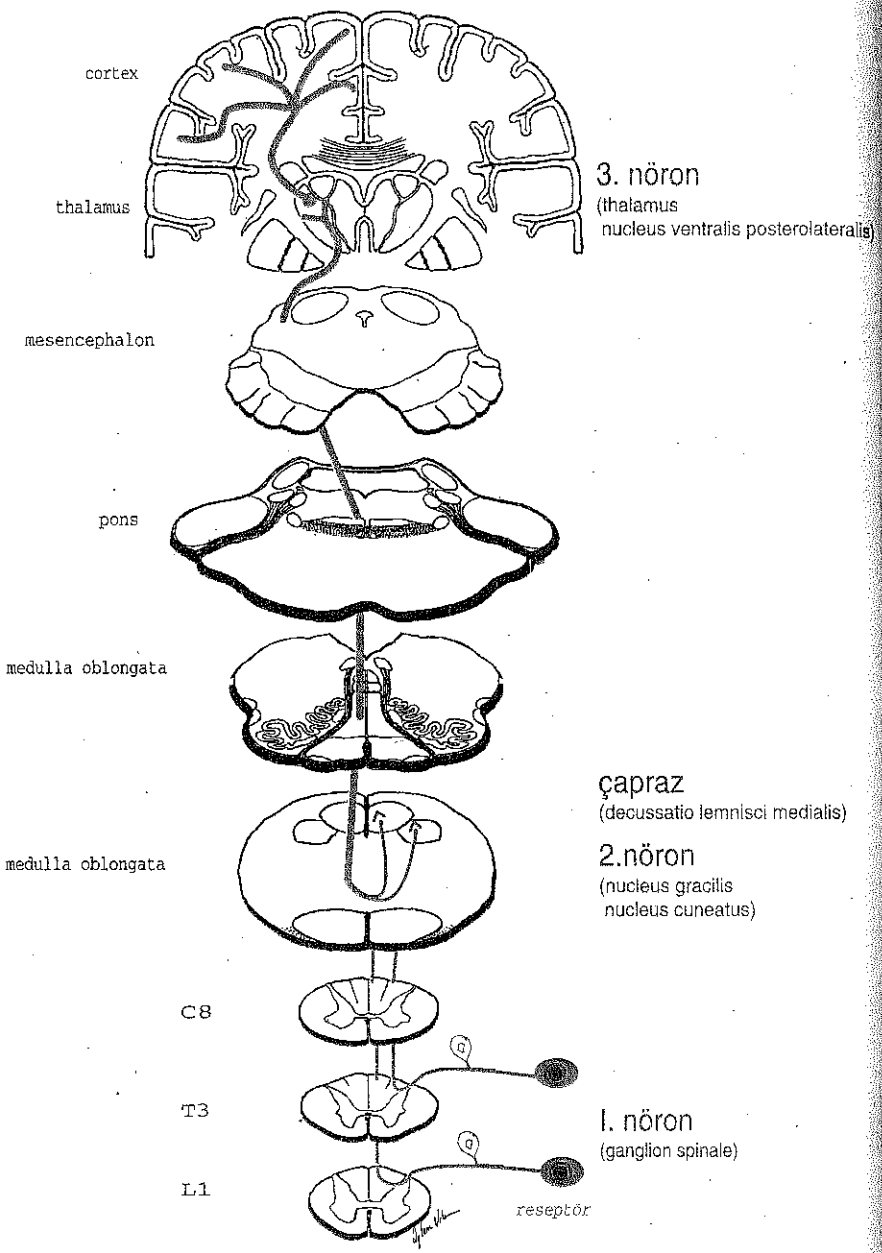
Taşıdığı duyular. Proprioception, ayırt edici dokunma-basınç duyusu
Nöron I. Ganglion spinale
Nöron II. Nucleus gracilis, nucleus cuneatus
Decussatio. Decussatio lemnisci medialis
Nöron III. VPL (thalamus)
Cortex. Brodmann 3, 1, 2 (gyrus postcentralis)

KLİNİK BİLGİ

Funiculus posterior lezyonları genellikle sifilizde görülen tabes dorsalis ve pernisiyöz anemide görülen subakut kombine sklerozis gibi hastalıklarda ortaya çıkar (Şekil 42). Funiculus posterior lezyonlarında pozisyon, kinesthesis, vibrasyon ve iki nokta diskriminasyonu duyuları, lezyon seviyesinin altında ve aynı tarafta kaybolur. Bu kayıplar, özellikle ekstremitelerin distal kısımlarında belirgindir. Kinesthesis ve pozisyon duyusu kaybı, duyu cortex'ine proprioception ile ilgili yeterli bilginin ulaşamaması nedeni ile, istekle yapılan hareketlerin düzensiz ve aşırı derecede kusurlu bir şekilde yapılmasına sebep olur. Bu tür hastalar, görme duyusu ile vücut kısımlarının pozisyonunu bir miktar değerlendirebildikleri için, çok dengeli olmamakla birlikte, ayakta durabilir veya yürüyebilirler; ancak karanlıkta yürümekte büyük güçlük çekerler. Funiculus posterior lezyonu olan hastalar ayakları birbirine bitişik ve gözleri kapalı durumda ayakta dururken dengelerini kaybederek sallanır, hatta düşebilirler. Buna *Romberg belirtisi* denir. Bu hastalar, ayakta durma ve yürüme gibi vücut pozisyonunu dengeli bir şekilde korumayı gerektiren hareketleri yapmakta büyük zorluk çekerler *(funiculus posterior ataxia'sı)* ve gözleri kapalı durumda iken vücut kısımlarının uzaydaki pozisyonunu değerlendiremezler. Funiculus posterior ataxia'sı olan hastalar yürürken gözleri ile alt ekstremitelerini takip eder ve bunların pozisyonunu görerek yürümeye çalışırlar. Bu hastaların bacaklarını birbirinden açık tutarak daha geniş bir tabanda yürümeleri, yürüme sırasında alt ekstremitelerini aniden ve gereğinden fazla yukarı kaldırmaları, ayaklarını yere sertçe vurmaları, adımlarının eşit olmaması ve yürürken genellikle bir tarafa doğru sallanmaları tipiktir.

Funiculus posterior lezyonu olan hastalarda dokunma duyusu kaybolmadığı halde, vücudun dokunulan yerini tam olarak lokalize edememek, deri üzerine çizilen şekilleri anlayamamak (agraphaesthesia), ele alınan cisimleri hissederek tanıyamamak (astereognosia) ve bunların ağırlık farklılıklarını anlayamamak gibi ayırt edici dokunma duyusu ile ilgili bozukluklar ortaya çıkar.

Decussatio lemnisci medialis'in üst tarafındaki lezyonlarda, yukarıda sıralanan bulgular lezyonun karşı tarafındaki gövde ve ekstremitede ortaya çıkar.



Şekil 41. Fasciculus gracilis ve fasciculus cuneatus

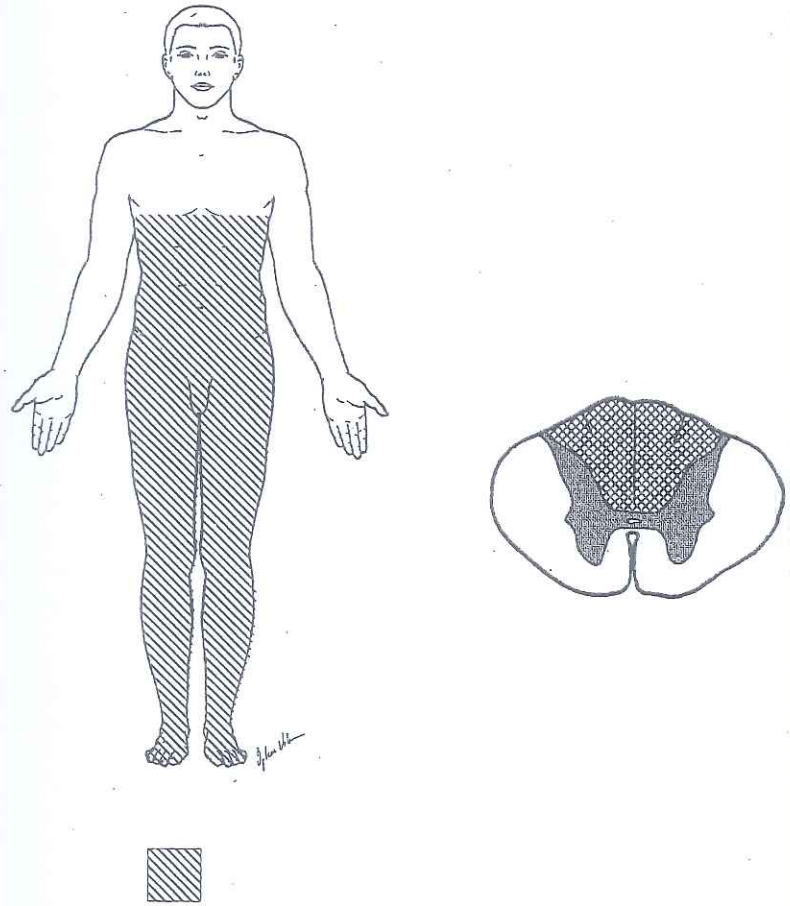
TRACTUS SPINOTHALAMICUS LATERALIS

Ağrı ve ısı duyuları ile ilgili olan bu yola ait birinci nöronların hücre gövdeleri ganglion spinale'de bulunur. Bu nöronların perifere giden aksonları, serbest sinir uçları şeklinde sonlanarak ağrı, sıcak ve soğuk duyuları ile ilgili reseptörleri oluşturur. Nöronların santral uzantıları ince miyelinli veya miyelinsiz aksonlar olup radix posterior'lar içerisinde, proprioception duyusunu taşıyan liflerin lateralinde seyrederek medulla spinalis'e girer. Bu aksonlar medulla spinalis'e girdikleri seviyede muhtemelen laminae I, IV ve V'te bulunan ikinci nöronlar ile sinaps yapar (Şekil 43). İkinci nöronların aksonları aynı segment seviyesinde veya bir alt-bir üst segment seviyesinde commissura alba anterior'dan karşı tarafa geçer ve funiculus lateralis'te tractus spinothalamicus lateralis'i oluştururlar (Şekil 40). Ancak karşı tarafa geçmeyen az sayıdaki akson ipsilateral tractus spinothalamicus lateralis'te yükselir. Tractus spinothalamicus lateralis içerisinde, değişik segmentler ile ilgili aksonlar somatotopik lokalizasyon gösterirler. Buna göre sakral ve lumbal segmentlerden gelen aksonlar daha lateralde, torakal ve servikal segmentlerden gelen aksonlar ise daha medialde yer alır. Benzer şekilde, ısı duyusu ile ilgili lifler, genellikle ağrı duyusu ile ilgili liflere göre daha arkadadır. Tractus spinothalamicus lateralis, beyin sakında tractus spinothalamicus anterior ile birlikte ve lemniscus medialis'in posterolateralinde thalamus'a kadar yükselir. Tractus spinothalamicus lateralis'i oluşturan aksonların büyük bir kısmı thalamus'un ventral posterolateral nucleus'unda (VPL) bulunan üçüncü nöronlar ile sinaps yapar. Yapılan birçok çalışmada, bu yol ile ilgili liflerin bir kısmının thalamus'un başka nucleus'larına da gittiği gösterilmiştir. Tractus spinothalamicus lateralis'i oluşturan aksonların az bir kısmı ise beyin sakındaki formatio reticularis'e ait bazı nucleus'lardaki nöronlar ile sinaps yapar. Üçüncü nöronların aksonları capsula interna'nın crus posterius'undan ve daha yukarıda corona radiata'dan geçerek cortex'e ulaşır ve gyrus postcentralis'te Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahalarındaki nöronlar ile sinaps yaparak sonlanır (Şekil 43).

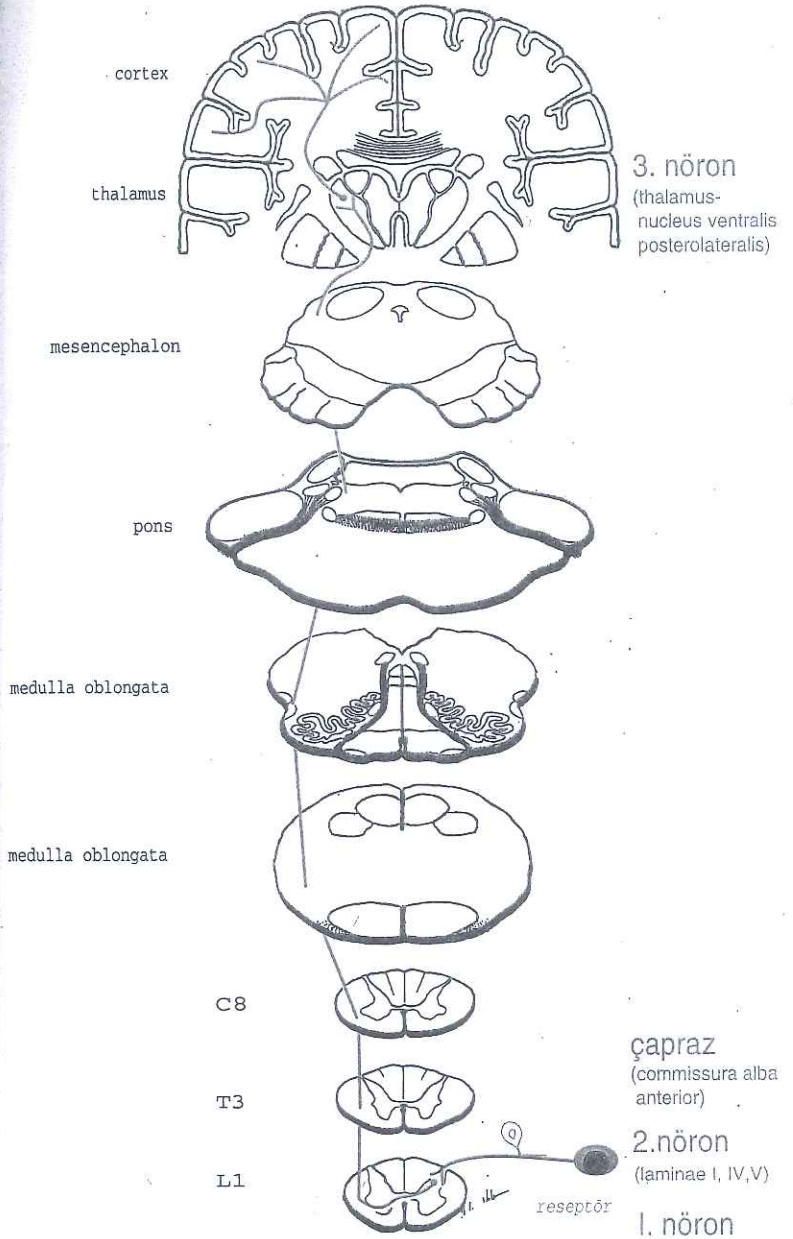
ÖZET

Tractus spinothalamicus lateralis

Taşıdığı duyular. Ağrı, ısı
Nöron I. Ganglion spinale
Nöron II. Laminae I, IV ve V
Decussatio. Commissura alba anterior
Nöron III. VPL (thalamus)
Cortex. Brodmann 3, 1, 2 (gyrus postcentralis)



Şekil 42. Bilateral funiculus posterior lezyonu



Şekil 43. Tractus spinothalamicus lateralis

KLİNİK BİLGİ

Tractus spinothalamicus lateralis'in medulla spinalis'in herhangi bir seviyesinde tek taraflı olarak kesilmesi, lezyonun genellikle bir segment altında ve karşı tarafta ağrı ve ısı duyusu kaybına sebep olur (analgesia ve thermoanesthesia). İç organlar genellikle ısıya karşı hassas değildir; ancak doku iskemisine, bazı kimyasal maddelere, düz kas spazmına ve gerilmeye bağlı ağrı duyusu algılanabilir. Yüzeyel yapılardan gelen ağrı ve ısı duyusu, iç organlardan gelen ağrı duyusu ve bazı iç organlardan gelen ısı duyusu tractus spinothalamicus lateralis ile üst merkezlere taşınır. Ancak bu yolun tek taraflı lezyonları, inervasyonlarının çift taraflı olması nedeni ile, iç organlarda duyu kaybına yol açmaz. Tractus spinothalamicus lateralis'in tek taraflı lezyonlarında, perineum bölgesinde de ağrı ve ısı duyusu tamamen kaybolmaz. Bunun nedeni, bu bölgeye her iki taraftan gelen periferik sinir liflerinin orta hattan karşı tarafa geçmeleridir. Tractus spinothalamicus lateralis'in zedelenmelerinde kaybolan ağrı ve ısı duyuları bir süre sonra kısmen geriye gelebilir. Bu durum, ağrı ve ısı duyularının kısmen tractus spinoreticularis ve tractus spinospinalis ile taşınması veya ipsilateral olarak yükselen liflerin varlığına bağlanmaktadır.

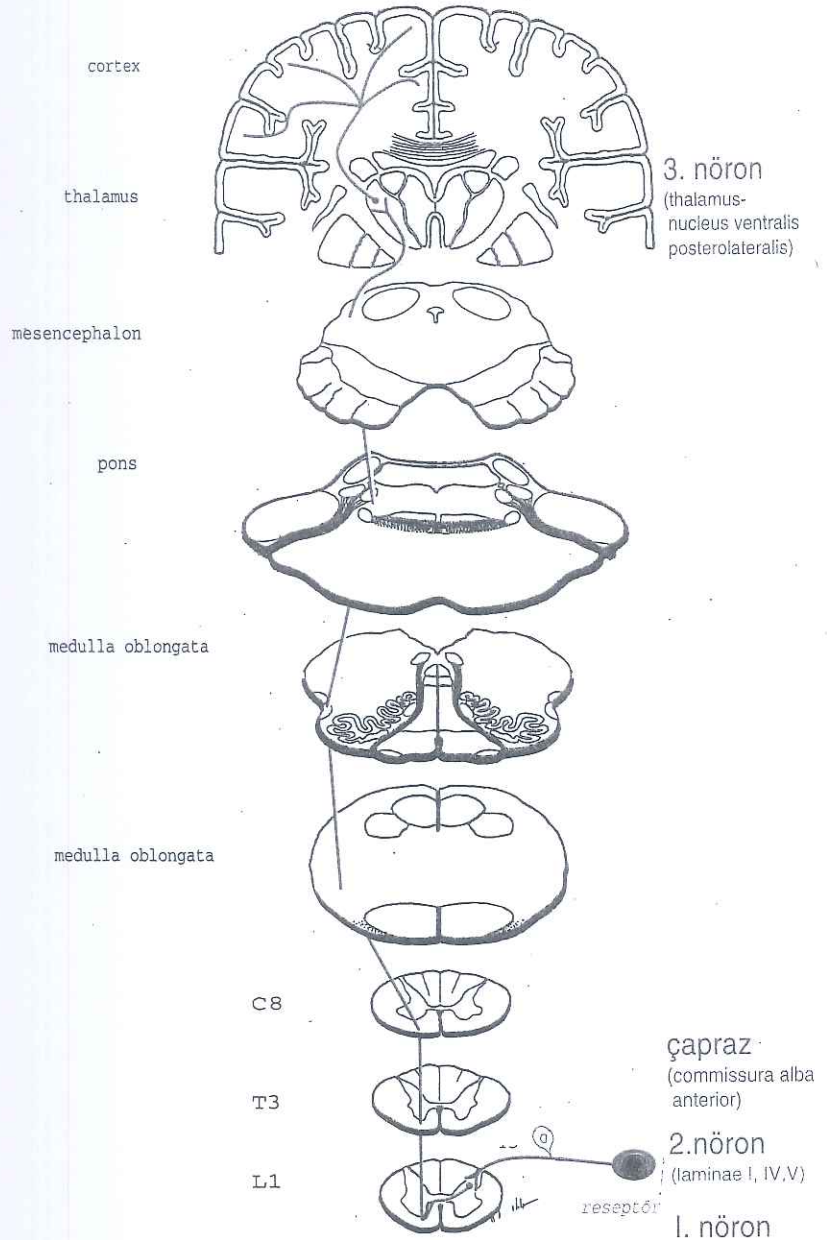
Medulla spinalis'teki tractus'ların cerrahi müdahale ile kesilmesi veya radyofrekans ile harap edilmesi işlemine *cordotomy* adı verilir. Şiddetli ağrının ilaçlar ile kesilemediği bazı durumlarda tractus spinothalamicus lateralis, *anterolateral cordotomy* ile harabiyete uğratılarak ağrı duyusunun üst merkezlere taşınması engellenebilir.

Derin visseral yapılardaki nosiseptörlerin algıladıkları ağrının belirli segmentler ile ilgili deri bölgelerinde ağrıya neden olmasına *vuran ağrı (referred pain)* denir. Organlardan gelen duyular visseral afferent sinirler ile, deriden gelen duyular ise somatik afferent sinirler ile medulla spinalis'e taşınır. Organlar ve derideki nosiseptörler tarafından alınan ağrı duyusu ile ilgili impulsları taşıyan aksonların önemli bir kısmı medulla spinalis'te laminae I ve II'de sonlanır. Bu aksonların bir kısmının sonlandığı ikinci nöronların ortak olduğu gösterilmiştir. Oluş mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte vuran ağrının nedeni, organdan ve belirli bir deri bölgesinden gelerek medulla spinalis'e aynı segmentten giren ağrı ile ilgili impulsların aynı ikinci nöron ile üst merkezlere taşınması ve üst merkezlerin aradaki farkı ayırt edememesi şeklinde açıklanmaktadır. Örneğin myocardium iskemisinde, oksijen yetersizliği ve metabolitlerin birikmesi sonucu myocardium'daki duyu sinirlerinin

uyarılmasına bağlı olarak, hasta göğüs bölgesinde tam olarak lokalize edilemeyen bir ağrı hisseder. Bu ağrı, genellikle sol üst ekstremitenin, bazen de sağ üst ekstremitenin medial tarafına yayılabilir. Bu durum myocardium ile ağrının yayıldığı dermatom bölgelerinden gelen afferent liflerin medulla spinalis'e aynı segmentlerden girmesi ve muhtemelen ortak ikinci nöronlarda sinaps yapması ile açıklanmaktadır.

TRACTUS SPINOTHALAMICUS ANTERIOR

Hafif dokunma duyusu ile ilgili olan bu yolun birinci nöronlarının hücre gövdeleri ganglion spinale'de bulunur. Bu nöronların periferik uzantıları, hafif dokunma duyusuna hassas mekanoreseptörlerden aldıkları impulsları hücre gövdesine taşır; santral uzantıları ise, radix posterior'da ağrı ve ısı duyularını taşıyan liflerin lateralinden geçerek medulla spinalis'e ulaşır. Nöronların santral uzantıları medulla spinalis'e girdikleri segmentte, substantia grisea'daki ikinci nöronlar ile sinaps yaparlar (Şekil 44). Bu duyu ile ilgili ikinci nöronların genellikle laminae I, IV ve V'te bulunduğu kabul edilmektedir. İkinci nöronların aksonları, genellikle aynı segment içerisinde, commissura alba anterior'dan karşı tarafa geçerek, medulla spinalis'in funiculus anterior'unda seyreden tractus spinothalamicus anterior'u oluştururlar (Şekil 40). Ancak ikinci nöronlardan başlayan aksonların yaklaşık %10'u karşı tarafa geçmez ve aynı taraftaki tractus spinothalamicus anterior'da yükselir. Bu yol içerisinde de, tractus spinothalamicus lateralis'tekine benzer şekilde somatotopik bir organizasyon vardır. Buna göre medulla spinalis'in alt segmentlerinden gelen lifler daha lateralde, üst segmentlerinden gelen lifler ise daha medialde yer alır. Bu yol, medulla oblongata seviyesinde nuclei olivares inferiores'in dorsolateralinde, pons ve mesencephalon seviyesinde ise tractus spinothalamicus lateralis ve lemniscus medialis'e yaklaşarak bu son oluşumun posterolateralinde yukarıya doğru seyreder. Tractus spinothalamicus anterior'u oluşturan aksonların büyük bir kısmı thalamus'un ventral posterolateral nucleus'unda (VPL) bulunan üçüncü nöronlar ile sinaps yapar. Bu yol ile ilgili liflerin bir kısmının beyin sakındaki formatio reticularis'te bulunan nöronlar ile, bir kısmının da thalamus'un başka nucleus'larında sinaps yaptığı gösterilmiştir. Thalamus'un ventral posterolateral nucleus'undaki üçüncü nöronların aksonları capsula interna'nın crus posterius'undan ve daha yukarıda corona radiata'dan geçerek cortex'e ulaşır ve gyrus postcentralis'te Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahalarındaki nöronlar ile sinaps yaparak sonlanır (Şekil 44).



Şekil 44. Tractus spinothalamicus anterior

Tractus spinothalamicus anterior ve tractus spinothalamicus lateralis'in taşıdığı duyulara (hafif dokunma, ağrı ve ısı) *affective (vital-protopathic) tip duyular* adı da verilir.

KLİNİK BİLGİ

Hafif dokunma duyusu, kılsız deriye tüy veya pamukla hafifçe dokunulduğunda hissedilen duyudur. Tractus spinothalamicus anterior'un lezyonlarında, dokunma duyusu funiculus posterior içerisinde de taşındığı için, belirgin bir duyu kaybı görülmez. Bu yolun bilateral lezyonlarında hastada kaşınma, gıdıklanma ve libido ile ilgili algılamalar (affective tip duyular) kaybolabilir.

ÖZET

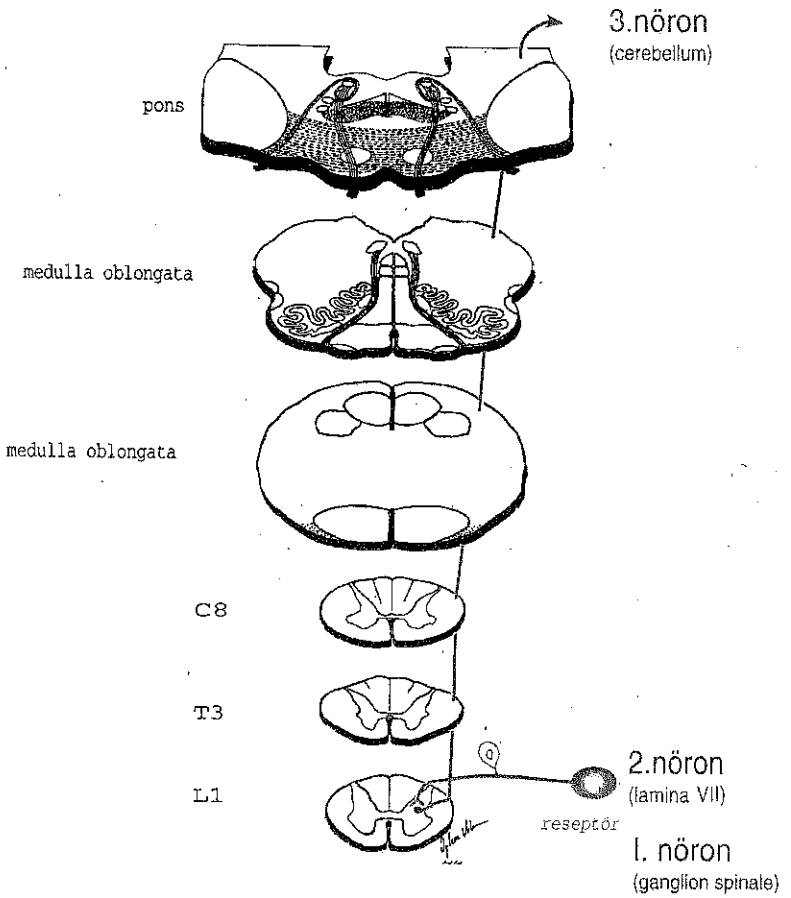
Tractus spinothalamicus anterior

Taşıdığı duyular. Hafif dokunma
Nöron I. Ganglion spinale
Nöron II. Laminae I, IV ve V
Decussatio. Commissura alba anterior
Nöron III. VPL (thalamus)
Cortex. Brodmann 3, 1, 2 (gyrus postcentralis)

TRACTUS SPINOCEREBELLARIS POSTERIOR

Şuuraltı proprioception duyusu ile ilgili olan bu yol, direkt olarak cerebral cortex'e ulaşmayıp cerebellum'da sonlandığı için, taşıdığı duyular şuura ulaşmaz (Şekil 45). Bu yola ait birinci nöronlar ganglion spinale'lerde bulunur. Bu nöronların periferik uzantıları proprioseptörlerden aldıkları impulsları santral uzantıları aracılığı ile medulla spinalis'e taşır. Bu yol ile ilgili aksonlar, lamina VII içerisinde bulunan nucleus thoracicus posterior (Clarke's nucleus)'daki ikinci nöronlar ile sinaps yapar. Nucleus thoracicus posterior, medulla spinalis'in sadece C8-L2 segmentleri arasında bulunur. Nucleus thoracicus posterior'daki ikinci nöronların uzantıları, aynı tarafta funiculus lateralis'in arka kısmında bulunan tractus spinocerebellaris posterior'u oluşturur (Şekil 40). Tractus spinocerebellaris posterior, medulla oblongata'da pedunculus cerebellaris inferior'dan geçerek cerebellum'a gelir ve vermis cerebelli'nin çeşitli kısımlarında sonlanır. Vermis cerebelli'nin ön kısmına ulaşan

lifler I-IV numaralı lobulus'larda, vermis cerebelli'nin arka kısmına ulaşan lifler ise esas olarak pyramis vermis ve lobulus paramedianus'ta sonlanır.



Şekil 45. Tractus spinocerebellaris posterior

Nucleus thoracicus posterior, medulla spinalis'in sadece C8-L2 segmentleri arasında bulunduğu için, L2 seviyesinin altındaki segmentlerden gelen birinci nöronların santral uzantıları fasciculus gracilis'e katılarak L2 seviyesine kadar yükselir ve bu seviyenin üzerinde bulunan nucleus thoracicus posterior'daki ikinci nöronlar ile sinaps yaparlar. C8 seviyesinin üzerindeki segmentlerden gelen birinci nöronların santral uzantıları ise, fasciculus cuneatus içerisinde yükselerek, medulla oblongata'da bulunan nucleus cuneatus accessorius'ta sinaps yaparlar. Buradaki nöronların aksonları tractus cuneocerebellaris adı verilen başka bir yol oluşturur. Ancak, nucleus thoracicus posterior'a C5-C7 segmentlerinden de afferent aksonların geldiği gösterilmiştir.

Tractus spinocerebellaris posterior fonksiyonel olarak daha çok gövde ve alt ekstremite ile ilgilidir. Bu yol, postür ve ekstremite hareketleri sırasında, kasların koordinasyonu için gerekli impulsları taşır. Tractus spinocerebellaris posterior'un lezyonlarında, bu yolun taşıdığı impulslar cerebral cortex'e ulaşmadığı için ve aynı duyuları cortex'e taşıyan başka yollar olduğu için belirgin klinik bir bulgu gözlenmez.

ÖZET

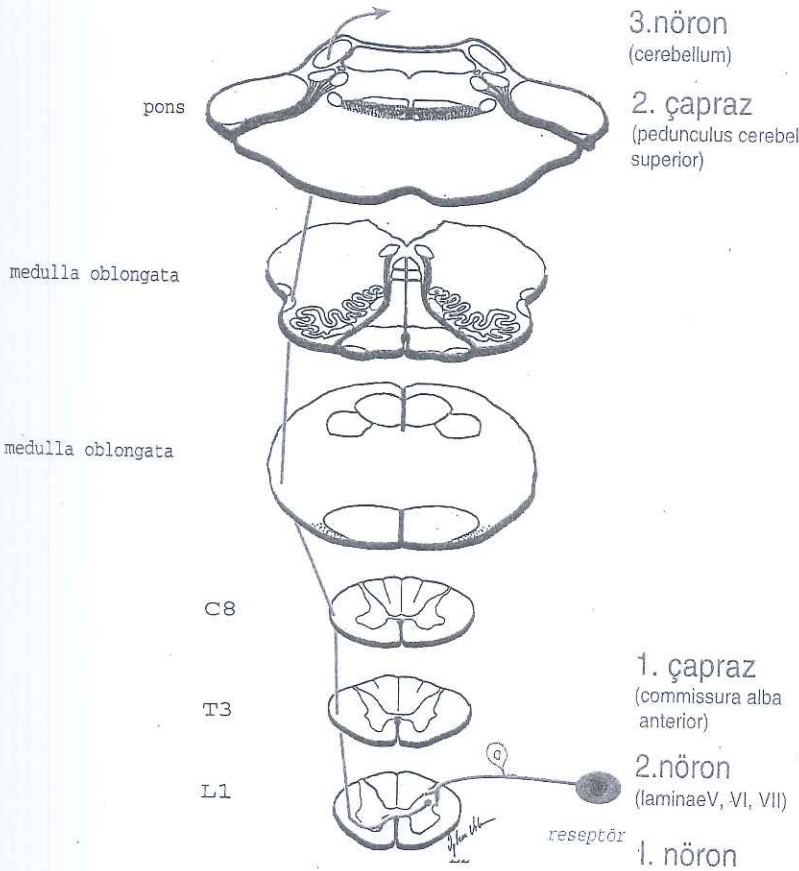
Tractus spinocerebellaris posterior

Taşıdığı duyular. Şuuraltı proprioception
Nöron I. Ganglion spinale
Nöron II. Nucleus thoracicus posterior (Clarke's nucleus)
Decussatio. Yok
Nöron III. Vermis cerebelli (lobuli I-IV), pyramis vermis, lobulus paramedianus

TRACTUS SPINOCEREBELLARIS ANTERIOR

Şuuraltı proprioception duyusu ile ilgili olan bu yol, direkt olarak cerebral cortex'e ulaşmayıp cerebellum'da sonlandığı için, taşıdığı duyular şuura ulaşmaz (Şekil 46) Bu yolun birinci nöronları ganglion spinale'lerde bulunur. Bu nöronların periferik uzantıları proprioseptif duyular ile ilgili reseptörlerden aldıkları impulsları hücre gövdesine taşırlar. Santral uzantıları ise laminae V, VI ve VII'deki ikinci nöronlar ile sinaps yaparlar. Bu yol ile ilgili ikinci nöronlar, medulla spinalis'in sadece lumbal, sakral ve koksigeal segmentlerinde mevcuttur. Bu nedenle tractus spinocerebellaris anterior, fonksiyonel olarak alt ekstremite ile ilgilidir. Bu yola ait ikinci nöronların uzantıları commissura alba anterior'dan karşı tarafa geçerek funiculus lateralis içerisinde ve tractus spinocerebellaris posterior'un önünde yükselen tractus spinocerebellaris anterior'u oluştururlar (Şekil 40). Tractus spinocerebellaris anterior, pons'un üst seviyelerinde pedunculus cerebellaris superior'dan geçerek vermis

cerebelli'nin I-IV numaralı lobulus'larında sonlanır. Ancak liflerin bir kısmı üst servikal segmentlerde tractus spinocerebellaris posterior'a katılarak pedunculus cerebellaris inferior aracılığı ile cerebellum'a gider. Tractus spinocerebellaris anterior'a ait bazı liflerin karşı tarafa geçmeden ipsilateral vermis cerebelli'de sonlandığı gösterilmiştir.



Şekil 46. Tractus spinocerebellaris anterior

Tractus spinocerebellaris posterior ile taşınan impulslar bir kastan veya ortak bir eklem etrafında hareket yaptıran sinerjist kas gruplarından gelir. Tractus spinocerebellaris anterior ise alt ekstremitede birkaç segmenti içeren geniş duyu bölgelerinden gelen proprioseptif impulsları taşır. Bu nedenle tractus spinocerebellaris posterior koordine hareketlerin yapılabilmesi için gerekli impulsları taşırken, tractus spinocerebellaris anterior koordine bir hareketin yapılması sırasında ekstremitenin pozisyonu ve postür ile ilgili impulsları taşır. Tractus spinocerebellaris anterior lezyonlarında da, tractus spinocerebellaris posterior'da olduğu gibi, belirgin klinik bir bulgu gözlenmez.

ÖZET

Tractus spinocerebellaris anterior

Taşıdığı duyular. Şuuraltı proprioception
Nöron I. Ganglion spinale
Nöron II. Laminae V, VI ve VII
Decussatio. Commissura alba anterior
Nöron III. Vermis cerebelli (lobuli I-IV)

TRACTUS CUNEOCEREBELLARIS

Üst ekstremiteden gelen şuuraltı proprioception duyusu ile ilgili olan bu yolun birinci nöronları ganglion spinale'de bulunur. Fonksiyonel olarak tractus spinocerebellaris posterior'a benzeyen bu yolun birinci nöronlarının santral uzantıları, medulla spinalis'in C8 seviyesi üzerinde nucleus thoracicus posterior (Clarke's nucleus) bulunmadığı için, aynı taraftaki fasciculus cuneatus'a katılır ve medulla oblongata'da bulunan nucleus cuneatus accessorius'a gider. Tractus cuneocerebellaris'in ikinci nöronlarının bulunduğu *nucleus cuneatus accessorius*, medulla spinalis'in C8-L3 segmentleri arasında bulunan nucleus thoracicus posterior'un eşdeğeridir. İkinci nöronların aksonları *fibrae arcuatae externae posteriores* adını alır ve ipsilateral pedunculus cerebellaris inferior'dan geçerek cerebellar cortex'in V numaralı lobulus'unda sonlanır.

ÖZET

Tractus cuneocerebellaris

Taşıdığı duyular. Şuuraltı proprioception

Nöron I. Ganglion spinale
Nöron II. Nucleus cuneatus accessorius
Decussatio. Yok
Nöron III. Cerebellar cortex (lobulus V)

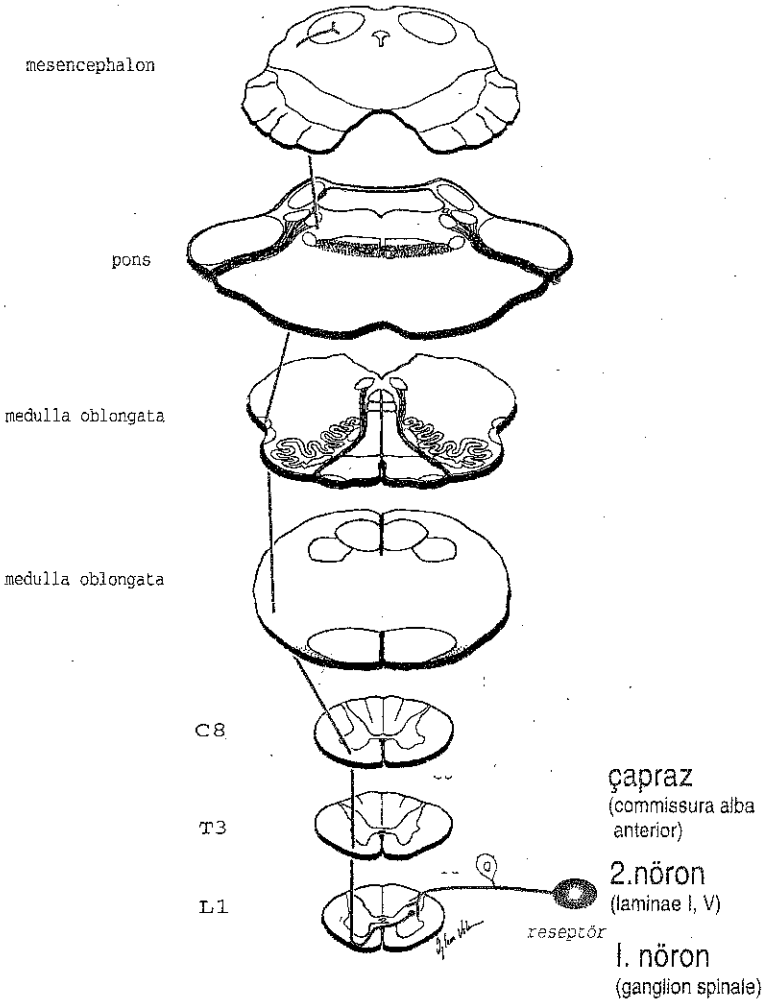
TRACTUS SPINOCEREBELLARIS ROSTRALIS

Bazı hayvan türlerinde gösterilen bu yol, fonksiyonel olarak tractus spinocerebellaris anterior'a benzer. Üst ekstremiteden gelen şuuraltı proprioseptif duyular ile ilgili olan bu yolun birinci nöronları ganglion spinale'de bulunur. Birinci nöronların santral uzantıları, medulla spinalis'in C5-C8 segmentlerinde lamina VII'de bulunan ikinci nöronlar (nucleus cervicalis centrobasalis) ile sinaps yapar. İkinci nöronların aksonları, aynı taraftaki funiculus lateralis'in ön tarafında bulunan tractus spinocerebellaris rostralis'i oluştururlar. Bu yolu oluşturan lifler beyin sakına ulaştığı zaman pedunculus cerebellaris inferior ve pedunculus cerebellaris superior'dan geçerek cerebellum'un ipsilateral tarafındaki lobus cerebelli anterior'un I-V numaralı lobulus'larında sonlanır .

C1-C4 segmentlerinde, lamina VII'deki nucleus cervicalis centralis'te bulunan ikinci nöronların aksonları *tractus cervicospinocerebellaris*'i oluşturur. Boyun kaslarından gelen şuuraltı proprioseptif duyular ile ilgili olan bu yol, pedunculus cerebellaris superior'dan geçerek kontralateral cerebellum'da sonlanır.

TRACTUS SPINOTECTALIS

Bu yol aşırı sıcak-soğuk ve doku hasarına yol açan mekanik stimulusların sebep olduğu nosiseptif impulsları taşır. Tractus spinotectalis ile ilgili birinci nöronlar ganglion spinale'de bulunur (Şekil 47). Bu nöronların periferik uzantıları, nosiseptörlerden aldıkları impulsları santral uzantıları aracılığı ile ikinci nöronların bulunduğu substantia grisea'ya iletirler. Bu yol ile ilgili ikinci nöronların, kesin olmamakla birlikte, lamina I ve lamina V'te bulunduğu düşünülmektedir. İkinci nöronların aksonları commissura alba anterior'dan karşıya geçer ve medulla spinalis'in anterolateral kısmında yükselen tractus spinotectalis'i oluşturur (Şekil 40). Medulla spinalis'ten mesencephalon'un değişik seviyelerine impuls taşıyan fibrae spinomesencephalicae'nın bir parçası olarak kabul edilen bu yol, mesencephalon seviyesinde colliculus superior'un derin tabakalarına ulaşır. Colliculus superior'un derin tabakalarına birçok afferent yol aracılığıyla çeşitli somatik duyular ile ilgili impulslar gelirken, yüzeyel tabakası görme yolları ile ilgilidir. Tractus spinotectalis'e ait liflerin bazılarının çapraz yapmadan aynı tarafta yükseldiği ve aynı tarafta bulunan colliculus superior'a gittiği de bilinmektedir. Ayrıca her iki colliculus superior arasında çapraz yapan lifler vardır. Bu yola ait bazı liflerin substantia grisea centralis içerisindeki nucleus'larda sonlandığı gösterilmiştir. Colliculus superior ve substantia grisea centralis'in stimülasyonu, periferde şiddetli ağrı duyusuna neden olur. Bu yolun daha üst merkezler ile olan bağlantıları açık olarak tarif edilmemiştir.



Şekil 47. Tractus spinotectalis

TRACTUS SPINORETICULARIS

Bu yol, filogenetik açıdan eski ve polisinaptik bir sistem olan retiküler sistemin bir parçasıdır. Retiküler sistem genel olarak suurlu olmak, çevrede olup bitenden haberdar olmak, motor ve duyu aktiviteleri ile kortikal aktivitelerin düzenlenmesi gibi fonksiyonlar ile ilgilidir. Birinci nöronları ganglion spinale'de bulunan tractus spinoreticularis'in ikinci nöronlarının laminae V, VII ve VIII'de olduğu kabul edilmektedir. İkinci nöronların aksonlarının büyük çoğunluğu aynı tarafta ve bir kısmı commissura alba anterior'dan karşı tarafa geçerek medulla spinalis'in anterolateral kısmında yükselen tractus spinoreticularis'i oluşturur. Tractus spinoreticularis içerisinde ipsilateral olarak yükselen liflerin büyük bir kısmı medulla oblongata seviyesinde nucleus gigantocellularis ve nucleus reticularis lateralis'e gider. Bu yola ait liflerin bir kısmı bilateral olarak pons'taki nuclei reticulares'te, az bir kısmı ise mesencephalon'daki nuclei reticulares'te sonlanır. Bu yola ait ikinci nöronların spino-reticulo-thalamo-cortical bir bağlantı oluşturduğu ve bu bağlantının nosiseptif duyu impulslarının düzenlenmesinde rol oynadığı ileri sürülmüştür.

Ağrı duyusu medulla spinalis'ten üst merkezlere tractus spinothalamicus lateralis, tractus spinotectalis ve tractus spinoreticularis tarafından taşınır. Ağrı duyusu ile ilgili olan bu üç afferent yolun tümüne *anterolateral sistem* adı da verilir.

Ağrının sinir sistemi tarafından nasıl algılandığı kesin olarak bilinmemektedir. Ancak eldeki veriler değerlendirilerek, henüz kesinlik kazanmamış bazı teoriler ileri sürülmüştür. Bazı yazarlara göre ağrı nosiseptörler tarafından algılanan spesifik bir duyudur; bazılarına göre ise nonspesifik reseptörlerin aşırı uyarılmasına bağlı olarak kompleks mekanizmalar sonucu ortaya çıkan bir duyudur.

TRACTUS SPINOOLIVARIS ANTERIOR ve POSTERIOR

Genel olarak proprioseptörlerden ve bazı eksteroseptörlerden alınan impulsları taşıyan bu yol, spinocerebellar sistemin bir parçasını oluşturur. Tractus spinoolivaris'e ait birinci nöronlar ganglion spinale'de bulunur. Bu yol ile ilgili birinci nöronların santral uzantılarının bir kısmı muhtemelen laminae IV, V, VII ve VIII'deki ikinci nöronlar ile sinaps yaparlar. İkinci nöronların aksonları commissura alba anterior'dan karşı tarafa geçerek medulla spinalis'in anterolateral kısmında yükselen *tractus spinoolivaris anterior*'u oluşturur (Şekil 40). Bu yol ile ilgili aksonlar, *nucleus olivaris accessorius posterior* ve *nucleus olivaris accessorius medialis*'te sonlanır. Birinci nöronların santral uzantılarının bir kısmı ise ipsilateral funiculus posterior içerisinde, *tractus spinoolivaris posterior*adını alarak yükselir ve medulla oblongata seviyesinde nucleus gracilis ve nucleus cuneatus'taki ikinci nöronlar ile sinaps yapar. Nucleus gracilis ve nucleus cuneatus'taki nöronların

aksonları da karşı tarafa geçerek nucleus olivaris accessorius posterior ve nucleus olivaris accessorius medialis'te sonlanır.

Nucleus olivaris accessorius posterior ve nucleus olivaris accessorius medialis'ten başlayarak karşı tarafa geçen liflerin oluşturduğu *tractus olivocerebellaris*, pedunculus cerebellaris inferior'dan geçer ve lobus cerebelli anterior'da sonlanır. Böylece tractus spinoolivaris ve tractus olivocerebellaris birlikte, tractus spinocerebellaris anterior ve tractus spinocerebellaris posterior dışında, spinal seviyelerden cerebellum'a impuls taşıyan diğer bir yol oluşturur.

Yukarıda anlatılan çıkan yollardan başka, spinal seviyelerden üst merkezlere impuls taşıyan ve insanlarda fonksiyonel önemi tam olarak bilinmeyen, çıkan yolların varlığı da gösterilmiştir.

EFFERENT (İNEN) YOLLAR

İnen yollar genel olarak, supraspinal merkezlerdeki nöronların aksonlarının oluşturduğu, somatik motor ve visseral motor fonksiyonlar ile ilgili yollardır.

Somatik motor fonksiyonlar ile ilgili olarak, tractus corticospinalis ve tractus rubrospinalis daha çok ekstremitelerin distal kas gruplarının hareketleri ile ilgilidir. Beyin sakından başlayan diğer yollar ise ekstremitelerin proksimal kas grupları ve gövde kaslarının hareketleri ile ilgilidir. Ancak beyin sakından başlayan yollar da indirekt olarak cortex cerebri'nin kontrolü altındadır.

TRACTUS CORTICOSPINALIS

Tractus corticospinalis, filogenetik olarak en yeni yollardan biri olup, cerebral cortex'ten medulla spinalis'e istekli hareketler ile ilgili impulsları taşır. Bu yolu oluşturan liflerin % 20-30 kadarı cortex cerebri'de gyrus precentralis'teki *primer motor bölge* (Brodmann'ın 4 numaralı sahası) ile *premotor bölge* (Brodmann'ın 6 numaralı sahası)'deki nöronlara ait aksonlardır. Tractus corticospinalis'i oluşturan liflerin bir kısmı ise gyrus postcentralis'teki *primer somatik duyu merkezi* (Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahaları) ile buna komşu *parietal cortex* (5 numaralı saha)'teki nöronların aksonlarıdır. Her bir tractus corticospinalis içerisinde, yaklaşık yedi yüz bin kadarı miyelinli olmak üzere toplam bir milyon civarında akson vardır. Miyelinli aksonların yaklaşık %90'ı 1-4 μm çapında olup geriye kalanların büyük bir kısmı 5-10 μm çapındadır. Daha kalın miyelinli olan yaklaşık 30000-40000 adet akson, motor cortex'teki Betz'in pyramidal hücrelerinden başlar. Betz'in pyramidal hücrelerine ait büyük çaplı aksonların, daha çok ekstremitelerin distal kısımlarının ince hareketleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Daha küçük çaplı aksonların ise ekstremitelerin proksimal kısımları ve gövdenin kaba hareketleri ile tonus kontrolünde rol oynadığı ileri sürülmüştür.

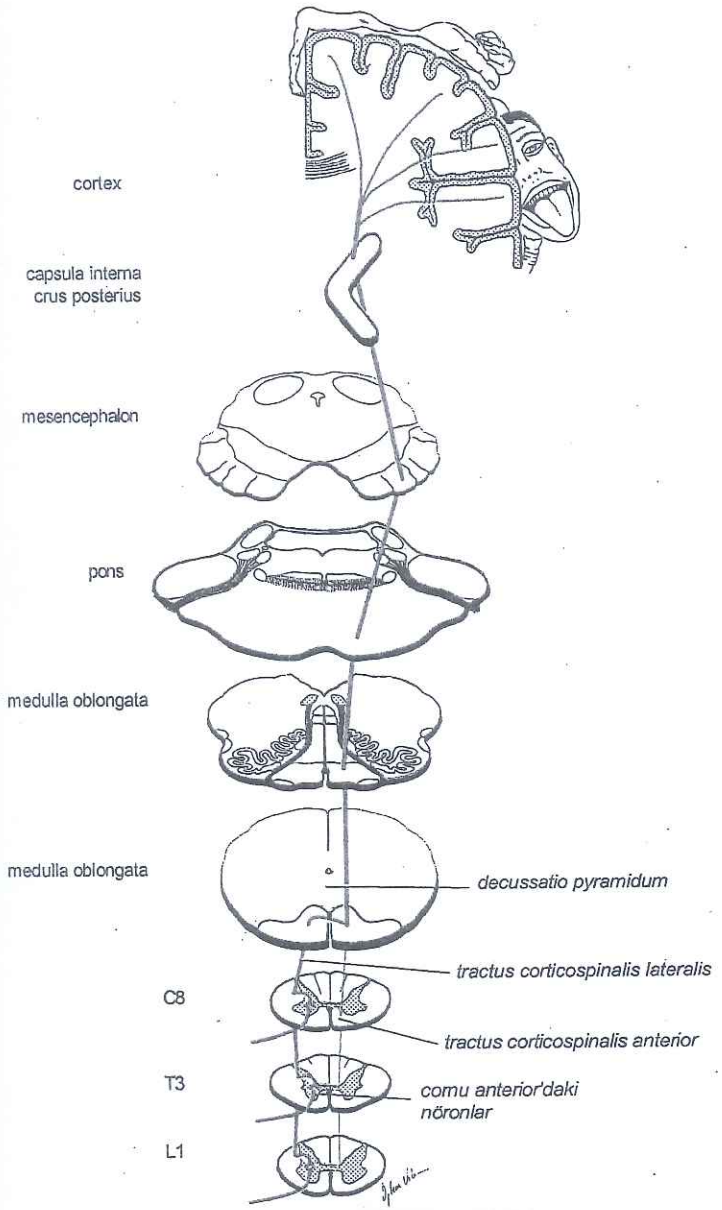
Tractus corticospinalis, *corona radiata*'dan ve *capsula interna*'nın crus posterius'undan geçerek mesencephalon seviyesine gelir ve burada *pedunculus cerebri*'nin içerisinden geçer. Tractus corticospinalis'lerin beyin sakı içerisinde seyreden kısmına *tractus pyramidalis* adı da verilir. Bu yolu oluşturan aksonlar aşağıya doğru ilerlerken pons'un orta seviyelerinde fibrae pontis transversae (transvers pontine fibers) arasından geçer ve bu bölgede fasiküllere ayrılır (Şekil 32). Bu fasiküller, pons'un alt seviyelerinden itibaren tekrar birleşir ve medulla oblongata'nın ön kısmında *pyramis bulbi (pyramis medullae oblongatae)*'yi oluşturur. Tractus pyramidalis içerisinde, cortex'ten başlayıp medulla spinalis seviyelerine inen liflere *fibrae corticospinales* adı da verilir. Tractus pyramidalis içerisinde bundan başka, cortex'ten başlayıp beyin sakındaki kranial sinirlerin motor nucleus'larında sonlanan ve *fibrae corticonucleares (corticobulbar fibers)* adı verilen lifler de bulunur. Fibrae corticonucleares, capsula interna'nın genu kısmından geçerken fibrae corticospinales'in önünde, mesencephalon seviyesinde crus cerebri'nin içerisinden geçerken medialinde yer alır. Fibrae corticonucleares, beyin sakındaki kranial sinirlerin motor nucleus'larında genellikle bilateral olarak sonlanır. Ancak, nucleus nervi facialis'in yüzün alt yarımını inerve eden kısmı ile nucleus nervi hypoglossi'nin m. genioglossus'u inerve eden kısmına sadece kontralateral fibrae corticonucleares'ten lifler gelir.

Tractus corticospinalis, medulla oblongata'nın medulla spinalis ile birleştiği seviyeye geldiğinde liflerinin büyük bir kısmı (yaklaşık %90'ı) çapraz yaparak karşı tarafa geçer ve funiculus lateralis içerisinde seyreden *tractus corticospinalis lateralis*'i oluşturur. Bu liflerin medulla oblongata'nın alt seviyelerinde çapraz yaptığı yere *decussatio pyramidum (pyramidal decussation)* adı verilir (Şekil 21, 48). Tractus corticospinalis içerisindeki liflerin yaklaşık %8'i çapraz yapmadan aynı tarafta devam eder ve funiculus anterior'da seyreden *tractus corticospinalis anterior*'u oluşturur. Liflerin yaklaşık %2'si ise çapraz yapmadan aynı taraftaki funiculus lateralis'te seyreder (Şekil 40). Bu lifler, tractus corticospinalis lateralis'in ön kısmında yer aldığı için bu yola *tractus corticospinalis anterolateralis* adı verilir.

Tractus corticospinalis lateralis

Funiculus lateralis'te aşağıya doğru inen bu yol, medulla spinalis'in her seviyesinde substantia grisea'ya lifler verir ve aşağıya doğru inildikçe liflerinin sayısı azalarak S4 segmenti seviyesinde sonlanır. Tractus corticospinalis lateralis içerisinde, medulla spinalis'in üst segmentlerinde sonlanan lifler medialde, alt segmentlerinde sonlanan lifler ise lateralde yer alır.

Tractus corticospinalis lateralis'i oluşturan aksonlar kendileri ile ilgili segmentlerde substantia grisea içerisine girerek laminae IV, V, VI, VII'deki aktivatör veya inhibitör etkili internöronlar ile, bazı aksonlar ise direkt olarak lamina IX'daki motor nöronlar ile sinaps yaparlar. Lamina IX'da sonlanan bu aksonların, spinal refleksler gibi bazı motor hareketlerin düzenlenmesinde rol oynadığı düşünülmektedir.



Şekil 48. Tractus corticospinalis

Tractus corticospinalis anterior

Funiculus anterior'da seyreden bu yol genel olarak medulla spinalis'in servikal segmentlerinde belirgindir. Aşağıya doğru inildikçe liflerin sayısı azalır ve yaklaşık orta torakal segmentlerden itibaren görülmez. Tractus corticospinalis anterior'u oluşturan aksonlar kendileri ile ilgili segment seviyesinde commissura alba anterior'dan karşı tarafa geçer ve lamina VII'deki nöronlar ile sinaps yapar.

Tractus corticospinalis anterolateralis

Tractus corticospinalis lateralis'in ön kısmında çapraz yapmadan aşağıya doğru inen az miktardaki akson, aynı taraftaki substantia grisea içerisindeki laminalarda sinaps yaparak sonlanır.

İstekli hareketlerin yapılabilmesi için, cortex'ten tractus corticospinalis'ler ile taşınan impulslar, internöronlar aracılığı ile veya direkt olarak lamina IX'daki alpha veya gamma motor nöronlara iletilir. Buradaki motor nöronların aksonları ise radix anterior'lar aracılığı ile spinal sinirlere katılarak çizgili kaslara gider.

Lamina IX'a direkt olarak veya internöronlar aracılığı ile impuls taşıyan inen yollar *üst motor nöron (upper motor neuron-first order neuron),* lamina IX'daki nöronlar ve bunların aksonları ise *alt motor nöron (lower motor neuron-second order neuron)* olarak isimlendirilir. Lamina IX'daki bir nöron, birçok inen yolun ve radix posterior'dan gelen afferent liflerin taşıdıkları impulslar tarafından etkilenir. Bu nedenle lamina IX'daki nöronlar ve bunların aksonlarının oluşturduğu anatomik ve fizyolojik üniteye *ortak son yol (final common pathway)* adı da verilir.

KLİNİK BİLGİ

Üst motor nöronları etkileyen lezyonlarda *parezi* (paresis-çizgili kaslarda kısmi kuvvet kaybı) veya *paralizi* (paralysis-felç-çizgili kaslarda tam kuvvet kaybı) görülür. Başlangıçta ortaya çıkan kas tonusundaki azalma, zaman içerisinde kaslarda tonus artışı ile sonuçlanır. Kas tonusundaki artışın nedeni tartışmalıdır. Üst motor nöron lezyonlarında kaslarda tonus artışı ile birlikte olan paraliziye *spastik paralizi (spastic paralysis)* denir. Spastik paralizide başlangıçta kas atrofisi görülmemekle birlikte zaman içerisinde paralitik kaslarda kullanılmamaya bağlı atrofi gelişir. Üst motor nöron lezyonlarında, spastik paralizinin yanısıra derin tendon reflekslerinde artış, karın cildi refleksi ve cremaster refleksinin kaybı ile *Babinski belirtisi* (ayak tabanının, genel-

likle topuktan parmaklara doğru künt uçlu bir cisim ile uyarılması sonucu ayak parmaklarında normalde görülen plantar fleksiyon yerine, baş parmakta ekstansiyon ve diğer parmaklarda abduksiyon görülmesi) ortaya çıkar.

Alt motor nöron lezyonlarında görülen ve kaslarda tonus kaybı ile karakterize felç tipine *flasid paralizi (flaccid paralysis)* adı verilir. Flasid paralizide santral sinir sistemi ile kas lifleri arasında bağlantı kalmadığından, etkilenen kaslarda derin tendon refleksleri kaybolur ve denervasyona bağlı olarak kas atrofisi erken dönemde ortaya çıkar.

Tractus corticospinalis'in decussatio pyramidum'un üzerinde kalan kısmının lezyonlarında, lezyonun altında ve karşı tarafta; medulla spinalis'in herhangi bir seviyesindeki lezyonlarında ise lezyonun altında ve aynı tarafta üst motor nöron tipi felç görülür. Tractus corticospinalis lezyonlarında motor kayıp ekstremitelerin distal kısımlarında daha belirgindir; ekstremitelerin proksimalindeki kaslar ve bunların yaptığı kaba hareketler ise genellikle daha az ve geçici olarak etkilenir.

Tractus corticospinalis lezyonlarında bir vücut yarımında görülen felce *hemipleji (hemiplegia)*; sadece bir ekstremitede görülen felce *monopleji (monoplegia)*; her iki üst veya her iki alt ekstremitede görülen felce *dipleji (diplegia)*; sadece her iki alt ekstremitede görülen felce *parapleji (paraplegia)*; tüm ekstremitelerde görülen felce *quadripleji (quadriplegia)* adı verilir.

TRACTUS VESTIBULOSPINALIS

Medulla spinalis'in uzunluğu boyunca funiculus lateralis'in ön kısmında bulunan bu yolu oluşturan aksonlar, ventriculus quartus'un tabanında bulunan nuclei vestibulares'ten başlar (Şekil 26, 40). Nuclei vestibulares'in afferentleri genel olarak cerebellum'dan ve iç kulaktaki vestibular reseptörlerden gelir. Nuclei vestibulares'in nucleus vestibularis medialis, nucleus vestibularis lateralis, nucleus vestibularis inferior ve nucleus vestibularis superior olmak üzere dört nucleus'u vardır. Bu nucleus'lardan başlayan aksonlar, *tractus vestibulospinalis lateralis* ve *tractus vestibulospinalis medialis* olmak üzere fonksiyon ve seyir açısından birbirlerinden farklı iki yol oluşturur.

Tractus vestibulospinalis lateralis

Bu yolu oluşturan aksonların büyük çoğunluğu nucleus vestibularis lateralis'ten başlar; medulla spinalis'in uzunluğu boyunca funiculus anterior'un lateral kısmında ipsilateral olarak aşağıya doğru iner ve bütün segmentlerde lamina VII ve VIII'de sonlanır. Bu yol içerisindeki aksonlar, internöronlar aracılığı ile boyun, gövde ve ekstremitelerdeki ekstansor kasları inerve eden motor nöronlarda aktivasyona, ekstremitelerdeki fleksor kasları inerve eden motor nöronlarda ise inhibisyona neden olur.

Tractus vestibulospinalis medialis

Bu yolu oluşturan aksonların büyük bir kısmı nucleus vestibularis medialis'ten başlar ve bilateral olarak fasciculus longitudinalis medialis içerisinde seyreder. Fasciculus longitudinalis medialis, medulla spinalis'te funiculus anterior'un medial kısmında yer alır. Tractus vestibulospinalis medialis, medulla spinalis'in sadece servikal ve üst torakal segmentlerinde bulunur. Bu yol içerisindeki aksonlar lamina VII ve VIII'deki internöronlar ve lamina IX'daki motor nöronlarda sonlanır. Tractus vestibulospinalis medialis ipsilateral boyun kasları ile ilgili motor nöronlarda aktivasyona, kontralateral boyun kasları ile ilgili motor nöronlarda ise inhibisyona neden olur.

TRACTUS TECTOSPINALIS

Tractus tectospinalis, baş ve boyunun görme ve muhtemelen işitmeye bağlı refleks hareketleri ile ilgilidir. Bu yolu oluşturan aksonlar mesencephalon'da, görme yolları ile ilgili bir refleks merkezi olan colliculus superior'un derin tabakalarından başlar. Her iki taraftan gelen lifler, öne ve içe doğru seyreder; substantia grisea centralis'in ön tarafında *decussatio tegmentalis posterior (dorsal tegmental decussation)*'da çapraz yaparak karşı tarafa geçer. Colliculus inferior'un nucleus externus'u işitmeye bağlı motor refleksler ile ilgili olup, buradan başlayan liflerin bir kısmının da tractus tectospinalis'e katıldığı düşünülmektedir. Tractus tectospinalis'i oluşturan lifler, medulla oblongata seviyesinde fasciculus longitudinalis medialis içerisinde seyrederek medulla spinalis seviyesine iner (Şekil 40). Tractus tectospinalis, medulla spinalis'in sadece üst servikal segmentlerinde bulunur ve laminae VI-VII'deki internöronlar ile sinaps yaparak sonlanır. Bu yolun internöronlar aracılığı ile lamina IX'daki motor nöronlar ile olan polisinaptik bağlantıları, kontralateral boyun kaslarında kontraksiyona, ipsilateral boyun kaslarında ise inhibisyona yol açar.

FASCICULUS LONGITUDINALIS MEDIALIS (MEDIAL LONGITUDINAL FASCICULUS- MLF)

Beyin sakı ve medulla spinalis boyunca uzanan bu yol, beyin sakının değişik seviyelerindeki çeşitli nucleus'lardan başlayan, inen ve çıkan aksonların oluşturduğu bir fasciculus'tur. Beyin sakındaki bazı kranial sinirlerin nucleus'ları arasında bağlantı sağlayan aksonlar, MLF'un beyin sakındaki kısmı içerisinde seyreder. Medulla oblongata'nın alt seviyelerinde decussatio pyramidum'un ön tarafında yer alan MLF, medulla oblongata'nın daha üst seviyelerinde lemniscus medialis'in arkasında ve nucleus nervi hypoglossi'nin önünde; pons seviyesinde nucleus nervi abducentis'in medialinde; mesencephalon seviyesinde ise nucleus nervi oculomotorii'nin önünde bulunur. MLF'un medulla spinalis içerisindeki kısmında seyreden lifler colliculus superior, nucleus interstitialis (interstitial nucleus of Cajal), nucleus vestibularis medialis ve pons'taki nuclei reticulares'ten başlar. Bu nucleus'lardan başlayan aksonlar MLF içerisinde seyreden tractus tectospinalis, tractus interstitiospinalis, tractus vestibulospinalis ve tractus pontoreticulospinalis'i oluşturur.

Tractus interstitiospinalis, mesencephalon nucleus interstitialis'ten başlar, ipsilateral olarak MLF içerisinde seyreder ve medulla spinalis'in alt segmentlerine kadar uzanır. Laminae VII ve VIII'deki nöronlarda sinaps yapan bu yolun insanlardaki fonksiyonu bilinmemektedir.

TRACTUS RUBROSPINALIS

Tractus rubrospinalis, nucleus ruber'in pars magnocellularis'indeki nöronların aksonları tarafından oluşturulur. Nucleus ruber'e her iki cerebral cortex'ten ve karşı taraf cerebellum'dan lifler gelir. Bu yol, *decussatio tegmentalis anterior (ventral tegmental decussation)*'da çapraz yaptıktan sonra medulla spinalis seviyesine iner ve funiculus lateralis'te, tractus corticospinalis'in ön tarafında seyreder (Şekil 40). Memeli hayvanların çoğunda medulla spinalis'in uzunluğu boyunca bulunan tractus rubrospinalis'in insanlarda üst servikal segmentlerde sonlandığı gösterilmiştir. Bu yol içerisindeki aksonlar, laminae V, VI, ve VII'deki internöronlar ile sinaps yaparak sonlanır. Bu yolun internöronlar aracılığı ile lamina IX'daki motor nöronlar ile olan bağlantıları, kontralateral fleksor kasları inerve eden motor nöronlarda aktivasyona, ekstansor kasları inerve eden motor nöronlarda ise inhibisyona neden olur.

TRACTUS RETICULOSPINALIS

Pons ve medulla oblongata'daki formatio reticularis'e ait nucleus'lardan başlayıp medulla spinalis seviyesine inen iki ayrı yol vardır. Bunlardan pons'taki nuclei reticulares'ten, özellikle de nucleus reticularis pontis caudalis ve nucleus reticularis pontis rostralis'ten başlayan yola *tractus pontoreticulospinalis (medial reticulospinal tract)* adı verilir. Medulla oblongata'daki nuclei reticulares'ten, özellikle de nucleus gigantocellularis'ten başlayan yola ise *tractus bulboreticulospinalis (lateral reticulospinal tract)* adı verilir.

Tractus pontoreticulospinalis'i oluşturan aksonlar, beyin sakında ve medulla spinalis'in funiculus anterior'unda MLF içerisinde ipsilateral tarafta aşağıya iner ve laminae VII ve VIII'deki internöronlar ile sinaps yapar (Şekil 40). Bu yol, gövde ve ekstremite kaslarını inerve eden motor nöronlarda aktivasyona yol açar. Tractus bulboreticulospinalis'i oluşturan aksonların büyük bir kısmı medulla oblongata seviyesinde karşı tarafa geçer ve funiculus lateralis'in ön kısmında seyrederek laminae VII, VIII ve IX'daki nöronlar ile sinaps yapar (Şekil 40). Bu yol, boyun kaslarını inerve eden motor nöronlarda aktivasyon veya inhibisyona, gövde kaslarını inerve eden motor nöronlarda aktivasyona yol açar.

Nuclei reticulares'e cerebral cortex'in birçok bölgesinden, özellikle de motor cortex'ten, *fibrae corticoreticulares* adı verilen çok sayıda afferent lif gelir. Bu yol ile cortex'ten nuclei reticulares'e gelen istekli motor hareketlerle ilgili impulslar, burada aktivasyona veya inhibisyona uğrayarak, tractus reticulospinalis'ler aracılığı ile medulla spinalis'e iletilir. Böylece tractus reticulospinalis'ler istekli motor hareketlerin ve postür ile ilgili refleks hareketlerin düzenlenmesinde rol oynar. Nuclei reticulares'e, üst seviyelerdeki otonomik merkezlerden de afferent lifler gelir. Formatio reticularis'te düzenlenerek tractus reticulospinalis'ler içerisinde medulla spinalis'e iletilen bu impulslar, solunum ve dolaşımın düzenlenmesinde rol oynar.

İNEN OTONOMİK YOLLAR

Medulla spinalis içerisinde, düz kasları, kalp kasını, bezleri ve organları inerve eden, visseral nucleus'larda sinaps yapan inen otonomik yollar vardır. Bu yollar hypothalamus'un değişik nucleus'larından, n. oculomotorius'un visseral parasempatik nucleus'undan (Edinger-Westphal nucleus), locus caeruleus'tan ve nucleus tractus solitarii'den başlar. Ayrıca üst otonomik merkezlerle bağlantısı olan formatio reticularis'e ait nucleus'lardan başlayan tractus reticulospinalis'ler içerisinde de otonomik fonksiyonu olan lifler taşınmaktadır.

Hypothalamus ile beyin sakı ve medulla spinalis arasındaki bu yolların insanlardaki anatomik lokalizasyon ve seyirleri tam olarak bilinmemekle birlikte, hypothalamus'tan beyin sakındaki presinaptik parasempatik nöronlara giden impulsların *fasciculus longitudinalis dorsalis (fasciculus longitudinalis posterior)*, medulla spinalis'teki presinaptik sempatik ve parasempatik nöronlara giden impulsların ise *tractus hypothalamospinalis* içerisinde seyrettiği düşünülmektedir.

Fasciculus longitudinalis dorsalis (fasciculus longitudinalis posterior), insanlardaki anatomik lokalizasyon ve seyri tam olarak bilinmemekle birlikte, hypothalamus'tan beyin sakındaki presinaptik parasempatik nöronlara efferent impuls taşır.

Tractus hypothalamospinalis, hypothalamus'un çeşitli nucleus'larından, özellikle de nucleus paraventricularis'ten başlar. Funiculus lateralis'te ipsilateral olarak seyreden bu yol, medulla spinalis'teki sempatik ve parasempatik preganglionik nöronlar ile sinaps yapar.

N. oculomotorius'un visseral parasempatik nucleus'undan başlayan aksonlar esas olarak n. oculomotorius'a katılmakla birlikte, bazı aksonların medulla spinalis'in lumbal seviyelerine kadar indiği gösterilmiştir. Ancak medulla spinalis'e inen aksonların fonksiyonu bilinmemektedir.

Tractus caeruleospinalis, pons'un üst seviyelerindeki locus caeruleus'tan başlar. Bu yolu oluşturan aksonların çoğunluğu medulla spinalis'te ipsilateral olarak seyreder ve substantia grisea'nın çeşitli laminalarında sinaps yapar.

Tractus solitariospinalis, nucleus tractus solitarii'nin ventrolateral kısmından başlar. Bu yolu oluşturan aksonların çoğunluğu karşı tarafa geçerek medulla spinalis seviyesine iner ve servikal seviyelerde diaphragma'yı, torakal seviyelerde ise mm. intercostales'i inerve eden motor nöronlarda sinaps yapar. Bu yol içerisindeki lifler inspirasyon ile ilgili kaslarda aktivasyona yol açan impulsları taşır.

KLİNİK BİLGİ

Brown-Sequard Sendromu

Medulla spinalis'in herhangi bir seviyesinde, bir veya birkaç segmentin sağ veya sol yarısının tamamen zedelenmesi sonucunda ortaya çıkan bu sendromda aşağıdaki bulgular ortaya çıkar (Şekil 49):

a) Tractus corticospinalis'in kesilmesine bağlı olarak lezyon seviyesinin altında ve aynı tarafta üst motor nöron tipi felç.

b) Lezyon seviyesindeki gri cevherin zedelenmesine bağlı olarak bu segment veya segmentlerin inerve ettiği yerlerde ve aynı tarafta alt motor nöron tipi felç; sempatik presinaptik hücrelerin zedelenmesine bağlı olarak bunların inerve ettiği damarlarda vazomotor felç ve deride terleme kaybı.

c) Lezyon seviyesinde, radix posterior ile medulla spinalis'e giren liflerin zedelenmesine bağlı olarak, aynı tarafta tüm duyularda kayıp.

d) Karşı taraftan gelen liflerin oluşturduğu tractus spinothalamicus lateralis'in zedelenmesine bağlı olarak, karşı tarafta ve lezyon seviyesinin genellikle bir dermatom altında ağrı ve ısı duyusu kaybı.

e) Lezyon seviyesi ve altında aynı tarafta funiculus posterior'da seyreden yolların kesilmesine bağlı olarak şuurlu proprioception duyusu kaybı.

Syringomyelia

Canalis centralis çevresindeki ependim ve glia hücrelerinin dejeneratif değişikliğe uğraması sonucunda glia hücrelerinde artış (gliosis) görülür; medulla spinalis ve medulla oblongata'da içleri sıvı dolu kaviteler (syrinx) ortaya çıkar. Bu hastalığın medulla spinalis'te görülen şekline *syringomyelia*, medulla oblongata'da görülen şekline ise *syringobulbia* adı verilir.

Hastalığın nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte bu konuda çeşitli teoriler vardır. Hastalık ilk zamanlarda medulla spinalis'in alt servikal segmentlerinde commissura alba anterior'dan karşıya geçmekte olan aksonları zedeler. Lezyon zamanla öne, laterale, yukarıya veya aşağıya doğru genişleyebilir. (Şekil 50).

Syringomyelia bazı hallerde çok tipik ve çarpıcı bulguların ortaya çıkmasına neden olabilir. Örnek olarak C8 ve T1 segmentlerinde commissura alba anterior'un tam ortasında bulunan bir kavite ele alınacak olursa, burada ağrı ve ısı duyuları ile ilgili ve çapraz yapan lifler zedelendiğinden, hastada bu iki segmente ait ve her iki taraftaki dermatomlarda ağrı ve ısı duyuları kaybolacaktır. Her iki taraftaki tractus spinothalamicus lateralis'lerin sağlam olması nedeni ile bu dermatomların üst ve alt taraflarında ağrı ve ısı duyularında kayıp yoktur. Kavitenin öne ve yan taraflara doğru ilerlemesi halinde her iki cornu anterius ve cornu laterale'ler de zedelenebilir. Bu durumda bu iki segmentteki cornu anterius'larda bulunan somatik motor nöronların harabiyetine bağlı olarak bu

iki segmentle ilgili bölgelerde alt motor nöron tipi felç görülür. Cornu laterale'lerde bulunan presinaptik sempatik nöronların harabiyeti sonucunda başa ait sempatik sinir lifleri de zedeleneceğinden bilateral Horner sendromu ortaya çıkar. Tractus corticospinalis'ler sağlam olduğu için lezyonun üst ve altında somatik motor sisteme ait bulgular görülmez.

C8, T1 segmentlerinde lezyonu olan syringomyelia'lı hastalarda özellikle ellerde duyu kaybı ve elin küçük kaslarının bir kısmında atrofi görülür. Bu hastalar genellikle doktora, sigara içerken elini yaktığı halde ağrı duymadığı, ancak yarayı gözü ile gördüğü zaman durumun farkına vardığı şikayeti ile müracaat eder.

Amyotrophic Lateral Sclerosis

Tractus corticospinalis ve ön boynuz hücrelerinin ilerleyici dejenerasyonu ile karakterize bir motor nöron hastalığıdır. Genellikle 50 ile 70 yaşlar arasında ortaya çıkan bu hastalıkta hem üst, hem de alt motor nöron zedelenmesi ile ilgili bulgular görülür. Amyotrophic lateral sclerosis, sıklıkla servikal bölgede başlar ve her iki taraftaki cornu anterius'lar ile tractus corticospinalis'lerde dejenerasyona neden olur. Bunun sonucunda cornu anterius'ların zedelenmesine bağlı olarak, bu nöronların inerve ettiği yerlerdeki kaslarda alt motor nöron tipi felç, tractus corticospinalis'lerin zedelenmesine bağlı olarak lezyon seviyesinin altında üst motor nöron tipi felç ortaya çıkar. Bulgular genellikle bilateraldir. Beyin sakındaki efferent nöronların dejenerasyonu sonucunda hastada kranial sinir zedelenmesine ait bulgular da ortaya çıkar.

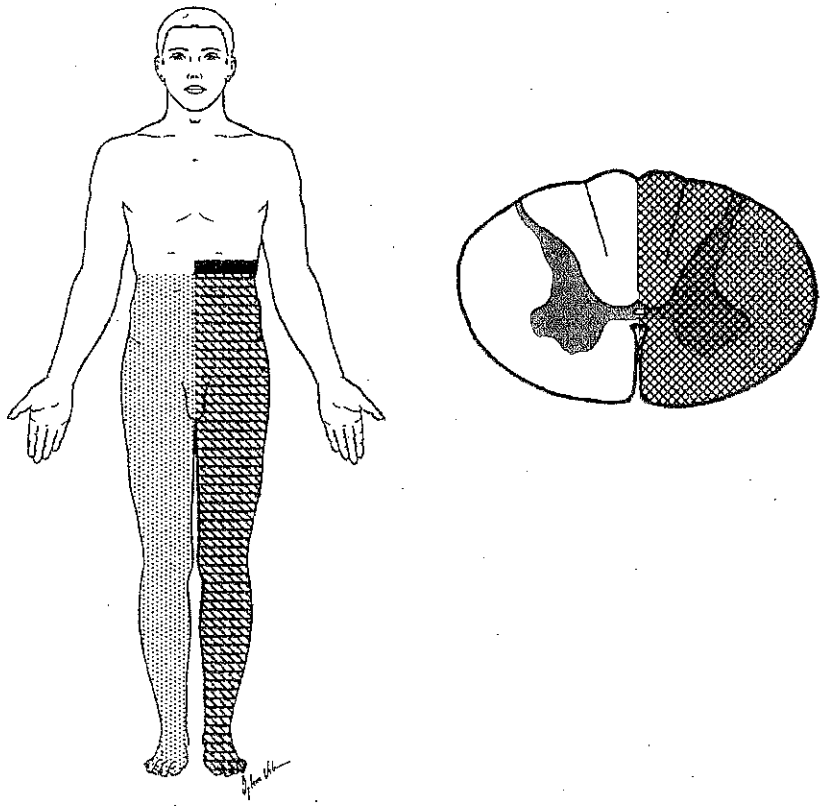
Pernicious Anemia (combined sclerosis)

B_{12} vitamin eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan bu hastalığın ileri evrelerinde periferik sinirlerin yanısıra funiculus posterior'lar ve funiculus lateralis'lerde seyreden ve kalın miyelinli lifler ihtiva eden yolların dejenerasyonuna bağlı olarak çarpıcı klinik bulgular ortaya çıkar. Funiculus posterior'da yükselen yolların harabiyeti sonucunda lezyon seviyesinin altında şuurlu proprioception kaybı, funiculus lateralis'te seyreden tractus corticospinalis lateralis'in harabiyeti sonucunda lezyon seviyesinin altında üst motor nöron tipi felç görülür.

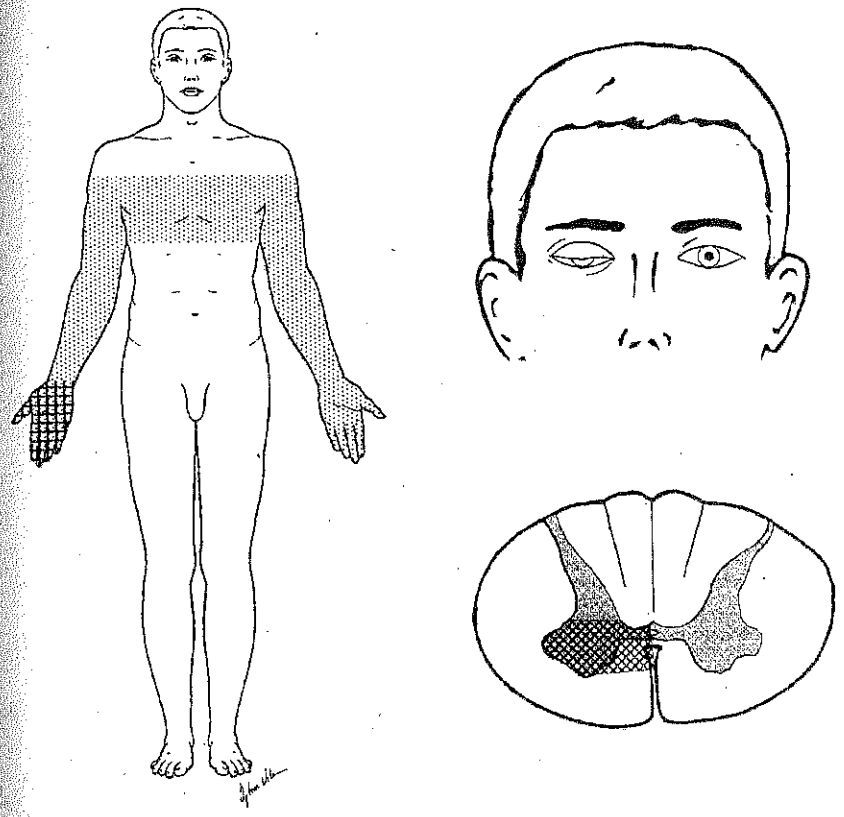
Poliomyelitis

Poliomyelitis aşısı yaptırmamış veya yaptırdığı halde immun sistemi yetersiz olan kişilerde poliovirus'ların sebep olduğu bir infeksiyon hastalığıdır. Ateş,

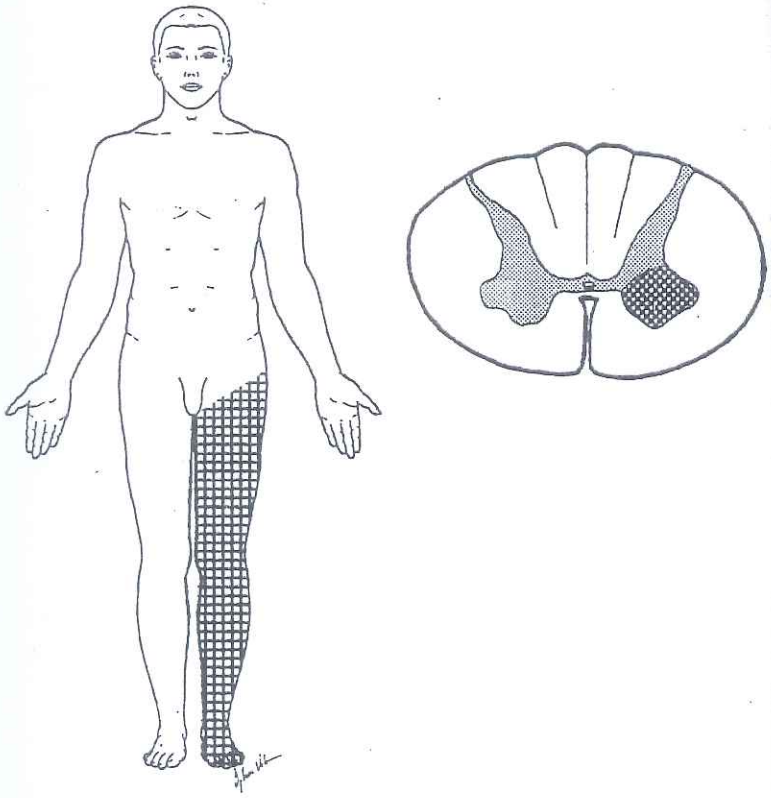
kırıklık gibi non-spesifik semptomlarla başlayan poliomyelitis, bir süre sonra medulla spinalis'in ön boynuzundaki motor nöronların tahrip olmasından dolayı, bu hücrelerin aksonları tarafından inerve edilen kaslarda alt motor nöron tipi felce neden olur. Bu hastalık bazı hallerde vücudun çok büyük bir kısmını tutabileceği gibi, yalnızca bir veya birkaç kası gelişigüzel ve simetrik olmayan bir şekilde de tutabilir. Poliomyelitis'te duyu ile ilgili herhangi bir kayıp yoktur (Şekil 51).



Şekil 49. Brown - Sequard sendromu



Şekil 50. Syringomyelia



alt motor nöron tipi felç

Şekil 51. Poliomyelitis

FORMATIO RETICULARIS

Beyin sakının tüm kısımlarında bulunan nuclei reticulares, *formatio reticularis* adı verilen sistemi oluşturur. Formatio reticularis, filogenetik açıdan beyin sakının en eski kısımlarındandır. Beyin sakındaki büyük nucleus gruplarının dışında kalan nöronlar tarafından oluşturulan formatio reticularis, medulla spinalis'teki nöronlar arası bağlantının rostrale doğru uzantısı olarak kabul edilir. Nuclei reticulares, bazı bölgelerde belirgin nucleus'lar oluştururken bazı bölgelerde dağınık nöron grupları şeklinde bulunur. Formatio reticularis'e ait nöronlar genellikle çok kesin sınırlı hücre grupları oluşturmayıp, beyin sakının derin kısımlarında yerleşmişlerdir. Nuclei reticulares'ten başlayan aksonlar santral sinir sisteminin hem rostral hem de kaudal kısımlarında, ayrıca verdikleri birçok kollateral aracılığı ile beyin sakındaki çeşitli kranial sinir nucleus'larında sonlanırlar. Nuclei reticulares'teki nöronların, majör motor ve duyu sistemlerindeki nöronlara göre çok daha yaygın bağlantıları vardır. Nuclei reticulares'in oluşturduğu bu bağlantılar, santral sinir sisteminin çeşitli kısımları arasında integrasyon sağlar.

Formatio reticularis'e ait nucleus'lar, beyin sakındaki yerleşimlerine göre median, medial ve lateral hücre kolonları oluşturur. Median kolonda yer alan ve nuclei raphes adı verilen nucleus'lar orta büyüklükteki nöronlardan, medial kolondaki nucleus'lar genellikle büyük nöronlardan, lateral kolondaki nucleus'lar ise küçük nöronlardan oluşmuştur. Formatio reticularis'e ait önemli nucleus'lar ilgili beyin sakı bölümlerinde verilmiştir.

Formatio reticularis'in dört önemli fonksiyonu vardır. Bunlar: 1) beyini aktif durumda tutarak davranış ve dikkat açısından uyanık olmayı sağlamak, 2) tractus pontoreticulospinalis ve tractus bulboreticulospinalis aracılığı ile kas tonusu ve segmental refleksleri düzenlemek, 3) solunum ve dolaşım gibi bazı otonomik fonksiyonları koordine etmek, 4) medulla spinalis'in cornu posterius'una gelen impulsları etkileyerek ağrı duyusunun algılanmasını düzenlemektir.

Medulla spinalis'ten başlayan ve beyin sakındaki bazı retiküler nucleus'larda sonlanan tractus spinoreticularis'in oluşturduğu spino-reticulo-thalamo-cortical bağlantının, nosiseptif duyu impulslarının düzenlenmesinde rol oynadığı ileri sürülmüştür. Medulla oblongata ve pons seviyesindeki bazı retiküler nucleus'lardan

başlayan ve medulla spinalis'e inen tractus reticulospinalis'ler ise bazı istekli motor hareketlerin ve postür ile ilgili refleks hareketlerin, solunum ve dolaşım fonksiyonlarının düzenlenmesinde rol oynar.

Retiküler nucleus'lardan başlayıp cerebral cortex'e çıkan direkt ve indirekt çok sayıda bağlantı vardır. *Retiküler aktive edici sistem (ascending reticular activating system-ARAS)* adı verilen bu bağlantılar sayesinde formatio reticularis'in, cerebral cortex'in elektriksel aktivitesi üzerinde düzenleyici etkisi vardır. Medulla spinalis ile afferent kranial sinir nucleus'larından başlayan ve beyin sakındaki bazı retiküler nucleus'larda sonlanan lifler, retiküler aktive edici sisteme dış ortamdan impulslar taşır. Retiküler nucleus'ların cerebral cortex ile olan bağlantısı, dış ortamdan alınan impulsların üst merkezlere iletilmesi için alternatif bir yol oluşturur. Retiküler aktive edici sistemin cerebral cortex üzerindeki etkisi, uyanıklık ve dikkat gibi beyin fonksiyonlarının yerine getirilmesinde önemli rol oynar.

Beyin sakında formatio reticularis içerisinde yer alan nöronların önemli bir kısmı serotonin, noradrenalin ve dopamin gibi monoamin tabiatında nörotransmitter sentezler ve salgılarlar. Formatio reticularis'e ait nöronlar bunlardan başka nörotransmitterler de salgıladıkları gibi, monoamin tabiatındaki bu tür nörotransmitterler beyin sakında, locus caeruleus ve substantia nigra gibi, nuclei reticulares dışındaki bazı nöron grupları tarafından da salgılanır. Beyin sakında monoamin tabiatında nörotransmitter salgılayan nöron toplulukları *serotonerjik, noradrenerjik* ve *dopaminerjik* olmak üzere üç majör monoaminerjik sistem oluşturur.

SEROTONERJİK SİSTEM

Bu sistem beyin sakındaki en yaygın monoaminerjik sistemdir. Serotonerjik sistemi oluşturan nöronların büyük kısmı *nuclei raphes* ve bunlara bitişik nucleus'larda bulunur. Nuclei raphes'ten başlayan ve birçok üst merkeze giden efferent lifler olduğu gibi, beyin sakı seviyelerinde sonlanan ve medulla spinalis seviyelerine inen aksonlar da vardır. Genel olarak medulla oblongata seviyesindeki nuclei raphes'ten başlayan aksonlar medulla spinalis seviyelerine iner. Pons'un üst kısmı ve mesencephalon'daki nuclei raphes'ten başlayan aksonlar ise santral sinir sisteminin rostral kısımlarına gider.

Nuclei raphes'ten üst merkezlere giden serotonerjik liflerin önemli bir kısmı *fasciculus medialis telencephali* (*medial forebrain bundle*)'ye katılır. Bu lifler daha sonra cerebral cortex, striatum, limbik sistem ve koku yolları ile ilgili bazı nucleus'lar, thalamus, hypothalamus, substantia nigra ve cerebellum'a gider.

Medulla spinalis seviyelerine inen serotonerjik aksonlar, özellikle nucleus raphe magnus'tan olmak üzere, tüm nuclei raphes'ten başlar. Bu aksonlar, medulla spinalis'in tüm seviyelerinde laminae I, II, V ve cornu anterius'ta; torakal ve lumbal seviyelerde columna intermediolateralis'teki preganglionik sempatik nöronlarda ve sakral seviyelerdeki parasempatik preganglionik nöronlarda sonlanır. Medulla spinalis'in cornu posterius'unda sonlanan aksonlar ağrı duyusunun algılanmasını düzenlerken, sempatik preganglionik nöronlarda sonlanan aksonlar kardiyovasküler fonksiyonların sempatik kontrolünü sağlar. Medulla spinalis'in cornu anterius'unda sonlanan aksonların ise nosiseptif stimuluslara karşı verilen motor cevabın artırılmasında rol oynadığı düşünülmektedir.

NORADRENERJİK SİSTEM

Beyin sakında noradrenerjik nöronlar iki bölgede bulunur. Bunlardan biri locus caeruleus, diğeri ise tegmentum pontis'in lateral kısmında dağınık olarak bulunan retiküler nöronlar'dır.

Locus caeruleus nöronlardan başlayan aksonların inen ve çıkan dalları vardır. İnen dallar beyin sakındaki bazı duyu nucleus'ları ve medulla spinalis'in cornu anterius'una; çıkan dallar ise diencephalon, cerebellum, pars basalis telencephali (basal forebrain)'deki nucleus'lar ve neocortex'e gider. Diencephalon'a giden liflerin büyük bir kısmı thalamus'ta, bir kısmı da hypothalamus'ta sonlanır. Diencephalon'dan daha rostrale giden liflerin önemli bir bölümü fasciculus medialis telencephali'ye katılır. Locus caeruleus'un fonksiyonu tam olarak anlaşılmamış olmakla birlikte duyu nöronlarının aktivasyonu veya inhibisyonunda, kortikal aktivitenin kontrolünde ve paradoks uykuda (REM uykusu) rol oynadığı düşünülmektedir.

Tegmentum pontis'in lateral kısmındaki noradrenerjik retiküler nöronlardan başlayan aksonlar medulla spinalis, beyin sakı ve thalamus ile cerebellar ve cerebral cortex'te sonlanır. Bu nöronların nuclei tractus solitarii, nucleus dorsalis nervi vagi ve columna intermediolateralis'teki preganglionik sempatik nöronlar ile olan bağlantıları, bazı otonomik fonksiyonların integrasyonunda rol oynar. Bu nöronların direkt olarak uyarılması kan basıncı ve kalp atım hızında belirgin bir azalmaya neden olur.

DOPAMİNERJİK SİSTEM

Beyin sakındaki dopaminerjik nöronlar mesencephalon'da yerleşmiş olup, substan-

tia nigra'nın pars compacta'sı ile tegmentum mesencephali'nin ventralindeki bazı retiküler nucleus'larda yer alır. Bu nöronlardan başlayan aksonlar genel olarak telencephalon'da sonlanır ve gittikleri bölgelere göre *mesostriatal, mesolimbic* ve *mesocortical* sistemleri oluşturur.

Mesostriatal sistem'e ait aksonlar substantia nigra'nın pars compacta'sı ile tegmentum mesencephali'nin ventralindeki dopaminerjik nöronlardan başlar ve striatum'a gider. Bu sistem, istekli hareketlerin kontrolünde rol oynar. Tegmentum mesencephali'nin ventralindeki dopaminerjik nöronlardan başlayan mesolimbic ve mesocortical sistemler ise sırasıyla limbik sisteme ait yapılar ve neocortex'te sonlanır. Mesolimbic ve mesocortical sistemlere ait aksonlar fasciculus medialis telencephali içerisinde serotonerjik ve noradrenerjik sisteme ait aksonlar ile birlikte seyreder. Mesolimbic ve mesocortical sistemlerin, kesin olarak bilinmemekle birlikte, öğrenme ve anlama gibi kompleks fonksiyonlarda rolü olduğu düşünülmektedir.

KRANİAL SİNİRLER

Beyin ve beyin sakından çıkan on iki çift kranial sinir, neurocranium'daki foramen'lerden geçtikten sonra genel olarak baş-boyun bölgesindeki yapıları inerve eder. Ancak X. kranial sinir olan n. vagus, thorax içerisindeki organların tümü ve abdomen içerisindeki organların büyük bir kısmının parasempatik GVE ve kısmen GVA inervasyonunu sağlar. Kranial sinirlerde sadece afferent veya sadece efferent lifler bulunabildiği gibi bunların her ikisi bir arada da bulunabilir. Kranial sinirlerin içerisindeki efferent lifler, beyin sakındaki somatik ve visseral motor nöronların aksonları tarafından oluşturulur. Kranial sinirlerin içerisindeki afferent lifler ise, genellikle cranium içerisinde yer alan duyu ganglionlarındaki nöronların veya göz, kulak ve burun gibi duyu organlarındaki duyu nöronlarının santral uzantıları tarafından oluşturulur.

Somatik motor nöronların oluşturdukları GSE ve SVE nucleus'lara, motor cortex'ten fibrae corticonucleares aracılığı ile impulslar gelir. Fibrae corticonucleares, capsula interna'nın genu kısmından ve mesencephalon seviyesinde crus cerebri'den geçer ve beyin sakındaki somatik motor nucleus'larda genellikle bilateral olarak sonlanır. Böylece beyin sakındaki somatik motor nucleus'lara her iki cortex'ten lif gelir. Ancak nucleus nervi facialis'in yüzün alt yarımındaki kasları inerve eden kısmına sadece kontralateral motor cortex'ten lifler gelir. Ayrıca nucleus nervi hypoglossi'nin m. genioglossus'u inerve eden kısmına da sadece kontralateral motor cortex'ten lifler geldiği kabul edilir. Kranial sinirlerin somatik motor nucleus'ları ve buradaki nöronlardan perifere uzanan aksonlara *alt motor nöron*, motor cortex'teki nöronlar ve bunların somatik motor nucleus'lara uzanan aksonlarına ise *üst motor nöron* adı verilir.

Beyin sakında visseral motor nöronların oluşturdukları parasempatik nucleus (GVE)'lara hypothalamus'tan impulslar gelir. Hypothalamus ile beyin sakındaki parasempatik nucleus'lar arasında direkt bağlantılar olduğu gibi, indirekt multisinaptik bağlantılar da vardır. Bu bağlantıların büyük bir kısmı ipsilateral olarak sonlanır. Direkt bağlantıyı oluşturan aksonların tractus hypothalamospinalis ve fasciculus longitudinalis dorsalis içerisinde seyrederek beyin sakına ulaştığı düşünülmektedir. Multisinaptik bağlantıların oluşturduğu indirekt yolları anatomik olarak göstermek mümkün değilse de, bu bağlantıların sayısı direkt bağlantılara göre oldukça fazladır.

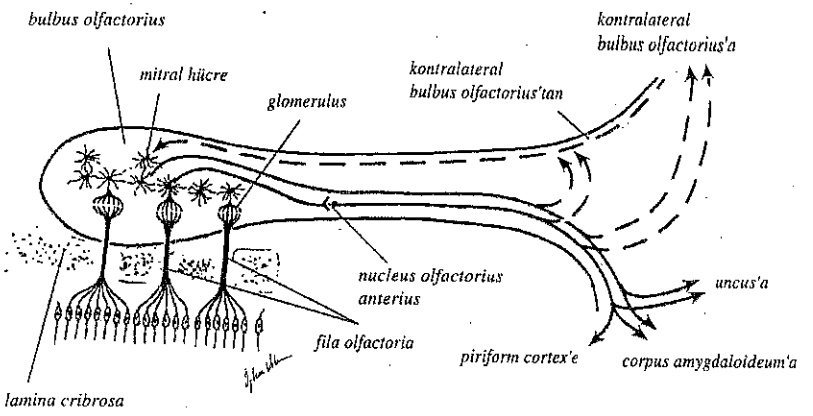
I. NERVUS OLFACTORIUS

Burun boşluğunda concha nasalis superior'un üst yüzü ve septum nasi'nin buna komşu olan kısmı koku duyusu ile ilgili olup *pars olfactoria* adını alır. Bu bölgeyi örten mukozada koku duyusu ile ilgili bipolar nöronlar ve bu nöronların periferik uzantılarının oluşturduğu reseptörler bulunur. Her bir nöronun periferik uzantısı, mukoza yüzeyine uzanan 10-20 adet *cilia* ile sonlanır. Bu cilia'lar kokulara karşı hassas olan yapılardır. Koku duyusu ile ilgili nöronların ömrü 30-60 gün ile kısıtlı olup erişkin insanda çoğalma özelliği olan tek nöron tipidir.

Koku molekülleri pars olfactoria'ya ulaştığı zaman buradaki mukoza tabakasını örten mukus içerisinde çözülür ve cilia'ların üzerindeki reseptörlere ulaşır. Koku duyusu ilkel bir duyu olmasına rağmen, binlerce değişik kokunun farklı olarak algılanmasının mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Daha önceki çalışmalarda, doğadaki binlerce farklı kokunun 7-10 adet temel kokunun kombinasyonundan ortaya çıktığı ve sadece bu temel kokulara hassas reseptörlerin bulunduğu ileri sürülmüştür. Ancak yapılan son çalışmalarda, farklı kokular için cilia'ların yüzeyinde farklı reseptör bölgelerinin bulunduğu ve koku duyusunun algılanmasında oldukça kompleks moleküler mekanizmaların rol oynadığı gösterilmiştir.

Pars olfactoria'daki nöronların santral uzantıları *n. olfactorius*'u oluşturur. Bu uzantıların tümü *fila olfactoria* adı verilen yapıyı oluşturur. Fila olfactoria içerisindeki aksonlar, os ethmoidale'nin lamina cribrosa'sındaki deliklerden geçerek cranium boşluğuna girer. Bu aksonlar, lamina cribrosa'nın hemen üst kısmında yer alan *bulbus olfactorius* içerisindeki ikinci nöronlar (mitral cells ve tufted cells) ile, *glomerulus* adı verilen yapıları oluşturarak sinaps yapar. İkinci nöronların santral uzantıları ile santral sinir sisteminin çeşitli kısımlarından bulbus olfactorius'a gelen afferent lifler *tractus olfactorius* adı verilen yapıyı oluşturur. Bulbus olfactorius'un afferentleri locus caeruleus, nuclei raphes, nucleus septalis medialis ve nucleus olfactorius anterior aracılığı ile kontralateral bulbus olfactorius'tan gelir (Şekil 52).

Tractus olfactorius, bulbus olfactorius'tan arkaya doğru devam eder ve substantia perforata anterior'a yaklaşırken *trigonum olfactorium*'u oluşturur. Trigonum olfactorium'un kaudal kısmından *stria olfactoria lateralis* ve *stria olfactoria medialis* çıkar. Stria olfactoria lateralis içerisindeki lifler cerebral cortex'in koku duyusu ile ilgili kısmına gider. Stria olfactoria medialis içerisindeki liflerin büyük bir kısmı *nucleus olfactorius anterior*'dan başlar ve commissura anterior'dan geçerek kontralateral bulbus olfactorius'a gider. Nucleus olfactorius anterior, bulbus olfactorius ile tractus olfactorius arasında yer alan bir nucleus'tur. Bulbus olfactorius'taki bazı ikinci nöronların aksonlarından çıkan kollateral dallar bu nucleus'ta sinaps yapar. Stria olfactoria lateralis ve stria olfactoria medialis'in arasında *stria olfactoria intermedius* bulunur. Bu stria içerisinde, bulbus olfactorius'tan başlayıp *tuberculum olfactorium*'a uzanan lifler seyreder. Tuberculum olfactorium, substantia perforata anterior'da, tractus olfactorius'un lobus frontalis'e girdiği yerin hemen arkasında yer alan ve koku cortex'ine ait olduğu kabul edilen bir kabarıntıdır.



Şekil 52. Bulbus olfactorius'ta yer alan yapılar ve koku yollarının başlangıç kısmının şematik çizimi

Bulbus olfactorius'taki ikinci nöronların uzantıları *piriform cortex (prepiriform cortex), entorhinal cortex, nucleus olfactorius anterior, tuberculum olfactorium* ve *corpus amygdaloideum*'a gider. Bu bölgeler koku cortex'i olarak da bilinir. Ancak bu bölgelerden başka, lobus frontalis'in orbital kısmında da koku duyusu ile ilgili cortex bölgelerinin olduğu bilinmektedir. Piriform cortex ile corpus amygdaloideum'un medial kısmında yer alan cortex periamygdaloideus birlikte *primer koku merkezi* olarak tarif edilir. Lobus temporalis'in alt yüzünün anteromedial kısmında yer alan piriform cortex, koku duyusu ile ilgili en geniş cortex bölgesidir. Piriform cortex'i *gyrus olfactorius lateralis, uncus* ve *gyrus parahippocampalis*'in ön kısmı oluşturur. Brodmann'ın 28 numaralı sahası olarak da bilinen entorhinal cortex, piriform cortex'in hemen arka tarafında yer alır ve gyrus parahippocampalis'in arka kısmını kapsar. Bu bölgeden hippocampus'a efferent lifler gider.

Koku yolları ile limbik sistem arasında yakın ilişki vardır. Entorhinal cortex'teki nöronların hippocampus ile, bulbus olfactorius'taki nöronların ise corpus amygdaloideum ile olan bağlantıları, koku yollarının limbik sistem ile bağlantısını sağlar. Beyinde koku duyusu ile ilgili kortikal ve subkortikal yapıların tümüne *rhinencephalon* adı da verilir. Limbik sisteme dahil edilen birçok yapı rhinencephalon içerisinde yer alır.

Koku duyusu, diğer duyulardan farklı olarak, thalamus'a uğramadan cortex'e ulaşır. Ancak koku cortex'inin bazı kısımlarından thalamus'un nucleus mediodorsalis'ine giden lifler vardır. Bu nucleus'un efferent liflerinin bir kısmı lobus frontalis'in orbital kısmındaki koku duyusu ile ilgili cortex bölgelerine gider.

Koku duyusu ile ilgili liflerin limbik sistem, hypothalamus ve bazı retiküler nucleus'lar ile çok sayıda bağlantısı vardır. Koku duyusu ile ilgili lifler ve limbik sistem arasındaki bağlantıların, ilkel memelilerde koku duyusunun emosyonel fonksiyonlar üzerinde düzenleyici etkisi ile ilgili olduğu, hypothalamus ve bazı retiküler nucleus'lar ile olan bağlantıların ise bazı otonomik fonksiyonlar üzerinde düzenleyici etkisi ile ilgili olduğu bilinmektedir.

KLİNİK BİLGİ

Koku duyusunun kaybına *anosmia* adı verilir. N. olfactorius'un bulbus olfactorius'tan kopmasına sebep olan travmalar, koku yollarında harabiyete yol açan tümörler, pars olfactoria'nın infeksiyonları veya tümörleri gibi çok çeşitli faktörler anosmia'ya sebep olabilir. Anosmia gençlerde daha çok kafa travmalarına, erişkinlerde ise genellikle viral infeksiyonlara bağlı olarak ortaya çıkar.

Koku duyusu ile ilgili olan gyrus parahippocampalis, uncus ve bunlara komşu bölgeleri etkileyen lezyonlar koku hallusinasyonlarına yol açabilir. Bu hastalar genellikle normal kokuları dayanılamayacak kadar kötü kokular olarak algılarlar; bu durum yaygın konvulsiyona yol açabilir.

II. NERVUS OPTICUS

Gözün retina tabakasında *koni (cone/epitheliocytus conifer)* ve *basil (rod/epitheliocytus bacillifer)* olmak üzere, ışık stimülasyonuna hassas iki tip fotoreseptör hücre vardır. Koniler ışıklı ortamda uyarılmaya hassas olup renkli ve keskin görme ile, basiller ise az ışıklı ortamda uyarılmaya hassas olup renksiz görme ile ilgili hücrelerdir. Bu hücreler aldıkları impulsları yine retina'da bulunan *bipolar nöronlar*'a, bipolar nöronlar ise *ganglion hücreleri*'ne iletir. Retina'da fotoreseptörler, bipolar hücreler ve ganglion hücrelerinden başka, bu hücreler arasında integrasyonu sağlayan *horizontal hücreler* ve *amacrine hücreler* olmak üzere iki tip internöron bulunur. Ganglion hücrelerinin aksonları retina yüzeyine paralel olarak seyreder ve *discus nervi optici* 'de birleşerek *nervus opticus*'u oluşturur. Nervus opticus, tunica vasculosa bulbi'den ve tunica fibrosa bulbi'nin lamina cribrosa sclerae'sından

geçerek bulbus oculi'yi terk eder. Lamina cribrosa sclerae'ya kadar miyelinsiz olan n. opticus içerisindeki aksonlar, buradan itibaren miyelin kılıfı ile sarılı durumdadır.

N. opticus içerisindeki lifler retinotopik bir organizasyon gösterir. Buna göre genel olarak retinanın nasal kısmından gelen lifler n. opticus'un medial kısmında, temporal kısmından gelen lifler ise lateral kısmında seyreder. Benzer şekilde; retinanın üst kısmından gelen lifler n. opticus'un üst kısmında, alt kısmından gelen lifler ise alt kısmında seyreder.

N. opticus, canalis opticus'tan geçerek cavitas orbitalis'i terk eder ve cranium boşluğu içerisine girer. Her iki gözden gelen n. opticus'lar cranium boşluğunda birleşerek *chiasma opticum*'u oluşturur. Chiasma opticum'da her iki retinanın nasal kısmından gelen lifler çapraz yaparak karşı tarafa geçer; temporal kısmından gelen lifler ise çapraz yapmadan aynı tarafta devam eder. Böylece bir taraftaki gözün nasal retinası ile diğer gözün temporal retinasından gelen lifler birleşir ve *tractus opticus*'u oluşturur. Her bir tractus opticus içerisinde görme alanının karşı yarımından impuls taşıyan lifler bulunur.

Tractus opticus içerisindeki liflerin çoğunluğu *corpus geniculatum laterale*'de sinaps yapar. Corpus geniculatum laterale, retina'dan tractus opticus aracılığı ile aldığı impulsları *radiatio optica (fibrae geniculocalcarinae)* aracılığı ile lobus occipitalis'teki görme merkezine iletir. Retina'dan cerebral cortex'teki görme merkezine uzanan bu yol, görüntünün değerlendirilmesi ve algılanması ile ilgilidir. Corpus geniculatum laterale'nin fonksiyonu tam olarak bilinmemekle birlikte, retina'dan cerebral cortex'teki görme merkezine giden impulsların düzenlenmesinde rol oynadığı düşünülmektedir. Retina'dan tractus opticus aracılığı ile corpus geniculatum laterale'ye gelen liflerin bir kısmı burada sinaps yapmadan *colliculus superior* ve *area pretectalis*'e gider. Colliculus superior'a giden lifler baş ve göz hareketlerinin motor mekanizmaları ile, area pretectalis'e giden lifler ise direkt ve consensual pupilla ışık refleksi ile ilgilidir. Ayrıca retina'dan başlayan ve hypothalamus'un nucleus suprachiasmaticus'una uzanan lifler vardır. *Tractus retinohypothalamicus* adı verilen bu yol bazı nöroendokrin fonksiyonların düzenlenmesi ile ilgilidir.

III. NERVUS OCULOMOTORIUS

Nucleus nervi oculomotorii'nin parasempatik nöron grupları (nuclei viscerales, Edinger-Westphal nucleus) ve somatik motor nöron gruplarından çıkan akson demetleri ventrolaterale doğru seyreder; nucleus ruber'in içerisinden geçtikten sonra substantia nigra'nın medialinden geçerek mesencephalonr'u terk eder. Mesencephalon'u terk eden akson demetleri fossa interpeduncularis'te *n. oculomotorius*'u oluşturur. N. oculomotorius içerisinde GSE ve GVE olmak üzere iki tip

lif vardır. GSE lifler ekstrinsik göz kaslarının bir kısmını inerve ederken, GVE lifler ganglion ciliare'ye giden preganglionik parasempatik lifleri oluşturur.

N. oculomotorius, cisterna interpeduncularis'te a. cerebri posterior ile a. cerebellaris superior arasından geçer; daha sonra arachnoidea mater'i ve dura mater'in lamina interna'sını delerek sinus cavernosus içerisine girer. Bu sinir, sinus cavernosus'un lateral duvarında n. trochlearis'in üzerinde seyreder ve daha sonra bu sinüsü terk ederek fissura orbitalis superior'a ulaşır. N. oculomotorius, fissura orbitalis superior yakınında *ramus superior* ve *ramus inferior* olmak üzere iki dala ayrılır. Bu dallar anulus tendineus communis'ten geçerek cavitas orbitalis'e girer. Ramus superior, m. rectus superior ve m. levator palpebrae superioris'i; ramus inferior ise m. rectus medialis, m. rectus inferior ve m. obliquus inferior'u inerve eder. N. oculomotorius içerisindeki GVE lifler önce ramus inferior'a, daha sonra da m. rectus inferior'u inerve eden dala katılır. GVE lifler, m. rectus inferior'u inerve eden daldan bazen kalın tek bir demet halinde, bazen de çok sayıda küçük demetler halinde ayrılarak ganglion ciliare'ye ulaşır. Bu gangliondan çıkan postsinaptik parasempatik lifler *nn. ciliares breves* adını alır ve intrinsik göz kaslarından m. sphincther pupilla ile m. ciliaris'i inerve eder.

N. oculomotorius'a, sinus cavernosus içerisindeki seyri sırasında plexus caroticus internus'tan sempatik lifler katılırken, n. oculomotorius'tan ayrılan bir grup lif ise n. ophthalmicus'a katılır. N. ophthalmicus'a katılan liflerin, ekstrinsik göz kaslarından gelen proprioseptif duyuları n. trigeminus aracılığı ile beyin sakına taşıdığı düşünülmektedir.

KLİNİK BİLGİ

N. oculomotorius'un zedelenmesinde, GSE liflerin harabiyetine bağlı olarak aynı tarafta m. rectus medialis, m. rectus inferior, m. obliquus inferior, m. rectus superior ve m. levator palpebrae superioris paralizisi görülür. Bunun sonucunda, m. rectus lateralis ve m. obliquus superior'un aktivitelerine bağlı olarak, ipsilateral göz dışa ve aşağıya bakar. Bu hastalar, dış şaşılığa (external strabismus) bağlı olarak, özellikle lezyonun karşı tarafına bakışta horizontal diplopia (sağa veya sola bakışta çift görme)'dan şikayetçidir. Aynı gözde *ptosis* (palpebra superior'da düşüklük) görülür. Ayrıca GVE liflerin zedelenmesine bağlı olarak, aynı taraftaki gözde direkt ve konsensual ışık refleksi ile akomodasyon refleksi kaybolur; pupilla dilate durumda (mydriasis) kalır.

Özellikle diabetes mellitus'ta görülen, iskemiye bağlı n. oculomotorius lezyonlarında parasempatik (GVE) lifler genellikle etkilenmez ve pupilla ile ilgili fonksiyonlar sağlam kalır (pupil sparing oculomotor palsy). Bunun nedeni, parasempatik liflerin, sinirin periferik kısmında seyretmesi ve iskeminin sinirin periferik kısımlarını daha az etkilemesidir. Ancak n. oculomotorius'un, anevrizma veya tümör gibi, baskıya bağlı olarak gelişen lezyonlarında periferde seyreden parasempatik lifler sıklıkla zedelenir. Bu durum genellikle a. communicans posterior, a. cerebri posterior veya a. cerebellaris superior anevrizmalarında görülür.

Nucleus nervi oculomotorii'yi oluşturan hücre grupları orta hatta yer aldığı için, bu nucleus'un lezyonlarında genellikle her iki göze ait bulgular ortaya çıkar. Nucleus nervi oculomotorii'nin bazı demiyelinizasyon hastalıklarında nadiren görülen unilateral lezyonu, n. oculomotorius lezyonundan farklı bulgular verir. Bu durumda ipsilateral tarafta m. rectus medialis, m. rectus inferior ve m. obliquus inferior paralizisi görülür. M. rectus superior'u inerve eden aksonlar, nucleus'un kontralateral tarafındaki hücre grubundan başladığı için bu kasın paralizisi karşı tarafta görülür. M. levator palpebrae superioris ise orta hattaki tek bir hücre grubu tarafından bilateral olarak inerve edildiği için bu hastalarda bilateral ptosis görülür. Lezyonun, nuclei viscerales'i de kapsadığı durumlarda, ipsilateral gözde direkt ve konsensual ışık refleksi ile akomodasyon refleksi kaybolur ve mydriasis görülür.

Weber sendromu (superior alternating hemiplegia). Colliculus superior seviyesinde fibrae corticonucleares ve tractus corticospinalis, crus cerebri içerisinde yan yana seyreder. Nucleus nervi oculomotorii'den başlayan lifler ise bu yolların hemen medialinden geçer. Özellikle crus cerebri'yi etkileyen lezyonlar, yukarıda bahsedilen oluşumların zedelenmesine yol açarak aşağıdaki bulguların ortaya çıkmasına sebep olur:

1. Lezyon tarafında n. oculomotorius'a ait lifler zedelendiği için bu sinir tarafından inerve edilen göz kaslarında paralizi görülür. Bunun sonucunda ipsilateral göz aşağı ve dışa bakar duruma gelir; hastada horizontal diplopia ortaya çıkar. Aynı tarafta üst göz kapağında düşüklük (ptosis) ve n. oculomotorius içerisindeki parasempatik liflerin zedelenmesine bağlı olarak mydriasis görülür. Ayrıca, lezyon tarafında pupilla-ışık refleksi ile akomodasyon/konverjans refleksi kaybolur.

2. Tractus corticospinalis'in zedelenmesine bağlı olarak kontralateral hemi-

pleji görülür.

3. Fibrae corticonucleares'in zedelenmesine bağlı olarak, nucleus nervi facialis'in yüzün alt yarımındaki kasları inerve eden kısmına sadece kontralateral motor cortex'ten, diğer kranial sinir nucleus'larına her iki cortex'ten lifler geldiği için, karşı tarafta yüzün alt yarımında ve dil kaslarında üst motor nöron tipi felç ortaya çıkar. Hasta dilini dışarı çıkardığı zaman, dilin lezyonun karşı tarafına doğru kaydığı gözlenir. Bu durum, nucleus nervi hypoglossi'nin m. genioglossus'u inerve eden kısmına sadece kontralateral motor cortex'ten lifler gelmesi ile açıklanmaktadır.

Benedikt sendromu. Mesencephalon'da tegmentum'u etkileyen lezyonlar, nucleus ruber ve n. oculomotorius'a ait lifleri birlikte zedeleyerek bu sendroma sebep olur. Benedikt sendromunda ipsilateral n. oculomotorius paralizisi ile kontralateral vücut yarımında ataxia, tremor gibi istek dışı hareketler ortaya çıkar.

IV. NERVUS TROCHLEARIS

N. trochlearis'in motor nucleus'u olan nucleus nervi trochlearis, colliculus inferior'un üst seviyelerinde, substantia grisea centralis'in ventralinde yer alır. Bu nucleus'tan çıkan aksonlar dorsolateral ve kaudale doğru uzanarak pons'un üst seviyelerinde bulunan velum medullare superius'ta çapraz yapar. Karşı tarafa geçen aksonlar, colliculus inferior'un kaudal kısmında frenulum veli'nin her iki tarafından çıkarak beyin sakını terk eder ve n. trochlearis'leri oluşturur. Beyin sakını arka taraftan terk eden tek sinir olan n. trochlearis, aynı zamanda cavitas cranii'deki seyri en uzun olan kranial sinir olma özelliğine sahiptir. İçerisinde sadece GSE lifler bulunan bu sinir, ekstrinsik göz kaslarından m. obliquus superior'u inerve eder.

N. trochlearis beyin sakını terk ettikten sonra pedunculus cerebri'nin lateralinden dolanarak mesencephalon'un ön tarafına gelir. Daha sonra, n. oculomotorius ile birlikte a. cerebri posterior ile a. cerebellaris superior arasından geçer ve arachnoidea mater ile dura mater'in lamina interna'sını delerek sinus cavernosus içerisine girer. Bu sinüsün lateral duvarında n. oculomotorius'un altında seyreden n. trochlearis, daha sonra sinus cavernosus'u terk eder ve fissura orbitalis superior'dan geçerek cavitas orbitalis'e ulaşır.

Sinus cavernosus içerisinde, n. trochlearis'ten n. ophthalmicus'a ve plexus caroticus internus'tan n. trochlearis'e katılan liflerin olduğu gösterilmiştir. N. trochlearis'ten n. ophthalmicus'a katılan liflerin, m. obliquus superior'dan gelen proprioseptif duyuları beyin sakına taşıdığı düşünülmektedir.

KLİNİK BİLGİ

Nucleus nervi trochlearis ve n. trochlearis'in nadiren görülen izole lezyonlarında m. obliquus superior paralizisi ortaya çıkar. Buna bağlı olarak etkilenen gözün aşağıya ve içe bakışı sınırlanır ve göz bir miktar extorsion (ön-arka eksende lateral rotasyon) durumunda kalır. Özellikle aşağıya ve içe bakışta diplopia (çift görme)'dan şikayetçi olan bu tür hastalar, merdiven inmede büyük güçlük çeker.

V. NERVUS TRIGEMINUS

Kranial sinirlerin en kalını olan n. trigeminus'un beyin sakında *nucleus spinalis nervi trigemini* (GSA), *nucleus principalis nervi trigemini* (GSA), *nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini* (GSA) ve *nucleus motorius nervi trigemini* (SVE) olmak üzere dört tane nucleus'u vardır.

N. trigeminus, pons'un ventral yüzünden *radix motoria* ve *radix sensoria* olmak üzere iki kök olarak çıkar. Radix motoria'yı nucleus motorius nervi trigemini'deki nöronların periferik uzantıları; radix sensoria'yı ise ganglion trigeminale'deki pseudounipolar nöron'ların santral uzantıları oluşturur. Radix sensoria daha büyük olup radix motoria'nın posterolateralinde yer alır.

Ganglion trigeminale, os temporale'deki impressio trigeminalis'te yer alır. Ganglion trigeminale'deki pseudounipolar nöronların periferik uzantıları bu ganglionu *n. ophthalmicus, n. maxillaris* ve *n. mandibularis* olmak üzere üç dal halinde terk eder. Radix motoria, ganglion trigeminale'nin altından geçer ve n. mandibularis'e katılır. Bu nedenle, n. ophthalmicus ve n. maxillaris içerisinde sadece somatik duyu lifleri (GSA) bulunurken, n. mandibularis içerisinde hem somatik duyu lifleri (GSA) hem de motor lifler (SVE) vardır.

N. trigeminus içerisindeki GSA lifler yüzün büyük bir kısmı, saçlı derinin sutura lambdoidea'ya kadar olan kısmı, cavitas oris, cavitas nasalis, dişler, art. temporomandibularis, nasopharynx, auricula ve meatus acusticus externus'un bir kısmı ile dura mater cranialis'in büyük bir kısmından somatik duyu impulsları taşır (Şekil

53). Ayrıca çiğneme kasları ile, muhtemelen, mimik kasları ve ekstrinsik göz kaslarından gelen proprioseptif afferentler de n. trigeminus'un dalları tarafından taşınır. N. trigeminus içerisindeki SVE lifler ise çiğneme kasları, m. tensor tympani, m. tensor veli palatini, m. mylohyoideus ve m. digastricus venter anterior'u inerve eder.

Yukarıda bahsedilenlerden başka, n. trigeminus'un dallarına katılan GVE (sempatik ve parasempatik) lifler vardır. N. trigeminus'un dallarına katılan sempatik lifler plexus caroticus internus'tan, parasempatik lifler ise cranium'daki bazı parasempatik ganglionlardan gelir ve inerve edecekleri yapılara giderler.

N. OPHTHALMICUS (V_1)

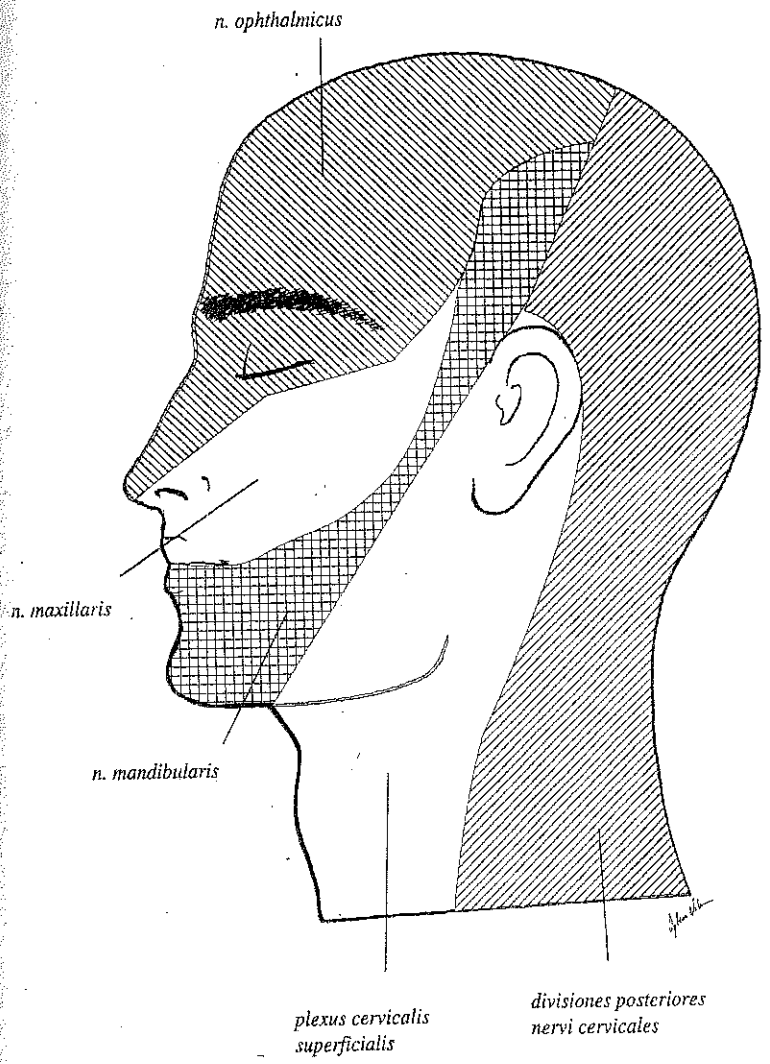
Ganglion trigeminale'nin anteromedialinden çıkan bu sinir, dura mater'i delerek sinus cavernosus'a girer ve sinus cavernosus'un lateral duvarında n. oculomotorius ile n. trochlearis'in altında seyreder. N. ophthalmicus, sinus cavernosus'u terk eder ve fissura orbitalis superior seviyesinde *r. meningeus recurrens (tentorial nerve)* dalını verdikten sonra *n. lacrimalis, n. frontalis* ve *n. nasociliaris* adını alan uç dallarına ayrılır. N. ophthalmicus'a n. oculomotorius, n. trochlearis ve n. abducens'ten katılan liflerin varlığı bilinmektedir. Bu liflerin, ekstrinsik göz kaslarından gelen proprioseptif afferent duyuları taşıdığı düşünülmektedir. N. ophthalmicus'a, plexus caroticus internus'tan da katılan lifler olduğu gösterilmiştir.

N. lacrimalis. M. rectus lateralis'in üst kenarında a. lacrimalis ile birlikte seyreden bu sinir, glandula lacrimalis içerisinden geçer ve uç dalları septum orbitale'yi delerek palpebra superior'da sonlanır. N. lacrimalis, glandula lacrimalis'e komşu conjunctiva kısmından ve palpebra superior'dan GSA duyuları taşır. Ganglion pterygopalatinum'dan başlayan ve n. maxillaris'in ramus zygomaticotemporalis dalı aracılığı ile n. lacrimalis'e katılan postsinaptik parasempatik lifler, glandula lacrimalis'in sekretomotor (GVE) inervasyonunu sağlar.

N. frontalis. Fissura orbitalis superior'dan geçerek cavitas orbitalis'e giren bu sinir, m. levator palpebrae superioris'in üzerinde seyrederken *n. supraorbitalis* ile *n. supratrochlearis* olmak üzere iki uç dalına ayrılır. N. supraorbitalis, foramen supraorbitale'den geçerek cavitas orbitalis'i terk eder. Bu sinir üst göz kapağının derisi ve conjunctiva'sını inerve ettikten sonra *ramus medialis* ve *ramus lateralis* adı verilen uç dallarına ayrılır. Bu dallar alın bölgesinin sutura lambdoidea'ya kadar olan kısmından, sinus frontalis'in iç yüzünü döşeyen mukozadan ve pericranium'dan GSA duyuları alır.

N. supratrochlearis, trochlea'nın üzerinden geçer ve n. supraorbitalis'in medialinde seyrederek cavitas orbitalis'i terk eder. Bu sinir alın derisinin inferomedial

kısmında, üst göz kapağının medial tarafındaki deri ve conjunctiva'da dağılarak bu bölgelerden GSA duyuları alır.



Şekil 53. N. trigeminus'un dallarının yüz ve saçlı derideki dağılımı

N. nasociliaris. Anulus tendineus communis'ten geçerek cavitas orbitalis'e giren bu sinir, n. opticus'u çaprazlayarak orbita'nın medial tarafına geçer. N. nasociliaris, m. obliquus superior ile m. rectus medialis arasında öne doğru ilerlerken ganglion ciliare'ye giden birleştirici bir dal *(r. communicans cum ganglio ciliari)* ile *nn. ciliares longi* ve *n. ethmoidalis posterior* dallarını verir. N. nasociliaris daha sonra *n. ethmoidalis anterior* ve *n. infratrochlearis* adlı iki uç dalına ayrılarak sonlanır.

N. nasociliaris'ten ayrılarak ganglion ciliare'ye giden birleştirici dal içerisindeki aksonlar sadece GSA duyular ile ilgilidir. Bu lifler, ganglion ciliare'yi sinaps yapmadan terk eder ve nn. ciliares breves'e katılarak bulbus oculi'de dağılır.

Nn. ciliares longi, n. nasociliaris'ten iki-üç dal halinde ayrılır ve nn. ciliares breves ile birlikte gözün sclera tabakasını delerek corpus ciliare, iris ve cornea'da dağılan GSA lifler verir. Nn. ciliares longi içerisinde GSA liflerden başka, ganglion cervicale superius'tan plexus caroticus internus aracılığı ile gelen postganglionik sempatik lifler de seyreder. Bu lifler m. dilatator pupillae'yı inerve eder.

N. ethmoidalis posterior, foramen ethmoidale posterius'tan geçerek cellulae ethmoidales posteriores ve sinus sphenoidalis'in iç yüzünü örten mukozada sonlanır.

N. ethmoidalis anterior, foramen ethmoidale anterius'tan geçerek cavitas cranii'ye girer ve lamina cribrosa'nın üzerinde öne doğru ilerler. Bu sinir, daha sonra crista galli'nin yanındaki bir açıklıktan geçerek cavitas nasalis'e ulaşır. N. ethmoidalis anterior'un burada verdiği *rr. nasales interni* adlı dalları, septum nasi ile cavitas nasalis'in lateral duvarındaki mukozada; *r. nasalis externus* dalı ise vestibulum nasi, ala nasi ile apex nasi'nin üzerini örten deride dağılır.

N. infratrochlearis, m. rectus medialis'in üzerinde ilerler ve trochlea'nın altından geçerek cavitas orbitalis'i terk eder. Bu sinir burunun üst kısmının lateral yüzündeki deri, saccus lacrimalis, caruncula lacrimalis, alt göz kapağının derisi ve conjunctiva'sında dağılır.

N. MAXILLARIS (V_2)

Bu sinir, ganglion trigeminale'yi n. ophthalmicus ve n. mandibularis'in arasında terk ettikten sonra anteromediale doğru seyrederek *r. meningeus* dalını verir. Bu dal, dura mater cranialis'te dağılan GSA lifler taşır. Daha sonra sinus cavernosus'a giren n. maxillaris, burada n. ophthalmicus'un altında seyreder. N. maxillaris, sinus cavernosus'tan çıktıktan sonra foramen rotundum'dan geçerek cavitas cranii'yi terk eder ve fossa pterygopalatina'ya ulaşır. N. maxillaris, fossa pterygopalatina içerisinde ganglion pterygopalatinum'a giden iki dal *(rr. ganglionares ad ganglion pterygopalatinum)* ile *n. zygomaticus* ve *rr. alveolares superiores posteriores* dallarını verdikten sonra fissura orbitalis inferior'dan geçerek cavitas orbitalis'e girer. Cavitas orbitalis'in tabanında, canalis infraorbitalis'e girdikten sonra *n. infraorbitalis* adını alan bu sinir, kanal içerisinde *r. alveolaris superior medius* ve *rr. alveolares superiores anteriores* dallarını verir. N. infraorbitalis, foramen infraorbitale'den çıkarak yüz bölgesine gelir ve burada *rr. palpebrales inferiores, rr. nasales externi, rr. nasales interni* ve *rr. labiales superiores* dallarını vererek sonlanır.

N. maxillaris'in, fossa pterygopalatina içerisinde verdiği, ganglion pterygopalatinum'a giden iki dalı, bu ganglion'da sinaps yapmadan geçerek burun, damak, pharynx mukozası ve orbitada dağılan GSA lifler taşır. Bu iki dal ayrıca, ramus zygomaticotemporalis'e katıldıktan sonra n. lacrimalis aracılığı ile glandula lacrimalis'e giden ve bu bezin sekretomotor inervasyonunu sağlayan GVE lifler taşır. N. maxillaris'in ganglion pterygopalatinum'dan sinaps yapmadan geçen GSA dalları, bu gangliondan çıktıktan sonra *n. palatinus major* ve *nn. palatini minores* içerisinde seyreder.

N. zygomaticus, fissura orbitalis inferior'dan geçerek cavitas orbitalis'e girer ve burada *r. zygomaticotemporalis* ile *r. zygomaticofacialis* adı verilen iki uç dalına ayrılır. R. zygomaticotemporalis, cavitas orbitalis içerisinde n. lacrimalis'e katılan ve GVE lifler içeren dalını verdikten sonra os zygomaticum'un içerisinden geçerek fossa temporalis'e ulaşır ve bu bölgede dağılarak sonlanır. R. zygomaticofacialis de os zygomaticum'un içerisinden geçer ve bu kemiğin üzerindeki deride dağılır.

Rr. alveolares superiores posteriores, maxilla'nın facies infratemporalis'inden geçer ve sinus maxillaris'in mukozasının altında dağılan dallar verir. Daha sonra küçük dallara ayrılan bu sinir, plexus dentalis superior'a katılır.

R. alveolaris superior medius ve rr. alveolares superiores anteriores, n. infraorbitalis'ten ayrıldıktan sonra sinus maxillaris'in lateral duvarında aşağıya doğru ilerler ve bu sinüste dağılan dallar verir. Bu sinirler, rr. alveolares superiores posteriores ile birlikte *plexus dentalis superior*'u oluşturur. Bu plexus'tan çıkan dallar üst çenedeki dişler ve gingiva'da dağılarak sonlanır.

N. infraorbitalis'in yüz bölgesinde verdiği dallardan rr. palpebrales inferiores, alt göz kapağının derisinde; rr. nasales externi ve rr. nasales interni, burunun lateral yüzünde ve septum nasi'de; rr. labiales superiores ise üst dudak ve ağız mukozası ile yanak bölgesinde dağılır.

N. MANDIBULARIS (V_3)

N. trigeminus'un en kalın dalı olan bu sinir, ganglion trigeminale'nin lateralinden çıkar ve radix motoria ile birlikte foramen ovale'den geçerek cavitas cranii'yi terk eder. N. trigeminus'un motor dalı olan radix motoria, cavitas cranii'yi terk ettikten hemen sonra n. mandibularis'e katılır. N. mandibularis burada *n. spinosus (r. meningeus)* ve *n. pterygoideus medialis* dallarını verdikten sonra ön ve arka olmak üzere iki ana dala ayrılır. Ön daldan çıkan sinirlerin çoğunluğu motor lifler, arka daldan çıkan sinirlerin çoğunluğu ise duyu lifleri içerir. N. mandibularis'in ön dalından *n. buccalis, n. massetericus, n. pterygoideus lateralis* ve *nn. temporales profundi* çıkar. Bunlardan n. buccalis dışındakiler motor liflerden oluşmuştur. N. mandibularis'in arka dalından ise *n. auriculotemporalis, n. lingualis* ve *n. alveolaris inferior* çıkar. N. auriculotemporalis ve n. lingualis sadece duyu lifleri içerir; n. alveolaris inferior'da ise duyu liflerinin yanısıra m. mylohyoideus'a giden motor lifler (n. mylohyoideus) de vardır.

N. spinosus, n. mandibularis'ten ayrıldıktan sonra, a. meningea media ile birlikte foramen spinosum'dan geçerek tekrar cavitas cranii'ye girer ve dura mater cranialis'te dağılan GSA lifler verir.

N. pterygoideus medialis, m. pterygoideus medialis'in içerisinden geçer ve bu kası inerve eden dallar verir. Bu sinir daha sonra ganglion oticum'a giden bir veya iki dal vererek sonlanır. Ganglion oticum'dan sinaps yapmadan geçen bu dallar, m. tensor tympani ile m. tensor veli palatini'yi inerve eder.

N. buccalis, m. pterygoideus lateralis'in caput superior ve caput inferior'u arasından geçerek m. buccinator'un üzerini örten deri ile bu kasın derinindeki mukozada dağılır.

N. massetericus, m. pterygoideus lateralis'in üzerinden ve art. temporomandibularis'in önünden geçer ve bu eklemi inerve eden bir dal verir. Daha sonra laterale doğru ilerleyen bu sinir, m. masseter'i inerve ederek sonlanır.

N. pterygoideus lateralis, m. pterygoideus lateralis'i inerve eden dallar vererek sonlanır.

Nn. temporales profundi, n. mandibularis'in ön dalından genellikle iki-üç dal halinde ayrılır. Bu dallar m. pterygoideus lateralis'in üzerinden geçer ve m. temporalis'e girerek bu kası inerve eder. N. auriculotemporalis, n. mandibularis'ten çıktığı yerde a. meningea media'yı çevreleyen iki dala ayrılır. Bu dallar daha sonra tekrar birleşerek lig. sphenomandibulare ile collum mandibulae arasında arkaya doğru

ilerler. N. auriculotemporalis, art. temporomandibularis'in arka tarafında laterale doğru döner ve glandula parotidea'nın içerisinden veya dış yüzünden geçer. A. ve v. temporalis superficialis ile birlikte, arcus zygomaticus'un arka-dış tarafından geçerek yukarıya doğru devam eden bu sinir, regio temporalis'te dağılan *rr. temporales superficiales* isimli dallarını vererek sonlanır. N. auriculotemporalis seyri boyunca, bu uç dallarından başka, tragus bölgesinde dağılan *nn. auriculares anteriores;* meatus acusticus externus çevresindeki deride dağılan *n. meatus acustici externi;* membrana tympanica'nın bir kısmında dağılan *rr. membranae tympani* isimli GSA dallarını verir. Ayrıca, n. auriculotemporalis'e ganglion oticum'dan gelen postsinaptik parasempatik lifler katılır. Bu lifler, n. auriculotemporalis'in *rr. parotidei* isimli dalına katılarak glandula parotidea'ya sekretomotor impulslar taşırlar.

N. lingualis, dil mukozasının sulcus terminalis'in önünde kalan 2/3 ön kısmı ile ağız tabanının mukozasından GSA duyuları taşır. Bu sinir, önce m. pterygoideus lateralis ile m. tensor veli palatini arasında seyreder, daha sonra n. facialis'in dalı olan ve dilin 2/3 ön kısmından tat duyusunu taşıyan *chorda tympani* ile birleşir. N. lingualis, n. alveolaris inferior'un önünde ve ramus mandibulae'nın medial yüzünde aşağıya doğru ilerler ve ganglion submandibulare'ye giden birkaç dal *(rr. ganglionares ad ganglion submandibulare)* verir. Chorda tympani'den ayrılan presinaptik parasempatik liflerin oluşturduğu bu dallar, ganglion submandibulare'de sinaps yapar. Bu gangliondan çıkan postsinaptik lifler ise glandula submandibularis ile glandulae sublinguales'e sekretomotor impulslar taşır. N. lingualis, dilin 2/3 ön kısmında dağılan *rr. linguales* ve isthmus faucium'un alt kısmında dağılan *rr. isthmi faucium*'u vererek sonlanır.

N. alveolaris inferior, ligamentum sphenomandibulare ile ramus mandibulae arasında aşağıya doğru ilerler ve burada *n. mylohyoideus* isimli dalını verir. N. alveolaris inferior'un motor lifler içeren tek dalı olan bu sinir, m. mylohyoideus ile m. digastricus'un venter anterior'unu inerve eder. Foramen mandibulae'dan geçerek canalis mandibulae'ya giren n. alveolaris inferior, kanal içerisinde *rr. dentales inferiores* ve *rr. gingivales inferiores* dallarını verir. Bu dalların birleşerek oluşturduğu *plexus dentalis inferior*, alt çenedeki dişler ve diş etlerinde dağılarak sonlanır. N. alveolaris inferior, foramen mentale'den çıkarak canalis mandibulae'yı terk eder ve buradan itibaren *n. mentalis* ismini alır. Alt dudak ve çene bölgesinde dağılan n. mentalis, bu bölgeden alınan GSA duyular ile ilgilidir.

KLİNİK BİLGİ

N. trigeminus'un dallarının dağıldığı sahaların birbirinden oldukça kesin sınırlar ile ayrılmış olması, baş bölgesindeki duyu kayıplarında etkilenen sinirin teşhisi açısından çok yardımcıdır. N. trigeminus'un dallarının dağıldığı bölgelerde ani başlayan ve kısa süren, çok şiddetli ağrı ile karakterize hastalığa *trigeminal neuralgia* adı verilir. Etiyolojisi kesin olarak bilinmeyen bu hastalıkta ağrı, sıklıkla n. maxillaris veya n. mandibularis'in dağıldığı bölgelerde görülür. İlaç tedavisine cevap vermeyen inatçı vakalarda ağrı, ganglion trigeminale'deki nöronların alkol injeksiyonu, radyofrekans veya balon kateter yardımı ile tahrip edilmesi sonucu giderilebilir.

VI. NERVUS ABDUCENS

Ekstrinsik göz kaslarından m. rectus lateralis'i inerve eden bu sinir, sadece GSE liflerden oluşmuştur. N. abducens'in motor nucleus'u, pons'un orta seviyelerinde ve ventriculus quartus'un tabanına yakın olarak bulunur. Nucleus nervi abducentis'teki nöronlardan başlayan aksonlar ventrolaterale ve kaudale doğru ilerleyerek tegmentum pontis'ten geçerler. Bu aksonlar, orta hatta yakın olmak üzere sulcus bulbopontinus'tan beyin sakını terk ettikten sonra, pons'un ön yüzündeki cisterna pontis içerisinde ve a. inferior anterior cerebelli'nin arkasında, yukarıya doğru ilerler. Os temporale'de apex partis petrosae hizasında öne doğru kıvrılarak sinus cavernosus içerisine giren n. abducens, bu sinüs içerisinde a. carotis interna ile n. ophthalmicus arasında seyreder. N. abducens, sinus cavernosus'u terk ettikten sonra anulus tendineus communis'in içerisinde fissura orbitalis superior'dan geçerek cavitas orbitalis'e girer ve m. rectus lateralis'i inerve eder.

Sinus cavernosus içerisinde, n. abducens'ten n. ophthalmicus'a ve plexus caroticus internus'tan n. abducens'e katılan liflerin olduğu gösterilmiştir. N. abducens'ten n. ophthalmicus'a katılan liflerin, m. rectus lateralis'ten gelen proprioseptif duyuları beyin sakına taşıdığı düşünülmektedir.

KLİNİK BİLGİ

Genel olarak kranial sinir lezyonları ile bu sinirlerin nucleus'larına ait lezyonlar aynı klinik bulguları verir. Ancak n. abducens lezyonu ile nucleus nervi

abducentis lezyonunda ortaya çıkan bulgular, n. oculomotorius'ta da olduğu gibi, bu kurala uymayarak birbirinden farklılık gösterir. N. abducens'in zedelendiği durumlarda ipsilateral m. rectus lateralis'te paralizi görülür; m. rectus medialis'in etkisi ile göz mediale kayar ve horizontal diplopia ortaya çıkar. Nucleus nervi abducentis lezyonlarında ise m. rectus lateralis paralizisinin yanısıra, hastadan lezyon tarafına bakması istendiğinde kontralateral gözde m. rectus medialis'in de çalışamadığı gözlenir. Bunun nedeni, nucleus nervi abducentis'teki internuclear nöronlardan başlayan ve MLF içerisinde yukarıya doğru yükselerek nucleus nervi oculomotorii'de kontralateral m. rectus medialis'i inerve eden nöronlar ile sinaps yaparak sonlanan aksonların da zedelenmesidir. Lezyon tarafına konjuge bakışın bozulduğu bu duruma *laterale bakış felci (lateral gaze paralysis)* adı verilir. Bu hastalarda her iki göz de, ters hareket yaptıran kasların etkisiyle, lezyonun karşı tarafına dönük durumdadır.

Middle alternating hemiplegia. Pons'un alt kısımlarında n. abducens'e ait lifler ile tractus corticospinalis birbirine yakın seyrettiği için, bu oluşumları etkileyen lezyonlar ipsilateral gözde m. rectus lateralis felci ve kontralateral hemiplejiye sebep olur. Hasta lezyon tarafına baktığı zaman, n. abducens felcine bağlı olarak, horizontal diplopia ortaya çıkar.

OKÜLER MOTOR SİSTEM

Hareket eden bir objeyi takip etme ve okuma gibi amaca yönelik göz hareketlerinin yapılmasında rolü olan birçok merkez vardır. Cerebral cortex ve beyin sakında yer alan bu merkezlerin tümüne birden oküler motor sistem adı verilir. Colliculus superior, nucleus nervi oculomotorii, nucleus nervi trochlearis, nucleus nervi abducentis, nuclei vestibulares, nucleus reticularis paramedianus, nucleus interstitialis, göz kasları ile ilgili nucleus'lar arasında bağlantı sağlayan fasciculus longitudinalis medialis (MLF), lobus frontalis'teki göz hareketleri ile ilgili merkez *(frontal eye field)* ve lobus occipitalis'teki görme merkezi oküler motor sistem ile ilgili olan yapılardır. Bazı göz hareketlerinin yapılmasında cerebellum'un da fonksiyonu vardır. Oküler motor sistemin görevi, hedef objenin görüntüsünü retina'da fovea centralis üzerine düşürmek ve böylece görüntünün net bir şekilde algılanabilmesini sağlamaktır. Görüntünün fovea centralis üzerine düşürülmesi ve orada sabit olarak kalabilmesi için gözlerin beş tip hareket yaptığı tespit edilmiştir:

1) *Vestibulo-oküler göz hareketleri.* Başın hareketi sırasında görüntünün fovea centralis üzerinde kalmasını sağlamaya yönelik göz hareketleridir. Baş hareketi,

vestibular sistem tarafından algılanır ve bu hareket oküler motor sisteme iletilir. Oküler motor sistem ise, gözlerin aynı süratte, ancak baş hareketine ters yönde hareket etmesini sağlar. Görüntünün net kalmasına yönelik bu göz hareketine *vestibulo-oküler refleks* adı verilir. Başın aşırı rotasyonu sırasında gözler ters yönde hareket ederek yavaşça orbita kenarına gelir. Ancak rotasyon devam ettiği zaman, gözler bu pozisyonda kalmaz ve hızlı bir şekilde ters yönde orta hatta doğru hareket eder. Başın rotasyonu süresince tekrarlayan bu yavaş ve hızlı göz hareketleri kombinasyonuna *nistagmus (nystagmus)* adı verilir.

2) *Optokinetik göz hareketleri*. Görüntü ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan ve vestibulo-oküler göz hareketlerini tamamlayan hareketlerdir. Devam eden baş rotasyonu sırasında vestibular sistem bu rotasyona adapte olamaz ve bu nedenle bir süre sonra vestibulo-oküler refleks kaybolur. Bunu kompanse etmek için, görüntü ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesi sonucu, görüntünün net kalmasına yönelik optokinetik göz hareketleri ortaya çıkar. Optokinetik göz hareketleri, vestibulo-oküler göz hareketlerine benzer; ancak vestibulo-oküler refleksin ortadan kalktığı zamanlarda devreye girer. Sonuç olarak, vestibulo-oküler göz hareketleri vestibular sistemden gelen bilgilerin değerlendirilmesi ile, optokinetik göz hareketleri ise optik sistemden gelen bilgilerin değerlendirilmesi ile ortaya çıkan refleks göz hareketleridir.

3) *Smooth pursuit göz hareketleri*. Hareket eden bir objenin görüntüsünün fovea centralis üzerinde kalmasını sağlamaya yönelik ve her yönde yapılan yavaş göz hareketleridir. Bu hareketlerin ortaya çıkabilmesi için hareket eden bir objenin varlığı gereklidir. Smooth pursuit göz hareketleri, yukarıda bahsedilen refleks göz hareketlerinden farklı olarak, istek doğrultusunda yapılan göz hareketleridir.

4) *Saccadic göz hareketleri*. Ani olarak hareket eden bir objenin görüntüsünün fovea centralis üzerinde kalmasını sağlamaya yönelik hızlı göz hareketleridir. Saccadic göz hareketleri, smooth pursuit göz hareketlerinden farklı olarak, dokunma veya sesli uyaranlar ile de ortaya çıkabilir.

Yukarıda bahsedilen dört tip göz hareketinin hepsinde, her iki göz aynı yönde ve aynı miktarda hareket eder. Bu tür göz hareketlerine konjuge göz hareketleri *(conjugate eye movements)* adı verilir.

5) *Vergence hareketleri*. Değişik uzaklıktaki objelerin görüntüsünün fovea centralis üzerine odaklanması amacı ile yapılan göz hareketleridir. Bu hareketler sırasında gözler, konjuge göz hareketlerinden farklı olarak, birbirinden farklı yönlerde ve bazen farklı miktarlarda hareket eder. Bu tür göz hareketlerine *diskonjuge göz hareketleri (disconjugate eye movements)* adı verilir. Göze yaklaşan bir objenin

görüntüsünün fovea centralis üzerine odaklanmasını sağlamak için her iki göz birbirine yaklaşır *(convergence);* bu esnada her iki gözde m. ciliaris'lerin kasılması sonucunda lens'lerin kalınlığı artar ve m. sphincter pupilla'ların kasılması sonucunda pupilla'lar daralır. Göze yaklaşan bir objenin takip edilmesine yönelik bu hareketlere *akomodasyon konverjans refleksi* adı verilir. Objenin retina'dan uzaklaştığı durumlarda ise, görüntünün fovea centralis üzerinde kalmasını sağlamak için, yukarıda bahsedilen mekanizmalar tersine çalışır ve her iki göz birbirinden uzaklaşır *(divergence),* lens'lerin kalınlığı azalır, pupilla'lar genişler. Değişik uzaklıktaki objelerin görüntüsünün fovea centralis üzerine odaklanması için lens'in kalınlığının ayarlanmasına *akomodasyon* adı verilir.

Göz hareketleri, oldukça kompleks mekanizmaların çalışması ile gerçekleşir. İstek doğrultusunda yapılan göz hareketleri, cerebral cortex'in lobus frontalis'indeki göz hareketleri ile ilgili merkez *(frontal eye field)* tarafından kontrol edilir. Bu merkezden çıkan impulslar colliculus superior'a, buradan çıkan impulslar ise çeşitli yollarla göz kasları ile ilgili nucleus'lara gider. Nuclei vestibulares, nuclei reticulares ve göz kasları ile ilgili nucleus'lar arasında bağlantı sağlayan fasciculus longitudinalis medialis (MLF) göz hareketlerinin koordinasyonunda önemli rol oynar. Beyin sakında horizontal ve vertikal göz hareketleri için iki merkez tespit edilmiştir. Bunlardan pons seviyesindeki *nucleus reticularis paramedianus* horizontal göz hareketleri ile, mesencephalon seviyesindeki *nucleus interstitialis* ise vertikal göz hareketleri ile ilgili merkezlerdir. Göz hareketlerinin hem horizontal, hem de vertikal komponentleri olduğu için bu iki merkezin koordine bir şekilde çalışması, konjuge göz hareketlerinin yapılabilmesini sağlar.

KLİNİK BİLGİ

Başın rotasyonu sırasında refleks bir hareket olarak ortaya çıkan *nistagmus,* özellikle vestibular sistem ve cerebellum lezyonlarında patolojik bir bulgu olarak da karşımıza çıkar. Baş hareketsiz durumda iken vestibular sistemden göz kaslarının tümüne dengeli bir şekilde impulsların gitmesi, her iki gözün sabit pozisyonda kalabilmesini sağlar. Vestibular sistemin lezyonlarında ise, baş hareketsiz durumda iken göz kaslarına giden impulsların dengesinin bozulmasına bağlı olarak patolojik nistagmus ortaya çıkar. Baş sabit durumda iken nistagmusun görülmesi, vestibular sistemdeki bir patolojiyi gösterir. Hareket eden bir objenin gözle takip edilmesi sırasında her iki gözün, objenin sürati ile orantılı bir şekilde hareket etmesinde cerebellum'un da rolü vardır. Bu nedenle cerebellum lezyonlarında da patolojik nistagmus ortaya çıkar.

VII. NERVUS FACIALIS

Bu sinir, beyin sakını sulcus bulbopontinus'tan motor ve duyu olmak üzere iki kök şeklinde terk eder. N. facialis'in beyin sakında, *nucleus nervi facialis, nuclei tractus solitarii* ve *nucleus salivatorius superior* isimli üç nucleus'u vardır. Bunlardan nucleus nervi facialis'ten başlayan somatik motor lifler (SVE) mimik kasları ile m. buccinator, m. platysma, m. stapedius, m. stylohyoideus ve m. digastricus'un venter posterior'unu inerve eder. N. facialis'in duyu liflerini taşıyan kökünе *n. intermedius* adı verilir. N. intermedius içerisindeki duyu lifleri, ganglion geniculi'deki pseudounipolar nöronların santral uzantıları olup nuclei tractus solitarii'de sonlanır. Bu lifler nuclei tractus solitarii'ye, ganglion geniculi'deki nöronların periferik uzantıları aracılığı ile alınan ve dilin 2/3 ön kısmı ile yumuşak damaktan gelen tat duyusunu (SVA) taşır. Her ne kadar n. intermedius, n. facialis'in duyu dalı olarak ifade edilirse de, bu sinir içerisinde duyu dallarından başka nucleus salivatorius superior'dan başlayan ve glandula submandibularis, glandulae sublinguales, glandula lacrimalis, glandulae nasales ve glandulae salivariae minores'te sonlanan parasempatik sekretomotor (GVE) lifler de bulunur. N. intermedius içerisinde ayrıca concha auriculae'nın bir kısmından gelen az sayıda GSA lifler de vardır. Bu lifler, n. vagus'un r. auricularis'ine katılarak concha auriculae'ya ulaşır.

N. facialis ve n. intermedius, sulcus bulbopontinus'tan çıktıktan sonra anterolaterale doğru ilerler ve meatus acusticus internus'tan geçerek os temporale'nin içerisine girer. Bu sinirler, meatus acusticus internus'un dış tarafında arachnoidea mater ve dura mater'i delerek geçtikten sonra os temporale'nin pars petrosa'sında bulunan canalis facialis'e girer. N. facialis ve n. intermedius, recessus epitympanicus'un medial duvarı hizasında bulunan *geniculum*'u oluşturmak üzere canalis facialis içerisinde laterale doğru ilerler. Geniculum'da birbirleri ile birleşen bu iki sinir, hemen hemen dik bir açı yaparak arkaya doğru döner. Geniculum içerisinde n. intermedius'taki aksonların hücre gövdelerinin bulunduğu *ganglion geniculi* yer alır. Geniculum'da *n. petrosus major* dalını veren n. facialis, daha sonra canalis facialis içerisinde aşağıya doğru ilerler ve burada *n. stapedius* ile *chorda tympani* dallarını verir. Foramen stylomastoideum'dan geçerek canalis facialis'i ve cavitas cranii'yi terk eden n. facialis'ten burada *n. auricularis posterior, r. digastricus* ve *r. stylohyoideus* dalları ayrılır. N. facialis daha sonra a. carotis externa ve v. retromandibularis'in üzerinden geçerek glandula parotidea'ya girer. Glandula parotidea içerisinde öne doğru ilerleyen n. facialis, collum mandibulae hizasında, yüz kaslarında dağılan *rr. temporales, rr. zygomatici, rr. buccales, r. marginalis mandibularis* ve *r. cervicalis* dallarını vererek sonlanır.

N. petrosus major. Bu sinir içerisinde damak mukozasından gelen tat duyusunu taşıyan lifler ile nucleus salivatorius superior'dan başlayarak ganglion pterygopalatinum'a giden preganglionik parasempatik lifler bulunur. N. petrosus major'a, sempatik lifler içeren n. petrosus profundus ile plexus tympanicus'tan gelen bir dal katılır. N. petrosus major daha sonra canalis pterygoideus içerisine girerek *n. canalis pterygoidei* adını alır. Sempatik, preganglionik parasempatik ve tat duyusu ile ilgili liflerin bir arada seyrettiği n. canalis pterygoidei, ganglion pterygopalatinum'da sonlanır. Ganglion pterygopalatinum'dan başlayan postsinaptik parasempatik lifler glandula lacrimalis, glandulae nasales ve glandulae salivariae minores'te sonlanır. Ganglion pterygopalatinum'dan çıkan ve damak mukozasında dağılan lifler (radix sensoria) ise bu bölgeden aldıkları tat duyusunu ganglion pterygopalatinum'a taşır. Ganglion pterygopalatinum'da sinaps yapmadan n. petrosus major'a katılan bu liflerin hücre gövdeleri ganglion geniculi'dedir. Bu nöronların santral uzantıları ise n. intermedius'a katılarak nuclei tractus solitarii'de sonlanır.

N. stapedius. Cavitas tympani'nin arka duvarındaki küçük bir açıklıktan geçerek bu boşluğun içerisine giren bu sinir m. stapedius'u inerve eder.

Chorda tympani. Canalis facialis içerisinde n. facialis'ten ayrıldıktan sonra cavitas tympani'nin arka duvarındaki bir açıklıktan geçerek bu boşluğa girer. Cavitas tympani içerisinde membrana tympanica'ya yakın olarak seyreden bu sinir, manubrium mallei'yi çaprazlayarak öne doğru ilerler ve ön duvardaki bir açıklıktan geçerek tekrar os temporale'nin içerisine girer. Chorda tympani bu kemiği terk ettikten sonra n. lingualis'e katılır. Chorda tympani içerisinde tat duyusunu taşıyan lifler ile preganglionik parasempatik sekretomotor lifler bulunur. Dilin 2/3 ön kısmından alınan tat duyusunu taşıyan lifler, n. lingualis aracılığı ile chorda tympani'ye katılır. Bu lifler, ganglion geniculi'deki pseudounipolar nöronların periferik uzantılarıdır. Bu nöronların santral uzantıları n. intermedius'a katılarak nuclei tractus solitarii'ye gider. Chorda tympani içerisindeki preganglionik parasempatik lifler ise nucleus salivatorius superior'dan başlar ve n. intermedius içerisinde beyin sakını terk ederek ganglion geniculi'ye gelir. Bu ganglionda sinaps yapmadan devam eden lifler chorda tympani'ye ve buradan da n. lingualis'e katılarak ganglion submandibulare'ye ulaşır. Bu gangliondan başlayan postganglionik lifler, glandula submandibularis ile glandulae sublinguales'e sekretomotor impulslar taşır.

N. auricularis posterior. Bu sinir, foramen stylomastoideum'un hemen altında n. facialis'ten ayrılır ve meatus acusticus externus ile processus mastoideus arasında yukarıya doğru yükselirken *r. occipitalis* ve *r. auricularis* dallarına ayrılır. Bunlardan daha geniş olan r. occipitalis, arkaya doğru uzanır ve m. occipitofrontalis'in venter occipitalis'ini inerve eder. R. auricularis ise m. auricularis posterior ile auricula çevresindeki rudimente olmaya başlamış birkaç küçük kası inerve eder.

R. digastricus ve r. stylohyoideus. N. facialis'ten, foramen stylomastoideum'un hemen altında ayrılan dallardan *r. digastricus,* m. digastricus'un venter posterior'unu, *r. stylohyoideus* ise m. stylohyoideus'u inerve eder.

Mimik kaslarına giden dallar. N. facialis'in glandula parotidea içerisinde verdiği *rr. temporales, rr. zygomatici, rr. buccales, r. marginalis mandibularis* ve *r. cervicalis* isimli dallar mimik kaslarının motor inervasyonunu sağlar.

CORNEA REFLEKSİ

Cornea veya conjunctiva'ya yumuşak bir cisim ile dokunulması, alt ve üst göz kapaklarının kapanması ile sonuçlanan bir refleks harekete sebep olur. M. orbicularis oculi'nin kasılması ile ortaya çıkan bu reflekse cornea refleksi adı verilir. Cornea veya conjunctiva'dan alınan duyu impulsları n. ophthalmicus ile nucleus principalis nervi trigemini'ye taşınır. Buradaki internöronlar, aldıkları impulsları MLF aracılığı ile nucleus nervi facialis'in m. orbicularis oculi'yi inerve eden nöronlarına iletir. Böylece cornea refleksinin afferent kısmını n. trigeminus'un dalı olan n. ophthalmicus, efferent kısmını ise n. facialis oluşturur.

KLİNİK BİLGİ

Nucleus nervi facialis'e cortex'ten fibrae corticonucleares ile gelen liflerin her hangi bir seviyede tek taraflı olarak zedelenmesi, lezyonun karşı tarafında, yüzün alt kısmında üst motor nöron tipi paraliziye *(santral facial paralizi)* sebep olur. N. facialis'in bu tür supranuclear lezyonlarında paralizinin sadece yüzün alt kısmında görülmesinin nedeni, nucleus nervi facialis'in yüzün alt yarısındaki kasları inerve eden kısmına yalnız kontralateral cortex'ten; yüzün üst yarısındaki kasları inerve eden kısmına ise her iki cortex'ten lif gelmesidir. Santral facial paralizisi olan hastalarda lezyonun karşı tarafında ve göz seviyesinin altında, özellikle de perioral kaslarda, parezi veya paralizi görülür. Perioral kaslardaki paraliziye bağlı olarak, ağız sağlam tarafa doğru kayar. Ancak nucleus nervi facialis'in yüzün üst yarısındaki kasları inerve eden kısmına kontralateral cortex'ten de lifler geldiği için, n. facialis'in supranuclear lezyonlarında göz ve alınla ilgili mimik kaslarında felç olmaz; hasta gözünü kapayabilir ve alnını kırıştırabilir.

Nucleus nervi facialis'e cerebral cortex'in dışındaki başka üst merkezlerden de lifler gelir. Bu lifler, yüz kaslarının emosyona bağlı hareketleri (mimetik hareketler) ile ilgilidir. Sadece fibrae corticonucleares'i etkileyen lezyonlarda, hastada yalnız istekli hareketler ile ilgili paralizi görülür. Bu hastalarda yüz kaslarının emosyon ile ilgili fonksiyonları sağlam kalabilir. Bu durumdaki hastalarda yüzün felçli tarafında, emosyonlara bağlı olarak istek dışı kasılmalar olabilir. Örneğin, hasta komik bir durumla karşılaştığı zaman, farkında olmadan yüzünün felçli tarafındaki kasların da kasılması ile gülüm -

seyebilir; hislerini isteği dışında bilateral ve simetrik kas kasılmaları ile belli edebilir. Ancak nucleus nervi facialis'e bütün üst merkezlerden gelen liflerin zedelenmesi halinde yüzün felçli kısmında hem istekli hareketlerin, hem de emosyona bağlı hareketlerin yapılamadığı tam felç görülebilir. Sadece emosyona bağlı hareketler ile ilgili üst merkezlerden gelen liflerin kesilip corticonuclear liflerin sağlam kaldığı durumlarda, hastada yalnızca emosyonel fonksiyonlar ile ilgili felç ortaya çıkabilir. Ancak nucleus nervi facialis'e, emosyonel fonksiyonlar ile ilgili olarak üst merkezlerden gelen yolların anatomisi bilinmemektedir.

Nucleus nervi facialis veya n. facialis'in lezyonlarında ortaya çıkan klinik bulgular, supranuclear lezyonlarda görülen bulgulardan oldukça farklıdır. N. facialis'in zedelenmesi sonucunda ortaya çıkan klinik tabloya *Bell paralizisi (Bell's palsy)* adı verilir. Bell paralizisi, n. facialis'in canalis facialis içerisinde veya hemen çıkışında ödem nedeni ile sıkışması sonucunda ortaya çıkan bir klinik tablodur.

N. facialis'in değişik yerlerde zedelenmesi, değişik klinik bulguların ortaya çıkmasına neden olur. N. facialis'in beyin sakından çıktığı yerde zedelenmesi halinde hastada aşağıdaki bulgular ortaya çıkar:

1) Yüzün lezyon tarafındaki yarımında, mimik kaslarda alt motor nöron tipi paralizi ortaya çıkar. Hasta alnını kırıştıramaz, gözünü kapatamaz, dudaklarını büzemez ve ıslık çalamaz. Bu hastalarda lezyon tarafında angulus oris aşağıya doğru sarkar, sulcus nasolabialis kaybolur, fissura palpebralis genişler ve ağız sağlam tarafa doğru kayar.

2) Lezyon tarafındaki gözde cornea refleksi kaybolur. Hastanın cornea'sında duyu kaybı yoktur. Ancak n. facialis lezyonuna bağlı olarak m. orbicularis oculi çalışamayacağı için hasta, cornea'sına dokundurulan bir cisme karşı refleks olarak gözünü kapatamaz.

3) N. facialis içerisinde, ganglion submandibulare'ye giden presinaptik parasempatik liflerin harabiyetine bağlı olarak glandula submandibularis ve glandulae sublinguales'in salivasyon fonksiyonu bozulur.

4) N. facialis içerisinde, ganglion pterygopalatinum'a giden presinaptik parasempatik liflerin harabiyetine bağlı olarak glandula lacrimalis'in lakrimasyon fonksiyonu bozulur.

5) Orta kulakta m. stapedius'un paralizisine bağlı olarak, lezyon tarafında *hyperacusis* (işitme hassasiyetinin artması sonucunda seslerin daha yüksek duyulması) ortaya çıkar.

6) N. facialis içerisinde tat duyusunu taşıyan liflerin harabiyetine bağlı olarak lezyon tarafında damak mukozası ile dilin yarısının üçte iki ön kısmında tat duyusu kaybı görülür.

N. facialis'in foramen stylomastoideum'dan çıktığı yerde zedelenmesi halinde, sinirin daha önce verdiği dallar sağlam kalacağı için hastada sadece 1. ve 2. şıklarda bahsedilen bulgular görülecektir.

Bazen n. facialis zedelenmelerinden sonra aksonlar rejenere olabilir. Ancak sinir içerisindeki presinaptik parasempatik lifler sıklıkla yanlış yönde (aberrant) rejenerasyon göstererek, ganglion submandibulare yerine ganglion pterygopalatinum'a giden n. petrosus major'a katılır. Bu durumda, glandula submandibularis gibi salivasyon fonksiyonu gören bezlere gitmesi gereken impulslar glandula lacrimalis'e gideceği için, bu hastalarda yemek yerken lezyon tarafındaki gözde aşırı lakrimasyon görülür. Klinikte bu duruma *timsah göz yaşları sendromu (crocodile tears syndrome)* adı verilir.

VIII. NERVUS VESTIBULOCOCHLEARIS

Bu sinir, *n. vestibularis* ve *n. cochlearis* olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur. N. vestibularis, iç kulaktaki vestibulum'dan denge ile ilgili afferent (SSA) impulslar taşırken, n. cochlearis cochlea'dan işitme ile ilgili afferent (SSA) impulslar taşır. Os temporale içerisinde n. facialis ile komşuluk yapan n. vestibularis ve n. cochlearis, meatus acusticus internus'tan geçerek cavitas cranii'ye girer. Pedunculus cerebellaris medius'un arka kenarını çaprazlayan n. vestibulocochlearis, n. facialis'in lateralinde, sulcus bulbopontinus'tan girerek beyin sakına ulaşır.

N. vestibularis

İç kulakta yer alan ductus semicirculares, utriculus ve sacculus baş hareketlerinin algılanması ile ilgili oluşumlardır. Bu yapıların içerisinde endolympha adı verilen sıvı bulunur. Ductus semicirculares'in ampulla kısımları ile utriculus ve sacculus'un macula kısımlarında, endolympha'nın hareketlerini algılayan ve *cellula sensoria pilosa (vestibular hair cells)* adı verilen cilia'lı hücreler vardır. Utriculus ve sacculus'un macula'larındaki hücrelerin cilia'ları üzerinde otolith adı verilen ve kalsiyum

karbonat kristallerinden oluşan partiküller yer alır. Macula'lardaki hücreler hem endolympha'nın, hem de otolith'lerin hareketlerine hassastır. Bu hücreler, başın uzaydaki statik pozisyonunu algılar.

Birbirleri ile dik açı yapacak şekilde yerleşmiş olan üç adet ductus semicircularis vardır. Her bir ductus semicircularis'in ampulla kısımlarındaki hücreler endolympha'nın hareketlerine hassas olup başın açısal hızlanma ve yavaşlama hareketlerini algılar. Üç ductus'un her biri uzayda bir eksendeki hareket ile ilgili olduğu için, başın her türlü açısal hareketi ampulla'lardaki hücreler tarafından algılanabilir.

Denge ile ilgili yolların birinci nöronları os temporale'nin pars petrosa'sında yer alan *ganglion vestibulare*'de bulunur. Buradaki nöronların periferik uzantıları, iç kulakta ductus semicirculares'in ampulla kısımları ile utriculus ve sacculus'un macula kısımlarındaki hücrelerden başın hareketleri ile ilgili impulsları alır. Ganglion vestibulare'deki nöronların santral uzantıları ise n. vestibularis'i oluşturur ve aldıkları impulsları nuclei vestibulares'teki nöronlara iletir. N. vestibularis içerisindeki aksonların bir kısmı, pedunculus cerebellaris inferior'dan geçerek cerebellum'un lobus flocculonodularis'inde sonlanır.

KLİNİK BİLGİ

N. vestibularis veya ductus semicirculares'i etkileyen vestibular neuritis, acute labyrinthitis gibi inflamatuar hastalıklarda *vertigo* (baş dönmesi) ve *nystagmus* ortaya çıkar. Özellikle kafa travmalarından sonra utriculus ve sacculus'un macula'larındaki otolith adı verilen partiküllerin yerinden oynamasına bağlı olarak da vertigo gelişebilir.

N. cochlearis

İşitme duyusu ile ilgili yolların birinci nöronları *ganglion spirale cochleare (spiral ganglion)*'de yer alır. Bu nöronların periferik uzantıları *organum spirale (spiral organ of Corti)*'deki reseptör hücrelerden işitme ile ilgili impulsları alır. Ganglion spirale'deki nöronların santral uzantıları ise n. cochlearis'i oluşturur. N. cochlearis içerisindeki aksonlar beyin sakına girdikten sonra nucleus cochlearis anterior ve nucleus cochlearis posterior'da sinaps yaparak sonlanır.

IX. NERVUS GLOSSOPHARYNGEUS

Genel olarak dil ve pharynx'in inervasyonu ile ilgili olan n. glossopharyngeus içerisinde GVA, SVA, GSA, SVE, ve GVE sinir lifleri vardır:

1) GVA lifler, dilin 1/3 arka kısmı, yumuşak damak, pharynx ve tonsilla'lardan dokunma, ağrı ve ısı duyularını nuclei tractus solitarii'ye ve muhtemelen nucleus spinalis nervi trigemini'ye taşır. Ayrıca sinus caroticus ve glomus caroticum'dan gelen GVA lifler de nuclei tractus solitarii'de sonlanır.

2) SVA lifler, dilin 1/3 arka kısmından tat duyusunu, nuclei tractus solitarii'nin tat merkezi olarak da bilinen rostral kısmına taşır.

3) GSA lifler, concha auriculae'nın arkasındaki küçük bir bölgeden aldıkları somatik duyuları nucleus spinalis nervi trigemini'ye taşır. Bu lifler concha auriculae'ya n. vagus'un r. auricularis'ine katılarak gider.

4) N. glossopharyngeus içerisindeki SVE lifler, nucleus ambiguus'un kranial kısımlarından çıkar ve m. stylopharyngeus'u inerve eder.

5) N. glossopharyngeus içerisindeki GVE lifler, nucleus salivatorius inferior'dan başlar. Bu lifler önce n. tympanicus'a katılarak plexus tympanicus'a, buradan da n. petrosus minor'a katılarak ganglion oticum'a gider ve burada sinaps yapar. Ganglion oticum'dan başlayan postsinaptik lifler ise n. auriculotemporalis'e katılarak glandula parotidea'nın parasempatik inervasyonunu sağlar.

N. glossopharyngeus, sulcus retroolivaris'ten çıkarak beyin sakını terk eder. Önce anterolaterale doğru seyreden bu sinir, daha sonra aşağıya doğru kıvrılır ve foramen jugulare'den geçerek cavitas cranii'yi terk eder. Foramen jugulare seviyesinde n. glossopharyngeus'a ait iki ganglion vardır. Bunlardan üstte olanına *ganglion superius*, altta olanına *ganglion inferius* adı verilir. Ganglion superius'ta somatik afferent (GSA) duyuların birinci nöronları, ganglion inferius'ta ise visseral afferent (SVA, GVA) duyuların birinci nöronları bulunur. Ganglionların bulunduğu seviyede n. glossopharyngeus'un ganglion cervicale superius, n. facialis ve n. vagus ile bağlantısı vardır.

N. glossopharyngeus'tan ganglion inferius seviyesinde *n. tympanicus (Jacobson's nerve)* ayrılır. N. glossopharyngeus, foramen jugulare'den çıktıktan sonra öne doğru ilerler ve önce a. carotis interna ile v. jugularis interna arasında, daha sonra a. carotis interna'nın önünde aşağıya doğru seyrederek m. stylopharyngeus'un arka kenarına ulaşır. Bu seviyede öne doğru kıvrılan n. glossopharyngeus, m. constrictor pharyngis superior'un alt liflerinin arasından veya bu kas ile m. constrictor pharyngis medius'un arasından geçerek *rr. pharyngei, r. musculi stylopharyngei, r. sinus carotici, rr. tonsillares* ve *rr. linguales* dallarını verir.

N. tympanicus. Bu sinir, ganglion inferius'tan ayrıldıktan sonra os temporale'deki canaliculus tympanicus'tan geçerek orta kulak boşluğuna (cavitas tympani) gelir ve

burada ganglion cervicale superius'tan gelen *nn. caroticotympanici*'nin de katılmasıyla *plexus tympanicus*'u oluşturur. Plexus tympanicus'tan cavitas tympani ve tuba auditiva'nın mukozasını inerve eden küçük dallar ile *n. petrosus minor* ayrılır. Böylece n. petrosus minor içerisinde, nucleus salivatorius inferior'dan başlayan parasempatik lifler ile ganglion cervicale superius'tan başlayan sempatik lifler bir arada seyreder. N. petrosus minor içerisindeki preganglionik parasempatik lifler, ganglion oticum'da sinaps yapar. Bu ganglion'dan başlayan postsinaptik lifler, n. mandibularis'in dalı olan n. auriculotemporalis'e katılarak glandula parotidea'ya gider.

Rr. pharyngei. Bu sinir, n. vagus'un r. pharyngealis'i ve ganglion cervicale superius'tan gelen rr. laryngopharyngeales ile birleşerek *plexus pharyngealis*'i oluşturur. Plexus pharyngealis'e, n. vagus'un dalı olan n. laryngeus superior'un r. externus'u da katılır. GVA liflerden oluşan rr. pharyngei, plexus pharyngealis aracılığı ile, pharynx mukozasının inervasyonunu sağlar.

R. musculi stylopharyngei. N. glossopharyngeus'un SVE lifler içeren tek dalı olan bu sinir, m. stylopharyngeus'u inerve eder.

R. sinus carotici. N. glossopharyngeus'tan ayrıldıktan sonra a. carotis interna'nın üzerinde aşağıya doğru inerek sinus caroticus'taki baroreseptörlerin ve glomus caroticum'daki kemoreseptörlerin GVA inervasyonunu sağlar. Glomus caroticum'daki kemoreseptörlere n. vagus'un ganglion inferius'undan da dal gelebilir.

Rr. tonsillares. Bu dallar, tonsilla'lar ve yumuşak damağın inervasyonunu sağlar.

Rr. linguales. Dilin 1/3 arka kısmı, yumuşak damak, pharynx ve tonsilla'lardan GVA duyular (dokunma, ağrı ve ısı) ile dilin 1/3 arka kısmından SVA duyusunu (tat) taşır.

Öğürme refleksi (gag reflex). Fossa tonsillaris civarında pharynx lateral duvarına dokunulması öğürme refleksini ortaya çıkarır. Bu refleksin afferent kısmını n. glossopharyngeus oluşturur. Öğürme refleksinin efferent kısmı ise nucleus ambiguus'taki motor nöronlardan başlar.

KLİNİK BİLGİ

N. glossopharyngeus'un izole lezyonları oldukça nadirdir. Bu sinirin zedelenmesinde dilin 1/3 arka kısmının ipsilateral yarımında tat duyusu ile dokunma, ağrı ve ısı duyuları kaybı; ipsilateral taraftaki glandula parotidea'da sekresyon azalması; öğürme refleksi kaybı ortaya çıkar. Bu hastalarda, r. sinus carotici'nin lezyonuna bağlı olarak hipertansiyon da görülebilir.

X. NERVUS VAGUS

Diğer kranial sinirlere göre çok daha geniş dağılımı olan n. vagus içerisinde GVE, SVE, GVA, SVA ve GSA lifler bulunur.

1) N. vagus içerisindeki GVE lifler medulla oblongata'daki *nucleus dorsalis nervi vagi*'den başlar. Bu lifler cavitas thoracis'teki organlar ile cavitas abdominalis'te colon descendens, colon sigmoideum, rectum ve anus dışındaki organların tümüne parasempatik impulslar taşır.

2) N. vagus içerisindeki SVE lifler nucleus ambiguus'tan başlar ve plexus pharyngealis'e katılır. Bu lifler, n. glossopharyngeus tarafından inerve edilen m. stylopharyngeus ve n. trigeminus tarafından inerve edilen m. tensor veli palatini dışındaki tüm larynx, pharynx ve yumuşak damak kaslarını inerve eder.

3) N. vagus içerisindeki GVA lifler pharynx, larynx ve yumuşak damak mukozasından aldıkları duyuları nuclei tractus solitarii'ye taşır.

4) Epiglottis çevresinden SVA lifler aracılığı ile alınan tat duyusu nuclei tractus solitarii'nin rostral kısmına taşınır.

5) N. vagus içerisindeki GSA lifler concha auriculae'dan ve fossa cranii posterior'daki dura mater'den aldıkları duyuları nucleus spinalis nervi trigemini'ye taşır.

N. glossopharyngeus'un altında, sulcus retroolivaris'ten birkaç kök olarak çıkan bu sinir, foramen jugulare'den geçerek cavitas cranii'yi terk eder. Foramen jugulare'nin hemen altında n. vagus'a ait iki ganglion vardır. Bunlardan üstte olanına *ganglion superius*, altta olanına *ganglion inferius* adı verilir. Ganglion superius'ta somatik afferent (GSA) duyuların birinci nöronları, ganglion inferius'ta ise visseral afferent (SVA, GVA) duyuların birinci nöronları bulunur.

Boyun bölgesinin üst kısmında a. carotis interna ile v. jugularis interna arasında ve bu oluşumları saran vagina carotica (carotid sheath) içerisinde aşağıya doğru inen

n. vagus, cartilago thyroidea hizasından itibaren a. carotis communis ile v. jugularis interna arasında boyun köküne kadar uzanır. N. vagus, ganglion superius'un hemen altında *r. meningeus* ve *r. auricularis* dallarını, ganglion inferius'un altında ise *r. pharyngealis* ve *n. laryngeus superior* dallarını verir. N. vagus'tan boyunun üst ve alt kısımlarında *rr. cardiaci cervicales superiores* ve *rr. cardiaci cervicales inferiores* dalları ayrılır. Sağ n. vagus, boyun bölgesinde yukarıda verilen dalların dışında *sağ n. laryngeus recurrens*'i de verir.

Boyun kökünün distalinde sağ ve sol n. vagus'un seyri farklılık gösterir. *Sağ n. vagus*, a. subclavia'nın önünden ve v. brachiocephalica'nın arkasından geçerek cavitas thoracis içerisine girer; mediastinum superius'ta trachea'nın sağ tarafında aşağıya doğru iner ve sağ hilum pulmonis'in arka tarafına gelir. *Sol n. vagus* ise a. carotis communis ile a. subclavia'nın arasından ve v. brachiocephalica'nın arkasından geçerek cavitas thoracis içerisine girer. Mediastinum superius'ta aşağıya doğru inen bu sinir, arcus aorta'nın sol kenarını çaprazladıktan sonra sol hilum pulmonis'in arka tarafına ulaşır. Sol n. vagus, arcus aorta'yı çaprazladığı seviyede *sol n. laryngeus recurrens*'i verir.

Her iki n. vagus, hilum pulmonis'lerin arkasında birkaç dala ayrılır. Bu dallar, truncus sympathicus'un 2-5 torakal ganglionlarından gelen dallar ile birleşerek *plexus pulmonalis*'i oluşturur. Her iki tarafta plexus pulmonalis'ten ayrılan 2-3 dal, oesophagus'un çevresinde *plexus oesophagealis*'i oluşturur. Plexus oesophagealis'i oluşturan dallar, oesophagus'un alt seviyelerinde birleşir ve ön tarafta *truncus vagalis anterior*'u, arka tarafta *truncus vagalis posterior*'u oluşturur. Truncus vagalis anterior daha çok sol n. vagus'a, truncus vagalis posterior ise daha çok sağ n. vagus'a ait lifler içerir.

Truncus vagalis anterior ve truncus vagalis posterior, oesophagus ile birlikte abdomen boşluğuna geçer ve burada *rr. gastrici anteriores, rr. gastrici posteriores, rr. hepatici, rr. coeliaci, rr. renales* dallarını verir.

R. meningeus. N. vagus'tan ganglion superius seviyesinde ayrılan bu dal, fossa cranii posterior'daki dura mater'in bir kısmında dağılır. R. meningeus, bu bölgeden aldığı GSA duyuları nucleus spinalis nervi trigemini'ye taşır.

R. auricularis. N. vagus'tan, r. meningeus gibi, ganglion superius seviyesinde ayrılan bu dal, concha auriculae'nın arkasındaki küçük bir bölgeden, meatus acusticus externus'un arka duvarı ve tabanı ile buna komşu membrana tympani kısmından alınan GSA duyuları taşır.

R. pharyngealis. N. vagus'tan ganglion inferius'un altında ayrılan r. pharyngealis içerisinde n. accessorius'un radix cranialis (pars vagalis)'inden gelen lifler de vardır. R. pharyngealis, n. glossopharyngeus'un rr. pharyngei dalı ve ganglion cervicale

superius'tan gelen rr. laryngopharyngeales ile birleşerek *plexus pharyngealis*'i oluşturur. Plexus pharyngealis'e n. laryngeus superior'un r. externus'u da katılır. R. pharyngealis içerisindeki SVE lifler, plexus pharyngealis aracılığı ile pharynx kaslarını ve m. tensor veli palatini dışındaki yumuşak damak kaslarını inerve eder.

Glomus caroticum'daki baroreseptörlerden gelen GVA duyuları genellikle n. glossopharyngeus'un dalı olan r. sinus carotici alır ve nucleus tractus solitarii'ye taşır. Ancak glomus caroticum'a, n. vagus'un ganglion inferius'undan başlayan ve r. pharyngealis içerisinde seyreden GVA lifler de gidebilir. Bu lifler de aldıkları duyuları nucleus tractus solitarii'ye taşır.

N. laryngeus superior. Ganglion inferius'tan ayrılan bu dal, pharynx'in yan tarafında aşağıya doğru iner ve membrana thyrohyoidea seviyesinde *r. internus (n. laryngeus internus)* ve *r. externus (n. laryngeus externus)* olmak üzere iki dala ayrılır. Membrana thyrohyoidea'yı delen r. internus, plica vocalis'lerin üzerinde kalan larynx mukozasında dağılır ve bu bölgeden alınan GVA duyuları taşır. R. externus ise m. constrictor pharyngis inferior'u delerek m. cricothyroideus'a ulaşır ve plexus pharyngealis'in oluşumuna katılır. SVE liflerden oluşan bu sinir, m. cricothyroideus'u ve plexus pharyngealis aracılığı ile m. constrictor pharyngis inferior'u inerve eder.

Rr. cardiaci cervicales superiores, rr. cardiaci cervicales inferiores. Boyunun üst ve alt seviyelerinde n. vagus'tan 2-3 dal olarak ayrılan ve GVE lifler içeren bu sinirler plexus cardiacus'a katılır. Ayrıca sağ n. vagus'tan trachea civarında ayrılan dallar ile her iki n. laryngeus recurrens'ten ayrılan dallar da plexus cardiacus'un oluşumuna katılan GVE lifler içerir.

N. laryngeus recurrens. Sağ ve sol n. laryngeus recurrens'lerin başlangıcı ve seyri birbirinden farklıdır. Sağ n. laryngeus recurrens, a. subclavia'nın önünde n. vagus'tan ayrıldıktan sonra bu arterin altından geçerek arka tarafına gelir; daha sonra a. carotis communis'in arkasında ve trachea ile oesophagus arasındaki olukta, glandula thyroidea'nın alt ucuna kadar yükselir. Sol n. laryngeus recurrens ise n. vagus'tan arcus aorta hizasında ayrılır ve bu oluşumun altından geçerek arka tarafına gelir; daha sonra, sağ n. laryngeus recurrens gibi, trachea ile oesophagus arasındaki olukta yükselerek glandula thyroidea'nın alt ucuna ulaşır. Glandula thyroidea'nın alt ucunda a. thyroidea inferior ile yakın komşuluk yapan sağ ve sol n. laryngeus recurrens, m. constrictor pharyngis inferior'un altından geçerek larynx'e gelir. N. laryngeus recurrens içerisinde SVE ve GVA lifler bulunur. Bu sinir içerisindeki SVE lifler, m. cricothyroideus dışındaki tüm larynx kaslarını inerve eder; GVA lifler ise plica vocalis'lerin altında kalan larynx mukozasında dağılarak bu bölgenin duyusunu alır.

N. vagus'un *plexus pulmonalis* ve *plexus oesophagealis*'in oluşumuna katılan dalları ile *rr. gastrici anteriores, rr. gastrici posteriores, rr. hepatici, rr. coeliaci* ve *rr. renales* adı verilen dalları GVE lifler içerir. Bu dallar cavitas thoracis'teki organlar ile cavitas abdominalis'te colon descendens, colon sigmoideum, rectum ve anus dışındaki organların tümüne parasempatik impulslar taşır.

KLİNİK BİLGİ

N. vagus'u etkileyen lezyonlarda en belirgin semptomlar, SVE liflerin tutulmasına bağlı olarak ortaya çıkan, larynx ve pharynx kaslarında parezi veya paralizidir. N. vagus'un unilateral lezyonlarında larynx kaslarının tek taraflı felcine bağlı olarak ses kısıklığı ortaya çıkar. Hastada yumuşak damak ve pharynx kaslarının tek taraflı felcine bağlı olarak disphagia (yutma güçlüğü) ortaya çıkabilir; buna bağlı olarak yutma sırasında gıdalar nasopharynx'e ve larynx'e kaçar. Ayrıca yumuşak damak kaslarından m. levator veli palatini'nin paralizisi sonucu, etkilenen tarafta yumuşak damak düşüklüğü ve uvula'nın normal tarafa deviasyonu görülür.

Nucleus ambiguus'un bilateral lezyonları, n. vagus'un bilateral lezyonlarında da olduğu gibi, yutma kaybı ve öğürme refleksi kaybına sebep olur. Bu tür lezyonlar, aspirasyon pnömonisi (gıdaların solunum yollarına kaçması sonucu akciğerlerde ortaya çıkan infeksiyon) ve asphyxia (boğulmaya bağlı bilinç kaybı)'ya sebep olmaları açısından çok tehlikelidir.

N. laryngeus recurrens'in glandula thyroidea'nın alt ucunda a. thyroidea inferior ile yaptığı komşuluk cerrahi açıdan önemlidir. Tiroidektomi (thyroidectomy - glandula thyroidea'nın çıkarılması) sırasında n. laryngeus recurrens'e dokunulması, ameliyat sonrasında geçici olarak ses kısıklığına sebep olabilir. Thyroidectomy ameliyatlarında a. thyroidea inferior bağlanırken, bu arter ile yakın komşuluğu olan n. laryngeus recurrens'in de yanlışlıkla bağlanması, genellikle kalıcı ses kısıklığına neden olur.

XI. NERVUS ACCESSORIUS

SVE lifler içeren n. accessorius, *radix cranialis* ve *radix spinalis* olmak üzere iki kısımdan oluşur. Radix cranialis, nucleus ambiguus'un kaudal kısmından, radix spinalis ise medulla spinalis'in ilk altı servikal segmenti içerisinde ve columna ante-

rior'un lateralinde yer alan nucleus nervi accessorii'den başlar. Radix cranialis'i oluşturan aksonlar n. vagus'a katılarak seyrettiği için n. accessorius'un bu kısmına *pars vagalis* adı da verilir.

N. accessorius'un radix cranialis'i sulcus retroolivaris'ten birkaç kök olarak çıkar. Medulla spinalis'in üst altı servikal segmentlerinde radix anterior ile radix posterior'un arasından başlayan ve yukarıya doğru yükselirken birleşen aksonlar radix spinalis'i oluşturur. Radix spinalis, foramen magnum'dan geçerek cavitas cranii'ye girer ve foramen jugulare'ye gelmeden hemen önce radix cranialis ile birleşerek *truncus nervi accessorii*'yi meydana getirir. Truncus nervi accessorii, foramen jugulare'den geçerek cavitas cranii'yi terk ettikten hemen sonra *r. internus* ve *r. externus* dallarına ayrılır. R. internus içerisinde nucleus ambiguus'un kaudal kısımlarından başlayan SVE lifler, r. externus içerisinde ise nucleus nervi accessorii'den başlayan SVE lifler bulunur. R. internus, ganglion inferius seviyesinde n. vagus'a katılır. R. internus içerisindeki liflerin bir kısmı r. pharyngealis, bir kısmı ise n. laryngeus recurrens içerisinde seyreder. R. externus ise truncus nervi accessorii'den ayrıldıktan sonra v. jugularis interna'nın komşuluğunda aşağıya doğru iner ve m. sternocleidomastoideus'un medial yüzüne gelir. Burada r. externus'a ikinci ve üçüncü servikal spinal sinirlerden hem motor hem de duyu lifleri taşıyan dallar katılır. R. externus, m. sternocleidomastoideus'u inerve eden dallar verir; daha sonra arkaya ve aşağıya doğru uzanır ve m. trapezius'u inerve eden dallarını vererek sonlanır.

KLİNİK BİLGİ

N. accessorius'un lezyonlarında, bu sinir tarafından inerve edilen kaslarda flasid paralizi görülür. M. sternocleidomastoideus'un paralizisine bağlı olarak başın karşı tarafa rotasyon hareketi zayıflar; m. trapezius'un lezyonuna bağlı olarak omuz ekleminde sarkma görülür ve kolun 90°'nin üzerindeki abduksiyon hareketi zorlaşır. Bu sinirin supranuclear lezyonlarında ipsilateral tarafta m. sternocleidomastoideus, kontralateral tarafta ise m. trapezius parezisi görülür. Bunun nedeni nucleus nervi accessorii'nin m. sternocleidomastoideus ile ilgili kısmına daha çok ipsilateral cerebral cortex'ten, m. trapezius ile ilgili kısmına ise daha çok kontralateral cerebral cortex'ten lifler gelmesidir.

XII. NERVUS HYPOGLOSSUS

Dil kaslarının motor inervasyonunu sağlayan bu sinir içerisinde sadece GSE lifler vardır. Bu lifler, medulla oblongata'nın alt seviyelerinde yer alan nucleus nervi hypoglossi'den başlar. N. hypoglossus, beyin sakını sulcus anterolateralis'ten birkaç kök halinde terk eder. Bu kökler, a. vertebralis'in arkasında laterale doğru uzanır ve daha sonra birleşerek iki ana dal oluşturur. Bu iki dal, canalis nervi hypglossi'den geçerek cavitas cranii'yi terk eder ve bu seviyede birleşir. N. hypoglossus, a. carotis interna ile v. jugularis interna'nın arkasında aşağıya doğru seyrederek m. digastricus'un venter posterior'u seviyesine gelir. Bu seviyede öne doğru kıvrılan n. hypoglossus, a. carotis interna ile v. jugularis interna'nın arasından geçer ve os hyoideum hizasında dil köküne girer. N. hypoglossus, intrinsik dil kaslarını ve ekstrinsik dil kaslarından m. genioglossus, m. hyoglossus ve m. styloglossus'u inerve eder.

N. hypoglossus'un ganglion cervicale superius, n. vagus'un ganglion inferius'u ve n. lingualis ile bağlantısı vardır. Ayrıca n. hypoglossus'tan ayrılan bir dal (radix superior), birinci ve ikinci servikal spinal sinirlerden gelen bir dal (radix inferior) ile birleşir. Radix superior ve radix inferior'un birleşerek oluşturduğu *ansa cervicalis*, infrahyoid kasları (musculi infrahyoidei) inerve eder.

KLİNİK BİLGİ

N. hypoglossus'un lezyonlarında, dilin ipsilateral yarımında bu sinir tarafından inerve edilen dil kaslarında paralizi ve atrofi görülür. Hasta dilini dışarı çıkardığı zaman, sağlam taraftaki m. genioglossus'un fonksiyonuna bağlı olarak, dilin lezyon tarafına doğru kaydığı gözlenir. N. hypoglossus lezyonu, ansa cervicalis'in oluşumuna katılan radix superior'un ayrıldığı yerin proksimalindeyse yutma sırasında larynx sağlam tarafa doğru kayar; buna bağlı olarak yutma güçlüğü görülebilir. N. hypoglossus'un supranuclear lezyonlarında, hasta dilini dışarı çıkardığı zaman, dilin lezyonun karşı tarafına doğru kaydığı görülür. Bu durum, nucleus nervi hypoglossi'nin m. genioglossus'u inerve eden kısmına sadece kontralateral motor cortex'ten lifler gelmesi ile açıklanmaktadır.

BAZAL GANGLİONLAR (NUCLEI BASALES)

Nuclei basales, beyin hemisferlerinin derininde yer alan beş çift nucleus'tan oluşmuştur. Bu nucleus'lar aslında ganglion olmamakla birlikte, geleneksel olarak "bazal ganglionlar" adı ile anılmaktadır.

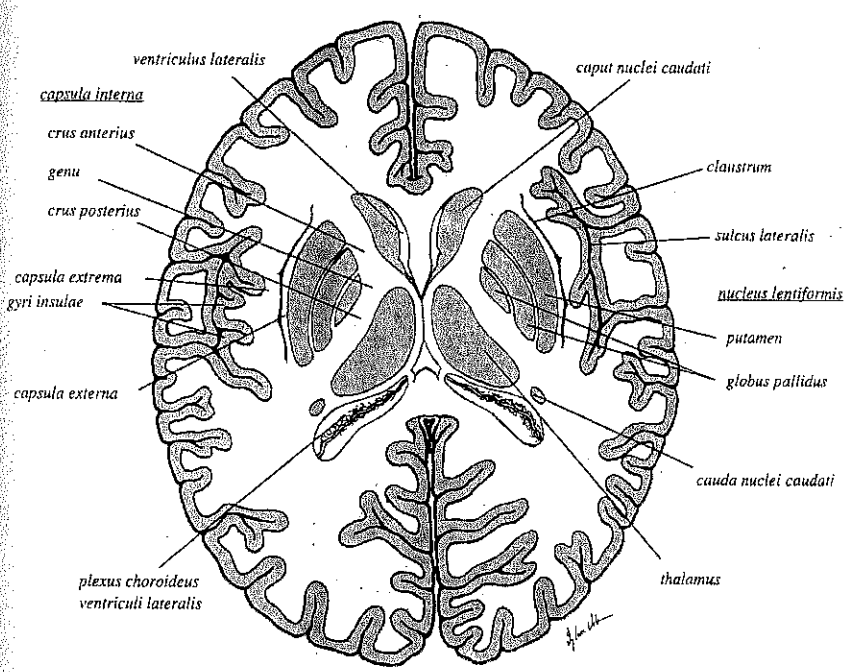
Klinik gözlemlere dayanarak, motor hareketlerin kontrolü ile ilgili, birbirlerine paralel ancak birbirlerinden bağımsız olarak çalışan iki sistem olduğu; bunlardan pyramidal sistemin cerebral cortex'in, extrapyramidal sistemin ise bazal ganglionların etkisi altında çalıştığı kabul edilirdi. Ancak pyramidal ve extrapyramidal sistemlerin dışındaki bazı yapıların da motor hareketlerin yapılmasında rol oynaması ve bu iki sistemin birbirlerinden bağımsız olarak değil bir bütün olarak çalışması nedeni ile bu ayırımın doğruluğu tartışmalıdır. Bunun da ötesinde bazal ganglionların motor hareketler dışında anlama, değerlendirme gibi mental ve emosyonel fonksiyonlarla da ilgisi olduğu bilinmektedir.

Bazal ganglionlar, genel olarak motor hareketlerin koordinasyonunda rolü olan nucleus'lardır. Bilindiği gibi cerebellum'un da motor hareketlerin koordinasyonunda rolü vardır. Ancak, cerebellum'dan farklı olarak, bazal ganglionlar'ın motor hareketler üzerindeki etkileri cerebral cortex aracılığı ile olur; bu nucleus'lar cerebellum'a göre daha komplike motor hareketlerin düzenlenmesinde rol oynarlar.

Bazal ganglionlar, beyin hemisferlerinin derininde, substantia alba içerisinde yer alan beş çift nucleus grubundan oluşmuştur. Bunlar *nucleus caudatus, putamen, globus pallidus, substantia nigra* ve *nucleus subthalamicus*'tur. Daha önceki bir sınıflamaya göre substantia nigra ve nucleus subthalamicus yerine corpus amygdaloideum ve claustrum bazal ganglionlara dahil edilmekte idi. Ancak corpus amygdaloideum limbik sistem ile integre olduğu için, claustrum ise insanlardaki fonksiyonel önemi bilinmediği için bu sınıflamadan çıkarılmıştır. Buna karşılık substantia nigra ve nucleus subthalamicus, fonksiyonel ilişkileri nedeni ile, yeni sınıflamaya göre bazal ganglionlar'a dahil edilmektedir. Nucleus caudatus, putamen ve globus pallidus'a birlikte *corpus striatum*, putamen ve globus pallidus'a ise *nucleus lentiformis* adı verilir (Şekil 54). Nucleus caudatus ve putamen'e *neostriatum*, globus pallidus'a ise *paleostriatum* da denir. Eski sınıflamaya dahil edilen corpus amygdaloideum ise *archistriatum* olarak isimlendirilmiştir.

Nucleus caudatus ve putamen'in ventral kısımları, nucleus accumbens, substantia innominata ve tuberculum olfactorium birlikte *striatum ventrale*'yi oluşturur. Bu yapılardan son üçü pars basalis telencephali'ye ait yapılar olup, bazal ganglionlara dahil değildir. Ancak striatum ventrale bir bütün olarak ele alındığında, corpus amygdaloideum aracılığı ile limbik sistem ve globus pallidus arasında bağlantı sağlayan bir yapı olarak değerlendirilir.

Corpus striatum'u oluşturan nucleus caudatus ve nucleus lentiformis, thalamus'un lateralinde yer alır ve thalamus'tan capsula interna ile ayrılmıştır (Şekil 54).

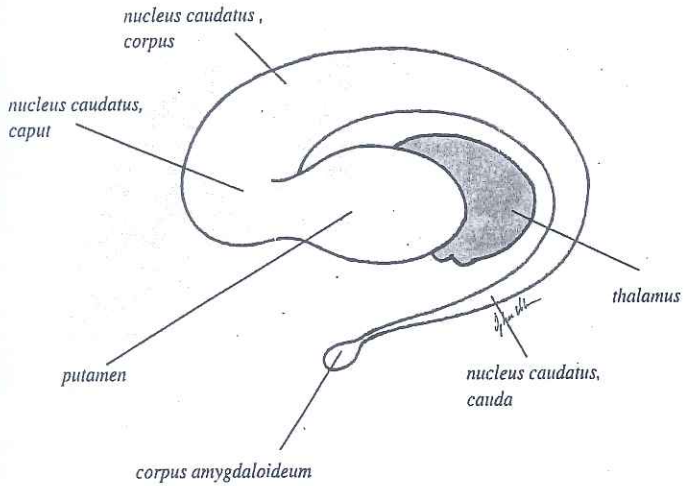


Şekil 54. Transvers bir kesitte nuclei basales'in lokalizasyonu

NUCLEUS CAUDATUS

Şekil olarak virgüle benzeyen bu nucleus'un *caput, corpus* ve *cauda* olmak üzere üç kısmı vardır (Şekil 55). Caput kısmı, foramen interventriculare'nin önünde yer alır;

ventriculus lateralis'in cornu anterius'unun tabanı ve lateral duvarı ile komşudur. Caput'un ön kısmı putamen ile devam eder, arka kısmı ise capsula interna'nın crus anterius'u ile putamen'den ayrılmıştır. Arkaya doğru incelerek devam eden corpus kısmı ise, ventriculus lateralis'in pars centralis'inin tabanında yer alır. Bu kısım, uzunluğu boyunca thalamus'un dorsolateral kısmına yapışık durumdadır. Nucleus caudatus'un corpus'u ile thalamus arasındaki oluğa *sulcus terminalis* adı verilir. Bu oluğun içerisinde, stria terminalis ve v. thalamostriata yer alır. Nucleus caudatus'un cauda kısmı, ventriculus lateralis'in cornu inferius'unun tavanında öne doğru uzanarak corpus amygdaloideum'da sonlanır.



Şekil 55. Putamen, nucleus caudatus, corpus amygdaloideum ve thalamus'un birbirleri ile komşuluklarını gösteren şematik çizim

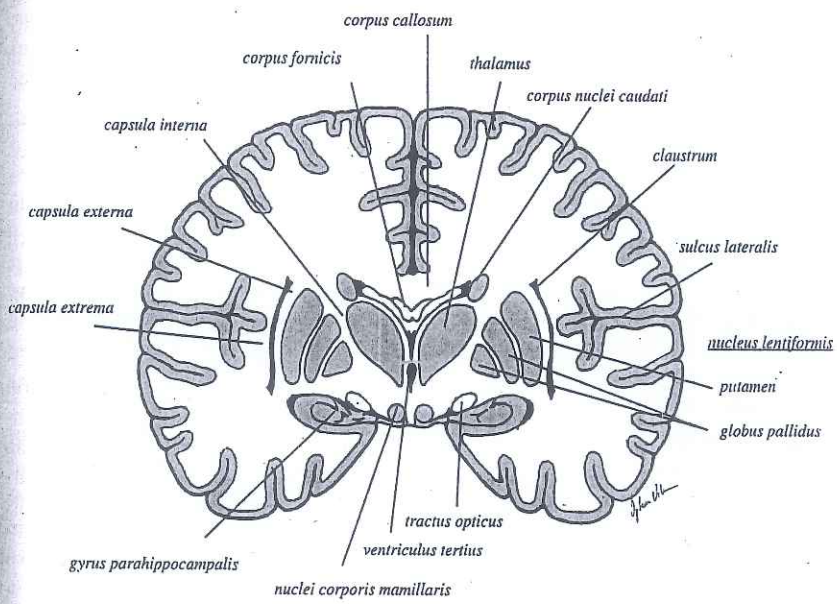
Nucleus caudatus ve putamen, birlikte neostriatum adı verilen fonksiyonel bir yapı oluşturur; bu iki nucleus'un afferent ve efferent bağlantıları aynıdır. Neostriatum'un afferentleri cerebral cortex'in bütün bölgelerinden, nuclei intralaminares thalami'den, substantia nigra'nın pars compacta'sından, corpus amygdaloideum'un nucleus amygdalae basalis lateralis'inden ve nucleus raphealis posterior'dan gelir. Neostriatum'un efferentleri ise globus pallidus medialis'e ve substantia nigra'nın pars reticularis'i ile pars compacta'sına gider.

NUCLEUS LENTIFORMIS

Bu nucleus'un, transvers kesitlerde koyu renkli, daha büyük ve lateralde yer alan *putamen* ile açık renkli, daha küçük ve medialde yer alan *globus pallidus*'tan oluştuğu gözlenir (Şekil 54, 56). Nucleus lentiformis, medialde capsula interna'nın crus anterius'u ile nucleus caudatus'tan, crus posterius'u ile thalamus'tan; lateralde ise capsula externa ile claustrum'dan ayrılmıştır.

Putamen

Dış yüzü hafif konveks olan putamen, capsula externa ile globus pallidus arasında yer alır. Putamen, nucleus caudatus'un corpus'unun alt-dış kısmındadır (Şekil 54, 56).



Şekil 56. Koronal bir kesitte nuclei basales'in lokalizasyonu

Globus pallidus

Bu yapı, lateralde *lamina medullaris externa (lateralis)* adı verilen miyelinli aksonlar aracılığı ile putamen'den ayrılmıştır. Globus pallidus, *lamina medullaris interna*

(medialis) adı verilen miyelinli aksonlardan oluşan bir şerit ile *globus pallidus medialis* ve *globus pallidus lateralis* olmak üzere iki segmente ayrılmıştır (Şekil 54).

Globus pallidus'un afferentleri neostriatum'dan, nucleus subthalamicus'tan ve substantia nigra'nın pars compacta'sından gelir. Globus pallidus'un efferentleri ise *ansa lenticularis, fasciculus lenticularis, fasciculus thalamicus* ve *fasciculus subthalamicus* adı verilen dört demet oluşturur (Şekil 63). Ansa lenticularis, globus pallidus medialis'ten başlar ve Forel'in H sahasına (H field of Forel-prerubral field) uzanır. Fasciculus lenticularis (Forel'in H2 sahası) de globus pallidus medialis'ten başlar ve Forel'in H sahasında ansa lenticularis ile birleşir. Forel'in H sahasından thalamus'a doğru uzanan lifler fasciculus thalamicus (Forel'in H1 sahası) adını alır. Forel'in H sahası ve fasciculus thalamicus içerisinde globus pallidus'tan gelen liflerin dışında cerebellum ve substantia nigra'dan gelen lifler de vardır. Fasciculus subthalamicus, globus pallidus lateralis'ten başlayarak nucleus subthalamicus'a giden ve nucleus subthalamicus'tan başlayarak globus pallidus'un her iki segmentine giden liflerden oluşmuştur.

SUBSTANTIA NIGRA

Bu nucleus, mesencephalon'da crus cerebri ile tegmentum arasında yer alır (Şekil 35). İçerisindeki nöronlarda bulunan melanin pigmenti nedeni ile çevresindeki yapılara göre daha koyu renkli olan substantia nigra, *pars compacta* ve *pars reticularis* olmak üzere iki kısma ayrılır.

Substantia nigra'nın afferentlerinin çoğunluğu neostriatum'dan gelir. Bu liflerin çoğu substantia nigra'nın pars reticularis'inde, bir kısmı da pars compacta'sında sonlanır. Substantia nigra'nın pars compacta'sındaki dopaminerjik nöronlardan başlayan efferent lifler neostriatum'a; pars reticularis'indeki GABA-erjik nöronlardan başlayan efferent lifler ise thalamus, colliculus superior ve nucleus tegmentalis pedunculopontinus'a gider.

NUCLEUS SUBTHALAMICUS

Bu nucleus, subthalamus'taki nucleus'lar arasında en altta yer alanı olup, subthalamus ile mesencephalon'un tegmentum'u arasındaki geçiş bölgesine kadar uzanır. Nucleus subthalamicus, substantia nigra'nın üst ucunun dorsolateralinde, capsula interna'nın medialinde ve hypothalamus'un üst kısmının lateralinde yerleşmiştir (Şekil 63).

Nucleus subthalamicus'un afferentleri, çoğunluğu globus pallidus lateralis'ten olmak üzere nucleus centromedianus, nucleus parafascicularis ve nucleus tegmentalis pedunculopontinus'tan başlar. Nucleus subthalamicus'tan başlayan efferentler ise globus pallidus'un her iki segmentine ve substantia nigra'ya gider.

BAZAL GANGLİONLARIN BAĞLANTILARI

Bazal ganglionlara gelen afferentlerin tamamına yakını neostriatum'da sonlanır. Bu afferentler esas olarak cerebral cortex ile nuclei intralaminares thalami'den başlar. Bunların dışında neostriatum'a substantia nigra'nın pars compacta'sı, corpus amygdaloideum ve nucleus raphealis posterior'dan da afferent lifler gelir.

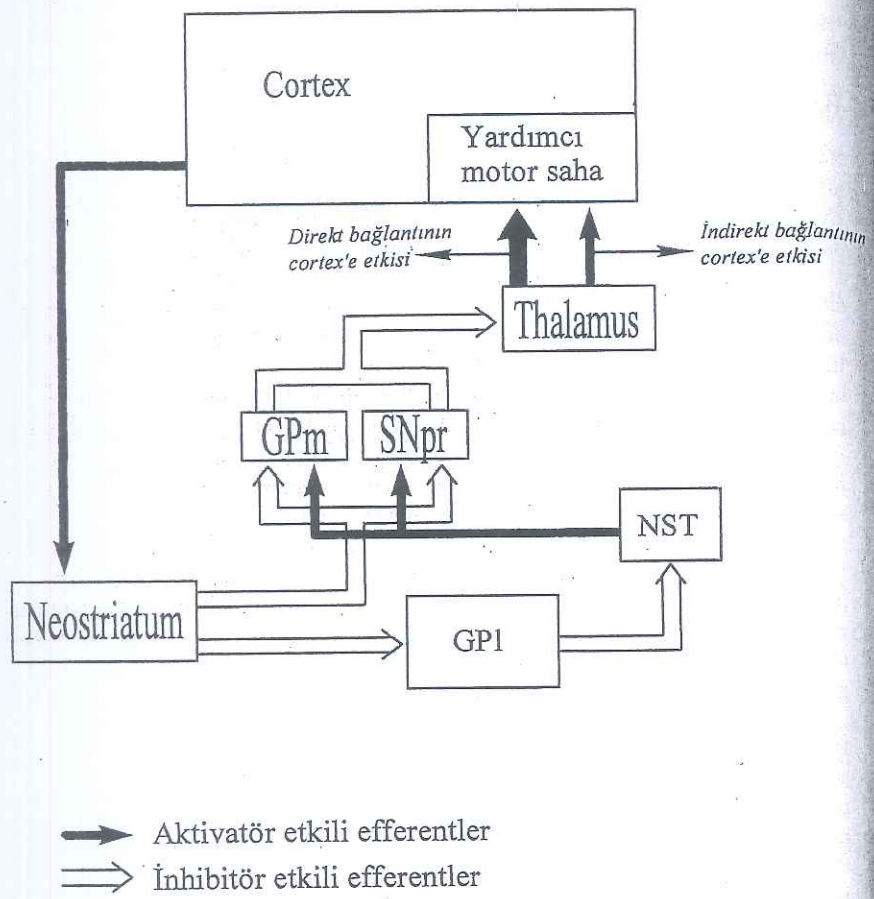
Cerebral cortex'ten neostriatum'a gelen afferentler motor, duyu, assosiasyon ve limbik sahalardan daha yoğun olmak üzere cortex'in tüm bölgelerinden başlar. Bu liflerin neostriatum'da sonlanmaları topografik organizasyon gösterir. Bu nedenle neostriatum'un değişik bölgeleri farklı fonksiyonlar ile ilgilidir. Örneğin putamen esas olarak motor hareketlerin kontrolü, nucleus caudatus bazı mental ve emosyonel fonksiyonlar ile göz hareketlerinin kontrolü, striatum ventrale ise bazı limbik fonksiyonlar ile ilgilidir. Neostriatum'a nuclei intralaminares thalami'den gelen afferentlerin sonlanmaları da topografik bir organizasyon gösterir.

Bazal ganglionların afferent merkezi olan neostriatum'un efferentleri globus pallidus medialis ile substantia nigra'nın pars reticularis'inde sonlanır. Neostriatum'un efferentlerinin bu iki nucleus'taki sonlanmaları da topografik bir organizasyon gösterdiği için, cerebral cortex'in spesifik bölgelerinden gelen impulslar neostriatum aracılığı ile globus pallidus ve substantia nigra'nın spesifik bölgelerine etki eder.

Bazal ganglionların efferentlerinin büyük çoğunluğu globus pallidus medialis ve substantia nigra'nın pars reticularis'inden başlar. Bu iki nucleus'tan başlayan efferentler thalamus'ta nuclei ventrales laterales, nucleus ventralis anterior, nucleus mediodorsalis ve nucleus centromedianus'a gider. Thalamus'un bazal ganglionlardan afferent lif alan nucleus'larından başlayan efferentler ise cerebral cortex'in motor, premotor, yardımcı motor ve prefrontal bölgelerine gider.

Cerebral cortex ile bazal ganglionlar arasında biri direkt diğeri indirekt olmak üzere iki bağlantı vardır (Şekil 57). Bu bağlantılardan direkt olanı cortex'in aktivitesini artırırken, indirekt olanı azaltır. Globus pallidus medialis ve substantia nigra'nın pars reticularis'indeki nöronların spontan aktivitesi thalamus'tan cerebral cortex'e impuls gidişini inhibe eder. Direkt bağlantı, bu inhibitör nöronların aktivitesini inhibe ederek cortex'in aktivitesini artırır; indirekt bağlantı ise bu nöronların

aktivitesini artırarak thalamus'tan cortex'e impuls gidişini ve dolayısıyla cortex'in aktivitesini azaltır.



Şekil 57. Cortex cerebri ile nuclei basales arasındaki bağlantının şematik çizimi

Direkt bağlantı

Cerebral cortex'ten neostriatum'a gelen impulslar, neostriatum'da bulunan ve globus pallidus medialis ile substantia nigra'nın pars reticularis'ine efferent lif gönderen inhibitör nöronların aktivitesini artırır. Bunun sonucunda globus pallidus medialis

ve substantia nigra'nın pars reticularis'inden thalamus'a efferent lif gönderen inhibitör nöronlar inhibe olur. Böylece globus pallidus ve substantia nigra'nın thalamus üzerindeki inhibitör etkisi ortadan kalkar ve thalamus'tan cortex'e impuls gidişi artar. Bu durum cortex aktivitesinin artmasına sebep olur. Neostriatum'dan globus pallidus ve substantia nigra'ya giden lifler ile bu iki nucleus'tan thalamus'a giden lifler inhibitör etkili olup, bunlarda kullanılan nörotransmitter GABA'dır. Cortex'ten neostriatum'a giden lifler ile thalamus'tan cortex'e giden lifler ise aktivatördür (Şekil 57).

İndirekt bağlantı

Cerebral cortex'ten neostriatum'a gelen impulslar, buradan globus pallidus lateralis'e efferent lif gönderen inhibitör nöronları aktive eder. Böylece globus pallidus lateralis'ten nucleus subthalamicus'a efferent lif gönderen ve spontan inhibitör aktiviteleri olan nöronlar inhibe olur. Nucleus subthalamicus'taki aktivatör etkili nöronlar globus pallidus medialis ve substantia nigra'nın pars reticularis'ine efferent lifler gönderir. Normalde nucleus subthalamicus'taki nöronlar, globus pallidus lateralis'teki inhibitör nöronların spontan aktiviteleri nedeni ile inhibisyon altındadır. Ancak globus pallidus lateralis'teki inhibitör nöronlar inhibe olduğu zaman, nucleus subthalamicus'taki aktivatör etkili nöronlar, globus pallidus medialis ve substantia nigra'nın pars reticularis'ine impuls göndermeye başlar. Bunun sonucunda, globus pallidus ve substantia nigra'daki inhibitör nöronlar aktive olur. Bu durum, thalamus'ta inhibisyona ve dolayısıyla cortex aktivitesinde azalmaya neden olur (Şekil 57).

Substantia nigra'nın pars compacta'sındaki dopaminerjik nöronlar, neostriatum aracılığı ile direkt bağlantıda aktivasyona, indirekt bağlantıda ise inhibisyona yol açarak cortex aktivitesini artırır. Bunun dışında nucleus centromedianus, nucleus parafascicularis ve nucleus tegmentalis pedunculopontinus'un da direkt ve indirekt bağlantılar üzerinde etkisi olduğu bilinmekte, ancak bunların cortex'in aktivitesi üzerindeki etkileri tam olarak bilinmemektedir.

KLİNİK BİLGİ

Direkt ve indirekt bağlantılar, birbirleri ile denge içerisinde çalışarak motor aktivitenin düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Bu bağlantılar ile ilgili nörotransmitterlerin metabolizmasındaki bozukluklarda veya bu nucleus'lardaki lezyonlarda, direkt ve indirekt bağlantılar arasındaki dengenin bozulması

sonucunda *tremor* (özellikle ekstremitelerde belirgin olan istek dışı titreme), *athetosis* (parmaklarda ve ellerde birbirini takip eden, yavaş, fleksiyon-ekstansiyon, pronasyon-supinasyon tarzında istek dışı hareketler), *chorea* (ekstremitelerin distal kısımlarında ve yüz kaslarında ani, düzensiz, spazmodik, istek dışı hareketler) ve *ballismus* (ekstremitelerin proksimal kısımlarında ani ve chorea'ya göre daha şiddetli istek dışı kasılma ve titreme şeklinde hareketler) gibi istek dışı hareketler ile, *akinesia* (istekli hareketin yapılamaması), *bradykinesia* (istekli hareketin aşırı derecede yavaş yapılması) ve *dystonia* (kas tonusunun normalden fazla -*hypertonia*- veya az -*hypotonia*- olması) gibi bulgular ortaya çıkar. Bazal ganglionların lezyonlarında ortaya çıkan bu istek dışı hareketler ile lezyonun lokalizasyonu arasındaki ilişki tam olarak bilinmemektedir. Ancak nucleus subthalamicus'un, özellikle akut vasküler olaya bağlı olarak gelişen tek taraflı lezyonunda kontralateral tarafta hemiballismus görülür.

Parkinson hastalığı (*paralysis agitans*), en sık görülen bazal ganglion hastalığıdır. Parkinson hastalığı akinesia, rijidite, istirahat esnasında ortaya çıkan tremor, öne doğru eğik gövde postürü, ifadesiz yüz gibi semptomlarla karakterizedir. Bu hastalarda, hareketin başlatılmasında gecikme ve yapılmasında yavaşlama ile komplike hareketlerin gerçekleştirilmesinde güçlük görülür. Parkinson hastalığında substantia nigra'nın pars compacta'sındaki dopaminerjik nöronlarda kayıp ve buna bağlı olarak bu nöronların aksonlarının sonlandığı neostriatum bölgelerinde dopamin eksikliği ortaya çıkar. Bu durum cerebral cortex'in motor aktivitesinde azalmaya yol açar. Parkinson hastalığında ortaya çıkan akinesia ve hypertonia'nin, cortex'in motor aktivitesindeki azalmaya bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu hastalığın tedavisinde, eksik olan dopamin'i tamamlamak için, kan-beyin bariyerini geçebilme özelliği olan L-dopa verilir. Son yıllarda Parkinson hastalığının tedavisinde uygulanan, putamen'e insan embriyosundan alınana mesencephalon grefti transplantasyonu da olumlu sonuçlar vermektedir.

Huntington hastalığı (*Huntington's chorea*), her iki neostriatum'da GABAerjik nöronların dejenerasyonuna bağlı olarak ortaya çıkan ve kalıtsal geçiş gösteren bir hastalıktır. Bu hastalık chorea, hypotonia ve demans gibi bulgular ile karakterizedir. Bu hastalığın tedavisinde, özellikle chorea'yı kontrol etmek amacı ile, dopamin antagonistleri kullanılmaktadır.

DIENCEPHALON

Diencephalon, santral sinir sisteminin ventriculus tertius'un her iki yanında simetrik olarak yerleşmiş kısmıdır. Diencephalon lateralde capsula interna'nın crus posterius'u, nucleus caudatus'un cauda'sı ve stria terminalis ile sınırlanmıştır. Diencephalon'un ön sınırı yaklaşık olarak foramen interventriculare hizasındadır. Diencephalon, kaudalde mesencephalon ile devam eder. Arka-alt tarafta yer alan commissura posterior, diencephalon ile tectum mesencephali arasındaki sınırı belirler (Şekil 58).

Diencephalon'un *thalamus*, *hypothalamus*, *epithalamus* ve *subthalamus* olmak üzere dört kısmı vardır. Hypothalamus ile komşuluk ve fonksiyon açısından yakın ilişkisi olan *hypophysis* de bu bölümde ele alınmıştır.

THALAMUS (DORSAL THALAMUS)

Thalamus, hem çeşitli duyuların cerebral cortex'teki primer duyu merkezlerine iletilmesinde, hem de cerebellum ve basal ganglionlardan gelen hareket ile ilgili impulsların cerebral cortex'in motor bölgelerine iletilmesinde rolü olan bir merkezdir. Diencephalon'u oluşturan dört yapıdan biri olan thalamus, cerebral cortex'in derinindeki substantia alba içerisinde yerleşmiş, yumurta şeklinde bir nucleus grubudur. Thalamus'un üst kısmı *stratum zonale*, lateral kısmı ise *lamina medullaris lateralis (external medullary lamina)* adı verilen substantia alba tabakaları ile örtülüdür. Sağ ve sol thalamus, ortada ventriculus tertius aracılığı ile birbirinden ayrılmıştır.

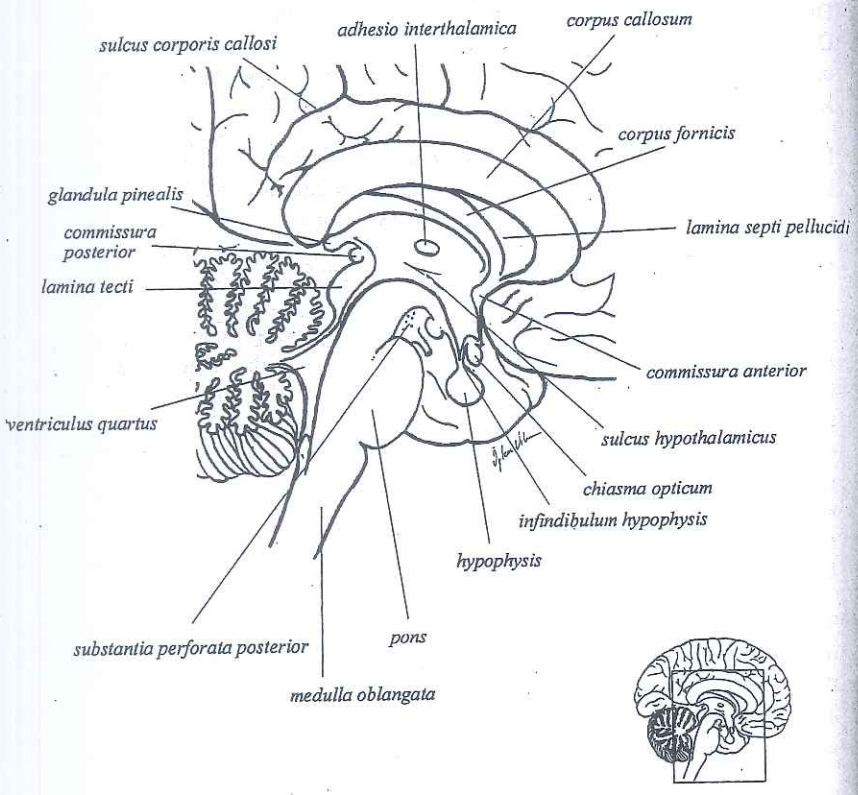
Thalamus'un medial yüzü, ventriculus tertius'un lateral duvarının üst kısmını oluşturur. Ventriculus tertius'un lateral duvarında bulunan *sulcus hypothalamicus*, thalamus ile bunun altında yer alan hypothalamus arasındaki sınırı belirler. Thalamus'un lateral yüzü capsula interna aracılığı ile nucleus lentiformis'ten ayrılmıştır.

Thalamus, ön tarafta nucleus caudatus'un caput kısmı ve genu capsulae internae ile komşudur. Thalamus'un dar ve yuvarlak olan ön ucu, foramen interventriculare'nin arka sınırını oluşturur. Thalamus'un *pulvinar thalami* adı verilen ve arka laterale

doğru uzanan genişlemiş kısmı ise colliculus superior'un üzerinde bulunur.

Thalamus'un alt yüzü ön tarafta hypothalamus, arka tarafta mesencephalon'un tegmentum kısmı ile komşudur. Thalamus'un üst yüzünün medial kısmı ventriculus tertius'un tela choroidea'sı ve fornix ile komşudur; üst yüzün lateral kısmı ise ventriculus lateralis'in tabanını oluşturur.

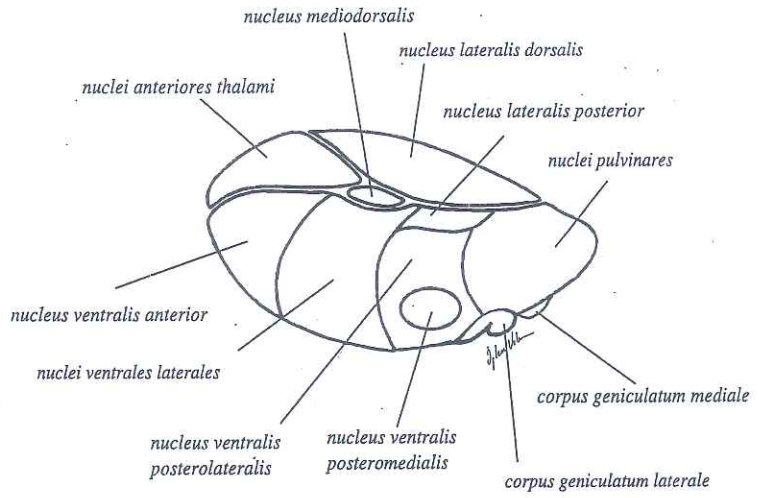
Sağ ve sol thalamus, medial yüzden karşı tarafa doğru uzanan *adhesio interthalamica* aracılığıyla birbirleri ile birleşmiştir. Adhesio interthalamica içerisinde nöronlar ve bunlara ait aksonlar yer alır; ancak bu yapı sağ ve sol thalamus'ları birleştiren kommissural bir yol değildir.



Şekil 58. Bir beyin hemisferinin medial yüzünde diencephalon ve buna komşu yapıların görünümü

THALAMUS'UN İÇ YAPISI

Thalamus'un ortasından geçen ve miyelinli liflerden oluşan *lamina medullaris medialis (internal medullary lamina)*'in medial tarafında *nuclei mediales thalami* yer alır. Thalamus'un lamina medullaris medialis ile lamina medullaris lateralis arasındaki kısmının ventral yarımında *nuclei ventrales thalami*, dorsal yarımında ise *nuclei dorsales thalami* bulunur. Lamina medullaris medialis, thalamus'un ön ucu hizasında ikiye ayrılır; bunların arasında kalan bölgede *nuclei anteriores thalami* yer alır. Bunlardan başka thalamus'un arka kısmında yerleşmiş *nuclei posteriores thalami*, ventriculus tertius'a bakan kısmında yerleşmiş *nuclei mediani thalami* ve lamina medullaris medialis içerisinde yerleşmiş *nuclei intralaminares thalami* vardır. Lamina medullaris lateralis'in lateralinde *nucleus reticularis thalami* adı verilen nucleus grubu yer alır. *Corpus geniculatum mediale* ve *corpus geniculatum laterale* birlikte, thalamus'un bir kısmı olarak kabul edilen *metathalamus*'u oluşturur (Şekil 59).



Şekil 59. Thalamus'un nucleus'ları

Nuclei anteriores thalami. Thalamus'un ön kısmındaki çıkıntıya *tuberculum anterius thalami* adı verilir. Anterior nucleus grubu, tuberculum anterius thalami'nin arkasında yer alan üç nucleus'tan oluşmuştur:

Nucleus anterodorsalis
Nucleus anteromedialis
Nucleus anteroventralis

Nuclei anteriores thalami'nin afferentlerinin bir kısmı fasciculus mammillothalamicus aracılığı ile corpus mammillare'den, bir kısmı ise fornix aracılığı ile cerebral cortex'ten gelir. Bu nucleus grubunun efferentlerinin büyük bir kısmı capsula interna'nın crus anterius'undan geçerek gyrus cinguli'ye gider. Nuclei anteriores thalami'nin spontan dikkatin düzenlenmesi, dikkati çeken bilgilerin hafızaya alınması gibi fonksiyonlar ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Nuclei mediales thalami. Bu grup iki nucleus'tan oluşmuştur:

Nucleus mediodorsalis
    Pars parvocellularis lateralis
    Pars magnocellularis medialis
    Pars paralaminaris
Nucleus medioventralis

Bu nucleus'lardan nucleus mediodorsalis daha büyük olup bağlantıları daha iyi bilinmektedir. Pars magnocellularis medialis'in afferentleri piriform cortex, corpus amygdaloideum ve globus pallidus'tan gelir; efferentleri ise lobus frontalis'in orbital yüzündeki koku ile ilgili sahalara gider. Pars parvocellularis lateralis'in afferentlerinin bir kısmı globus pallidus medialis'ten gelir. Bu bölgenin prefrontal cortex, gyrus cinguli'nin ön kısmı ve yardımcı motor saha ile karşılıklı bağlantıları vardır. Pars paralaminaris'e ise substantia nigra'nın pars reticularis'inden afferent lifler gelir.

Nucleus mediodorsalis'in, genel olarak affektif davranışlar ve emosyonel durum ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Nucleus mediodorsalis'in lezyonlarında korku, gerginlik gibi duygular ile agresif veya obsesif düşüncelerde azalma görülür. Bu bulgular, nucleus mediodorsalis'in fonksiyonlarının prefrontal cortex'in fonksiyonları ile paralellik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Nuclei ventrales thalami. Bu grupta üç nucleus yer alır:

Nucleus ventralis anterior
Nuclei ventrales laterales
Nucleus ventralis posterior (nuclei ventrobasales)
    Nucleus ventralis posterolateralis
    Nucleus ventralis posteromedialis
    Nucleus ventralis posterior inferior

Nucleus ventralis anterior'un bağlantıları tam olarak bilinmemekle birlikte nuclei cerebelli'den, globus pallidus medialis'ten ve substantia nigra'nın pars reticularis'inden afferent lifler aldığı gösterilmiştir. Bu nucleus'un efferentlerinin neostriatum'a, nuclei intralaminares thalami ve parietal cortex'in ön kısımlarına gittiği ileri sürülmüştür.

Nuclei ventrales laterales'e nuclei cerebelli ve globus pallidus medialis'ten afferent lifler gelir. Bu nucleus'un motor cortex ve premotor cortex ile karşılıklı bağlantıları vardır.

Nucleus ventralis posterior, somatik duyuların cerebral cortex'e taşınması için ara nucleus fonksiyonu görür. Lemniscus medialis ve tractus spinothalamicus ile gelen afferent lifler, nucleus ventralis posterolateralis (VPL)'te somatotopik bir şekilde sonlanır. Buna göre, servikal ve torakal bölgelerden gelen lifler bu nucleus'un medialinde, lumbal ve sakral bölgelerden gelen lifler ise lateralinde sonlanır. Nucleus ventralis posteromedialis (VPM)'e gelen afferent lifler nucleus spinalis nervi trigemini, nucleus principalis nervi trigemini ve nuclei tractus solitarii'den başlar. Nuclei tractus solitarii'den gelen ve tat duyusu ile ilgili olan afferent lifler bu nucleus'un en medial kısmında sonlanır. Nucleus ventralis posterior'dan başlayan efferent lifler ise cerebral cortex'te Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahalarında sonlanır. Bu nucleus'un en medial kısmından başlayan ve tat duyusu ile ilgili sekonder lifler, tat merkezi olarak bilinen, Brodmann'ın 43 numaralı sahasında sonlanır. Nucleus ventralis posterior inferior, nuclei vestibulares'ten afferent lifler alır ve Brodmann'ın 3a numaralı sahasına efferent lifler gönderir.

Nuclei dorsales thalami. Pulvinar thalami'yi de içerisine alan bu grupta üç nucleus yer alır:

Nucleus dorsalis lateralis
Nucleus lateralis posterior
Nuclei pulvinares

Nucleus dorsalis lateralis'in afferentleri colliculus superior ve pretectum'dan gelir; efferentleri ise gyrus cinguli'ye gider. Nucleus lateralis posterior'un, lobulus parietalis superior ile karşılıklı bağlantıları olduğu gösterilmiştir. Nuclei pulvinares'e colliculus superior'dan afferent lifler gelir. Bu nucleus'un efferentleri ise temporal, parietal ve occipital cortex'e gider.

Nuclei posteriores thalami. Nucleus ventralis posterior'un kaudal kısmı ile nuclei pulvinares'in ön medial kısmı arasında yer alan bu grupta üç nucleus bulunur:

Nucleus limitans
Nucleus posterior
Nucleus supragenicularis

Nuclei posteriores thalami'nin afferentleri colliculus superior, colliculus inferior ve tractus spinothalamicus'tan gelir. Bu nucleus grubunun efferentleri ise insula ve operculum parietale'ye komşu cortex bölgelerine gider.

Nuclei mediani thalami. Ventriculus tertius'un duvarının dorsal kısmında ve adhesio interthalamica içerisinde yer alan bu grup, dört nucleus'tan oluşmuştur:

Nucleus paratenialis
Nuclei paraventriculares thalami
Nucleus reuniens
Nucleus commissuralis rhomboidalis

Nuclei mediani thalami'ye hypothalamus ve beyin sakındaki bazı retiküler nucleus'lardan afferent lifler gelir. Bu nucleus grubunun efferentlerinin büyük bir kısmı corpus amygdaloideum'da sonlanır.

Nuclei intralaminares thalami. Lamina medullaris medialis içerisinde yer alan bu grupta beş nucleus bulunur:

Nucleus paracentralis
Nucleus centralis lateralis
Nucleus centralis medialis
Nucleus centromedianus
Nucleus parafascicularis

Nuclei intralaminares thalami'nin ön kısmında yer alan nucleus paracentralis, nucleus centralis lateralis ve nucleus centralis medialis'in, cerebral cortex'in birçok bölgesi ile karşılıklı bağlantıları vardır. Arka kısımda yer alan nucleus centromedianus ve nucleus parafascicularis ise sadece motor, premotor ve yardımcı motor bölgeler ile bağlantılıdır. Nucleus centromedianus ve nucleus parafascicularis'e globus pallidus medialis, substantia nigra'nın pars reticularis'i ve nuclei cerebelli'den afferent lifler gelir. Beyin sakındaki formatio reticularis'e ait nucleus'lardan gelen afferent lifler, nuclei intralaminares thalami'deki bütün nucleus'larda sonlanır. Nuclei intralaminares thalami'deki nucleus'ların hepsi neostriatum'a efferent lif gönderir.

Nucleus reticularis thalami. Lamina medullaris lateralis'in lateralinde yerleşmiş birkaç küçük nucleus'tan oluşmuştur. Nucleus reticularis thalami'nin beyin sakındaki formatio reticularis'e ait nucleus'lar ile anatomik veya fonksiyonel bir ilişkisi yoktur. Nucleus reticularis thalami'nin, thalamus'taki bazı nucleus'lar ile karşılıklı bağlantıları vardır. Bu nucleus'a ayrıca cerebral cortex'in bütün bölgelerinden afferent lifler gelir. Nucleus reticularis thalami'nin, thalamus'taki nöronların aktivitelerinin integrasyonu ve buradaki nucleus'ların efferent impulslarının düzenlenmesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Corpus geniculatum laterale. Corpus geniculatum mediale'nin lateralinde ve pulvinar thalami'nin ventral kısmında yerleşmiş olan corpus geniculatum laterale görme ile ilgili impulsların cortex'e iletilmesinde ara nucleus fonksiyonu görür. Corpus geniculatum laterale, büyük bölümü retina'dan olmak üzere colliculus superior ve primer görme merkezinden afferent lifler alır. Corpus geniculatum laterale'nin efferentleri ise, capsula interna'nın pars retrolentiformis'inden geçerek Brodmann'ın 17 numaralı sahasındaki primer görme merkezine giden *tractus geniculocalcarinus*'u oluşturur.

Corpus geniculatum mediale. İşitme ile ilgili impulsların cerebral cortex'e iletilmesinde ara nucleus fonksiyonu gören corpus geniculatum mediale, pulvinar thalami'nin ventral kısmında yerleşmiştir. Corpus geniculatum mediale içerisinde *nucleus ventralis, nucleus dorsalis* ve *nucleus medialis magnocellularis* olmak üzere üç nucleus yer alır. Bu nucleus'lara topluca *nuclei corporis geniculati medialis* adı verilir. Nuclei corporis geniculati medialis'e brachium colliculi inferioris aracılığı ile lemniscus lateralis ve colliculus inferior'dan işitme ile ilgili afferent lifler gelir. Nucleus medialis magnocellularis'e ayrıca colliculus superior'un derin tabakalarından da afferent lifler geldiği gösterilmiştir. Corpus geniculatum mediale'den başlayan efferent lifler capsula interna'nın pars sublentiformis'inden geçer ve Brodmann'ın 41, 42 numaralı sahalarındaki işitme merkezine giden *tractus geniculotemporalis (radiatio acustica)*'i oluşturur.

Thalamus'un fonksiyonel önemi

Koku duyusu dışındaki tüm duyu impulsları, cerebral cortex'e ulaşmadan önce thalamus'taki nöronlar ile sinaps yapar. Thalamus, sadece duyuların cortex'e iletilmesinde rol oynayan bir ara nucleus olmayıp, duyu impulslarının integrasyonunda rol oynayan önemli bir merkezdir. Periferik reseptörlerden alınan duyu impulsları cerebral cortex'e iletilmeden önce thalamus'ta modifiye ve integre edilir. Çevrede olanlardan haberdar olma, bu durumlara karşı tetikte olma ve dikkat gibi fonksiyonların sağlanması ve düzenlenmesinde de thalamus'un önemli rolü vardır.

Thalamus, corpus striatum ve nuclei cerebellares ile olan bağlantıları sayesinde motor fonksiyonların integrasyonunda; limbik sistem ile olan bağlantıları sayesinde duyuların emosyonel ilişkilerinin değerlendirilmesinde önemli rol oynar.

KLİNİK BİLGİ

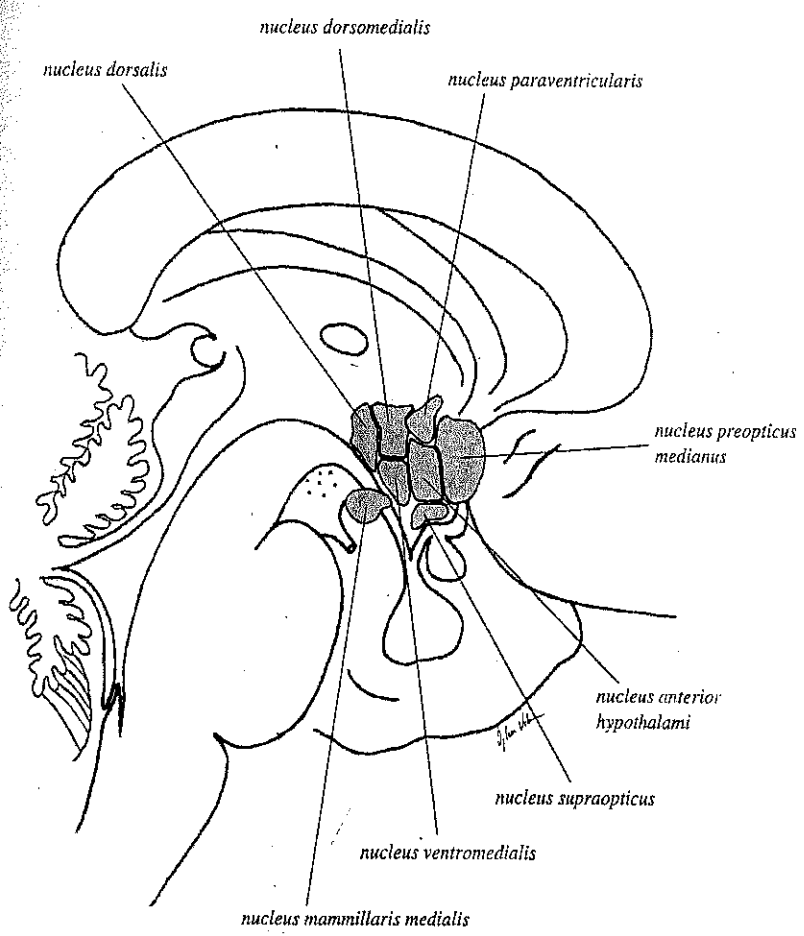
Thalamus'un bazı bölgelerinin veya thalamus'tan cerebral cortex'e çıkan yolların tek taraflı lezyonunda, başlagıçta kontralateral anestezi ortaya çıkar. Bir süre sonra ağrı, ısı ve dokunma duyuları geri gelir. Ancak geri gelen duyuların lokalizasyonunu belirlemede güçlük; duyu impulslarının integrasyonu sonucunda algılanan hareket ve pozisyon hissi, iki nokta diskriminasyonu gibi duyularda önemli algılama bozuklukları ortaya çıkar. Bu tür hastalarda vücudun karşı tarafında şiddetli spontan ağrılar ortaya çıkar ve normalde rahatsız edici olmayan duyular dayanılmaz duyular olarak algılanır. Bu durum *thalamic sendrom* olarak bilinir. Thalamic sendromlu hastalar nadiren, rahatsız edici duyuları hoşa giden duyular olarak da algılayabilirler.

HYPOTHALAMUS

Diencephalon'un kısımlarından biri olan hypothalamus, sıvı elektrolit dengesi, gıda alımı ve enerji dengesi, üreme, vücut ısısının regülasyonu ve birçok emosyonel cevapların otonom ve endokrin sistemler aracılığı ile düzenlenmesini sağlar. Hypothalamus, ventriculus tertius'un her iki duvarının sulcus hypothalamicus'un altında kalan kısmı ile ventriculus tertius'un tabanında yer alır. Hypothalamus önde, aşağıdan yukarıya doğru chiasma opticum, lamina terminalis ve commissura anterior; lateralde subthalamus'un ön kısmı, capsula interna'nın crus anterius'u ve tractus opticus; arkada aşağıdan yukarıya doğru corpus mammillare, mesencephalon'un tegmentum kısmı ve thalamus ile sınırlanmıştır. Corpus mammillare'ler, fossa interpeduncularis'in hemen ön tarafında bulunan bir çift oval yapıdır.

Lamina terminalis'in hemen arkasında yer alan bölgeye *area preoptica* adı verilir. Area preoptica gelişim açısından telencephalon'un bir parçası olmasına rağmen yapı ve fonksiyon açısından hypothalamus'un bir parçası olarak değerlendirilir.

Ventriculus tertius'un tabanında önde chiasma opticum ile arkada corpus mammillare arasında yer alan hypothalamus kısmına *tuber cinereum,* bu oluşumun ortasındaki aşağıya doğru kabarık kısıma *eminentia mediana* adı verilir. Eminentia mediana'dan aşağıya doğru uzanan *infundibular kısım (infundibular stem)*, neurohypophysis ile devam eder.



Şekil 60 . Hypothalamus'tan geçen sagittal bir kesitte görülen bazı nucleus'lar

HYPOTHALAMUS'UN İÇ YAPISI

Hypothalamus medialden laterale doğru *zona periventricularis, zona medialis* ve *zona lateralis* olmak üzere üç bölgede incelenir. Hypothalamus'ta çok sayıda nucle-

us belirlenmiş olmakla birlikte, burada fonksiyonel önemi ve bağlantıları daha iyi bilinen nucleus'lar verilmiştir (Şekil 60).

Zona periventricularis. Hypothalamus'un ventriculus tertius'a bitişik olan kısmında yer alan bu bölgenin ön orta kısmında *nucleus preopticus medianus* yer alır. Yanlarda ise önde *nucleus suprachiasmaticus*, arkada *nucleus arcuatus* bulunur.

Zona intermedia. Nucleus supraopticus, nucleus paraventricularis, nucleus dorsomedialis, nucleus ventromedialis, nucleus tuberomammillaris, corpus mammillare içerisinde yer alan *nucleus mammillaris medialis* ve *nucleus mammillaris lateralis* zona intermedia'da yer alan önemli nucleus'lardır.

Zona lateralis. Hypothalamus'un en dış kısmında yer alan bu bölgede *nuclei tuberales laterales* adı verilen nucleus grubu bulunur.

HYPOTHALAMUS'UN BAĞLANTILARI

Hypothalamus'un afferentleri

1. Pars basalis telencephali (basal forebrain)'deki bazı nucleus'lar ve subiculum'dan başlayan lifler *fasciculus medialis telencephali (medial forebrain bundle)* aracılığı ile hypothalamus'un zona lateralis'inde sonlanır.

2. Hippocampus'tan başlayan ve hypothalamus'un afferentlerinin büyük bir kısmını oluşturan lifler *fornix* adı verilen yol içerisinde seyrederek area preoptica ve nucleus mammillaris medialis'te sonlanır.

3. Corpus amygdaloideum'dan başlayan lifler *stria terminalis* içerisinde seyrederek area preoptica'da sonlanır.

4. Beyin sakı ve medulla spinalis'ten başlayan lifler *fasciculus longitudinalis dorsalis* ve *pedunculus mammillaris* aracılığı ile hypothalamus'a ulaşır. Hypothalamus'a beyin sakından gelen afferent lifler formatio reticularis'e ait nucleus'lar, nuclei tractus solitarii ve locus caeruleus'tan başlar. Medulla spinalis'ten hypothalamus'a gelen afferent lifler somatik duyular ile ilgilidir.

Nuclei tractus solitarii'nin larynx, trachea, pharynx, oesophagus ile thorax ve abdomen içerisindeki organlardan alınan bazı visseral (GVA) duyular ile ilgili kısmından başlayan lifler nucleus parabrachialis lateralis'te; tat (SVA) duyusu ile ilgili kısmından başlayan lifler ise nucleus parabrachialis medialis'te sonlanır. Nucleus parabrachialis lateralis ve nucleus parabrachialis medialis'ten başlayan

lifler de hypothalamus'a afferent impuls taşır.

5. Retina'daki ganglion hücrelerinden başlayan aksonlar nervus opticus ve chiasma opticum aracılığı ile hypothalamus'un nucleus suprachiasmaticus'unda bilateral olarak sonlanır. Bu yola *tractus retinohypothalamicus* adı verilir.

6. Hypothalamus'a cerebral cortex'in bazı kısımlarından da afferent lifler gelir.

Hypothalamus'un efferentleri

Hypothalamus'un, afferent bağlantısının olduğu yapılar ile genellikle efferent bağlantısı da vardır.

1. Zona lateralis'ten başlayan lifler *fasciculus medialis telencephali* içerisinde seyrederek pars basalis telencephali'deki nuclei septales ve nucleus striae diagonalis'te sonlanır. Hypothalamus'un corpus amygdaloideum'a giden efferent lifleri ise stria terminalis içerisinde seyreder.

2. Hypothalamus'ta zona medialis ve zona periventricularis'ten başlayan lifler *fasciculus longitudinalis dorsalis* içerisinde ilerleyerek beyin sakındaki parasempatik nucleus'lar ile bazı motor nucleus'larda sonlanır. Çoğunluğu nucleus mammillaris medialis, bir kısmı da nucleus mammillaris lateralis'ten başlayan lifler ise *fasciculus mammillotegmentalis* aracılığı ile tegmentum mesencephali'ye gider.

3. Nucleus mammillaris medialis'ten başlayan lifler *fasciculus mammillothalamicus* içerisinde seyrederek nuclei anteriores thalami'de sonlanır.

4. Nucleus suprachiasmaticus'tan başlayan efferent liflerin varlığı bilinmekle birlikte bu liflerin dağılımı kesin olarak bilinmemektedir.

5. Nucleus paraventricularis başta olmak üzere, hypothalamus'un lateral ve posterior bölgelerindeki nöronlardan başlayan efferent lifler, beyin sakında nucleus dorsalis nervi vagi, nuclei tractus solitarii ve nucleus ambiguus'ta sonlanır. Hypothalamus'un aynı bölgelerinden başlayan ve medulla spinalis seviyelerine inen yollar, *tractus hypothalamospinalis* içerisinde aşağıya doğru uzanır ve nucleus intermediolateralis'teki sempatik ve parasempatik preganglionik nöronlar ile sinaps yapar.

6. Nucleus supraopticus ve nucleus paraventricularis'te yer alan nöronların, aynı zamanda protein yapısında madde sentezleme özellikleri vardır. Bu nucleus'larda sentezlenen *oxytocin* ve *vasopressin* isimli peptidler, buradaki nöronların aksonları

tarafından oluşturulan *tractus supraopticohypophysialis (tractus hypothalamohypophysialis)* içerisinde neurohypophysis'e taşınır.

7. Tuber cinereum'daki bazı nöronlardan ve özellikle nucleus arcuatus'tan başlayan aksonlar *tractus tuberoinfundibularis*'i oluşturur. Bu yol içerisindeki aksonlar, infundibulum ve eminentia mediana çevresindeki hypophysis'in portal sistemine ait kapillerlerde sonlanır. Tractus tuberoinfundibularis içerisinde, hypophysis'in portal sistemi aracılığı ile adenohypophysis'e ulaşan *releasing faktörler (releasing hormonlar)* taşınır.

HYPOTHALAMUS'UN FONKSİYONLARI

Hypothalamus'un belirli fonksiyonlar ile ilgili bölgelerinin sınırlarını kesin olarak belirlemek genellikle mümkün değildir. Hypothalamus'un otonomik, endokrin ve emosyonel fonksiyonların düzenlenmesi ile ilgili önemli fonksiyonları vardır.

Otonomik kontrol

Hypothalamus'un ön kısmı genel olarak parasempatik fonksiyonlar, arka kısmı ise sempatik fonksiyonlar ile ilgilidir. Özellikle nucleus paraventricularis'teki sempatik ve parasempatik nöronlardan başlayan lifler beyin sakı ve medulla spinalis seviyelerindeki otonomik merkezlere efferent impulslar taşır. Hypothalamus'taki otonomik merkezlerin stimulasyonu dolaşım, solunum ve sindirim sistemlerini etkiler. Hypothalamus'un ön kısmının stimülasyonu sonucunda kalp atım hızında yavaşlama, periferik damarlarda vazodilatasyon, sindirim kanalında peristaltizm artışı ve mesane duvarındaki düz kaslarda tonus artışı; arka kısmının stimülasyonu sonucunda ise periferik damarlarda vazokonstriksiyon, taşikardi, hipertansiyon, solunum sayısında artış, sindirim sistemi ve mesane fonksiyonlarında yavaşlama, pupilla'da dilatasyon ve piloereksiyon gözlenir.

Termoregülasyon

Sempatik ve parasempatik sistemlerin koordinasyonu vücut ısısının kontrolünde önemli rol oynar. Vücut ısısının azaltılması için periferik vazodilatasyon, terleme ve solunum hızının artması gibi mekanizmalar devreye girer. Bunun tersine periferik vazokonstriksiyon, kalp atım hızında artma ve titreme gibi mekanizmalar vücut ısısını korumaya yöneliktir. Termoregülasyonda, sempatik ve parasempatik sistemlerin dışında, nöroendokrin sistem ve somatik motor sistemlerin de rolü vardır. Nöroendokrin sistem, bazal metabolizma hızını ayarlayarak; somatik motor sistem ise istekli motor hareketleri artırarak veya azaltarak vücut ısısının düzenlenmesine yardımcı olur.

KLİNİK BİLGİ

Hypothalamus'un ön kısmının lezyonlarında *hyperthermia* (vücut ısısında artış); arka kısmının lezyonlarında ise *poikilothermia* (vücut ısısının çevre şartlarına göre düzenlenememesi) görülür.

Endokrin kontrol

Hypothalamus'taki bazı nöronlar, adenohypophysis'ten salgılanan hormonların kan seviyelerini, salgıladıkları *releasing hormonlar* aracılığı ile düzenlerler. Hypothalamus'tan salgılanan releasing hormonlar thyrotropin-releasing hormone (TRH), gonadotropin-releasing hormone (GnRH), corticotropin releasing hormone (CRH), growth hormone-release-inhibiting hormone (GHRIH, somatostatin) ve growth hormone-releasing hormone (GHRH), prolactin release-inhibiting factor (PIF) ve prolactin-releasing factor (PRF), melanocyte-stimulating hormone-releasing factor (MRF) ve melanocyte-stimulating hormone-release inhibiting factor (MIF)'dür. Bu hormonlar adenohypophysis'ten thyrotropin (TSH), follicle-stimulating hormone (FSH), luteinizing hormone (LH), adrenocorticotropin (ACTH), somatotropin (STH), prolactin (PRL) ve melanocyte-stimulating hormone (MSH) salgılanmasını düzenler.

Hypothalamus'ta nucleus supraopticus ve nucleus paraventricularis'te sentezlenen oxytocin ve vasopressin, tractus supraopticohypophysialis'i oluşturan aksonların içerisinde neurohypophysis'e taşınır ve burada akson terminallerinin çevresindeki sinuzoidlerden sistemik dolaşıma katılır.

Sıvı alımının kontrolü

Plazma ozmotik basıncının yükselmesi veya kan basıncının düşmesi sonucunda nucleus supraopticus ve nucleus paraventricularis'ten, antidiüretik hormon olarak da bilinen, vasopressin'in salgılanması artar. Vasopressin'in kan seviyesinin yükselmesi, böbreklerden sıvı atılımının azalmasını ve suyun vücutta tutulmasını sağlar. Deneysel çalışmalarda hypothalamus'un lateral kısmında *susuzluk merkezi* olarak da bilinen bir bölge tespit edilmiştir. Bu bölgenin stimülasyonu ile vasopressin salgılanmasının arttığı gösterilmiştir.

KLİNİK BİLGİ

Nucleus supraopticus ve nucleus paraventricularis'in veya bu nucleus'ların hypophysis ile olan bağlantılarının harabiyetine bağlı olarak vasopressin salgılanmasındaki bozukluk sonucunda *diabetes insipidus* adı verilen hastalık ortaya çıkar. Bu hastalık, bol miktarda dilüe idrar ve aşırı su içme ile karakterizedir. Diabetes insipidus'lu hastalarda, vasopressin eksikliğine bağlı olarak böbreklerden suyun reabsorbsiyonu bozulur ve vücut sıvılarının ozmotik basıncı artar. Vücut sıvılarının ozmotik basıncındaki artışın, susuzluk hissi uyndırdığı ve aşırı su içmeyi stimule ettiği düşünülmektedir. Nucleus supraopticus ve nucleus paraventricularis'in lezyonlarında oxytocin salgılanmasında da bozukluk görülebilir. Oxytocin salgılanmasındaki bozukluğa bağlı bulgular, doğum ve laktasyon sırasında ortaya çıkar.

Gıda alımının kontrolü

Hypothalamus'un nucleus ventromedialis'indeki bazı nöronların, kandaki glukoz seviyesine hassas olduğu gösterilmiştir. *Tokluk merkezi* olarak da bilinen bu nucleus'un bilateral lezyonlarında *hyperphagia* (aşırı gıda alımı) görülür. Bunun aksine, hypothalamus'un *beslenme merkezi* olarak bilinen lateral bölgesinin bilateral lezyonunda *hypophagia* veya *aphagia* (gıda alımının azalması veya hiç alınmaması) görülür.

Biyolojik ritm (circadian rhythm)

Vücuttaki birçok aktivite gün boyunca dalgalanmalar gösterir. Örneğin uyku ve uyanıklık durumu, gece-gündüz ilişkisi ile düzenlenen biyolojik bir ritmdir. Ancak ışık, biyolojik ritmi düzenleyen tek faktör değildir. Çalışma zamanı, yemek zamanı ve gürültü gibi birçok faktör de biyolojik ritmi etkiler. Vücuttaki biyolojik ritmleri düzenleyen merkez olarak kabul edilen nucleus suprachiasmaticus'a, gece-gündüz ritmi ile ilgili olarak, tractus retinohypothalamicus aracılığı ile retina'dan direkt lifler gelir. Bu nucleus, gece-gündüz ritmine bağlı olarak, uyku ve uyanıklık dışında da, vücuttaki birçok aktiviteyi periyodik olarak düzenler. Nucleus suprachiasmaticus'un biyolojik ritmi ne şekilde düzenlediği tam olarak bilinmemektedir. Bu nucleus'un bilateral lezyonunda kortikosteroid salınımı, beslenme, lokomotor aktivite gibi birçok fonksiyonun yirmi dört saat içerisindeki ritmi bozulur.

KLİNİK BİLGİ

Hypothalamus'un lezyonlarında *narcolepsy* (düzensiz aralıklarla ortaya çıkan ve kontrol edilemeyen uyku hali), *insomnia* (uyuma güçlüğü) veya *hypersomnia* (normalden daha uzun süreli uyuma hali) gibi uyku düzeni bozuklukları görülebilir.

Seksüel davranışlar ve üreme

Gonadotropinler, prolactin ve oxytocin salgılanması hypothalamus'un kontrolü altındadır. Area preoptica'daki nöronların, adenohypophysis'ten gonadotropinlerin salgılanmasında önemli rolü vardır. Doğumdan sonraki ilk hafta içerisinde kandaki testosteron seviyesi, bu nöronlardan gonadotropinlerin salgılanmasını cinsiyete göre farklı şekilde belirler. Gonadotropinler erkeklerde sürekli olarak belirli bir seviyede salgılanırken, kadınlarda salgılanması menstrüel periyoda uyan bir ritm gösterir. Limbik sistem, hypothalamus aracılığı ile eş bulma ve çoğalma gibi seksüel davranışları düzenler.

KLİNİK BİLGİ

Hypothalamus'taki patolojiler, seksüel gelişmeyi de etkiler. Bu lezyonlar ya *pubertas precox*'ta olduğu gibi primer ve sekonder seks karakterlerinin beklenen yaştan önce gelişmesine veya *hypogonadism*'de olduğu gibi gelişmemesine yol açar. Bu semptomlar, genellikle hypothalamus'un arka kısmını tutan lezyonlarda ortaya çıkar.

Emosyonel davranışlar

Emosyonel davranışlar, subjektif duyguların objektif fiziksel yansımalarıdır. Emosyonel davranışların düzenlenmesinde hypothalamus, limbik sistem ve frontal neocortex'in önemli fonksiyonları vardır. Üzüntü, neşe, sevgi, öfke, korku gibi birçok emosyonel durumda, otonom sinir sistemi tarafından düzenlenen fizyolojik cevaplar gözlenir. Örneğin korku anında gözlenen pupilla dilatasyonu, piloereksiyon, ağız kuruluğu, kalp atım sayısı ve solunum sayısının artması gibi visseromotor cevaplar sempatik sinir sisteminin aktivitesi sonucunda ortaya çıkar. Bu otonomik cevapların ortaya çıkmasında, limbik sistem ile hypothalamus arasındaki bağlantının önemli rolü olduğu düşünülmektedir. Çeşitli emosyonel durumlarda

ortaya çıkan otonomik cevapların seviyesi kişiden kişiye farklılık gösterir. Bu durumun, neocortex'in otonom merkezler üzerindeki kontrol edici etkisine bağlı olduğu düşünülmektedir.

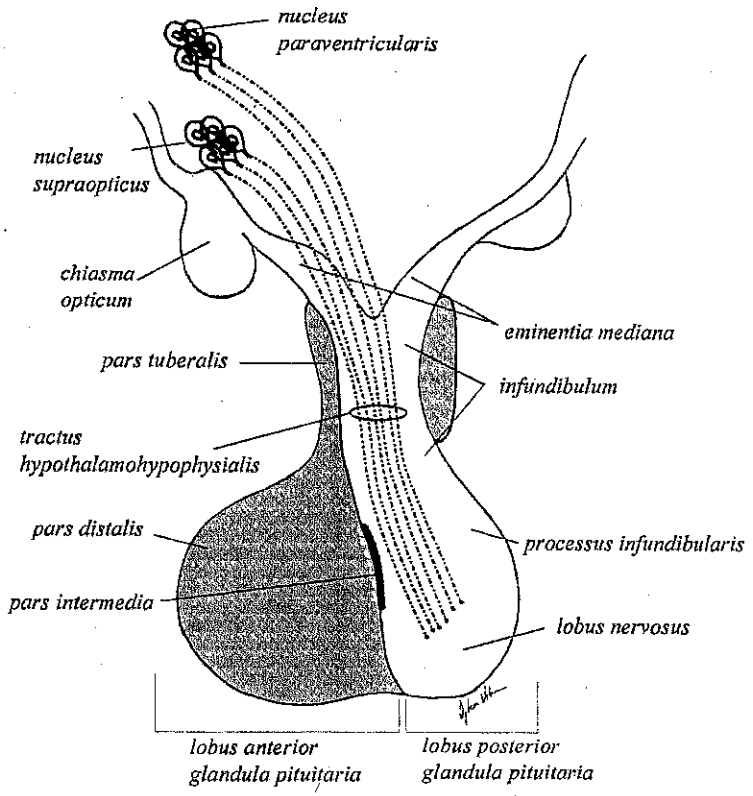
KLİNİK BİLGİ

Hypothalamus'un lezyonlarında sıvı alımı, şeker ve yağ metabolizması, vücut ısısının regülasyonu, uyku düzeni ve birçok endokrin fonksiyonlar ile ilgili otonomik mekanizmalarda bozukluk görülür. Hypothalamus, nisbeten küçük bir yapı olduğu için, bu bölgenin lezyonları genellikle birkaç nucleus'u birden tutar. Buna bağlı olarak hypothalamus'un lezyonlarında genellikle yukarıdaki fonksiyonların bir veya birkaç tanesi bir arada etkilenebilir.

HYPOPHYSIS (GLANDULA PITUITARIA)

Santral sinir sistemi, vücudu sinirler ve hormonlar aracılığı ile kontrol eder. Sinirler aracılığı ile olan kontrol daha süratli, hormonlar aracılığı ile olan ise daha yavaştır. Santral sinir sistemi hypothalamus ve hypophysis aracılığı ile hormon yapımını düzenler. Hypophysis'ten hormon salgılanmasını kontrol eden merkez hypothalamus'tur. Hypophysis'ten salgılanan hormonların bir kısmı periferik yapılara direkt olarak etki eder; bir kısmı ise tropik hormonlar olup endokrin organlarda hormon yapımını kontrol eder.

Hypophysis, os sphenoidale'de sella turcica'nın fossa hypophysialis adı verilen kısmı içerisinde yerleşmiştir. Oval şekilli, gri-kırmızı renkli ve yaklaşık 500 mg ağırlığında olan hypophysis'in ön-arka uzunluğu 8 mm, transvers uzunluğu ise 12 mm civarındadır. Hypophysis'in üst kısmı dura mater cranialis'in *diaphragma sellae* adı verilen kısmı ile örtülüdür. Diaphragma sellae'nın ortasındaki açıklıktan geçen *infundibulum (hypophyseal stalk)*, hypothalamus'un tuber cinereum'u ile hypophysis'i birleştirir. Diaphragma sellae içerisinde, infundibulum'un ön tarafında sinus intercavernosus anterior, arka tarafında ise sinus intercavernosus posterior yer alır. Sağ ve sol sinus cavernosus'lar, bu iki sinus aracılığı ile bağlantılıdır. Hypophysis'i saran kapsül, alt ve yan kısımlarda beyin zarları ile karışmıştır. Hypophysis, yukarıda diaphragma sellae ve spatium subarachnoideum aracılığı ile chiasma opticum, yanlarda ise sinus cavernosus'lar ile komşudur. Hypophysis'in alt kısmı ile fossa hypophysialis'in tabanı arasında, sinus intercavernosus anterior ve posterior ile ilişkisi olan bir sinüs bulunur. Hypophysis, ön-alt tarafta kemik aracılığı ile sinus sphenoidalis ile komşuluk yapar.



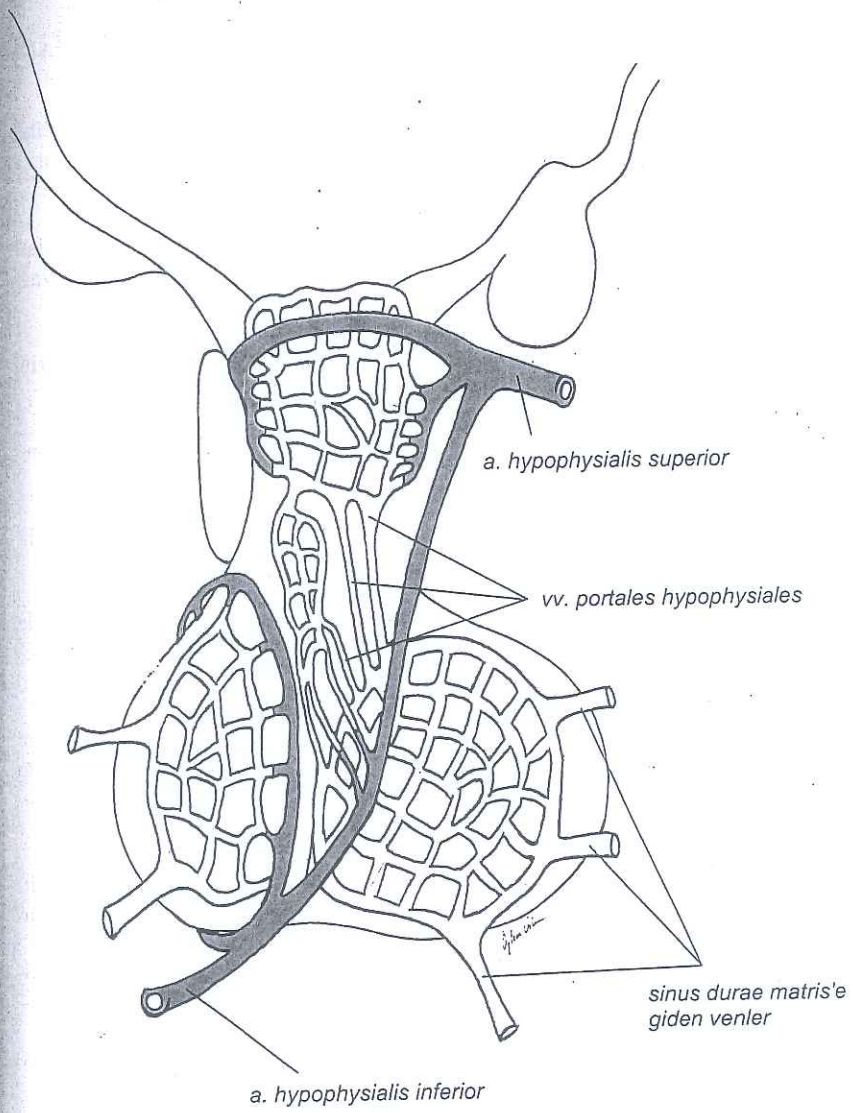
Şekil 61. Hypophysis'in kısımları

Hypophysis'in, *adenohypophysis* ve *neurohypophysis* olmak üzere, embriyolojik olarak farklı yerlerden gelişen iki kısmı vardır. Oral ektoderm (stomodeum)'den gelişen adenohypophysis'in *pars tuberalis, pars intermedia* ve *pars distalis*; neural ektoderm'den gelişen neurohypophysis'in ise *eminentia mediana, infundibular kısım* ve *lobus nervosus* kısımları vardır (Şekil 61).

HYPOPHYSIS'İN DAMARLARI VE HPYOYHYSIS'İN PORTAL SİSTEMİ

Hypophysis, *a. hypophysialis superior* ve *a. hypophysialis inferior*'lar tarafından beslenir. Her iki tarafta a. carotis interna'dan çıkan a. hypophysialis inferior, sağ ve sol tarafta birer adettir. Genellikle birden fazla sayıda olan a. hypophysialis superior'lar ise a. carotis interna, a. cerebri anterior ve a. cerebri posterior'dan çıkar. A. hypophysialis superior'lar infundibulum'un çevresinde, a. hypophysialis inferior'lar ise neurohypophysis çevresinde birer arter ağı oluşturur. A. hypophysialis superior'dan çıkan dallar genel olarak eminentia mediana ve infundibulum'un üst kısımlarındaki sinuzoidlerde, a. hypophysialis inferior'dan çıkan dallar ise genel olarak infundibulum'un alt kısmı ve neurohypophysis'teki sinuzoidlerde sonlanır (Şekil 62). Infundibulum'daki sinuzoidler, *vv. portales hypophysiales* aracılığı ile adenohypophysis'teki sinuzoidlere açılır. Adenohypophysis'in kanlanmasının tamamına yakını vv. portales hypophysiales aracılığı ile olur. Infundibulum'daki sinuzoidler, vv. portales hypophysiales ve adenohypophysis'teki sinuzoidlerin oluşturduğu sisteme *hypophysis'in portal sistemi* adı verilir. Adenohypophysis ve neurohypophysis'deki sinuzoidler, v. hypophysialis inferior'lar aracılığı ile beyin venöz sinüslerine drene olur.

Hypothalamus, adenohypophysis ve neurohypophysis'ten hormon salgılanmasını farklı yollardan düzenler. Hypothalamus'tan salgılanan releasing faktörler, tractus tuberoinfundibularis içerisindeki aksonlarda taşınarak infundibulum'daki sinuzoidlere ulaşır. Bu sinuzoidlerden hypophysis'in portal sistemi aracılığı ile adenohypophysis'e taşınan releasing faktörler, burada hormon salgılanmasını düzenler. Neurohypophysis'ten salgılanan hormonlar ise, aslında nucleus supraopticus ve nucleus paraventricularis'te sentezlenir. Bu hormonlar, *tractus supraopticohypophysialis (tractus hypothalamohypophysialis)*'i oluşturan aksonlar içerisinde taşınarak neurohypophysis'teki sinuzoidlere ulaşır ve buradan sistemik dolaşıma katılır (Şekil 61). Neurohypophysis'ten salgılanan hormonlar, beyin-omurilik sıvısında da gösterilmiştir. Bu hormonların eminentia mediana'ya uzanan kapiller aracılığı ile hypothalamus'a ulaştığı, buradan da ventrikül duvarında yer alan ve tanycyte adı verilen hücreler aracılığı ile beyin-omurilik sıvısına karıştığı düşünülmektedir.



Şekil 62. Hypophysis'in damarları ve hypophysis'in portal sistemi

ADENOHYPOPHYSIS VE NEUROHYPOPHYSIS'TEN SALGILANAN HORMONLAR

Adenohypophysis'te, hypothalamus'tan salgılanan releasing faktörlerin etkisi ile sentezlenen ve sinuzoidler aracılığı ile sistemik dolaşıma verilen hormonlar şunlardır:

Somatotropin (Growth hormone-STH). Kas ve kemiklerin belirli bir yaşa kadar büyümelerini sağlar. Büyüme hormonu adı da verilen bu hormon, glukoz ve yağ metabolizmalarını indirekt olarak etkiler.

Prolaktin (Mammatropin-PRL-lactogenic hormone). Kadınlarda memelerin büyümesini ve glandula mammaria'ların salgı yapmasını sağlar.

Tirotropin (Thyrotropin-TSH). Bu hormon, glandula thyroidea'dan tiroid hormonlarının salgılanmasını stimule eder.

Adrenokortikotropin (Adrenocorticotropin-ACTH). Bu hormon, glandula suprarenalis'in cortex kısmından steroid hormonların salgılanmasını stimule eder.

Follikül stimule edici hormon (Follicle-stimulating hormone-FSH). Kadınlarda ovarium folliküllerinin gelişmesini ve östrojen hormonunun salgılanmasını, erkeklerde ise spermatogenesis'i sağlar.

Luteinize edici hormon (Luteinizing hormone-LH). Kadınlarda corpus luteum tarafından progesteron salgılanmasını sağlar. Bu hormonun erkeklerdeki karşılığı olan *interstisiel hücre stimule edici hormon (interstitial cell stimulating hormone-ICSH),* testis'lerden testosteron salgılanmasını stimule eder.

Melanosit stimule edici hormon (MSH). Derideki pigment hücrelerini (melanositleri) stimule ederek derinin normal pigmentasyonunu sağlar ve gerektiğinde artırır.

Hypothalamus'ta sentezlenerek neurohypophysis'teki sinuzoidler aracılığı ile sistemik dolaşıma verilen hormonlar şunlardır:

Vasopressin (Antidiüretik hormon-ADH). Bu hormon, böbreklerde distal tubuluslardan suyun rearbsorpsiyonunu artırarak vücutta su tutulmasını sağlar.

Oxytocin. Bu hormon, uterus ve memenin düz kas liflerinde kontraksiyona sebep olur.

KLİNİK BİLGİ

Hypophysis'in tümoral büyümeleri, yakın komşuluğu nedeni ile chiasma opticum'a baskı yapar. Bu durum hastalarda genellikle bitemporal hemianopsia'ya sebep olur. Adenohypophysis'in lezyonlarında buradan salgılanan hormonların bir kısmında veya tamamında artma veya azalma görülebilir.

Çeşitli patolojilere bağlı olarak hypophysis'ten hiçbir hormonun salgılanmamasına *panhypopituitarism* denir. Panhypopituitarism'de FSH ve LH eksikliğine bağlı olarak kadınlarda *amenorrhea* (menstruasyonun azalması veya hiç olmaması), sekonder seks karakterlerinde gerileme ve infertilite görülür. Gonadotropinlerin erkeklerdeki eksikliği ise testicular atrofi, impotans, sekonder seks karakterlerinde gerileme ve spermatogenesis'in azalmasına bağlı olarak infertiliteye sebep olur. Erişkinlerde büyüme hormonunun eksikliği genellikle önemli bulgu vermez, ancak çocukluk çağında büyüme hormonunun salgılanmasındaki eksiklik sonucunda *dwarfism (cücelik)* adı verilen durum ortaya çıkar. Panhypopituitarism'de TSH eksikliğine bağlı *hypothyroidism* ve ACTH eksikliğine bağlı olarak *hypoadrenalism* görülür. Ayrıca, MSH eksikliği nedeni ile pigmentasyonun azalmasına bağlı olarak deri soluk renktedir. Özellikle, annede postpartum (doğumdan sonra) dönemde görülen,doğum sırasındaki aşırı kanama ve buna bağlı hipovolemi sonucunda gelişen *Sheehan sendromu*'nda, hypophysis'teki nekroza bağlı olarak panhypopituitarism ortaya çıkar.

Büyüme hormonunun aşırı salgılanması adenohypophysis'in adenomlarında sıklıkla rastlanan bir durumdur. Özellikle uykunun erken fazında salgılanan büyüme hormonu, tiroid hormonu ile sinerjistik olarak çalışır. Büyüme hormonunun puberteden önce aşırı miktarda salgılanması *gigantism* (vücudun tamamının aşırı derecede büyümesi)'e, puberteden sonra aşırı miktarda salgılanması ise *acromegaly* (baş, yüz, eller, ayaklar ve thorax'ın progresif olarak büyümesi)'ye sebep olur.

Glandula suprarenalis'in cortex kısmının hiperfonksiyonuna bağlı olarak, glukokortikoid hormonların sentezindeki artış *Cushing sendromu*'na sebep olur. Glukokortikoid hormonların sentezindeki artışın, adenohypophysis'ten aşırı miktarda ACTH salgılanması sonucunda ortaya çıkmasına ise *Cushing hastalığı* adı verilir. Bu hastalık yüz, gövde ve özellikle ensede aşırı yağlanma, hipertansiyon, osteoporosis, kaslarda zayıflık, karın cildinde mor renkli strialar, karbonhidrat metabolizmasında bozukluk, kadınlarda mens-

truel siklus bozukluğu ve aşırı kıllanma ile karakterizedir.

Hypophysis adenomları arasında en sık görüleni *prolactinoma*'dır. Prolactinoma'lı hastalarda, aşırı miktarda prolaktin salgılanmasına bağlı olarak *galactorrhea* (erkeklerde ve emzirme dönemi dışında kadınlarda memelerden süt gelmesi) görülür. Prolactinoma'sı olan kadın hastalarda, nedeni bilinmemekle birlikte, genellikle amenorrhea da tabloya eşlik eder.

Adenohypophysis'in çok nadiren görülen TSH salgılayan tümörleri *hyperthyroidism*'e sebep olur.

EPITHALAMUS

Diencephalon'un üst kısmının arka tarafında bulunan epithalamus, corpus callosum'un splenium kısmının altında, ventriculus tertius'un üst-arka duvarında ve thalamus'un dorsomedialinde yerleşmiştir. Epithalamus içerisinde *habenula, glandula pinealis, stria medullaris thalami, commissura posterior* ve ventriculus tertius'un *tela choroidea*'sı yer alır.

HABENULA

Habenula, *sulcus habenularis* ile pulvinar thalami'den ayrılmıştır. Habenula'nın sulcus habenulare'nin medialinde kalan kısmına *trigonum habenulare* denir. Trigonum habenulare içerisinde *nucleus habenularis medialis* ve *nucleus habenularis lateralis* yer alır. Bir taraftaki nucleus habenularis medialis ve lateralis'ten karşı taraftaki aynı nucleus'lara giden lifler *commissura habenularum*'u oluşturur. Nucleus habenularis medialis ve lateralis'e gelen afferent lifler *stria medullaris thalami* içerisinde taşınır; bu lifler area septalis'ten başlar. Son çalışmalarda nucleus suprachiasmaticus'tan bu nucleus'lara gelen afferent lifler de gösterilmiştir. Nucleus habenularis medialis ve lateralis'ten başlayan efferent lifler ise *fasciculus retroflexus*'u oluşturur. Bu lifler genel olarak nucleus interpeduncularis ve mesencephalon'daki nuclei reticulares'te sonlanır. Nucleus habenularis medialis ve lateralis'ten glandula pinealis'e giden liflerin varlığı da gösterilmiştir. Bu iki nucleus'un, limbik sistemden gelen impulsların mesencephalon'a taşınmasında rol oynayan ara nucleus'lar olduğu kabul edilmektedir.

GLANDULA PINEALIS

Glandula pinealis (corpus pineale, epiphysis cerebri), her iki colliculus superior'un arasındaki çukurlukta ve orta hatta yer alan bir yapıdır. Yukarıda corpus callosum'un splenium kısmından ventriculus tertius'un tela choroidea'sı ile ayrılmış olan glandula pinealis, yaklaşık 8 mm uzunluğundadır. Glandula pinealis'in öne doğru uzanan sap kısmı (pineal stalk) üst ve alt olmak üzere iki lamina'ya ayrılır. Bu iki lamina arasında ventriculus tertius'un arka-üst kısmında bulunan *recessus pinealis* yer alır. Üstteki lamina commissura habenularis'i, alttaki lamina ise commissura posterior'u içerir.

Glandula pinealis, *pinealocyte* adı verilen hücreler ile bunların arasında yer alan glia hücrelerinden oluşmuştur. Pinealocyte'lerin uzantıları glandula pinealis içerisindeki kapillerlerin etrafında ve daha nadir olarak recessus pinealis'i döşeyen ependim hücrelerinin yakınında terminal genişlemeler göstererek sonlanır. Bu terminal genişlemelerde yer alan veziküllerin içerisinde pinealocyte'lerde sentezlenen monoaminler ve polipeptit yapıda hormonlar depolanır. Bu maddeler beyin omurilik sıvısına ve kapillerler aracılığı ile kan dolaşımına verilir.

Pinealocyte'lerde sentezlenen maddelerin hücre dışına verilmesi sırasında hücre içerisine kalsiyum iyonları girer. Kalsiyum iyonları zamanla hücre içerisinde birikerek *corpora arenacea (brain sand)* adı verilen kalsifiye yapıları oluşturur. Genellikle on altı yaşından itibaren görülmeye başlayan bu yapılar, direkt kafa grafilerinde orta hattın belirlenmesinde yardımcı olur.

Santral sinir sisteminde hiçbir yer ile efferent bağlantısı olmadığı kabul edilen glandula pinealis'e birçok yerden afferent lifler gelir.

Glandula pinealis'e, ganglion cervicale superius'taki nöronlardan gelen postsinaptik sempatik sinir lifleri *n. conarii*'yi oluşturur. Bu sinir içerisindeki postganglionik sempatik lifler, glandula pinealis içerisinde damarlar ile beraber seyreder ve pinealocyte'ler ile sinaps yaparak veya pinealocyte'ler arasındaki perivasküler aralıklarda sonlanır. Sempatik stimülasyonun, pinealocyte'lerde sentezlenen maddelerin salgılanmasında rolü olduğu ileri sürülmüştür. Glandula pinealis'e, hypothalamus'un lateral kısımları ve nucleus paraventricularis'ten, nucleus habenularis medialis ve lateralis'ten, folium intergeniculatum (intergeniculate leaf)'dan da afferent lifler gelir.

Glandula pinealis'in fonksiyonel önemi

Glandula pinealis'in adenohypophysis, neurohypophysis, pancreas'ın endokrin

kısmı, glandula parathyroidea, glandula suprarenalis'in cortex ve medulla kısımları, ve gonadlar üzerinde düzenleyici etkileri vardır. Bu etkileri genellikle inhibe edici olan glandula pinealis, endokrin bir organ olarak kabul edilir.

Glandula pinealis'ten serotonin, melatonin ve norepinefrin gibi bazı biyojenik aminler salgılanır. Serotonin, pinealocyte'lerden sağlanarak hücreler arası boşluğa verilir. Melatonin ise, bazı enzimlerin etkisi ile serotonin'den sentezlenir. Sempatik stimülasyon ile artan melatonin sentezi, retina'ya gelen ışık impulslarına bağlı olarak gün içerisinde ritmik dalgalanmalar gösterir. Buna göre gece artan melatonin sentezi, gündüz azalır.

Hypothalamus'taki nucleus suprachiasmaticus, mekanizmaları tam olarak bilinmeyen kompleks bağlantıları aracalığı ile biyolojik ritmleri düzenleyen merkez olarak kabul edilir. Glandula pinealis'in gece-gündüz ritmine bağlı olarak değişen melatonin sentezinin de nucleus suprachiasmaticus tarafından ne şekilde etkilendiği kesin olarak bilinmemektedir.

KLİNİK BİLGİ

Glandula pinealis'in harabiyetine yol açan tümörler, özellikle gonadlar üzerine olan inhibisyonun ortadan kalkmasına sebep olur. Bu durum, primer ve sekonder seks karakterlerinin beklenen yaştan önce gelişmesi ile karakterize olan *pubertas precox*'a neden olur.

Gece-gündüz saatlerinin değiştiği uzun mesafeli uçak yolculuklarında ortaya çıkan "jet lag" veya çalışma saatlerinin değişmesine bağlı olarak görülen "work shift syndrome" gibi durumlarda circadian ritmin bozulması sonucunda uyku düzensizlikleri ortaya çıkar. Bu tür uyku düzensizlikleri, melatonin ile tedavi edilebilmektedir.

STRIA MEDULLARIS THALAMI

Aksonların oluşturduğu bir yapı olan stria medullaris thalami, thalamus'un üst medial yüzünden geçerek trigonum habenulare'ye uzanır. Stria medullaris thalami içerisinde seyreden aksonlar nuclei septales, area preoptica'nın lateral kısımları, nuclei anteriores thalami, hippocampus ve corpus amygdaloideum'dan başlar.

COMMISSURA POSTERIOR

Substantia grisea centralis'in dorsalinde ve colliculus superior'ların rostralinde, orta hatta yer alan bu yapı, komissural yollardan biridir. Commissura posterior içerisinden geçen lifler nuclei pretectales, nucleus commissurae posterioris, nucleus interstitialis (Cajal's interstitial nucleus), colliculus superior ve nuclei dorsales thalami'den başlar. Pupilla ışık refleksi ile ilgili liflerin bir kısmı commissura posterior'dan karşı tarafa geçer.

SUBTHALAMUS (VENTRAL THALAMUS)

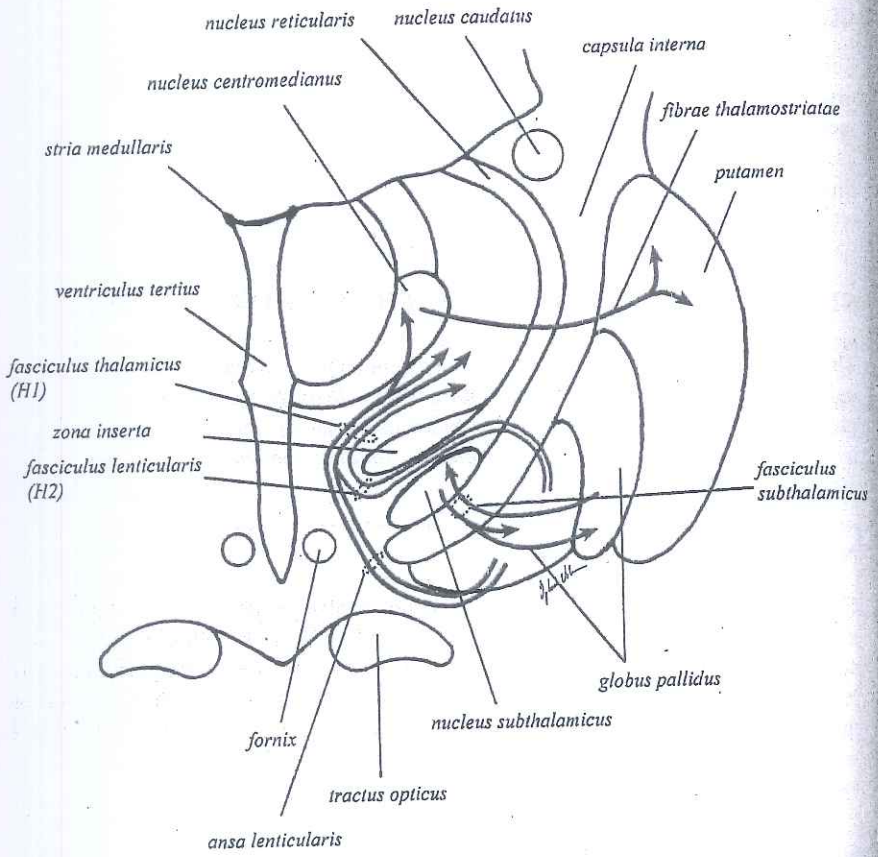
Thalamus'un ventralinde, capsula interna'nın medialinde ve hypothalamus'un kaudal kısmının lateralinde yer alan subthalamus, aynı zamanda ventral thalamus olarak da isimlendirilir (Şekil 63). Subthalamus içerisinde yer alan oluşumlar *nucleus subthalamicus, nuclei campi perizonalis, zona incerta, ansa lenticularis* ve *fasciculus subthalamicus*'tur.

Nucleus subthalamicus

Capsula interna'nın kaudal kısmının medialinde yer alan ve substantia nigra'nın rostral kısmına kadar uzanan bu nucleus, bazal ganglionlardan biridir. Nucleus subthalamicus'un afferentleri globus pallidus lateralis'ten, motor, premotor ve prefrontal cortex'ten, thalamus'tan ve nucleus tegmentalis pedunculopontinus'tan gelir. Nucleus subthalamicus'un efferentleri ise globus pallidus ve substantia nigra'ya gider. Bu nucleus'un globus pallidus ve substantia nigra'daki nöronlar üzerinde aktive edici etkisi vardır.

Nuclei campi perizonalis

Nucleus subthalamicus'un üst medial kısmında bulunan bu yapı içerisinde *Forel'in H sahası (nucleus campi medialis - prerubral field), Forel'in H1 sahası (nucleus campi dorsalis - fasciculus thalamicus)* ve *Forel'in H2 sahası (nucleus campi ventralis - fasciculus lenticularis)* yer alır (Şekil 63). Forel'in H sahası, globus pallidus'tan gelen lifler ile bunların arasında dağınık olarak yerleşmiş nöron gruplarını içerir. Forel'in H sahasından thalamus'a doğru uzanan lifler fasciculus thalamicus'u oluşturur. Globus pallidus medialis'ten başlayan ve nucleus subthalamicus'un rostralinden geçerek Forel'in H sahasına uzanan liflere fasciculus lenticularis adı verilir. Forel'in H sahasında ansa lenticularis ile birleşen bu lifler fasciculus thalamicus'a katılır.



Şekil 63. Subthalamus içerisinde yer alan oluşumlar

Zona incerta

Bu bölge, fasciculus thalamicus ile fasciculus lenticularis arasında yer alır (Şekil 63). Zona incerta'da bulunan nöronlar, lateralde nucleus reticularis thalami ile komşuluk yapar.

Ansa lenticularis

Globus pallidus medialis'ten başlayan ve nucleus subthalamicus'un kaudalinden

geçerek Forel'in H sahasına uzanan liflere ansa lenticularis adı verilir (Şekil 63). Forel'in H sahasında fasciculus lenticularis ile birleşen bu lifler fasciculus thalamicus'a katılır.

Fasciculus subthalamicus.

Bu yapıyı globus pallidus lateralis'ten başlayarak nucleus subthalamicus'a giden ve nucleus subthalamicus'tan başlayarak globus pallidus medialis ve lateralis'e giden lifler oluşturur (Şekil 63).

GÖRME YOLLARI

Göz, özel somatik afferent (SSA) duyulardan biri olarak kabul edilen görme duyusunun reseptör organıdır. Göz, otofokus yapan lens'i, diyaframı gibi çalışan iris'i ve ışığa hassas film fonksiyonu gören retina'sı ile bir fotoğraf makinesini andırır. Görme duyusu, retina'daki fotoreseptör hücreler tarafından algılanır ve n. opticus aracılığı ile görme yollarının diğer kısımlarına iletilir. Retina ve n. opticus, embriyolojik olarak diencephalon'un bir uzantısıdır.

RETINA

Retina, ora serrata'nın ön tarafında yer alan *pars caeca retinae* ve arka tarafında yer alan *pars optica retinae* olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur. Bunlardan sadece pars optica retinae, retina'nın görme ile ilgili olan kısmıdır. Retina, dışta *stratum pigmentosum* ve içte *stratum nervosum* olmak üzere iki tabakadan oluşur.

Stratum pigmentosum'da, görme için önemli fonksiyonları olan ve melanin pigmenti içeren epitel hücreleri vardır. Bu hücreler, fotoreseptörlerin yakalayamadığı ışığı absorbe ederek fotoreseptörlere geri yansımasını önler ve böylece görüntünün netliğinin bozulmasını engeller. Stratum pigmentosum'daki epitel hücrelerinin fagositoz yapma ve kan-retina bariyerini oluşturma özellikleri de vardır.

Stratum nervosum'da *fotoreseptör hücreler, bipolar hücreler, ganglion hücreleri*, internöronlar *(amacrine hücreler* ve *horizontal hücreler)* ve bunların arasında yer alan glia hücreleri *(Müller hücreleri, retinal astrositler* ve *retinal microglia)* bulunur. Stratum nervosum, dıştan içe doğru aşağıdaki tabakalardan oluşur (Şekil 64):

Stratum segmentorum externorum
Stratum segmentorum internorum
Stratum limitans externum
Stratum nucleare externum
Stratum plexiforme externum
Stratum nucleare internum

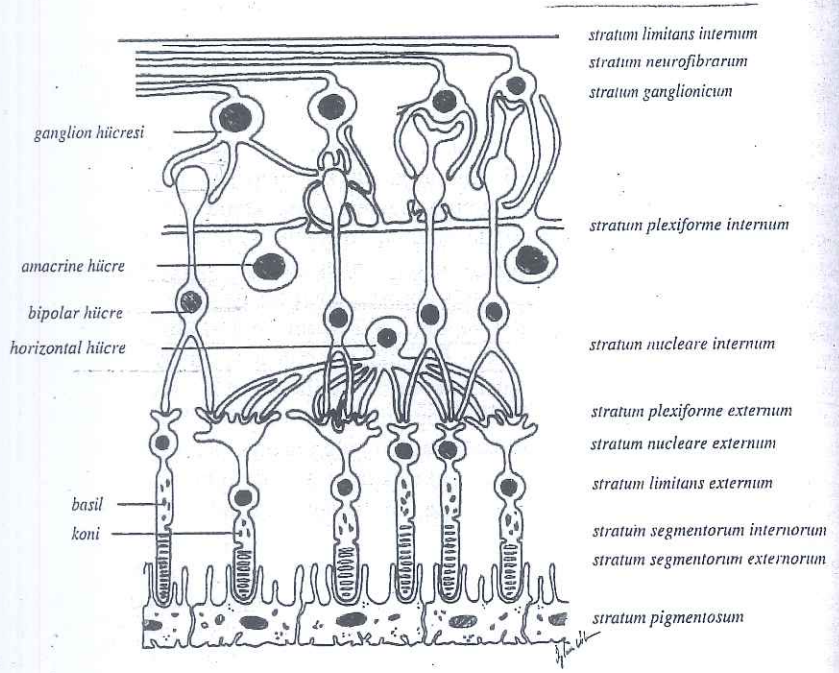
Stratum plexiforme internum
Stratum ganglionicum
Stratum neurofibrarum
Stratum limitans internum

Retina'da *basil (rod-epitheliocytus bacillifer)* ve *koni (cone-epitheliocytus conifer)* adı verilen ışığa hassas hücreler (fotoreseptör) bulunur. Bu hücrelerin bir dış segmenti, bir iç segmenti, hücre gövdesi ve daha derindeki hücrelerle sinaps yapan taban kısımları vardır. Basil ve konilerin gövde kısımları stratum nucleare externum'da, dış ve iç segmentleri ise stratum segmentorum externorum ve stratum segmentorum internorum tabakalarında bulunur. Basil ve konilerin dış segmentleri fotopigment içerir. Basillerde *rhodopsin* adı verilen tek tip fotopigment bulunurken konilerde mavi, yeşil ve kırmızı ışığı absorbe eden ve *opsin* adı verilen üç tip fotopigment vardır. Alacakaranlık ve karanlıkta görmeye yarayan basillerin ışıkla uyarılma eşiği daha düşük, aydınlık ve bol ışıklı ortamda net görmeye yarayan konilerin ise ışıkla uyarılma eşiği daha yüksektir. Basillerin ışığa karşı hassasiyetleri daha fazla olmasına rağmen tek tip fotopigment içermeleri nedeniyle bu hücreler sadece renksiz görme ile ilgilidir. Işığa hassasiyetleri daha az olan koniler ise, üç tip fotopigment içermeleri nedeniyle renkli görme ile ilgilidir. Basillerin sayısı yaklaşık olarak 100 milyon, konilerin ise 7 milyon civarındadır.

Bulbus oculi'in polus posterior'una yakın bir bölgede yer alan yuvarlak ve sarı renkli retina kısmına *macula lutea* adı verilir. Macula lutea, axis opticus'un tam üzerindedir ve retina'nın santral görme ile ilgili olan kısmıdır. Pars optica retinae'nın macula lutea çevresinde kalan kısmı parasantral görme, en periferde kalan kısmı ise periferik görme ile ilgilidir. Macula lutea'nın tam ortasında *fovea centralis* adı verilen küçük bir çukur vardır. Burada sadece koniler bulunur ve bunların daha iç kısmındaki tabakalar yanlara doğru itilmiş durumdadır. Fovea centralis'e gelen ışığın konilere direkt olarak ulaşması nedeni ile bu bölge retina'nın en net, en keskin ve en renkli gördüğü yerdir.

Işığın fotopigment üzerine düşmesi, koni ve basillerde kimyasal bir reaksiyona sebep olur ve bu reaksiyon sinir impulsuna dönüşür. Koni ve basiller, direkt olarak veya internöronlar aracılığı ile, hücre gövdeleri stratum nucleare internum'da bulunan bipolar hücreler ile sinaps yaparlar. Tek bir bipolar nöron ile sinaps yapan basil sayısı koni sayısına göre daha fazladır. Çok sayıda basilin tek bir bipolar nöron ile sinaps yapması, bipolar nöronun uyarılmasını kolaylaştırır. Bu durum az ışıklı ortamda bipolar hücrelerin basiller tarafından daha kolay uyarılabilmesini sağlar; ancak görüntü netliğinin daha az olmasına neden olur. Basillerin tersine, tek bir bipolar nöron ile daha az sayıda koninin sinaps yapması, koni sisteminin az ışıklı

ortamda çalışmamasına neden olur; ancak görüntü ile ilgili detayların daha iyi algılanabilmesini sağlar.



Şekil 64. Retina'nın tabakaları

Horizontal hücreler, retina'daki internöronlardan olup koniler, basiller ve bipolar hücreler arasında sinapslar yapar. Horizontal hücrelerin hücre gövdeleri stratum nucleare internum'da, yaptıkları sinapslar ise stratum plexiforme externum tabakasındadır. Retina'daki diğer internöron grubu olan amacrine hücrelerin büyük kısmının hücre gövdeleri stratum nucleare internum'da, bir kısmının ise stratum ganlionicum'un dış tarafında yer alır. Amacrine hücrelerin büyük bir kısmı bipolar hücreler ile ganglion hücreleri arasında sinaptik bağlantılar yapar. Bu sinapslar ise stratum plexiforme internum'da yer alır. Horizontal ve amacrine hücrelerin fonksiyonu fotoreseptörler, bipolar hücreler ve ganglion hücreleri arasında modülasyon ve integrasyonu sağlamaktır. Stratum ganglionicum tabakasında bulunan ganglion hücrelerinin aksonları, stratum nervofibrorum'da retina'nın iç yüzeyine paralel olarak *discus nervi optici*'ye doğru seyreder ve *nervus opticus*'u oluşturmak üzere birleşirler. Discus nervi optici, fovea centralis'in lateralinde yer alan, ortası hafif

çukur ve etrafı hafif kabarık bir bölgedir. Bu kabarıklıktan dolayı discus nervi optici'ye *papilla* adı da verilmesine rağmen, çoğu insanda bu kabarıklık belirgin değildir. Discus nervi optici'de sadece aksonlar bulunduğu için burası retina'nın kör noktasıdır. N. opticus içerisindeki aksonlar lamina cribrosa sclerae'dan geçerek bulbus oculi'yi terk eder. Lamina cribrosa sclerae'ya kadar miyelinsiz olan ganglion hücrelerinin aksonları, buradan itibaren miyelin kılıfı ile sarılı durumdadır.

Ganglion hücreleri fizyolojik özelliklerine, büyüklüklerine ve liflerinin dağılımına göre X, Y ve W olmak üzere üç gruba ayrılır. Bunlardan X hücreleri daha çok santral görme ile ilgili impulslar taşır. Orta büyüklükte olan bu hücrelerin aksonlarında impuls iletim hızı yavaştır. X hücrelerinin aksonlarının büyük bir kısmı corpus geniculatum laterale'de 3, 4, 5 ve 6 numaralı laminalara, bir kısmı ise area pretectalis'e gider. Hareketli stimulüslara hassas olan Y hücreleri, ganglion hücrelerinin en büyükleridir. Corpus geniculatum laterale'de 1 ve 2 numaralı laminalarda ve colliculus superior'da sonlanan Y hücrelerine ait aksonlarda impuls iletimi hızlıdır. Ganglion hücreleri arasında en küçükleri olan W hücrelerinin aksonlarında impuls iletim hızı çok yavaştır. Bu hücrelerin aksonları colliculus superior ve area pretectalis'e gider. W hücrelerinin görme ile ilgili göz ve baş hareketlerinde rol oynadığı ileri sürülmüştür.

Baş ve gözler sabit durumda iken her iki gözün görebildiği alana *görme alanı* adı verilir (Şekil 65). Her bir göze ait görme alanının ortasında macula lutea'ların gördüğü yuvarlak ve nisbeten küçük olan alana *santral görme alanı* denir. Santral görme alanının çevresindeki daha geniş olan alana *parasantral görme alanı* ve bunun da periferinde kalan ve ancak o taraftaki gözün görebildiği alana ise *periferik görme alanı* adı verilir. Discus nervi optici'de fotoreseptörler bulunmadığı için, retinanın bu kısmına karşılık gelen görme alanı *kör nokta* olarak tanımlanır. Ancak sağ ve sol gözün retinalarındaki kör noktalar görme alanında çakışmadığı için, her iki gözle bakıldığı zaman görme alanında kör bir nokta tespit edilemez.

Her iki gözün retina'sının sağ yarımı görme alanının sol yarısını, sol yarımı ise görme alanının sağ yarısını görür. Ancak her iki göz, orta hatta bulunan burun nedeni ile, diğer göze ait görme alanının en periferde kalan kısmını göremez; bu alan ancak aynı taraftaki göz tarafından görülebilir. Retina'ların alt yarımı görme alanının üst kısmını, üst yarımı ise görme alanının alt kısmını görür. Bu nedenle her bir göz, görme alanını başaşağı ve ters olarak görür.

NERVUS OPTICUS VE CHIASMA OPTICUM

N. opticus, gerçek anlamda bir kranial sinir olmayıp esasında bir beyin tractus'udur. N. opticus içerisindeki aksonların miyelin kılıfı, diğer kranial sinirlerde olduğu gibi

Schwann hücreleri tarafından değil, santral sinir sisteminde olduğu gibi oligodendrositler tarafından oluşturulur. Ayrıca, bu sinir içten dışa doğru pia mater, arachnoidea mater ve dura mater tarafından sarılıdır. Retina'nın damarları olan *a.* ve *v. centralis retinae*, n. opticus'un içerisinden geçerek retina'ya ulaşır.

KLİNİK BİLGİ

Cranium içerisindeki tümörler, abseler, kanamalar gibi kafa içi basıncın artmasına sebep olan durumlarda, spatium subarachnoideum'da bulunan beyin omurilik sıvısının da basıncı artar; buna bağlı olarak n. opticus'u saran spatium subarachnoidem'da da basınç artışı olacağı için, a. ve v. centralis retinae baskı altında kalabilir. Bu durumda oftalmoskop ile yapılan göz dibi muayenesinde, discus nervi optici'de ödem görülür. Klinikte *papilledema* adı verilen bu bulgu, malign hipertansiyonu olan hastalarda da ortaya çıkabilir.

Sağ ve sol n. opticus, glandula pituitaria'nın ön ve üst tarafında birbirleri ile birleşerek *chiasma opticum*'u oluşturur (Şekil 65). Her iki retina'nın nasal yarımından gelen lifler chiasma opticum'da çapraz yaparak karşıya geçer; temporal yarımından gelen lifler ise, çapraz yapmadan chiasma opticum'un lateral kısımlarından geçer.

TRACTUS OPTICUS

Görme yolları, chiasma opticum'dan sonra sağ ve sol *tractus opticus* ile devam eder (Şekil 65). Bir taraftaki tractus opticus içerisinde bir gözün nasal yarımından gelen lifler ile karşı gözün temporal yarımından gelen lifler birlikte seyreder. Böylece her iki gözün sağ yarımından gelen lifler sağ tractus opticus'u, sol yarımından gelen lifler ise sol tractus opticus'u oluşturur. Bu nedenle sağ tractus opticus görme alanının sol yarısı ile, sol tractus opticus ise görme alanının sağ yarısı ile ilgili impulslar taşır.

CORPUS GENICULATUM LATERALE

Tractus opticus'lar arkaya ve dışa doğru seyrederek crus cerebri'nin üst lateral tarafından geçer ve corpus geniculatum laterale'ye ulaşır (Şekil 65). Corpus geniculatum laterale'de de, tractus opticus'da olduğu gibi, görme alanının karşı yarımı temsil edilir. Karşı taraftaki gözün nasal yarımından gelen aksonlar corpus geniculatum laterale'nin 1, 4 ve 6 numaralı laminalarında, aynı taraftaki gözün temporal

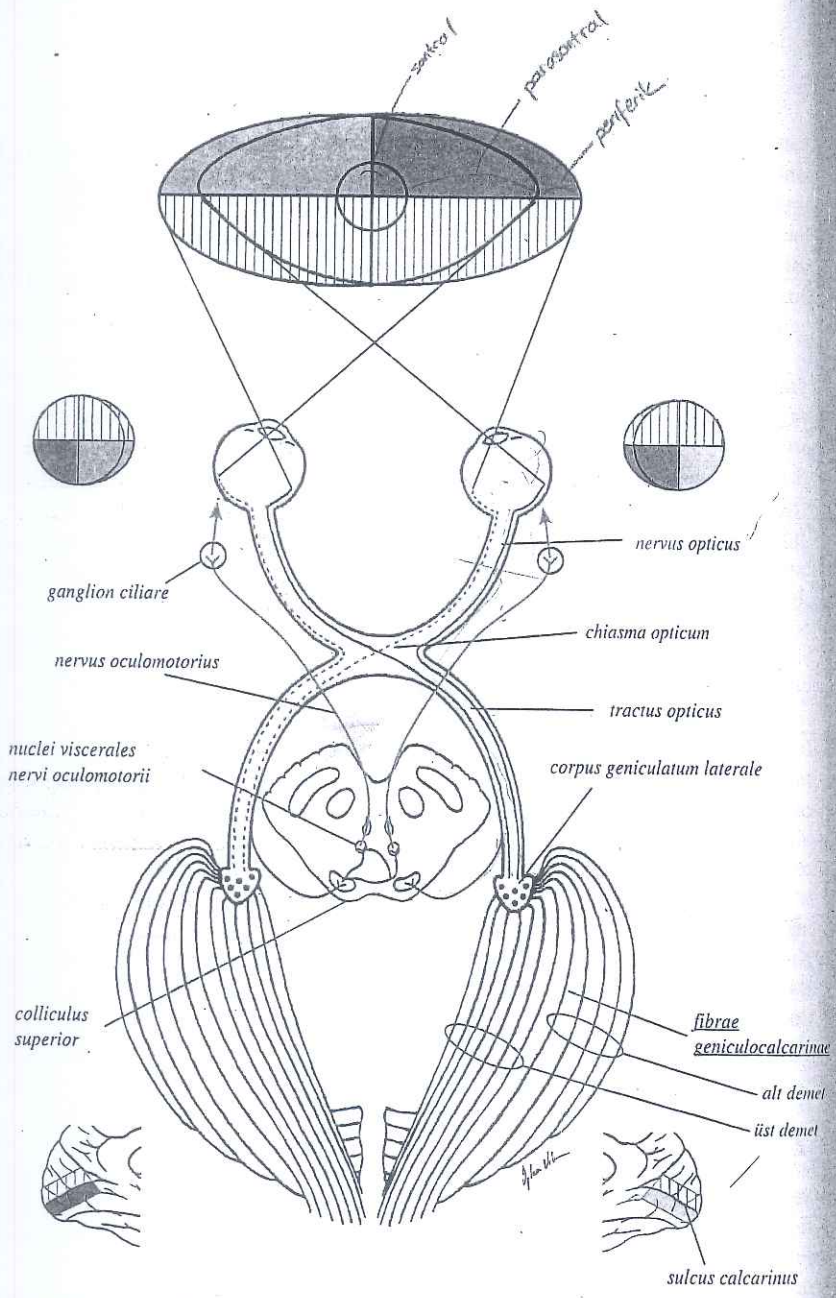
yarımından gelen aksonlar ise 2, 3 ve 5 numaralı laminalarında bulunan hücrelerle sinaps yapar. Tractus opticus içerisinde çapraz yapan ve yapmayan lifler farklı laminalarda sonlanmalarına rağmen, görme alanının karşı yarımı corpus geniculatum laterale'nin bütün laminalarında temsil edilir. Her iki retina'nın ipsilateral yarısının üst kısımları corpus geniculatum laterale'nin medial yarısında, alt kısımları ise corpus geniculatum laterale'nin lateral yarısında temsil edilir. Macula lutea'lardan gelen lifler corpus geniculatum laterale'nin kaudal kısmında temsil edilir.

Tractus opticus içerisindeki liflerin bir kısmı, corpus geniculatum laterale'de sinaps yapmadan, *brachium colliculi superioris* aracılığı ile colliculus superior'a ve area pretectalis'e gider. Colliculus superior'a giden lifler görme alanında hareket eden objelerin takip edilmesi ile ilgili refleks baş ve göz hareketleri, area pretectalis'e giden lifler ise pupilla ışık refleksi ile ilgilidir. Retina'dan başlayan ve hypothalamus'un nucleus suprachiasmaticus'unda sonlanan lifler *tractus retinohypothalamicus* isimli yolu oluşturur. Tractus retinohypothalamicus'un gece-gündüz ritmi ile ilgili bazı nöroendokrin mekanizmaların regülasyonunda rolü olduğu kabul edilmektedir.

TRACTUS GENICULOCALCARINUS

Corpus geniculatum laterale'de bulunan nöronların uzantıları *radiatio optica (tractus geniculocalcarinus)*'yı oluşturur (Şekil 65). Bu yol capsula interna'nın pars retrolentiformis'inden geçerek occipital cortex'te sulcus calcarinus'un üstünde ve altında kalan primer görme merkezine (Brodmann'ın 17 numaralı sahası, striate cortex) gider. Tractus geniculocalcarinus, corpus geniculatum laterale'den görme merkezine iki ayrı demet halinde gider. Üst demet doğrudan fissura calcarina'nın üst kısmına gider. Alt demet ise önce aşağı ve öne doğru giderek temporal lobun içerisine girer, hatta bazı lifler uncus'a kadar uzanır. Alt demet daha sonra aşağıya doğru dönerek ventriculus lateralis'in cornu inferius'unun rostral kısmını örter ve arkaya doğru devam eder. Bu lifler ventriculus lateralis'in lateral duvarına yakın bir şekilde seyrederek fissura calcarina'nın alt kısmına gider.

Bir taraftaki fissura calcarina'nın üst kısmına giden lifler her iki retina'nın ipsilateral yarısının üst kısımlarından; alt kısmına giden lifler ise her iki retina'nın ipsilateral yarısının alt kısımlarından gelir. Böylece görme alanının kontralateral yarısının alt kısmı fissura calcarina'nın üstünde, kontralateral yarısının üst kısmı ise fissura calcarina'nın altında temsil edilir. Primer görme merkezinde, santral görme ile ilgili alan arkada yer alır ve oldukça geniştir. Parasantral görme alanına ait bölge daha önde, periferik görme alanı ise en önde yer alır.



Şekil 65. Görme yolları

Sonuç olarak sol taraftaki görme merkezi, görme alanının sağ yarısını; sağ taraftaki görme merkezi ise görme alanının sol yarısını görür. Benzer şekilde sol görme merkezinin sulcus calcarinus'un üzerinde bulunan kısmı görme alanının karşı dörtte bir alt kısmını ve aynı görme merkezinin sulcus calcarinus'un altında kalan kısmı ise görme alanının karşı dörtte bir üst kısmını görür. Genel kural olarak sağ solu, sol sağı; üst altı, alt üstü görür.

KLİNİK BİLGİ

N. opticus'lardan birinin kesilmesi durumunda, o taraftaki retina'nın santral sinir sistemi ile bağlantısı kalmayacağı için o gözde körlük olur (Şekil 66).

Tractus opticus'lardan bir tanesi zedelenirse, her iki gözde görme alanın karşı yarımında körlük ortaya çıkar. Bu tip körlüğe *homonymous hemianopsia* adı verilir. Eğer sağ tractus opticus zedelenirse her iki gözde görme alanının sol yarımında körlük meydana gelir. Buna *sol homonymous hemianopsia* adı verilir. Sol tractus opticus'un zedelendiği durumda ise her iki gözde görme alanının sağ yarımında körlük olur. Bu duruma *sağ homonymous hemianopsia* adı verilir. Tractus opticus kesisi ⇒ Homonymous hemianopsia

Körlüğün her iki gözde, görme alanlarının temporal veya nasal yarımlarında olmasına *heteronymous hemianopsia* adı verilir. Chiasma opticum'un orta kısmındaki bir lezyonda, her iki retina'nın nasal yarımından gelen ve burada çapraz yapan lifler zedeleneceği için, her iki gözde görme alanının temporal yarımında körlük ortaya çıkar. Bu tip yarım alan körlüğüne *bitemporal heteronymous hemianopsia* adı verilir. Burada sol göz görme alanının sol yarısını, sağ göz ise görme alanının sağ yarısını göremez. Glandula pituitaria tümörlerinin yukarıya doğru büyüdüğü durumlarda, chiasma opticum'un orta kısmına baskı olması, bitemporal hemianopsia'ya yol açabilir. Glandula pituitaria tümörleri nadiren chiasma opticum'un ortasına değil, iki yan tarafına baskı yapacak şekilde büyür. Bu durumda her iki gözün temporal yarımından gelen lifler zedeleneceği için, her iki gözde, görme alanının nasal yarımında körlük olacaktır. Bu tip yarım alan körlüğüne *binasal heteronymous hemianopsia* adı verilir. Binasal hemianopsia'sı olan hastalar genellikle kaldırımda yürürken önlerine baktıkları halde bir direğe çarpma şikayeti ile doktora gelirler.

Tractus geniculocalcarinus'un üst veya alt demetlerinden birisinin veya bir taraftaki primer görme merkezinde sulcus calcarinus'un üstünde veya altında

Tractus geniculocalcarinus zedelenmesi ⇒ Dörtte bir alan körlüğü

kalan kısımlarından birinin zedelenmesi durumunda, lezyonun karşı tarafında her iki göze ait görme alanında dörtte bir alan körlüğü *(quadrantic anopsia)* ortaya çıkar. Lezyon üst tarafta ise dörtte bir alan körlüğü karşı alt tarafta, lezyon alt tarafta ise dörtte bir alan körlüğü karşı üst tarafta görülür. Bir taraftaki primer görme merkezinin üst veya alt kısmında zedelenme olursa karşı alt veya karşı üst tarafta meydana gelecek dörtte bir alan körlüğünde çok defa macula'ya ait görme alanı (santral görme) sağlam kalır; ancak parasantral ve periferik görme alanında körlük olur. Bunun nedeni iki şekilde açıklanabilir. Bu açıklamalardan birisi, macula lutea'nın görme merkezinde çok geniş bir alanda temsil edilmesi ve bu nedenle bir arter tıkanıklığı veya kanamasının santral görme ile ilgili alanın tümünü tahrip edememesi şeklindedir. Diğer bir açıklama ise bir taraftaki primer görme merkezinin santral görme ile ilgili kısmına her iki taraftan da arter gelmesi şeklindedir. Bir tarafa giden bir damarın tıkanması veya kanaması durumunda santral görme ile ilgili kısma diğer taraftan kan gelmeye devam edeceği için santral görmede bozukluk olmaz, fakat parasentral ve periferik görme ile ilgili kısımların kanlanması bozulacağı için bu bölgelerle ilgili görme kaybı ortaya çıkar.

Bazı durumlarda her iki görme merkezinin sulcus calcarinus'un üstünde veya altında kalan kısımları birlikte zedelenebilir. Her iki görme merkezinin üst kısımları zedelenirse her iki gözde görme alanının alt yarımında; alt kısımları zedelenirse her iki gözde görme alanının üst yarımında körlük olur.

DİREKT ve CONSENSUAL PUPILLA IŞIK REFLEKSLERİ

Bir taraftaki pupilla'ya ışık tutulduğu zaman aynı taraftaki pupilla'nın daralmasına *direkt pupilla ışık refleksi*, aynı anda diğer pupilla'nın da daralmasına *consensual pupilla ışık refleksi* adı verilir. Bu refleks ile ilgili afferent yol n. opticus, efferent yol ise n. oculomotorius'tur (Şekil 65).

Bir taraftaki göze ışık tutulduğu zaman bu impuls, retina'daki ganglion hücrelerinin aksonları, n. opticus ve brachium colliculi superioris aracılığı ile afferent merkez olan area pretectalis'te bulunan nucleus pretectalis olivaris'e iletilir. Nucleus pretectalis olivaris'ten başlayan liflerin bir kısmı commissura posterior'dan, bir kısmı ise aqueductus cerebri'nin ventralinden geçer ve bilateral olarak n. oculomotorius'un nuclei viscerales (Edinger-Westphal nucleus)'inde sonlanır. Böylece bir taraftaki nucleus pretectalis olivaris'ten gelen impulslar, nuclei viscerales'te her iki n. oculomotorius'a lif veren parasempatik nöronlara iletilmiş olur. Efferent merkez olan nuclei viscerales'te bulunan presinaptik parasempatik nöronların aksonları n. oculomotorius içerisinde seyreder ve ganglion ciliare'de bulunan nöronlar ile sinaps yapar. Bu gangliondan çıkan postsinaptik parasempatik lifler nn. ciliares breves'e katılır ve m. sphincter pupillae'yı inerve ederek pupilla'nın daralmasını sağlar.

KLİNİK BİLGİ

Direkt ve consensual pupilla ışık reflekslerinde her iki pupilla'da eşit miktarda daralma olur. Sağ ve sol pupilla'ların genişliklerinin eşit olmaması durumuna *anisocoria* adı verilir. Pupilla ışık refleksi ile ilgili efferent yolun nuclei viscerales'ten sonraki kısmını etkileyen bir lezyon anisocoria'ya sebep olur. N. oculomotorius'u tek tarafta zedelenen bir hastanın lezyon tarafındaki pupilla'sı, parasempatik inervasyonun bozulmasına bağlı olarak, sağlam taraftaki pupilla'sına göre daha geniş olur. Lezyon tarafındaki gözde direkt ve consensual pupilla ışık refleksleri bozulur; ancak diğer gözde her iki refleks de sağlam kalır.

N. opticus'un tek taraflı zedelenmelerinde afferent yolun lezyonuna bağlı olarak o taraftaki pupilla'da direkt, karşı taraftaki pupilla'da consensual pupilla ışık refleksleri alınamaz. Ancak efferent yol sağlam kaldığı için lezyon tarafındaki pupilla'da consensual pupilla ışık refleksi sağlamdır.

AKOMODASYON KONVERJANS REFLEKSİ

Bir objenin görüntüsünün net olarak algılanabilmesi için, görüntünün fovea centralis'e odaklanması gerekir. Uzaktaki bir objeye bakarken daha yakındaki bir objeye bakıldığında görüntünün fovea centralis üzerine odaklanmasını sağlamak için her iki göz birbirine yaklaşır; bu esnada her iki gözde m. ciliaris'lerin kasılması sonucunda lens'lerin kalınlığı artar ve m. sphincter pupillae'ların kasılması sonucunda pupilla'lar daralır. Göze yaklaşan bir objenin görüntüsünün net kalmasını sağlamaya yönelik bu hareketlere *akomodasyon konverjans refleksi* adı verilir. Görme yolları ve görme merkezi, bu refleksin afferent kısmını oluşturur. Görme merkezinden başlayan corticofugal lifler colliculus superior ve area pretectalis'e ve buradan da nucleus nervi oculomotorii'nin m. rectus medialis'i inerve eden nöronları ile nuclei viscerales'ine gider.

Akomodasyon konverjans refleksinde her iki taraftaki m. rectus medialis'ler kasılarak gözlere konverjans yaptırır. Aynı anda m. sphincter pupillae'ların

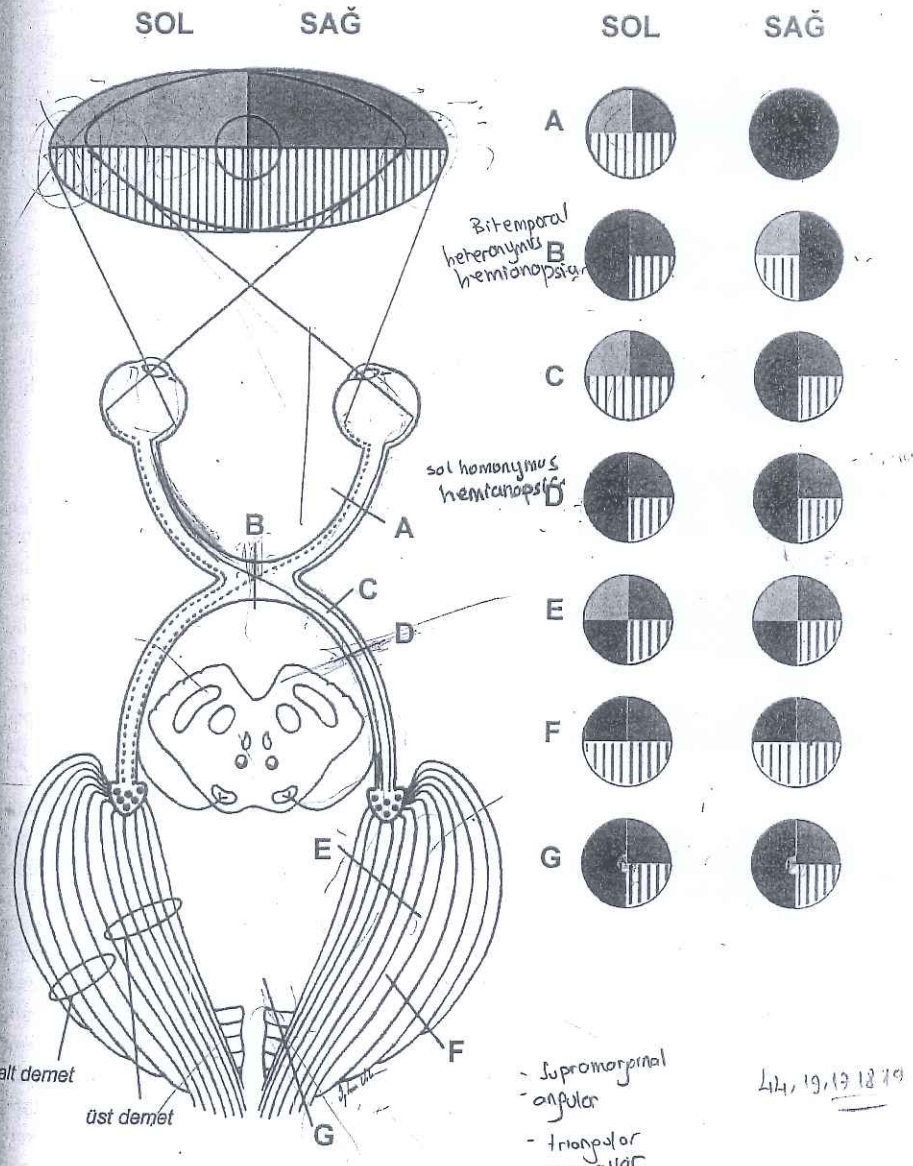
kasılması ile pupilla'lar daralır. Ayrıca m. ciliaris'ler kasılarak lens'lere giden liflerin (fibrae zonulares) gevşemesine neden olur; bunun sonucunda lens'lerin elastikiyetleri ile ön-arka mesafeleri artarak daha konveks bir şekil alırlar. Bunların sonucunda göze yaklaşan bir objenin görüntüsünün fovea centralis üzerine düşürülerek net bir şekilde algılanması sağlanır.

KLİNİK BİLGİ

Sifiliz hastalığının ileri evrelerinde görülen santral sinir sistemi tutulumunda (tabes dorsalis) veya mesencephalon'un tümoral, inflamatuar, demiyelinizasyon ve vasküler hastalıklarında bazen pupilla ışık refleksi kaybolur; ancak akomodasyon konverjans refleksi bozulmaz. Bu hastalarda her iki pupilla daralmış durumdadır. *Argyll Robertson pupilla*'sı adı verilen bu durumda lezyon mesencephalon'da olmakla birlikte yeri kesin olarak bilinmemektedir.

Görme yolu: I. nöron → Retina'daki bipolar nöronlar
II. nöron → Retina'daki ganglion hücreleri
III. nöron → Corpus geniculatum lateralе'de.

Akomodasyon konverjans refleksi:
- M. rectus medialis'ler kasılır, Gözlere convergens yaptırır.
- M. sphincter pupillae'lar kasılır. Pupilla'lardadır.
- M. ciliaris'ler kasılır, fibrae zonulares'ler gevşer. Lens kalınlığı artar.



Şekil 66. Görme yollarının lezyonları

- Supramarginal
- angular
- triangular
- operculer
- lingual

414, 19, 13, 18, 19

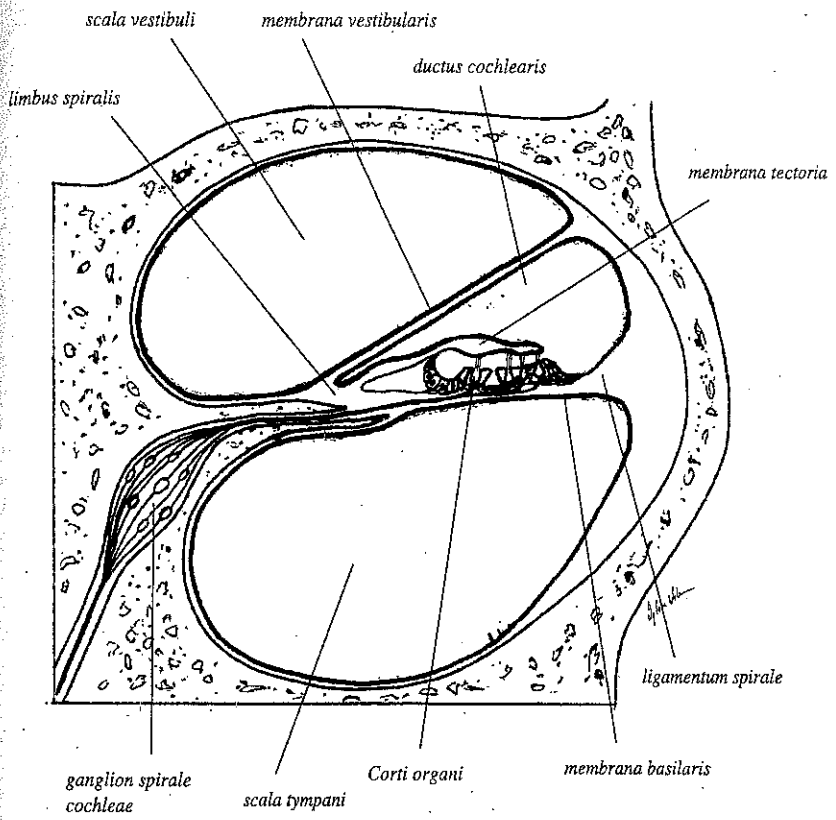
İŞİTME YOLLARI

Özel somatik afferent (SSA) duyulardan olan işitme duyusu ile ilgili sinir, *n. vestibulocochlearis*'tir. Bu sinir, meatus acusticus internus'tan geçerek cavitas cranii'ye girer. N. vestibulocochlearis daha sonra angulus pontocerebellaris'ten geçer ve sulcus bulbopontinus'tan girerek beyin sakına ulaşır. N. vestibulocochlearis'in *n. vestibularis* kısmı denge, *n. cochlearis* kısmı ise işitme ile ilgilidir.

COCHLEA

İşitme ile ilgili olan ve iç kulağın bir kısmını oluşturan cochlea, *modiolus cochlea* isimli kemik eksenin etrafında iki buçuk kere dönen dönmüş spiral şeklinde bir yapıdır. Cochlea, Yunancada sümüklü böceğin spiral şekilli kabuğuna verilen isim olan "koclias" kelimesinden gelmektedir. Cochlea'nın iç kısmı, *membrana vestibularis (Reissner membranı)* ve *lamina basilaris (membrana basilaris*) aracılığı ile *scala vestibuli, scala tympani* ve *ductus cochlearis* adı verilen üç boşluğa ayrılır (Şekil 67). Scala vestibuli ve scala tympani içerisinde *perilympha*, ductus cochlearis içerisinde ise *endolymhpa* adı verilen sıvı bulunur. Scala vestibuli ve scala tympani, cochlea'nın üst kısmında helicotrema isimli bir delik aracılığıyla birbirleri ile bağlantılıdır. Scala vestibuli'nin tabanında bulunan ve *fenestra vestibuli (oval window)* adı verilen açıklık, *basis stapedis* tarafından kapatılmıştır. Scala tympani'nin tabanında bulunan ve *fenestra cochlea (round window)* adı verilen açıklık ise bir membranla kaplıdır.

Dış kulağa gelen ses dalgaları önce membrana tympanica'nın ve dolayısıyla ile ossicula auditus (ossicula auditoria)'un mekanik titreşimine neden olur. Ossicula auditus, membrana tympanica aracılığı ile alınan ses titreşimlerini amplifiye eder ve basis stapedis aracılığı ile fenestra vestibuli'ye iletir. Ossicula auditus'un, değişik patolojilere bağlı olarak, hareket edememeleri durumunda fenestra vestibuli'ye ulaşan ses dalgaları normal iletimin ancak %3'ü kadardır. Bu durum, ossicula auditus'un ses dalgalarının amplifikasyonundaki önemini ortaya koyar. Yüksek volümlü ses dalgaları orta kulaktaki m. tensor tympani ve m. stapedius'un kontraksiyonuna sebep olur. Bu kasların kontraksiyonu, membrana tympanica ve ossicula auditus'un titreşimlerini azaltır ve yüksek volümlü seslere karşı bir koruma mekanizması oluşturur.



Şekil 67. Cochlea'nın kesiti

Basis stapedis, ses dalgalarının oluşturduğu kinetik enerjiyi fenestra vestibuli aracılığı ile scala vestibuli'de bulunan perilympha'ya iletir. Basis stapedis'i perilympha'yı harekete geçirmesi, fenestra cochlea'yı örten membranda da eşit miktarda ancak ters yönde bir harekete sebep olur. Böylece ossicula auditus'tan gelen mekanik titreşim, sıvı dalgalanmasına dönüşür. Scala vestibuli ile scala tympani helicotrema aracılığıyla bağlantılı olduğu için, scala vestibuli içerisindeki perilympha'nın hareketinden sonra scala tympani içerisindeki perilympha da harekete geçer. Scala tympani'deki perilympha'nın hareketi membrana basilaris'te titreşime sebep olur. Membrana basilaris'in üzerinde yerleşmiş üç sıra *dış tüylü hücre (outer hair cell)* ve bir sıra *iç tüylü hücre (inner hair cell)* bulunur. İç kulakta *Corti organı (organum spirale)*'nı oluşturan bu hücrelerin apikal kısımlarında steroci-

lia'ları vardır. Dış tüylü hücrelerin stereocilia'larının uç kısımları membrana tectorialis içerisine gömülmüş durumdadır; iç tüylü hücrelerdeki stereocilia'ların uç kısımları ise membrana tectorialis'in hemen altında ve endolympha içerisinde serbest olarak bulunur. Scala tympani'deki perilympha'nın dalgalanması membrana basilaris'in hareketine, bu da tüylü hücrelerin stereocilia'larının hareketine sebep olur. Tüylü hücrelerdeki stereocilia'ların hareketi, bu hücrelerde membran potansiyeli değişikliğine ve sonuçta bazal kısımlarından transmitter salgılanmasına yol açar.

GANGLION SPIRALE ve N. COCHLEARIS

İşitme ile ilgili birinci nöronların hücre gövdeleri modiolus cochleae'da bulunan *ganglion spirale cochleae*'dadır (Şekil 67). Ganglion spirale cochleae'daki bipolar nöronların periferik uzantıları, tüylü hücrelerin bazal kısımları ile sinaps yaparlar. Tüylü hücrelerin bazal kısımlarından salgılanan transmitter madde, bipolar nöronların periferik uzantılarında impuls oluşumuna yol açar. Ganglion spirale cochleae'daki bipolar nöronların santral uzantıları n. cochlearis'i oluşturur. N. cochlearis, n. vestibularis ile birlikte meatus acusticus internus'tan geçerek beyin sakına ulaşır. N. cochlearis, pons'un alt seviyelerinde bulunan nucleus cochlearis anterior ve nucleus cochlearis posterior'daki ikinci nöronlar ile sinaps yaparak sonlanır.

İŞİTME YOLLARI

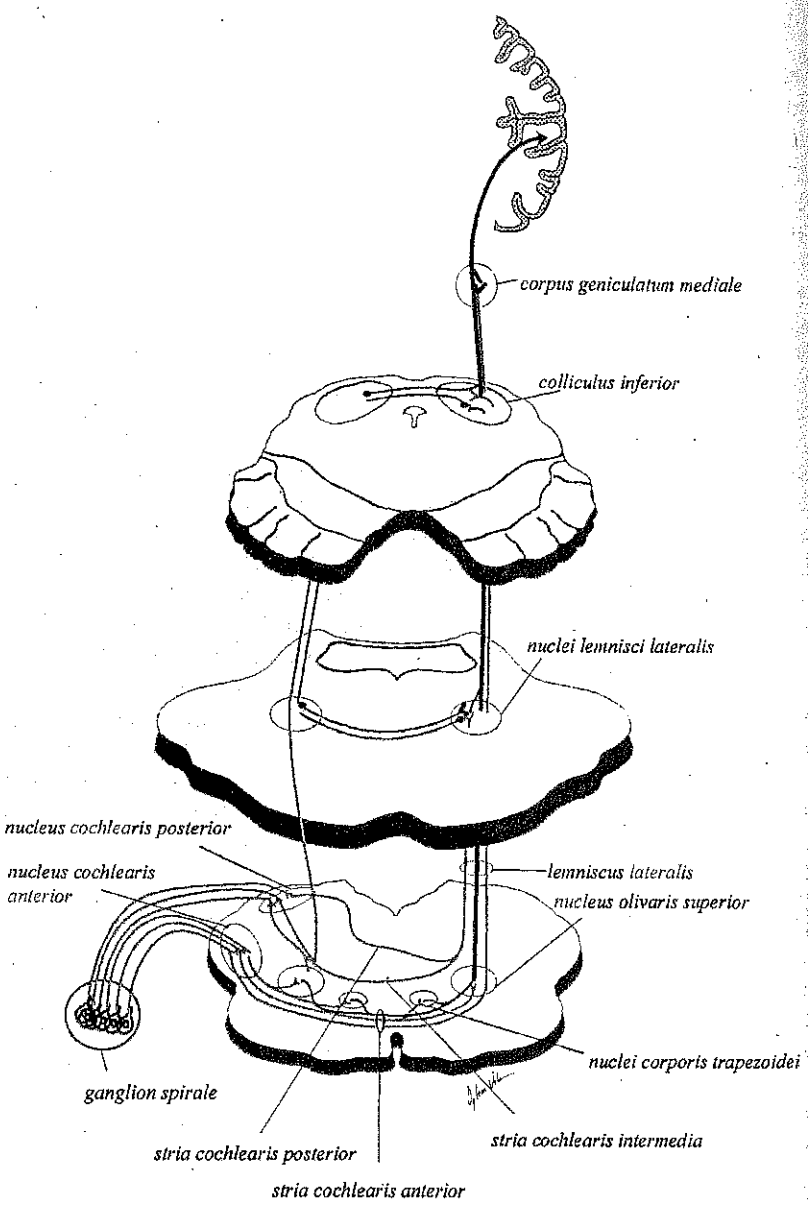
Nuclei cochleares'teki ikinci nöronlardan başlayan lifler *stria cochlearis anterior (ventral acoustic stria), stria cochlearis intermedia (intermediate acoustic stria)* ve *stria cochlearis posterior (dorsal acoustic stria)* isimli üç ayrı yol oluştururlar (Şekil 68). Bu yollar içerisindeki lifler, direkt olarak veya beyin sakındaki işitme yolları ile ilgili bazı nucleus'larda sinaps yaptıktan sonra lemniscus lateralis'e katılır. *Lemniscus lateralis,* beyin sakındaki işitme ile ilgili nucleus'lardan başlayan ve colliculus inferior'a kadar uzanan aksonların oluşturduğu yoldur. Lemniscus lateralis'ler içerisindeki liflerin çok büyük bir kısmı karşı taraftan gelir. Lemniscus lateralis'lere aynı taraftaki nucleus cochlearis'lerden direkt olarak lif gelmediği kabul edilmektedir.

Nuclei cochleares ile colliculus inferior arasında işitme yolları ile ilgili üç ara nucleus vardır. Bu nucleus'lar *nucleus olivaris superior, nuclei corporis trapezoidei* ve *nuclei lemnisci lateralis*'tir. Bunlardan nucleus olivaris superior'un *nucleus olivaris superior lateralis, nucleus olivaris superior medialis* ve *nuclei periolivares* olmak üzere üç kısmı vardır. Nuclei periolivares de ayrıca *nuclei laterales* ve *nuclei mediales* isimli iki alt gruba ayrılır. Nuclei corporis trapezoidei'nin *nucleus anterior corporis trapezoidei, nucleus lateralis corporis trapezoidei* ve *nucleus medialis corporis trapezoidei* olmak üzere üç alt grubu vardır. Nuclei lemnisci lateralis de *nucleus posterior lemnisci lateralis, nucleus intermedius lemnisci lateralis* ve *nucleus anterior lemnisci lateralis* adı verilen üç alt gruptan oluşmuştur.

Stria cochlearis anterior, intermedia ve posterior'u oluşturan aksonların bir kısmı direkt olarak karşı tarafa geçerek kontralateral lemniscus lateralis'e, bir kısmı ipsilateral veya kontralateral nucleus olivaris superior ve/veya nuclei corporis trapezoidei'de sinaps yaptıktan sonra kontralateral lemniscus lateralis'e ve az bir kısmı aynı taraftaki nucleus olivaris superior'da sinaps yaptıktan sonra ipsilateral lemniscus lateralis'e katılarak yukarıya doğru yükselir. Stria cochlearis anterior, intermedia ve posterior içerisindeki liflerin bir kısmı retiküler nucleus'larda sonlanır.

Lemniscus lateralis içerisinde yükselen liflerin bir kısmı ipsilateral nuclei lemnisci lateralis'te, bir kısmı da bu seviyede karşı tarafa geçerek kontralateral nuclei lemnisci lateralis'te sinaps yapar; liflerin bir kısmı ise burada sinaps yapmadan direkt olarak yükselir. Lemniscus lateralis'te yükselen liflerin büyük bir bölümü colliculus inferior'un nucleus centralis'indeki nöronlar ile sinaps yapar; bir kısmı ise burada sinaps yapmadan brachium colliculi inferioris aracılığı ile corpus geniculatum mediale'ye gider. Lemniscus lateralis içerisindeki aksonların bir kısmı colliculus inferior seviyesinde karşıya geçerek kontralateral colliculus inferior'da sinaps yapar. Brachium colliculi inferioris aracılığı ile corpus geniculatum mediale'ye gelen aksonların tümü burada sinaps yapar. Corpus geniculatum mediale'den başlayan ve gyri temporales transversi (Heschl's transverse convolutions-Brodmann'ın 41 ve 42 numaralı sahaları)'deki işitme merkezine giden lifler *tractus geniculotemporalis (tractus geniculocorticalis-radiatio acustica)*'i oluşturur. Tractus geniculotemporalis, işitme merkezine capsula interna'nın pars sublentiformis'inden geçerek ulaşır.

Stria cochlearis anterior, nucleus cochlearis anterior'dan başlar; içerisindeki liflerin bir kısmı lemniscus medialis'in içerisinden, bir kısmı ise ön tarafından karşıya geçer. Her iki taraftan gelen lifler *corpus trapezoideum*'u oluşturur. Nucleus cochlearis anterior'dan başlayan ve ipsilateral nucleus olivaris superior ve/veya nuclei corporis trapezoidei'de sinaps yapan aksonların büyük bir kısmı karşı tarafa geçer; küçük bir kısmı ise çapraz yapmadan ipsilateral lemniscus lateralis'e katılır. Karşı tarafa geçen aksonların bir kısmı kontralateral nucleus olivaris superior ve/veya nuclei corporis trapezoidei'de sinaps yaptıktan sonra, bir kısmı da direkt olarak lemniscus lateralis'e katılır (Şekil 68).



Şekil 68. İşitme yolları

Stria cochlearis posterior'u oluşturan lifler, nucleus cochlearis posterior'dan başlar ve pedunculus cerebellaris inferior'un medial tarafından geçerek pons'un tegmentum kısmının dorsalinde karşı tarafa geçer. Karşı tarafa geçen liflerin küçük bir kısmı nucleus olivaris superior'da sinaps yapar; geriye kalan ve çoğunluğu oluşturan lifler ise lemniscus lateralis'e katılır (Şekil 68).

Stria cochlearis intermedia'yı oluşturan lifler, nucleus cochlearis anterior'un pars posterior'undan başlar ve nucleus cochlearis posterior'un içerisinden ve pedunculus cerebellaris inferior'un çevresinden geçerek tegmentum'a girer. Bu liflerin bir kısmı ipsilateral veya kontralateral nuclei periolivares'teki nöronlar ile sinaps yapar; bir kısmı ise direkt olarak karşı tarafa geçerek lemniscus lateralis'e katılır (Şekil 68).

Corpus trapezoidum'u oluşturan liflerin sayısı, stria cochlearis intermedia ve stria cochlearis posterior'u oluşturan liflerin toplam sayısından fazladır. En az miktarda lif stria cochlearis intermedia'da bulunur.

İşitme ile ilgili sistemin bütün bölümlerinde tonotopik lokalizasyon vardır. Membrana basilaris, cochlea'nın bazal kısımlarında yüksek frekanslı seslere karşı, apikal kısımlarında ise düşük frekanslı seslere karşı hassastır. Cochlea'nın bazal kısımlarından gelen lifler nuclei cochleares'in derin bölgelerinde, apikal kısımlarından gelen lifler ise yüzeyel bölgelerinde sonlanır. Benzer şekilde tonotopik bir lokalizasyon, işitme ile ilgili diğer nucleus'larda ve cerebral cortex'teki işitme merkezinde de vardır.

Nucleus olivaris superior medialis, her iki kulaktan gelen seslerin zaman farklılığına, nucleus olivaris superior lateralis ise her iki kulaktan gelen seslerin amplitüd farklılığına hassastır. Nucleus olivaris superior, bu farklılıkları değerlendirerek sesin yönünün tayin edilmesinde rol oynar. Bununla birlikte üst merkezlerin de yön tayininde önemli rolü vardır.

IŞİTME İLE İLGİLİ İNEN YOLLAR

Cortex'deki işitme merkezi, corpus geniculatum mediale, colliculus inferior, nuclei lemnisci laterales ve nucleus olivaris superior'dan aşağıya inen efferent lifler nuclei cochleares'e üst merkezlerden impulslar taşır. Bu impulslar, bazı frekanslardaki seslerin algılanmasını inhibe ederek diğer frekanslardaki seslerin daha net bir şekilde algılanmasına olanak sağlar.

N. vestibularis'e kontralateral nuclei periolivares'in nuclei mediales'inden ve ipsilateral nuclei periolivares'in nuclei laterales'inden başlayan lifler katılır. Bu lifler, iç

kulakta n. cochlearis'e geçerek Corti organındaki dış ve iç tüylü hücrelerle sinaps yapar. *Tractus olivocochlearis (Rasmussen'in efferent cochlear demeti)* adı verilen bu yolun bazı ses dalgalarının algılanmasına engel olarak dikkatin belli bir sese yoğunlaştırılmasında rol oynadığı düşünülmektedir.

Cochlea'ya gelen işitme ile ilgili titreşimler orta kulaktaki m. stapedius ve m. tensor tympani tarafından refleks olarak düzenlenir. Bu refleksle ilgili olarak nucleus olivaris superior'dan başlayan lifler her iki taraftaki nucleus nervi facialis'e ve nucleus motorius nervi trigemini'ye gider. Nucleus nervi facialis'ten n. facialis aracılığı ile m. stapedius'a giden impulslar bu kasın kasılmasını ve bunun sonucunda basis stapedis'in fenestra vestibuli'den uzaklaşmasını sağlar. Nucleus motorius nervi trigemini'den n. trigeminus aracılığı ile m. tensor tympani'ye giden impulslar ise membrana tympanica'nın gerginliğini artırır. Her iki kas da orta kulaktan iç kulağa giden titreşimleri azaltarak yüksek volümlü seslere karşı iç kulağı koruyucu bir mekanizma oluşturur.

Sesli uyaranlar sonucunda ortaya çıkan refleks baş ve göz hareketlerinde colliculus inferior'un rol oynadığı düşünülmektedir. Colliculus inferior'un, colliculus superior'un derin tabakaları ile olan bağlantısının ve colliculus superior'un derin tabakalarından başlayan tractus tectospinalis'in, işitmeye bağlı refleks hareketlerin ortaya çıkmasında rol oynadığı ileri sürülmüştür.

KLİNİK BİLGİ

N. cochlearis veya nuclei cochleares'in bir tarafta zedelenmesi halinde santral sinir sistemi ile iç kulak arasında bağlantı kesileceği için o taraftaki kulakta tam sağırlık olur. *Tinnitus,* n. cochlearis lezyonlarının erken döneminde sık olarak görülen ve kulakta çınlama, zil sesi, ıslık sesi gibi rahatsız edici seslerin duyulması ile karakterize bir bulgudur. N. cochlearis'in parsiyel lezyonları, belirli frekanstaki seslerin algılanamadığı kısmi sağırlığa neden olabilir.

İşitme ile ilgili yollarda her iki taraftan gelen lifler birçok seviyede çapraz yapabildiği gibi, her iki tarafta çapraz yapmadan yukarıya doğru yükselen ve aynı taraftaki lemniscus lateralis'e katılan lifler de vardır. Bu nedenle bir taraftaki lemniscus lateralis'in zedelenmesinde o tarafta tam sağırlık meydana gelmez; ancak karşı tarafa giden liflerin aynı tarafta yükselen liflerden daha fazla olması nedeni ile, karşı tarafta daha fazla olmak üzere her iki kulakta parsiyel sağırlık ortaya çıkar.

Corpus trapezoidum'un tam orta yerinde ortaya çıkabilecek bir lezyon her iki kulakta eşit derecede parsiyel işitme kaybına neden olur.

Bir taraftaki işitme merkezinin harabiyeti sonucunda lezyonun karşı tarafında, sesin geldiği yerin tayininde ve özellikle sesin geldiği yerin uzaklığını belirlemede zorluk ortaya çıkar.

Orta kulaktaki ossicula auditus'un, otitis media (orta kulak infeksiyonu)'da olabileceği gibi, fonksiyonlarını tam olarak yerine getirememeleri durumunda, ses dalgalarının hava iletimi ile fenestra cochlea'ya etki etmesi sayesinde bir miktar ses duyulabilir. Ancak bu durumda, ossicula auditus ses dalgalarını amplifiye edemeyeceği için, önemli bir miktarda işitme kaybı ortaya çıkar. Basis stapedis ve fenestra vestibuli çevresinde yeni kemik oluşumu ile karakterize bir hastalık olan *otosclerosis*'te, genellikle fenestra cochlea'yı örten membran da kalınlaştığı için, hava ile gelen ses dalgalarının sıvı titreşimine dönüşümü sınırlanır ve daha ciddi bir sağırlık ortaya çıkar.

N. facialis'in n. stapedius dalını vermeden önceki kısmının lezyonlarında, m. stapedius fonksiyon göremeyeceği için, ses dalgaları gereğinden fazla algılanır. Bu duruma klinikte *hyperacusis* adı verilir.

LİMBİK SİSTEM

Limbik sistem, diencephalon ile telencephalon arasında yer alan bazı yapıların oluşturduğu bir sistemdir. Bu sistemin koku duyusu ile ilgili yapılarla yakın ilişkisi vardır. Limbik sistemin birçok kısmı rhinencephalon içerisinde yer alır. Emosyonların cerebral cortex'in aktivitesi ile düzenlendiği, emosyonların dışa vurulmasının ise limbik sistem ve hypothalamus aracılığı ile olduğu kabul edilir. Limbik sistemin öğrenme ve hafıza gibi fonksiyonlarda da önemli rolü vardır.

Birçok ilkel memeli hayvanda gıda bulma, çiftleşme, yavrularını tanıma, tehlikeyi sezme, savunma, saldırma gibi limbik sistem tarafından düzenlenen davranışlar için koku duyusunun primer önemi vardır. Daha gelişmiş memelilerde ise, bu tür davranışların ortaya çıkmasında ve emosyonların dışa vurulmasında, koku duyusu ilkel memelilerdeki kadar önemli olmayıp, limbik sisteme cerebral cortex'in assosiasyon sahalarından gelen impulslar daha önemlidir.

Limbik sistem içerisinde hem kortikal hem de subkortikal yapılar yer alır. *Formatio hippocampi, area septalis, gyrus cinguli, gyrus parahippocampalis, indusium griseum* ve *corpus amygdaloideum* limbik sistem içerisinde incelenen önemli yapılardır. Cerebral cortex'in limbik sisteme dahil edilen kısımları *lobus limbicus* olarak isimlendirilir. Gyrus cinguli, gyrus fasciolaris, gyrus parahippocampalis, hippocampus, area subcallosa ve gyrus dentatus lobus limbicus'u oluşturan kortikal yapılardır. *Fornix, fasciculus mammillothalamicus, cingulum, stria terminalis, stria longitudinalis medialis, stria longitudinalis lateralis, fasciculus mammillotegmentalis, fasciculus medialis telencephali, stria diagonalis* ve *stria medullaris thalami* gibi limbik yapılar arasında bağlantıyı sağlayan veya bu yapılardan başlayarak diğer bazı merkezlere giden yollar da limbik sistem içerisinde incelenir. Yukarıda bahsedilen yapılardan başka diencephalon ve beyin sakında yer alan bazı nucleus'lar da fonksiyon açısından limbik sisteme dahil edilmektedir.

FORMATIO HIPPOCAMPI

Bu yapı içerisinde *hippocampus (cornu Ammonis-hippocampus proper), gyrus dentatus, subiculum* ve *entorhinal cortex* adı verilen cortex kısımları yer alır. Hippocampus, ventriculus lateralis'in cornu inferius'unun tabanında yer alan cortex

kısmı olup, alt mediale doğru *subiculum* ve *gyrus parahippocampalis* ile devam eder. Gyrus parahippocampalis'in öne doğru uzanan kısmı *uncus* adını alır. Hippocampus'un öne doğru uzanan ve parmak şeklinde genişleyerek sonlanan kısmına *pes hippocampi;* yukarıda ventriculus lateralis'e komşu yüzünü örten beyaz cevher kısmına ise *alveus hippocampi* adı verilir. Alveus hippocampi içerisinde yer alan lifler medialde birleşerek *fimbria hippocampi*'yi oluşturur. Hippocampus arkada corpus callosum'un splenium kısmının altına kadar uzanır. *Gyrus dentatus,* hippocampus'un medialinde, fimbria hippocampi ile subiculum arasında yer alır. Ön tarafta uncus'a karışan gyrus dentatus, arka tarafta *gyrus fasciolaris* ile; gyrus fasciolaris ise corpus callosum'un üzerindeki ince bir gri cevher tabakası olan *indusium griseum* ile devam eder. Corpus callosum'un uzunluğu boyunca seyreden indusium griseum'un içerisinde miyelinli liflerin oluşturduğu *stria longitudinalis medialis* ve *stria longitudinalis lateralis* isimli iki ince şerit area septalis'e kadar uzanır.

AREA SEPTALIS

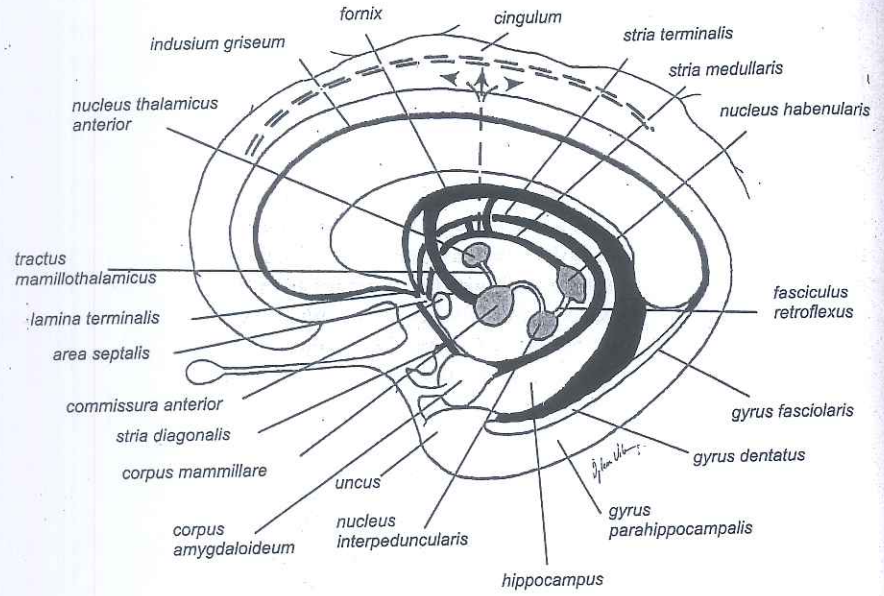
Bu bölge, area subcallosa ve gyrus paraterminalis'in cortex kısmı tarafından oluşturulur. Area septalis'te *nucleus septalis dorsalis, nucleus septalis lateralis, nucleus septalis medialis, nucleus septalis fimbrialis* ve *nucleus triangularis septi* adı verilen nucleus'lar yer alır. Bu nucleus'ların hepsine birden *nuclei septales* adı verilir. Nucleus septalis medialis, *nucleus striae diagonalis* ile; nucleus striae diagonalis ise *stria diagonalis* adı verilen yol ile devam eder (Şekil 69).

GYRUS CINGULI

Hemisferlerin medial yüzünde, corpus callosum'un hemen üzerinde yer alan bu cortex kısmı lobus limbicus'a dahildir (Şekil 69).

CORPUS AMYGDALOIDEUM

Polus temporalis'in dorsomedial kısmında bulunan bu nucleus grubu, ventriculus lateralis'in cornu inferius'unun uç kısmı ile komşudur. Corpus amygdaloideum'un dorsomedial kısmı koku yolları ile, daha büyük olan ventrolateral kısmı ise limbik sistem ile ilgilidir (Şekil 69).



Şekil 69. Limbik sistem içerisinde incelenen yapılar arasındaki bağıntılar

LİMBİK SİSTEMİN BAĞLANTILARI

Geniş bir bölgeye yayılmış olan limbik sisteme ait yapıların arasında bağlantı sağlayan birçok yol vardır. Bu yolların önemli bir kısmı limbik sistem ve hypothalamus arasında afferent ve efferent bağlantı sağlayarak bazı emosyonlar ile ilgili visseromotor cevapların düzenlenmesini sağlar.

Gyrus parahippocampalis'ten başlayan lifler, subiculum içerisinden veya alveus'tan geçerek gyrus dentatus'a, buradan da hippocampus'a ulaşır. Formatio hippocampi'nin esas efferent yolunu oluşturan *fornix* içerisinde hem projeksiyon lifleri hem de komissural lifler yer alır. Subiculum ve hippocampus'tan başlayan lifler, alveus hippocampi ve fimbria hippocampi'yi oluşturduktan sonra kalın bir demet şeklinde posteromediale doğru ilerler. Bu lifler, hippocampus'un arka sınırında ve corpus callosum'un splenium kısmının altında, fornix'in crus kısmını oluşturur. Sağ ve sol taraftan gelen crus'lar, yukarı ve öne doğru dönerek birbirlerine yaklaşır. Bu bölgede, her iki crus içerisindeki liflerin bir kısmı karşı tarafa geçer; bunlar fornix'in commissura *(hippocampal commissure-commissura hip-*

pocampi)'sını oluşturur. Buradan sonra öne doğru ilerleyen crus'lar birleşerek fornix'in *corpus* kısmını oluşturur. Fornix'in corpus kısmı, corpus callosum'un altında seyrederek thalamus'un rostral ucuna kadar uzanır. Burada tekrar ikiye ayrılan lifler sağda ve solda birer tane *columna* oluşturur. Her bir columna, foramen interventriculare'nin önünde aşağıya doğru seyreder. Fornix'in columna'sı içerisindeki liflerin büyük bir kısmı commissura anterior'un arkasından geçerek *fibrae postcommissurales*'i, geri kalan kısmı ise commissura anterior'un önünden geçerek fibrae precommissurales'i oluşturur. Fibrae postcommissurales, hypothalamus içerisinden geçerken buradaki bazı nucleus'larda sonlanan lifler verir; liflerin büyük çoğunluğu ise corpus mammillare'de sonlanır. Fibrae precommissurales'i oluşturan lifler ise area septalis'te sonlanır (Şekil 69).

Corpus mammillare'den başlayan ve *fasciculus mammillothalamicus*'u oluşturan lifler nuclei anteriores thalami'de sonlanır. Nuclei anteriores thalami'den başlayan lifler ise ipsilateral gyrus cinguli'ye gider. Gyrus cinguli içerisinde miyelinli liflerin oluşturduğu assosiasyon yoluna *cingulum* adı verilir. Gyrus cinguli'den başlayan lifler cingulum içerisinde seyrederek gyrus parahippocampalis'e, buradan da hippocampus'a ulaşır.

Hippocampus'tan başlayarak fornix aracılığı ile corpus mammillare'ye, corpus mammillare'den tractus mammillothalamicus aracılığı ile nuclei anteriores thalami'ye, nuclei anteriores thalami'den gyrus cinguli'ye, gyrus cinguli'den cingulum aracılığı ile tekrar hippocampus'a dönen yolların tamamladığı devreye *Papez halkası* adı verilir (Şekil 69). Gyrus cinguli'nin cortex'in assosiasyon bölgelerinden afferent lifler aldığı bilinmektedir. Papez halkası, cerebral cortex'in gyrus cinguli aracılığı ile hippocampus'u, hippocampus'un da hypothalamus'u etkileyerek bazı emosyonların dışa vurulması sırasında ortaya çıkan otonom aktivitenin düzenlenmesini sağlayan bir devre oluşturur.

Stria terminalis, corpus amygdaloideum'dan başlayarak nucleus caudatus'un medial kenarı boyunca v. thalamostriata ile birlikte seyreden liflerin oluşturduğu bir yapıdır. Stria terminalis içerisindeki lifler, nuclei septales, area preoptica'nın medial kısmı ve nucleus stria terminalis'te sonlanır.

Fasciculus mammillotegmentalis, corpus mammillare'den başlayarak tegmentum mesencephali'ye giden liflerin oluşturduğu bir yoldur.

Fasciculus medialis telencephali (medial forebrain bundle) hypothalamus, nuclei septales ve beyin sakı arasında bağlantı sağlayan liflerin oluşturduğu bir yoldur.

Stria diagonalis (diagonal band of Broca), area septalis ile corpus amygdaloideum arasında uzanan lifler tarafından oluşturulur. Tractus opticus'un lateral kenarı boyunca uzanan stria diagonalis, substantia perforata anterior'un arka sınırını oluşturur.

Stria medullaris thalami, nuclei septales ve hypothalamus ile habenula arasında uzanan liflerin oluşturduğu bir yol olup, thalamus'un üst medial kısmında seyreder.

LİMBİK SİSTEMİN FONKSİYONEL ÖNEMİ

Mutluluk, memnuniyet, neşe, sevgi, heyecan, üzüntü, depresyon, kırgınlık, kıskanma gibi psişik durumlara emosyon adı verilir. Emosyonlar genellikle gülme, durgunluk, hiddet, saldırganlık veya ağlama gibi davranışlar şeklinde dışarıya vurulur. Emosyonların oluşmasında cerebral cortex'in prefrontal bölgelerinin, emosyonların dışa vurulmasında ise corpus amygdaloideum'un önemli rolü olduğu kabul edilmektedir. İnsanlarda corpus amygdaloideum'un deneysel olarak uyarılması, hem emosyonel algılamalarda, hem de bunlarla ilgili otonom cevaplarda değişikliklere sebep olur. Emosyonel algılamalar, corpus amygdaloideum'un uyarılan nucleus'una bağlı olarak, agresiflik ile mutluluk arasında geniş bir yelpazede değişiklik gösterir. Corpus amygdaloideum'u çıkarılan maymunların daha kolay eğitilebildikleri ve diğerlerine göre daha sakin bir duruma geldikleri gözlenmiştir. Bu işlem aşırı agresif ve toplumsal olarak kabul edilemeyen davranışlar gösteren insanlara uygulandığında, bu kişilerin agresif davranışlarının ortadan kalktığı, hatta olumlu emosyonel davranışlar gösterdikleri gözlenmiştir. Lobus temporalis'i, corpus amygdaloideum ve formatio hippocampi'yi içerisine alacak şekilde, bilateral olarak çıkarılan maymunlarda *Klüver-Bucy sendromu* olarak isimlendirilen tablo ortaya çıkar. Bu maymunların korku ve saldırganlık türü emosyonlarının ortadan kalktığı, her türden objeyi ellerine veya ağızlarına alarak korkusuzca inceleme eğiliminde oldukları, hiperseksüalite ve garip seksüel davranışlar gösterdikleri tespit edilmiştir. Klüver-Bucy sendromu, lobus temporalis'i geniş olarak çıkarılan insanlarda da gözlenmiştir.

Limbik sistemin corpus amygdaloideum dışındaki bazı kısımlarının da seksüel fonksiyonlar ile ilgisi olduğu gösterilmiştir. Örneğin, gyrus cinguli'de lezyonu olan dişi sıçanların yeni doğurdukları yavrularını korumadıkları ve erkek sıçanlara karşı ilgilerinin arttığı görülür. Erkek sıçanlarda ise gyrus cinguli'nin belirli bir bölgesinin uyarılması penis ereksiyonuna sebep olur.

Limbik sistemin, bazı otonom fonksiyonların ortaya çıkmasında rolü vardır. Corpus amygdaloideum, edinilmiş tecrübelere bağlı olarak, bazı otonomik fonksiyonları

etkileyebilir. Örneğin daha önce bir köpeğin saldırısına uğramış bir şahıs, saldırgan olmayan bir köpek ile karşılaşsa bile korkabilir. Kişinin eski tecrübesine bağlı olarak ortaya çıkan bu durumda kalp ritminde artış, terleme, solunum artışı gibi otonom cevaplar görülebilir. Bu otonom cevaplar, vücudun fizyolojik ihtiyacına bağlı olarak gelişen refleks cevaplar olmayıp, edinilmiş tecrübeye bağlı olarak ortaya çıkan cevaplardır. Corpus amygdaloideum'un cerebral cortex ile olan afferent ve hypothalamus ile olan efferent bağlantıları bu cevapların ortaya çıkmasında önemlidir.

Öğrenme ve hafıza, limbik sistem de dahil olmak üzere, santral sinir sisteminin birçok bölgeleri ile ilgili kompleks fonksiyonlardır. Yeni edinilen bilgilerin depolanmasında formatio hippocampi'nin önemli rolü olduğu bilinmektedir. Hippocampus'u etkileyen lezyonu olan hastalarda kısa süreli hafızanın uzun süreli hafızaya dönüştürülemediği gözlenmiştir. Lezyonun sol hippocampus'ta olduğu durumlarda daha çok sözel hafıza etkilenirken, sağda olduğu durumlarda görsel hafıza etkilenmektedir.

Koku duyusu dışındaki duyular, limbik sisteme, cerebral cortex'teki sekonder assosiasyon sahalarında değerlendirildikten sonra ulaşır. Koku duyusu ise limbik sistem ile direkt bağlantısı olan tek duyudur. Diğer memelilerde, koku duyusunun emosyonel davranışlar üzerindeki etkisi genel olarak bilinmekle birlikte, insanlardaki etkisi tam olarak anlaşılamamıştır. İnsanlarda, anosmia'nın limbik sistem fonksiyonları üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemiştir.

OTONOM SİNİR SİSTEMİ

Otonom sinir sistemi kalp kasını, düz kasları ve ekzokrin bezleri inerve eden efferent bir sistemdir; ancak bu sistemin organlardan gelen duyuları taşıyan afferent kısmı da vardır. İstek dışı çalışan otonom sinir sisteminin merkezi hypothalamus'tur. Otonom sinir sistemi, *sempatik* ve *parasempatik* olmak üzere iki kısımda incelenir. Ancak son yıllarda bazı yazarlar, gastrointestinal sistemi inerve eden *enterik sinir sistemini* otonom sinir sisteminin ayrı bir kısmı olarak sınıflamışlardır.

Otonom sinir sisteminin somatik sinir sisteminden bazı farkları vardır. Bunlardan biri, somatik motor sistemin başlattığı hareketlerin genellikle istekli olması, buna karşılık otonom sinir sisteminin istek dışı çalışmasıdır. Diğer bir fark, iki sistemin anatomik lokalizasyon ve hedef organa ulaşma şeklinin birbirinden farklı olmasıdır. Somatik motor nöronlar santral sinir sistemi içerisinde medulla spinalis'in columna anterior'larında veya kranial sinirlerin motor nucleus'larında bulunur; bu nöronlara ait aksonlar direkt olarak ilgili kasları inerve eder. Otonom sinir sisteminde ise beyin sakında ve medulla spinalis'in T1-L3(L2) segmentleri ile S2-S4 segmentlerinde presinaptik nöronlar yer alır. Presinaptik nöronların aksonları hedef organa ulaşmadan önce, santral sinir sisteminin dışında bulunan otonomik ganglionlardaki (prevertebral ganglionlar, paravertebral ganglionlar, organ duvarındaki terminal ganglionlar ve kranial ganglionlar) postsinaptik nöronlar ile sinaps yapar. Postsinaptik nöronların aksonları ise hedef organı inerve eder.

Somatik sinir sistemi ve otonom sinir sisteminin çalışması, her iki sistemin duyu sistemleri ile yakın ilişkide olması açısından benzerlik gösterir. Genel olarak motor fonksiyonlar somatik sinir sisteminde somatik afferent impulslara, otonom sinir sisteminde ise visseral afferent impulslara cevap olarak ortaya çıkar. Ancak somatik sinir sisteminde bazı visseral afferent impulslar da somatik motor cevapların ortaya çıkmasına sebep olabilir. Karın ağrısı olan bir kimsenin dizlerini karnına doğru çekmesi buna örnek olarak verilebilir. Derinin ağrılı bir impulsla uyarılmasına bağlı olarak pupilla'ların dilate olması örneğinde olduğu gibi, somatik afferent impulslar da bazı otonom cevapların ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik kısımları arasında anatomik ve fonksiyonel açıdan farklılıklar vardır. Sempatik sinir sistemine ait presinaptik sempatik nöronlar, medulla spinalis'in T1-L3(L2) segmentleri arasındaki *nucleus intermediolateralis*'te yer alır. Parasempatik sinir sistemine ait presinaptik parasempatik nöronlar ise beyin sakındaki bazı kranial sinir nucleus'ları ile medulla spinalis'in S2, S3 ve S4 segmentlerindeki *nuclei parasympathici sacrales*'te bulunur (Şekil 72). Presinaptik nöronların bu farklı anatomik lokalizasyonlarına bağlı olarak, sempatik sisteme *thoracolumbal sistem*, parasempatik sisteme ise *craniosacral sistem* adı da verilir.

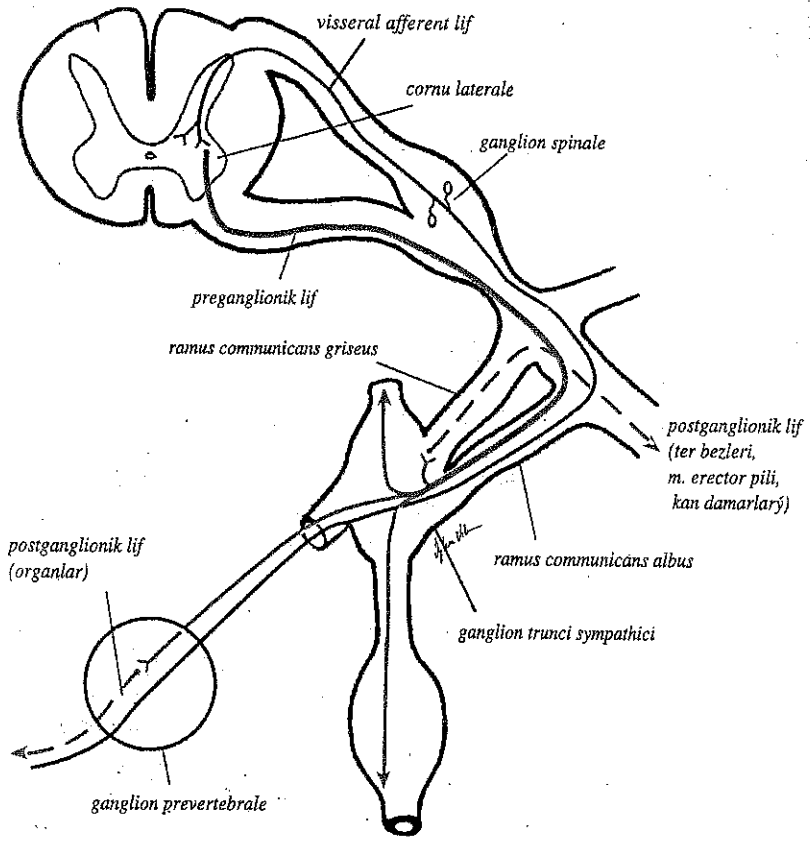
Fonksiyonel açıdan, sempatik ve parasempatik sistemlerin organlar üzerindeki etkileri birbirlerine terstir. Örneğin parasempatik sistem, gastrointestinal sistemin çalışmasını hızlandırır, kalp atım hızını ve solunum sayısını yavaşlatır, periferik damarlarda vazodilatasyona yol açar; sempatik sistem ise bunun tersine gastrointestinal sistemin çalışmasını yavaşlatır, kalp atım hızını ve solunum sayısını hızladırır, periferik damarlarda vazokonstriksiyona sebep olur. Etkileri birbirlerinin tersi olan bu iki sistem birbirlerini tamamlayacak şekilde ve bir denge içinde çalışarak organizmanın iç ve dış ortamdaki değişikliklere adapte olmasını sağlayan visseral fonksiyonları yerine getirir.

Parasempatik sistemde hem presinaptik nöron ile postsinaptik nöron arasındaki sinapsta, hem de postsinaptik nöron ile hedef organ arasında açığa çıkan nörotransmitter madde *asetilkolin*'dir. Sempatik sistemde de presinaptik nöron ile postsinaptik nöron arasındaki sinapsta nörotransmitter madde asetilkolindir; ancak postsinaptik nöron ile hedef organ arasında açığa çıkan nörotransmitter madde *noradrenalin*'dir. Bu nedenle, sempatik sisteme *adrenerjik sistem*, parasempatik sisteme ise *kolinerjik sistem* de denir. Ancak ter bezleri sempatik sistem tarafından inerve edilmelerine karşın, genel kuraldan farklı olarak, postsinaptik nöron ile hedef organ arasında açığa çıkan nörotransmitter madde asetilkolindir. Otonom sinir sisteminde asetilkolin ve noradrenalin primer nörotransmitter maddeler olmakla birlikte bunların dışında başka nörotransmitterlerin de sinaptik iletimde rol oynadığı bilinmektedir.

Parasempatik → Kolinerjik

Sempatik → Adrenerjik

Sempatik ve parasempatik sinir sistemlerinde, bir presinaptik lif birden fazla postsinaptik nöron ile sinaps yapar. Ancak sempatik sinir sisteminde bir presinaptik lif, yaklaşık olarak on kadar postsinaptik nöron ile sinaps yaparken, parasempatik sinir sisteminde bir presinaptik lif, yaklaşık olarak üç postsinaptik nöron ile sinaps yapar. Bu nedenle sempatik sistemin aktivasyonu vücutta daha yaygın bir cevaba sebep olur; parasempatik sistemde ortaya çıkan cevaplar ise, stimule edilen kısma bağlı olarak daha sınırlı bir bölgede görülür.



Şekil 70. Bir medulla spinalis segmentinde, çıkan ve giren sempatik liflerin dağılımı

Hypothalamus'tan çıkan otonomik impulslar cerebral cortex'in çeşitli sahaları, limbik sistem, bazal ganglionlar, cerebellum gibi daha üst merkezlerin kontrolü altındadır. Hypothalamus, bu merkezlerden gelen uyarıları değerlendirerek beyin sakı ve medulla spinalis'te bulunan presinaptik otonomik nöronlara impulslar gönderir. Hypothalamus ile beyin sakı ve medulla spinalis arasındaki bu yolların insanlardaki anatomik lokalizasyon ve seyirleri tam olarak bilinmemekle birlikte hypothalamus'tan beyin sakındaki presinaptik parasempatik nöronlara giden impulsların *fasciculus longitudinalis dorsalis (fasciculus longitudinalis posterior),* medulla spinalis'teki presinaptik sempatik ve parasempatik nöronlara giden impulsların ise

tractus hypothalamospinalis içerisinde seyrettiği düşünülmektedir. Nuclei tractus solitarii gibi, beyin sakında bulunan bazı merkezler de presinaptik otonomik nöronların fonksiyonlarını hypothalamus'tan bağımsız olarak düzenler.

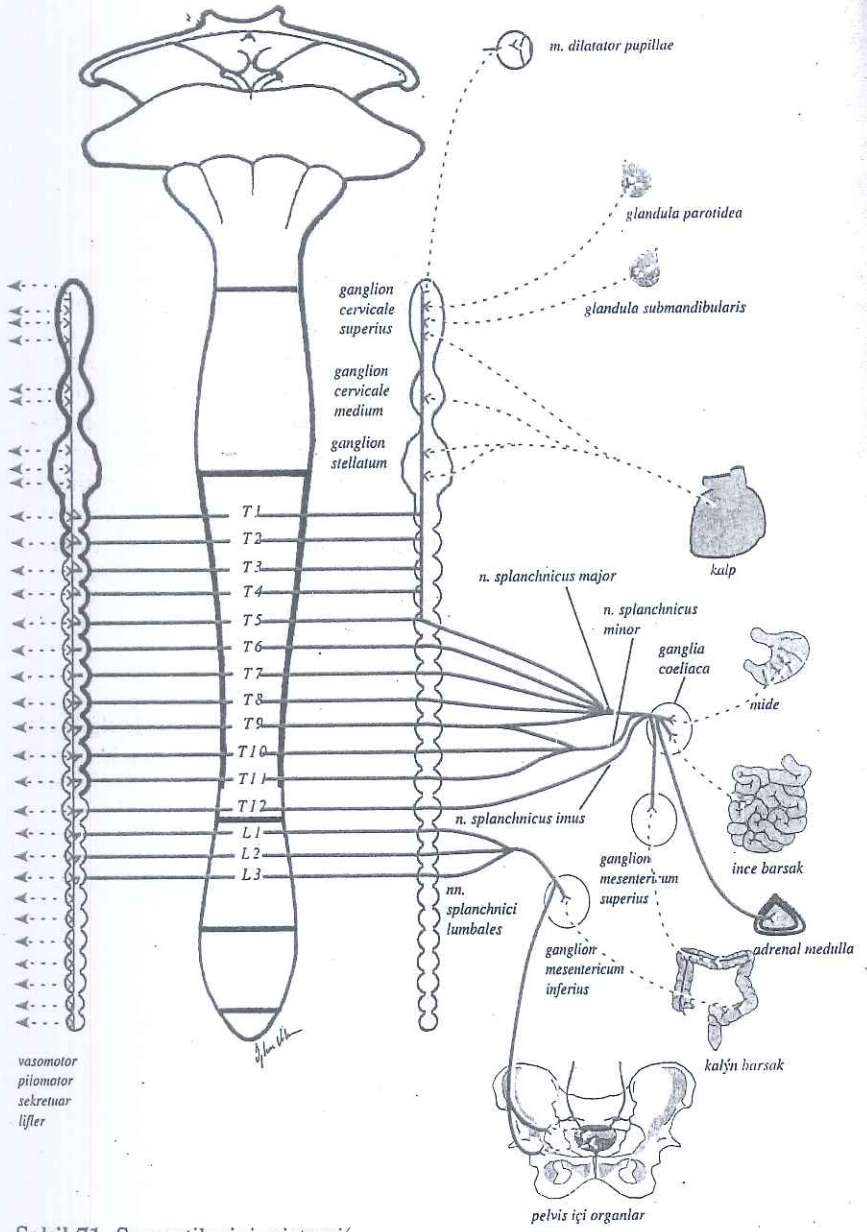
SEMPATİK SİNİR SİSTEMİ

Sempatik sinir sistemine ait presinaptik nöronlar, medulla spinalis'in T1-L3(L2) segmentlerindeki nucleus intermediolateralis'te bulunur. Bu nöronlardan başlayan aksonlar, GSE lifler ile birlikte, radix anterior'lar içerisinde seyrederek medulla spinalis'i terk eder ve spinal sinirlere katılır. Bu aksonlar daha sonra spinal sinirlerden ayrılarak *ramus communicans albus*'ları oluşturur ve columna vertebralis'in iki tarafında uzanan *truncus sympathicus*'a ait ganglionlara (paravertebral ganglionlar) giderler. Presinaptik sempatik aksonların bir kısmı truncus sympathicus içerisindeki ganglionlarda sinaps yapar; bir kısmı ise burada sinaps yapmadan geçerek nervus splanchnicus'ları oluşturur (Şekil 70). N. splanchnicus'lar içerisindeki presinaptik sempatik aksonlar, abdomende yer alan prevertebral ganglionlarda *(ganglia coeliaca, ganglion mesentericum superius, ganglion mesentericum inferius, ganglia aorticorenalia)* veya sekonder pleksusların içerisinde yer alan ganglionlarda sinaps yapar.

TRUNCUS SYMPATHICUS

Columna vertebralis'in her iki yanında yer alan ve sempatik sistem ile ilgili olan ganglionlara *paravertebral ganglionlar* adı verilir. Paravertebral ganglionlar ile bunları birbirine bağlayan inen ve çıkan presinaptik lifler *truncus sympathicus*'u oluşturur (Şekil 71).

Embriyolojik gelişim sırasında, medulla spinalis'in her bir segmentine karşılık gelen bir çift sempatik ganglion vardır. Ancak gelişimin ileri dönemlerinde, medulla spinalis'in üst ve alt segmentlerinde bazı ganglionlar birbirleri ile birleşir. Buna bağlı olarak erişkinlerde genellikle truncus sympathicus içerisinde servikal segmentlere ait üç tane, torakal segmentlere ait on iki tane, lumbal segmentlere ait dört tane, sakral segmentlere ait dört veya beş tane sempatik ganglion bulunur. Servikal bölgedeki ganglionlardan 1-4 arasındakiler birleşerek *ganglion cervicale superius*'u, 5 ile 6 birleşerek *ganglion cervicale medium*'u, 7 ile 8 ise genellikle birinci torakal ganglion ile birleşerek *ganglion cervicothoracicum (ganglion stellatum)*'u oluşturur. Bazen yedinci ve sekizinci servikal ganglionlar sadece kendi aralarında birleşir ve birinci torakal ganglion ile birleşmeden *ganglion cervicale inferius*'u oluşturur. Her iki taraftaki truncus sympathicus, coccyx'in önünde ve orta hatta yer alan *ganglion impar*'da birleşir.



Şekil 71. Sempatik sinir sistemi

Ramus communicans albus'lar ile truncus sympathicus'a giren presinaptik lifler farklı yerlerde sinaps yapabilir. Buna göre presinaptik sempatik lifler: 1) truncus sympathicus içerisinde kendi segmentlerine ait ganglionlarda, 2) truncus sympathicus içerisinde yükselerek veya inerek, bir veya birkaç segment yukarıdaki veya aşağıdaki bir ganglionda, 3) truncus sympathicus içerisinde sinaps yapmadan geçerek, n. splanchnicus'ları oluşturup, prevertebral ganglionlarda sinaps yapabilir. Truncus sympathicus'taki ganglionlardan çıkan postsinaptik lifler ise ramus communicans griseus'ları oluşturduktan sonra spinal sinirlere katılarak veya özellikle thorax bölgesinde olduğu gibi, paravertebral gangliondan direkt olarak çıkan dallar şeklinde hedef organlara gider.

Presinaptik sempatik liflere ait nöronlar medulla spinalis'in sadece T1-L3(L2) segmentleri arasında bulunduğu için servikal, alt lumbal ve sakral segmentlere ait paravertebral ganglionlara gelen ramus communicans albus yoktur (Şekil 71). Ramus communicans albus'lar aracılığı ile üst torakal seviyelerden paravertebral ganglionlara gelen presinaptik liflerin bir kısmı servikal seviyelerdeki ganglionlara kadar yükselerek; lumbal seviyelerden gelen presinaptik liflerin bir kısmı ise alt lumbal veya sakral seviyelerdeki ganglionlara kadar inerek sinaps yapar.

Paravertebral ganglionlar'daki nöronlardan başlayan postsinaptik liflerin büyük bir kısmı *ramus communicans griseus*'ları oluşturarak tekrar spinal sinirlere katılır ve bu sinirlerin dağıldığı bölgelerdeki ter bezleri, kan damarları, m. arrector pili gibi yapıların sempatik inervasyonunu sağlar (Şekil 70). Spinal sinirlerin tümüne, ramus communicans griseus'lar aracılığı ile gelen postsinaptik sempatik lifler katılır. Ancak, inerve ettikleri yapılara ramus communicans griseus'a katılmadan giden postsinaptik lifler de vardır. Paravertebral ganglionlardan direkt olarak çıkan bu postsinaptik lifler, ya thorax bölgesinde olduğu gibi ganglionlardan çıkan direkt dallar şeklinde ya da damarlar çevresinde pleksuslar oluşturarak hedef yapılara gider.

Nucleus intermediolateralis'ten başlayarak alt torakal, lumbal ve sakral paravertebral ganglionlarda sinaps yapmadan geçen presinaptik lifler *n. splanchnicus*'ları oluşturur (Şekil 71).

Ganglion cervicale superius'tan çıkan postsinaptik liflerin büyük bir kısmı *n. caroticus internus* ve *nn. carotici externi*'yi oluşturur. N. caroticus internus a. carotis interna'nın çevresinde, nn. carotici externi ise a. carotis externa'nın çevresinde birer pleksus oluşturur ve bu damarların uç dallarına kadar devam ederek ilgili yapıların sempatik inervasyonunu sağlar. Bu pleksuslardan ayrılan liflerin bir kısmı, bazı kranial sinirlerin dallarına katılarak hedef yapılara gider. Ganglion cer-

vicale superius'tan çıkan bazı postsinaptik lifler, *n. cardiacus cervicalis superior* ve *rr. laryngopharyngeales*'i oluşturur. Bu gangliondan ayrılarak ramus communicans griseus aracılığı ile üst üç veya dört servikal spinal sinirlere katılan postsinaptik lifler de vardır.

KLİNİK BİLGİ

Ganglion cervicale superius'un veya buradan çıkan postsinaptik liflerin lezyonunda baş-boyun bölgesinin sempatik inervasyonu bozulur. Bunun sonucunda ortaya çıkan *myosis* (pupilla'nın daralması), *ptosis* (üst göz kapağında düşüklük), *enophthalmos* (bulbus oculi'nin içeri doğru çökmesi), yüzde *anhidrosis* (terleme kaybı) ve *facial flushing* (yüzde kızarma) semptomları ile karakterize tabloya *Horner sendromu* adı verilir. Horner sendromunda görülen myosis, m. dilatator pupillae'nın çalışmamasına; enophthalmos, orbita içerisinde yer alan m. orbitalis'in çalışmamasına; yüzde anhidrosis, buradaki ter bezlerinin çalışmamasına; yüzde kızarma, kan damarlarında vazodilatasyona bağlı olarak ortaya çıkar. Horner sendromunda görülen üst göz kapağındaki düşüklüğe *pseudoptosis* adı da verilir. Çünkü bu durum, gerçek ptosis'te olduğu gibi m. levator palpebrae superioris'in çalışmamasına bağlı olarak değil, m. tarsalis superior'u inerve eden sempatiklerin lezyonuna bağlı olarak ortaya çıkar.

Horner sendromu, inen otonomik yolların veya nucleus intermediolateralis'te yer alan ve ganglion cervicale superius'a presinaptik lifler gönderen nöronların lezyonunda da ortaya çıkar. Ayrıca, truncus sympathicus'un ganglion cervicale medium ve ganglion cervicothoracicum seviyesindeki lezyonlarında da, ganglion cervicale superius'a giden presinaptik lifler etkileneceği için, Horner sendromu görülür.

Ganglion cervicale medium'dan çıkan postsinaptik liflerin bir kısmı *n. cardiacus cervicalis medius*'u, bir kısmı ise beşinci ve altıncı servikal spinal sinirlere katılan ramus communicans griseus'ları oluşturur. Ganglion cervicale medium'un glandula thyroidea, oesophagus ve trachea'ya giden postsinaptik dalları da vardır.

Ganglion cervicothoracicum (ganglion stellatum)'dan çıkan postsinaptik liflerin bir kısmı n. *cardiacus cervicalis inferior*'u, bir kısmı ise alt servikal ve üst torakal spinal sinirlere katılan ramus communicans griseus'ları oluşturur. Bu ganglionun

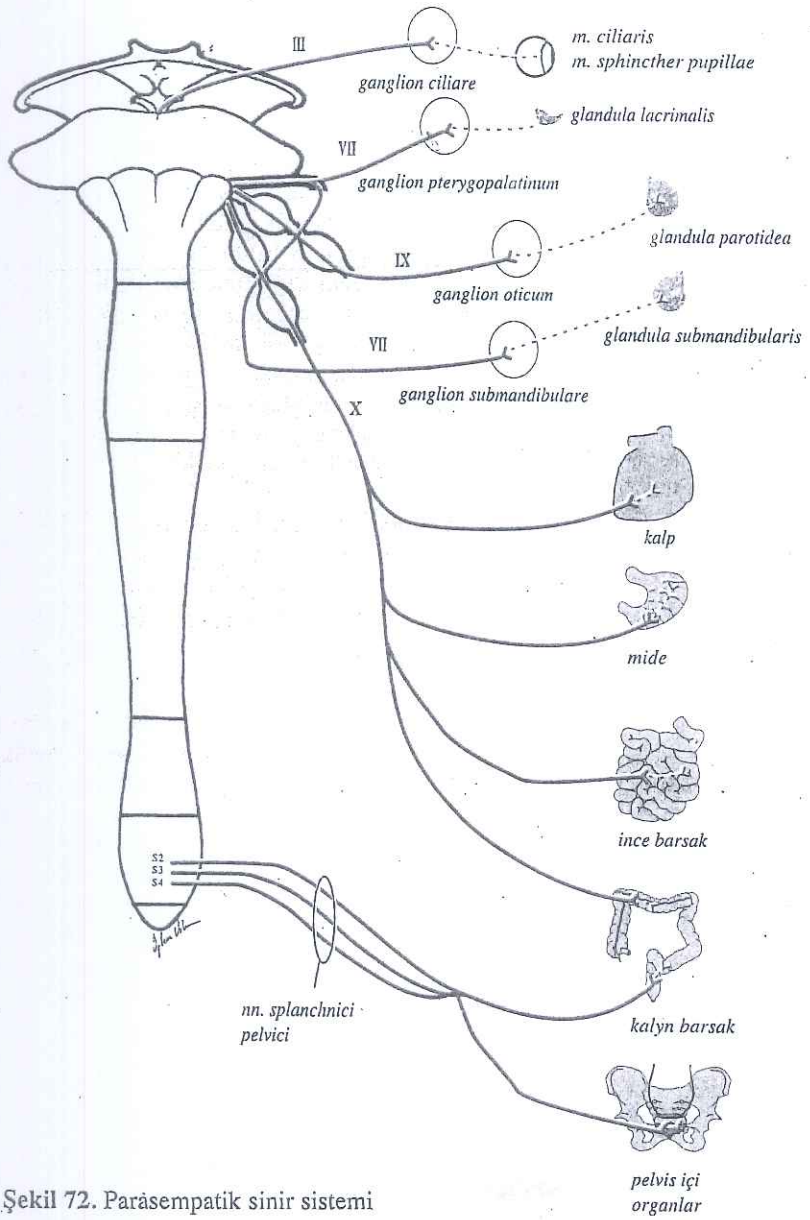
boyun bölgesine giden küçük dalları da vardır.

Torakal segmentler ile ilgili sempatik ganglionların hepsinde hem ramus communicans albus, hem de ramus communicans griseus bulunur. Bu ganglionlardan çıkan postsinaptik liflerin bir kısmı ramus communicans griseus'lar aracılığı ile spinal sinirlere katılır; bir kısmı ise plexus cardiacus, plexus pulmonalis ve plexus oesophagealis'in oluşumuna katılır. Bu pleksuslarda, n. vagus'tan gelen presinaptik parasempatik lifler ile karışan postsinaptik sempatik lifler hedef organların otonomik inervasyonunu sağlar. Medulla spinalis'in 5-12 torakal segmentlerinden çıkan presinaptik sempatik liflerin bir kısmı kendi segmentleri ile ilgili paravertebral ganglionlara girer, ancak sinaps yapmadan geçerek *n. splanchnicus major (greater splanchnic nerve)*, *n. splanchnicus minor (lesser splanchnic nerve)* ve *n. splanchnicus imus (least splanchnic nerve)*'u oluştururlar. N. splanchnicus major içerisinde medulla spinalis'in 5-9 torakal segmentlerinden; n. splanchnicus minor içerisinde 10-11 torakal segmentlerinden; n. splanchnicus imus içerisinde ise 12. torakal segmentinden çıkan presinaptik sempatik lifer yer alır (Şekil 71).

Medulla spinalis'in lumbal ve sakral segmentleri ile ilgili paravertebral ganglionlardan çıkan postsinaptik liflerin bir kısmı ramus communicans griseus'lar aracılığı ile lumbal spinal sinirlere katılır. Bu ganglionlarda sinaps yapmadan geçen presinaptik sempatik lifler ise *nn. splanchnici lumbales* ve *nn. splanchnici sacrales*'i oluşturur.

PARASEMPATİK SİNİR SİSTEMİ

Parasempatik sinir sistemine ait presinaptik liflerin başladığı nucleus'lar, anatomik lokalizasyonları açısından *pars cranialis* ve *pars sacralis (pars pelvica)* olmak üzere iki kısımda incelenir. *Nucleus nervi oculomotorii*'nin *nuclei viscerales*'i, *nucleus salivatorius superior*, *nucleus salivatorius inferior* ve *nucleus dorsalis nervi vagi* pars cranialis'e ait parasempatik nucleus'lardır. Bu nucleus'lardan başlayan presinaptik parasempatik lifler sırası ile n. oculomotorius, n. facialis, n. glossopharyngeus ve n. vagus içerisinde seyreder. N. oculomotorius, n. facialis ve n. glossopharyngeus içerisinde seyreden presinaptik lifler baş bölgesinde bulunan parasempatik ganglionlarda sinaps yapar. N. oculomotorius içerisinde seyreden presinaptik parasempatik lifler *ganglion ciliare*'de, n. facialis içerisinde seyredenler *ganglion pterygopalatinum* ve *ganglion submandibulare*'de, n. glossopharyngeus içerisinde seyredenler *ganglion oticum*'da; n. vagus içerisinde seyreden presinaptik lifler ise thorax ve abdomen içerisinde yer alan pleksuslara katılır ve inerve ettiği organların duvarındaki ganglionlarda sinaps yapar (Şekil 72).



Şekil 72. Parasempatik sinir sistemi

Pars pelvica'ya ait presinaptik parasempatik lifler, medulla spinalis'in S2, S3 ve S4 seviyelerinde, nuclei parasympathici sacrales'teki presinaptik parasempatik nöronlardan başlar ve bu segmentlere ait spinal sinirlerin içerisinde seyreder. Daha sonra spinal sinirleri terk eden ve buradan itibaren *nn. splanchnici pelvici* adı verilen bu lifler, abdomenin alt kısmında ve pelvis'te bulunan pleksuslara katılarak bu bölgede n. vagus tarafından inerve edilmeyen organlara gider. Nn. splanchnici pelvici içerisindeki presinaptik parasempatik lifler hedef organların duvarındaki ganglionlarda veya organlara yakın olarak bulunan pleksuslardaki ganglionlarda sinaps yapar (Şekil 72).

Parasempatik ganglionlar organlara yakın olarak bulunduğu için, postsinaptik parasempatik lifler postsinaptik sempatik liflere göre daha kısadır.

BAŞ BÖLGESİNDEKİ PARASEMPATİK GANGLİONLAR

Ganglion ciliare (3)

Bu ganglion, m. rectus lateralis ile n. opticus arasında, orbita'nın apex'ine yakın yağ dokusu içerisinde yer alır. Ganglion ciliare'ye n. oculomotorius ile gelen ve *radix parasympathica (radix oculomotoria)* adı verilen presinaptik parasempatik lifler bu ganglionda sinaps yapar. Ganglion ciliare'den başlayan postsinaptik parasempatik lifler ise nn. ciliares breves'e katılarak m. sphincter pupillae ve m. ciliaris'e gider.

Ganglion ciliare'ye, ganglion cervicale superius'tan başlayan postsinaptik sempatik lifler de gelir. *Radix sympathica* adı verilen bu lifler ganglion cilare'de sinaps yapmadan geçer ve bulbus oculi'deki damarlara gider. M. dilatator pupillae'yı inerve eden postsinaptik sempatik lifler genellikle nn. ciliares longi içerisinde seyreder. Ancak bu lifler bazen normal seyirleri dışında, ganglion ciliare'ye radix sympathica içerisinde ulaşır ve nn. ciliares breves'e katılarak m. dilatator pupillae'ya gider.

Bulbus oculi'den nn. ciliares breves aracılığı ile gelen duyu lifleri de ganglion ciliare'de sinaps yapmadan geçer. Ganglion ciliare'yi terk ettikten sonra *radix sensoria* adını alan bu lifler n. nasociliaris'e katılır.

Ganglion pterygopalatinum (7)

Bu ganglion, fossa pterygopalatina'da, canalis pterygoideus ve foramen rotundum'un ön tarafında bulunur. N. facialis içerisindeki presinaptik parasempatik lifler, n. canalis pterygoidei aracılığı ile ganglion pterygopalatinum'a gelerek burada sinaps yapar. Ganglion pterygopalatinum'dan başlayan postsinaptik parasempatik lifler ise glandula lacrimalis, glandulae nasales ve glandulae salivariae minores'i inerve eder.

Ganglion pterygopalatinum'a postsinaptik sempatik lifler de gelir. Ganglion cervicale superius'tan başlayan bu lifler önce n. petrosus profundus, daha sonra n. canalis pterygoidei'ye katılarak ganglion pterygopalatinum'a ulaşır; ancak burada sinaps yapmadan geçer ve m. orbitalis'i inerve eder.

Burun, damak, pharynx mukozası ve orbitadan GSA duyuları taşıyan lifler n. palatinus major ve nn. palatini minores aracılığı ile ganglion pterygopalatinum'a gelir. Bu ganglionda sinaps yapmadan geçen GSA lifler n. maxillaris'e katılır.

Ganglion submandibulare (7)

M. hyoglossus'un üst kısmında yerleşmiş olan bu ganglion, yukarıda n. lingualis ile komşuluk yapar. N. facialis'ten chorda tympani aracılığı ile gelen presinaptik parasempatik lifler, n. lingualis'e katılarak ganglion submandibulare'ye ulaşır ve burada sinaps yapar. Bu gangliondan başlayan postsinaptik lifler ise glandula submandibularis ile glandulae sublinguales'in parasempatik inervasyonunu sağlar. Ganglion submandibulare'ye, ganglion cervicale superius'tan gelen postsinaptik sempatik lifler ise burada sinaps yapmadan geçerek glandula submandibularis ile glandulae sublinguales'in sempatik inervasyonunu sağlar.

Ganglion oticum (9)

Foramen ovale'nin hemen altında yer alan bu ganglion, n. mandibularis'in başlangıç kısmının laterali ile komşuluk yapar. N. glossopharyngeus içerisindeki presinaptik parasempatik lifler, n. petrosus minor aracılığı ile ganglion oticum'a gelir ve burada sinaps yapar. Ganglion oticum'dan başlayan postsinaptik lifler ise n. auriculotemporalis'e katılarak glandula parotidea'nın parasempatik inervasyonunu sağlar.

Ganglion oticum'a, ganglion cervicale superius'tan başlayan ve a. meningea media etrafında seyreden postsinaptik sempatik lifler de gelir. Ganglion oticum'da sinaps yapmadan geçerek n. auriculotemporalis'e katılan bu lifler glandula parotidea'nın sempatik inervasyonunu sağlar.

ENTERİK SİNİR SİSTEMİ

Enterik sinir sistemi gastrointestinal kanalı oluşturan organlar, pancreas ve vesica biliaris'in inervasyonu ile ilgilidir. Enterik sistemin efferent kısmı sempatik ve parasempatik nöronlar tarafından oluşturulduğu için, bu sistem esasen otonom sinir sisteminin bir parçasıdır. Ancak enterik sinir sistemi, gerekli durumlarda santral sinir sisteminden bağımsız bir şekilde refleks olarak çalışarak peristaltik hareketleri,

sindirim sistemindeki bezlerin sekresyonunu ve kan akımını düzenleyebilir. Bu nedenle bazı yazarlar, enterik sinir sistemini sempatik ve parasempatik sinir sistemlerinden ayrı bir sistem olarak değerlendirir.

Enterik sinir sistemine dahil olan nöronlar, gastrointestinal kanalı oluşturan organların duvarındaki intrinsik pleksuslarda yer alan ganglionlar ile pancreas ve vesica biliaris'e ait pleksusların içerisindeki ganglionlarda bulunur. Gastrointestinal kanalı oluşturan organların duvarında birbirleri ile bağlantılı olan iki tane intrinsik pleksus vardır. Bunlardan *plexus myentericus (Auerbach's plexus)*, gastrointestinal kanalı oluşturan organların duvarındaki longitudinal ve sirküler kas tabakaları arasında; *plexus submucosus (Meissner's plexus)* ise aynı organların sirküler kas tabakası ile muscularis mucosae tabakası arasında yer alır.

Enterik sinir sistemi, tüm santral bağlantıları kesilse de birçok fonksiyonlarını kendi başına devam ettirebilir. İntrinsik pleksuslardaki visseral duyu nöronları, visseromotor nöronlar ve bunların arasındaki ara nöronlar enterik sinir sisteminin kendi başına çalışabilmesini sağlayan refleks arkını oluşturur. Buradaki visseral duyu nöronları barsak duvarındaki gerilme, barsak lümenindeki maddelerin içeriği gibi faktörleri değerlendirir; visseromotor nöronlar ise bu değişikliklere uygun olarak barsak aktivitesini düzenler.

OTONOMİK PLEKSUSLAR ve PREVERTEBRAL GANGLİONLAR

Thorax, abdomen ve pelvis içerisinde yer alan otonomik pleksusları, sempatik ve parasempatik lifler bir araya gelerek oluşturur. *Plexus cardiacus, plexus pulmonalis, plexus coeliacus, plexus hypogastricus superior* ve *plexus hypogastricus inferior* thorax, abdomen ve pelvis içerisinde yer alan primer pleksuslardır. Bu pleksusların uzantıları, organların yakınında yerleşmiş olan sekonder pleksusları oluşturur. Primer ve sekonder pleksusların içerisinde yer alan sempatik ganglionlarda presinaptik sempatik lifler sinaps yapar. Bu ganglionlardan *ganglia coeliaca, ganglion mesentericum superius, ganglion mesentericum inferius* ve *ganglia aorticorenalia* orta hatta, vertebraların ön tarafında yer aldığı için prevertebral ganglionlar olarak da isimlendirilir.

N. splanchnicus'lar içerisindeki presinaptik sempatik aksonlar, abdomende yer alan prevertebral ganglionlarda veya sekonder pleksusların içerisinde yer alan ganglionlarda sinaps yapar. Bu pleksuslardan çıkan dallar genellikle damarlar ile beraber seyrederek hedef organlara ulaşır.

Plexus cardicus

Bu pleksusu, servikal ve torakal bölgedeki sempatik ganglionlardan gelen postsinaptik dallar ile n. vagus'tan gelen presinaptik parasempatik dallar oluşturur. N. vagus'un plexus cardiacus'a verdiği presinaptik dallar, bu pleksus içerisinde yer alan postsinaptik nöronlar ile sinaps yapar.

Plexus pulmonalis

Bu pleksusa gelen postsinaptik sempatik lifler 2-5 torakal segmentlere karşılık gelen sempatik ganglionlardan; presinaptik parasempatik lifler ise n. vagus'tan gelir. Plexus pulmonalis'e katılan presinaptik parasempatik lifler bronchus'ların çevresindeki postsinaptik nöronlar ile sinaps yapar.

Plexus coeliacus

Truncus coeliacus'un çevresinde yerleşmiş olan bu pleksusu her iki taraftan gelen n. splanchnicus major ve n. splanchnicus minor ile n. vagus'un dalları oluşturur. Prevertebral ganglionlardan olan ganglia coeliaca, iki adet olup bu pleksus içerisinde yer alır. N. splanchnicus major ve n. splanchnicus minor içerisindeki presinaptik sempatik lifler bu ganglionlarda sinaps yapar. N. vagus'a ait lifler ise bu pleksusta sinaps yapmaz; bu pleksusun uzantısı olarak devam eden ve organlara yakın olarak yerleşmiş olan sekonder pleksuslardaki ganglionlarda sinaps yapar. *Plexus phrenicus, plexus hepaticus, plexus gastrici, plexus lienalis, plexus suprarenalis, plexus renalis, plexus testicularis* (kadında *plexus ovaricus*), *plexus mesentericus superior, plexus intermesentericus (plexus aorticus)* ve *plexus mesentericus inferior* plexus coeliacus'un uzantısı olan sekonder pleksuslardır.

Plexus hypogastricus superior

Bifurcatio aortae'nın ön tarafında ve orta hatta yerleşmiş olan bu pleksusu, plexus intermesentericus'un dalları ile üçüncü ve dördüncü nn. splanchnici lumbales'ten gelen dallar oluşturur. Plexus hypogastricus superior'dan *plexus uretericus*, *plexus testicularis* (kadında *plexus ovaricus*) ve *plexus iliacus*'a dallar gider. Plexus hypogastricus superior aşağıda sağ ve sol *n. hypogastricus*'lara ayrılır.

Plexus hypogastricus inferior

N. hypogastricus'lar aracılığı ile plexus hypogastricus superior'dan gelen sempatik liflere nn. splanchnici pelvici ile gelen presinaptik parasempatik liflerin katılması sonucu oluşan bu pleksus, her iki tarafta a. iliaca interna'nın medialinde

yerleşmiştir. Plexus hypogastricus inferior'un uzantısı olan sekonder pleksuslar *plexus rectalis medius, plexus vesicalis* ve *plexus prostaticus* (kadında *plexus uterovaginalis*)'tur.

VİSSERAL AFFERENT LİFLER

Hem sempatik ve hem de parasempatik sinirler içerisinde, organlardan gelen duyuları taşıyan GVA lifler vardır. Genel visseral duyuların bir kısmı thalamus aracılığı ile cortex cerebri'ye, dolayısıyla şuura ulaşır; ancak büyük bir kısmı medulla spinalis ve beyin sakı seviyesindeki bazı visseral merkezlerde sonlanarak otonomik reflekslerin ortaya çıkmasında rol oynar.

Sempatik sinirler içerisinde seyreden visseral afferent liflerin organlardan gelen ağrı duyusu ile ilgili olduğu kabul edilir. Bu liflerin hücre gövdeleri spinal ganglionlar içerisindedir. N. splanchnicus'lar veya postsinaptik sempatik lifler ile beraber seyrederek truncus sympathicus'a giren bu lifler, burada sinaps yapmadan geçer ve önce ramus communicans albus'lara, daha sonra spinal sinirlere katılarak spinal ganglionlara ulaşır. Spinal ganglionlardaki GVA nöronların santral uzantılarının medulla spinalis'e girdikten sonra, somatik ağrı-ısı duyusunu taşıyan lifler gibi, önce substantia grisea'da sinaps yaptığı; GVA duyular ile ilgili ikinci nöronların aksonlarının ise tractus spinothalamicus lateralis ile thalamus'a ulaştığı düşünülmektedir.

Kranial sinirlerden n. vagus ve n. glossopharyngeus içerisinde de GVA lifler vardır. Bu liflerin hücre gövdeleri her iki sinirin ganglion inferius'larında bulunur. Bu ganglionlardaki nöronların santral uzantıları nuclei tractus solitarii'ye gider. N. vagus'un özellikle gastrointestinal sistem ile ilgili visseral afferent lifleri, sağ ve sol nuclei tractus solitarii'nin kaudalde birleşmesi ile oluşan nucleus commissuralis'te sonlanır. Nuclei tractus solitarii, beyin sakındaki bazı nucleus'lar ile olan bağlantıları aracılığı ile, birçok visseral refleksin ortaya çıkmasında rol oynar.

Mesane, rectum ve bazı genital organlardan gelen GVA duyuları taşıyan lifler nn. splanchnici pelvici içerisinde seyreder. Bu liflerin hücre gövdeleri 2-4. sakral spinal segmentlere ait ganglion spinale'lerde yer alır. Bu nöronların medulla spinalis'in gri cevherindeki internöronlar aracılığı ile oluşturduğu refleks arkı, miksiyon gibi bazı visseral reflekslerin ortaya çıkmasını sağlar.

OTONOM SİNİR SİSTEMİNİN FONKSİYONEL ÖNEMİ

Sempatik ve parasempatik sistemlerin belirli bir organın fonksiyonu üzerindeki etkileri birbirinin tersidir. Bu iki sistemin koordinasyon içerisinde çalışması, organizmanın her türlü iç ve dış ortam şartlarına uyum göstermesini sağlar. Parasempatik sistem, vücutta enerji üretilmesi ve bu enerjinin depolanmasını sağlayan anabolik aktivitelerin harekete geçmesini sağlarken diğer organların bazal bir aktivitede çalışmasını sağlar. Bu nedenle, parasempatik sistem genel olarak *istirahat ve sindirim (rest and digest)* fonksiyonları ile ilgilidir. Sempatik sistem ise, savunma ve hücum gibi yoğun kas hareketlerine ihtiyaç duyulan durumlarda sindirim sistemi dışındaki organların yüksek bir aktivitede çalışmasını sağlar. Bu nedenle, sempatik sistem genel olarak *saldırma ve kaçma (fight and flight)* durumlarında olduğu gibi, organizmada depolanmış enerjinin hızlı bir şekilde tüketilmesi ile ilgili aktiviteleri düzenler.

Glandula suprarenalis'in medulla'sı, diğer organlardan farklı olarak, presinaptik sempatik lifler tarafından inerve edilir. Glandula suprarenalis'in medulla'sını oluşturan hücreler, crista neuralis'ten gelişir. Ancak bu hücreler, nöron olarak gelişmeyip, kromafin hücreler olarak diferansiye olur. Plexus coeliacus'tan plexus suprarenalis aracılığı ile gelen presinaptik sempatik lifler, buradaki kromafin hücreler ile sinaps yaparak sonlanır. Sempatik stimülasyon, kromafin hücrelerden epinefrin ile norepinefrin salgılanmasını sağlar. Bu katekolaminler sistemik dolaşıma katılarak genel sempatik stimülasyona yol açar.

Organ	Sempatik stimülasyon	Parasempatik stimülasyon
Kalp	Atım sayısında artma Kasılma gücünde artma Kardiyak output'da artma	Atım sayısında azalma Kasılma gücünde azalma Kardiyak output'da azalma
Koroner arterler	Vazodilatasyon	Vazokonstriksiyon
Sistemik damarlar		
İskelet kası	Vazodilatasyon	-----
Deri	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Organlar	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Burun mukozası	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Göz		
Pupilla	Mydriasis	Myosis
M. ciliaris	Gevşeme (uzak görme)	Kasılma (yakın görme)
M. tarsalis sup. & inf.	Kasılma	-----

Gl. lacrimalis	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon, sekresyon
Deri		
M. arrector pili	Kasılma	-----
Ter bezleri	Sekresyon	-----
Yağ bezleri	Sekresyon	-----
Solunum sistemi		
Bronchi	Genişleme	Daralma
Glandulae bronchiales	Sekresyonda azalma/artma	Sekresyonda artma
Gl. salivariae	Müköz sekresyon	Seröz sekresyon
Sindirim kanalı		
Peristaltik hareketler	Azalma	Artma
Sphincter'ler	Daralma	Genişleme
Kan akımı	Vazokonstriksiyon	Vazodilatasyon
Sindirim bezleri	-----	Sekresyonda artma
Karaciğer	Glikojenoliz, glukoneogenez	Glikojenez
Vesica urinaria		
M. detrussor	-----	Kasılma
M. sphincter urethrae	Kasılma	Gevşeme
Üreme organları		
Erkek	Ejakulasyon ve orgazm	Penis ereksiyonu
Kadında	Orgazm	Klitoris ereksiyonu

TELENCEPHALON

Beyin hemisferlerinin (hemispherium cerebri) oluşturduğu telencephalon, santral sinir sisteminin en büyük kısmıdır. Beyin hemisferlerini, dış tarafta yer alan *cortex cerebri (pallium, cerebral cortex)* ile bunun altında yer alan *beyaz cevher (substantia alba)* tabakası oluşturur. Beyin hemisferlerine ait beyaz cevher miyelinli liflerden oluşmuştur; ancak içerisinde bazal ganglionlar ile pars basalis telencephali'ye ait nucleus'lar da yer alır.

BEYİN HEMİSFERLERİ MORFOLOJİSİ

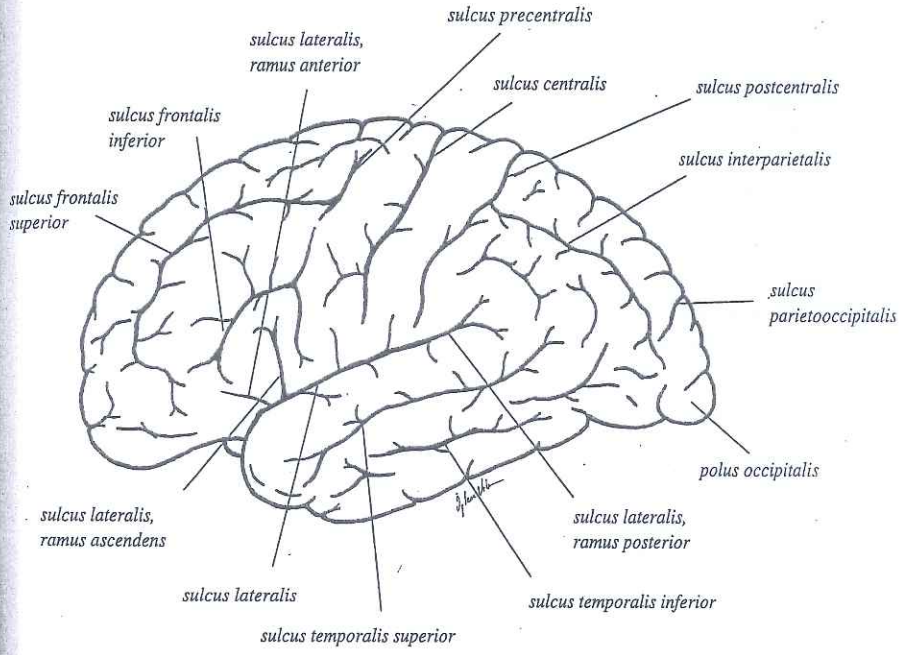
Sağ ve sol beyin hemisferleri, *fissura longitudinalis cerebri* ile kısmen birbirlerinden; *fissura transversa cerebri* ile cerebellum'dan ayrılmıştır. Fissura longitudinalis cerebri içerisine falx cerebri, fissura transversa cerebri içerisine ise tentorium cerebelli uzanır. Beyin hemisferlerinin dış yüzünde *gyrus (gyri cerebri)* adı verilen kabarıntılar ile bunların arasında *sulcus (sulci cerebri)* adı verilen yarıklar yer alır. Gyrus'lar ile sulcus'ların dağılımı kişiler arasında farklılık gösterdiği gibi, aynı şahsın sağ ve sol hemisferleri arasında da farklılık gösterir. Ancak gelişmenin erken döneminde ortaya çıkan bazı sulcus'lar, hemen her şahısta belirgin olarak gözlenir. Bu sulcus'lara göre her bir beyin hemisferi *lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis, lobus temporalis, lobus insularis (insula)* ve *lobus limbicus* olmak üzere altı lobus'a ayrılır. Bunlardan lobus limbicus aslında ayrı bir lobus olmayıp, içerisinde limbik sisteme ait kortikal yapıların bulunduğu, suni olarak isimlendirilmiş bir lobus'tur. Lobus limbicus'u hemisferlerin medial yüzünde lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis ve lobus temporalis'in birbirleri ile devam eden kısımları oluşturur.

Beyin hemisferlerinin *facies superolateralis, facies medialis* ve *facies inferior* olmak üzere üç yüzü vardır.

FACIES SUPEROLATERALIS

Beyin hemisferlerinin dış yüzünde *sulcus centralis* ve *sulcus lateralis* adı verilen iki belirgin sulcus vardır. Sulcus centralis, her bir hemisferin üst kenarından başlar,

hemisferlerin dış yüzünü takip ederek öne ve aşağıya doğru uzanır. Bu sulcus, dış yüzde lobus frontalis ile lobus parietalis arasındaki sınırı belirler. Sulcus lateralis ise lobus frontalis'in alt kısmı ile lobus temporalis'in ön kısmı arasından başlayarak arkaya ve yukarıya doğru uzanır. Bu sulcus, önde lobus frontalis ile lobus temporalis'i, arkada ise lobus temporalis ile lobus parietalis'in ön kısmını birbirinden ayırır. Sulcus lateralis'in lobus frontalis'e doğru uzanan kısımları *ramus anterior* ve *ramus ascendens*, arkaya doğru uzanan kısmı ise *ramus posterior* adını alır (Şekil 73).



Şekil 73. Beyin hemisferlernin dış yüzünde görülen sulcus'lar

Lobus frontalis

Lobus'lardan en büyüğü olan lobus frontalis, sulcus centralis'in ön tarafında yer alır. Lobus frontalis, alt tarafta sulcus lateralis aracılığı ile lobus temporalis'ten ayrılmıştır. Lobus frontalis'in dış yüzünde *gyrus precentralis, gyrus frontalis superior, gyrus frontalis medius* ve *gyrus frontalis inferior* adı verilen gyrus'lar yer alır (Şekil 74). Sulcus centralis'e paralel olarak uzanan gyrus precentralis'in ön tarafında

sulcus precentralis bulunur. Gyrus frontalis superior, medius ve inferior, sulcus precentralis'in ön tarafında horizontal olarak uzanır. Gyrus frontalis superior ile gyrus frontalis medius arasında *sulcus frontalis superior,* gyrus frontalis medius ile gyrus frontalis inferior arasında ise *sulcus frontalis inferior* yer alır. Sulcus lateralis'in ramus anterior ve ramus ascendens'i, gyrus frontalis inferior'u *pars orbitalis, pars triangularis* ve *pars opercularis* olmak üzere üç kısıma ayırır. Lobus frontalis'in rostral ucuna *polus frontalis* adı verilir.

Lobus parietalis

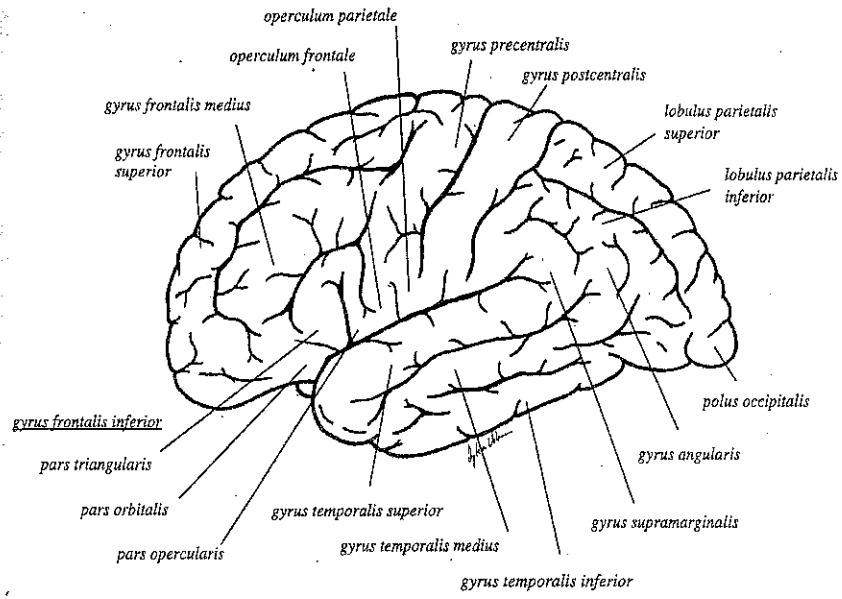
Sulcus centralis'in arka tarafında yer alan lobus parietalis, arkada lobus occipitalis ile komşudur. Dış yüzde lobus parietalis ile lobus occipitalis'i ayıran belirgin bir sınır yoktur. Lobus parietalis'te sulcus centralis'e paralel olarak uzanan *gyrus postcentralis*'i arka tarafta *sulcus postcentralis* sınırlar (Şekil 73). Sulcus postcentralis'in arka tarafında yer alan *lobulus parietalis superior* ve *lobulus parietalis inferior* horizontal olarak uzanır. Bu iki lobulus arasında ise sulcus intraparietalis yer alır. Lobulus parietalis inferior'un alt kısmında *gyrus supramarginalis* ve *gyrus angularis* olmak üzere iki gyrus vardır. Bunlardan gyrus supramarginalis, sulcus lateralis'in ramus posterior'unun uç kısmını; gyrus angularis ise sulcus temporalis superior'un uç kısmını çevreler (Şekil 74).

Lobus temporalis

Lobus temporalis alt tarafta sulcus lateralis aracılığı ile lobus parietalis ve lobus occipitalis'in ön kısmından ayrılmıştır. Lobus temporalis'in dış yüzünde yer alan *gyrus temporalis superior, gyrus temporalis medius* ve *gyrus temporalis inferior* sulcus leteralis'e paralel olarak seyreder (Şekil 74). Gyrus temporalis superior ile gyrus temporalis medius arasında yer alan *sulcus temporalis superior,* arkada gyrus angularis'e doğru uzanır. Gyrus temporalis medius ile gyrus temporalis inferior arasında *sulcus temporalis inferior* yer alır (Şekil 73). Gyrus temporalis superior'un üst kısmından transvers yönde anteromediale doğru uzanan gyrus'lara *gyri temporales transversi (Heschl's transverse convolutions)* adı verilir. Lobus temporalis'in rostral ucuna *polus temporalis* adı verilir.

Lobus occipitalis

Lateral yüzde, lobus occipitalis ile buna komşu lobus parietalis ve lobus temporalis arasında belirgin bir sınır yoktur. Ancak medial yüzde lobus occipitalis ile lobus parietalis'i birbirinden ayıran *sulcus parietooccipitalis* lateral yüze doğru kısmen uzanır. Lobus occipitalis'in lateral yüzünde düzensiz birkaç gyrus görülür. İsimlendirilmemiş olan bu gyrus'ların arasında *sulcus occipitalis transversus* yer alır. Lobus occipitalis'in kaudal ucuna *polus occipitalis* adı verilir.



Şekil 74. Beyin hemisferlerinin dış yüzünde görülen gyrus'lar

Lobus insularis (insula)

Sulcus lateralis'in derininde, bu sulcus'a komşu lobus temporalis, lobus parietalis ve lobus frontalis kısımları kaldırıldığında görülen korteks kısmına *lobus insularis* adı verilir. Kabaca üçgen şeklinde olan insula'nın çevresi *sulcus circularis insulae* ile sınırlanmıştır. Insula'nın lateral yüzünde yukarıdan aşağıya ve arkadan öne doğru uzanan *sulcus centralis insulae*'nın arka tarafında *gyrus longus insulae*, ön tarafında ise *gyri breves insulae* bulunur. Insula'nın *limen insulae* adı verilen alt-ön kenarı ventromedialde substantia perforata anterior ile devam eder.

Lobus frontalis, lobus parietalis ve lobus temporalis'in insula'ya komşu kortikal kısımları daha fazla büyüyerek sulcus lateralis'in çevresinde yer alan ve *operculum* adı verilen geniş katlantıları oluşturur. Operculum frontale, operculum parietale ve operculum temporale insula'yı dış taraftan örter. Bu nedenle dış yüzden bakıldığı zaman insula görülmez. Sulcus lateralis'in ramus anterior'u ile ramus ascendens'i

arasında bulunan *operculum frontale*, gyrus frontalis inferior'da yer alır. Sulcus lateralis'in ramus ascendens'i ile ramus posterior'u arasında bulunan *operculum parietale (operculum frontoparietale)* ise gyrus frontalis inferior'un arka kısmı, gyrus precentralis ve gyrus postcentralis'in alt kısmı ve lobulus parietalis inferior'un ön tarafının alt kısmını kapsar. *Operculum temporale*, sulcus lateralis'in ramus posterior'unun altında yer alır ve gyrus temporalis superior ile gyri temporales transversi'yi kapsar.

FACIES MEDIALIS

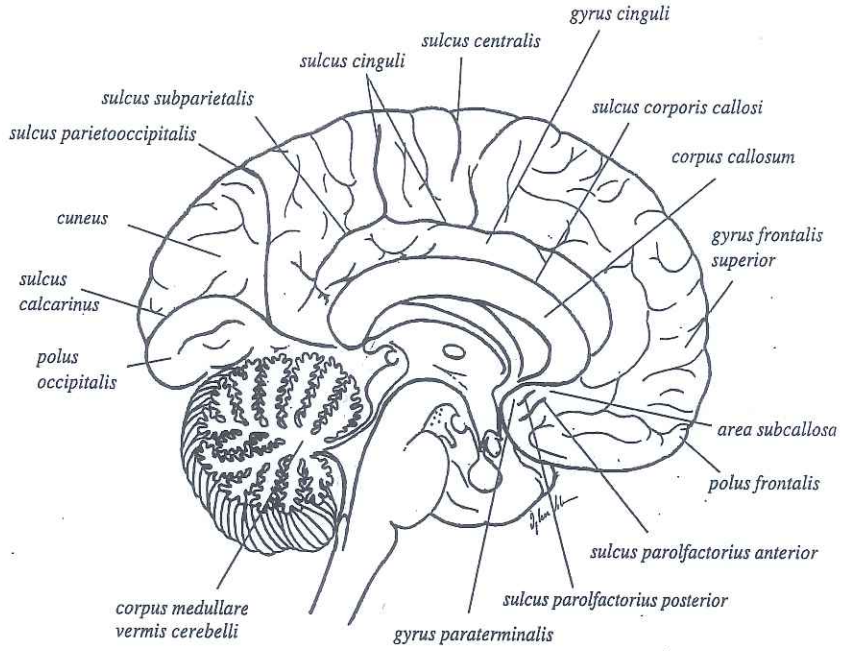
Beyin hemisferlerinin birbirlerine bakan yüzüne facies medialis adı verilir. Facies medialis'te en belirgin olarak göze çarpan yapı, *corpus callosum*'un kesitidir (Şekil 75). İki beyin hemisferini birbirine bağlayan ve miyelinli liflerden oluşan corpus callosum, fissura longitudinalis cerebri'nin tabanında yer alır; ventriculus lateralis'in ise tavanını örter. Corpus callosum ile bunun üzerinde yer alan *gyrus cinguli*'nin arasında *sulcus corporis callosi* bulunur. Sulcus corporis callosi, corpus callosum'un splenium kısmının etrafından dolandıktan sonra lobus temporalis'te *sulcus hippocampalis* olarak devam eder. Gyrus cinguli, üst tarafta *sulcus cinguli* aracılığı ile önde *gyrus frontalis medialis*, arkada *lobulus paracentralis* ile komşudur. Sulcus cinguli, corpus callosum'un splenium kısmı hizasında yukarıya doğru dönerek *sulcus marginalis (ramus marginalis)* adını alır. Sulcus marginalis'in ön tarafında lobulus paracentralis bulunur. Sulcus cinguli'den corpus callosum'un orta kısmı hizasında yukarı doğru ayrılan *sulcus paracentralis*, lobulus paracentralis ile gyrus frontalis medialis'i birbirinden ayırır. *Lobulus paracentralis*'i, dış yüzdeki gyrus precentralis ile gyrus postcentralis'in facies medialis'e uzanan kısımları oluşturur. Sulcus centralis'in facies medialis'e doğru verdiği küçük bir uzantı, lobulus paracentralis'i önde *gyrus paracentralis anterior* ve arkada *gyrus paracentralis posterior* olmak üzere iki kısma ayırır. Lobulus paracentralis, sulcus marginalis aracılığı ile arkada *precuneus* ile komşuluk yapar. Precuneus'un arkasında, lobus parietalis ile lobus occipitalis'i medial yüzde birbirinden ayıran *sulcus parietooccipitalis* bulunur. Sulcus parietooccipitalis'in arkasında ise *cuneus* yer alır. Cuneus'un kaudal sınırını *sulcus calcarinus* oluşturur. Sulcus calcarinus öne doğru uzanırken sulcus parietooccipitalis ile kesişir; ön ucu ventriculus lateralis'in cornu posterius'undaki *calcar avis* adı verilen kabarıntıyı oluşturur. Sulcus calcarinus'un kaudalinde ise *gyrus lingualis* bulunur.

Lobus limbicus

Lobus limbicus'u lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis ve lobus temporalis'in hemisferlerin medial yüzünde birbirleri ile devam eden ve corpus callosum ile diencephalon'u çevreleyen kortikal kısımları oluşturur. *Gyrus cinguli, gyrus fasciolaris, gyrus parahippocampalis, hippocampus, area subcallosa* ve *gyrus dentatus* lobus limbicus'u oluşturan yapılardır.

Hemisferlerin medial yüzünde, lamina terminalis'in ön tarafında yer alan cortex kısmına *gyrus paraterminalis* adı verilir. Gyrus paraterminalis, ön tarafta *sulcus paraolfactorius posterior* ile sınırlanmıştır. Sulcus paraolfactorius posterior ile bunun hemen ön tarafında yer alan *sulcus paraolfactorius anterior* arasında kalan cortex kısmına *area subcallosa (subcallosal gyrus)* adı verilir.

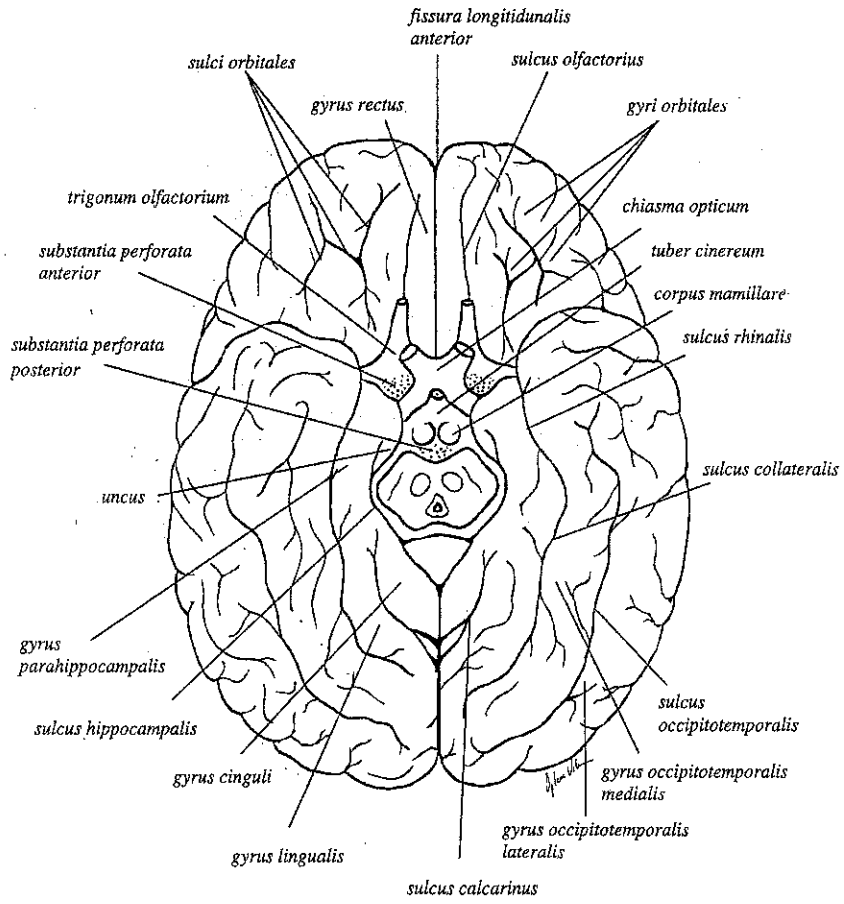
Corpus callosum'un üzerinde ve onun uzunluğu boyunca devam eden gyrus cinguli, corpus callosum'un splenium kısmının altında yer alan ve *isthmus gyri cinguli* adı verilen cortex kısmı aracılığıyla gyrus parahippocampalis ile devam eder. Lobus temporalis'in en medial kısmında yer alan gyrus parahippocampalis'i lateralde *sulcus rhinalis* ve *sulcus collateralis*, üst medialde ise *sulcus hippocampalis* sınırlar. Gyrus parahippocampalis'in mediale ve arkaya doğru kıvrılan uç kısmına *uncus* adı verilir.



Şekil 75. Sol beyin hemisferinin medial yüzden görünüşü

FACIES INFERIOR

Sulcus lateralis, facies inferior'u ön ve arka olmak üzere iki kısma ayırır. Ön kısım daha küçük olup lobus frontalis'in alt tarafta kalan orbital yüzünü kapsar; daha büyük olan arka kısım ise lobus temporalis ve lobus occipitalis'in alt yüzünü kapsar (Şekil 76).



Şekil 76. Beyin hemisferlerinin alt yüzden görünüşü

Lobus frontalis'in alt yüzünde bulunan *sulcus olfactorius* içerisinde bulbus olfactorius ve tractus olfactorius yer alır. Tractus olfactorius kaudalde *stria olfactoria medialis* ve *stria olfactoria lateralis* olmak üzere iki dala ayrılır. Stria olfactoria medialis ve lateralis'in üzeri ince birer cortex tabakası ile örtülmüştür. Bunlara *gyrus olfactorius medialis* ve *gyrus olfactorius lateralis* adı verilir. Stria olfactoria medialis ve stria olfactoria lateralis arasında kalan üçgen şeklindeki sahaya *substantia perforata anterior* adı verilir. Sulcus olfactorius'un medialinde *gyrus rectus*, lateralinde ise *gyri orbitales* bulunur. Gyri orbitales adı verilen gyrus'lar, genellikle H harfi şeklindeki *sulci orbitales* adı verilen sulcus'lar aracılığı ile birbirlerinden ayrılmıştır (Şekil 76).

Facies inferior'un daha büyük olan arka kısmında, polus occipitalis'in yakınından başlayan ve lobus temporalis'in uzunluğu boyunca öne doğru uzanan *sulcus collateralis* bulunur. Sulcus collateralis ile sulcus calcarinus arasında *gyrus lingualis* yer alır. Gyrus lingualis, ön tarafta isthmus gyrus cinguli ile birleşir ve gyrus parahippocampalis ile devam eder. Sulcus collateralis'ten ön tarafa doğru uzanan *sulcus rhinalis*, polus temporalis ile uncus'u birbirinden ayırır. Sulcus collateralis'in lateralinde ve ona paralel olarak uzanan *sulcus occipitotemporalis*'in medialinde *gyrus occipitotemporalis medialis*, lateralinde ise *gyrus occipitotemporalis lateralis* bulunur. Gyrus occipitotemporalis lateralis, dış yüzdeki gyrus temporalis inferior ile devam eder.

CORTEX CEREBRİ

Beyin hemisferlerinin dış yüzünü örten *cortex cerebri (pallium)*, yaklaşık olarak 0.25 m^2 civarında bir alanı kaplamasına rağmen büyük kısmı sulcus'ların ve fissura'ların derinliklerinde bulunduğu için dış yüzden bakıldığında tüm yüzeyinin ancak 1/3'ü görülebilir. Cortex cerebri'nin kalınlığı gyrus'ların en çıkıntılı kısımlarında daha fazla (4.5-5.0 mm), sulcus'ların derininde daha azdır (1.2-1.6 mm).

Filogenetik gelişim ve histolojik yapı bakımından cortex cerebri, *allocortex (heterogenic cortex)* ve *neocortex (neopallium-isocortex)* olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur. Filogenetik açıdan daha eski olan allocortex'in *archicortex (archipallium)* ve *paleocortex (paleopallium)* adı verilen iki kısmı vardır. Formatio hippocampi ve gyrus dentatus'un oluşturduğu archicortex ile piriform cortex'in oluşturduğu paleocortex'in histolojik olarak üç tabakası vardır. Filogenetik olarak daha yeni olan ve cortex cerebri'nin yaklaşık olarak %90'ını oluşturan neocortex ise histolojik olarak altı tabakadan oluşmuştur.

CORTEX CEREBRI'NİN HİSTOLOJİK YAPISI

Yaklaşık olarak 14 milyar kadar nöron içermesine rağmen, cortex cerebri'deki nöron tipleri çok çeşitli değildir. Cortex cerebri'de temel olarak *pyramidal hücreler, stellate (granule) hücreler* ve *fusiform hücreler* olmak üzere üç tip nöron bulunur.

Pyramidal hücreler cortex cerebri'de en fazla sayıda bulunan nöron tipi olup, hücre gövdeleri histolojik kesitlerde tepesi cortex'in dış yüzeyine doğru uzanan üçgen şeklinde görülür. Şekilleri bir piramidi andıran bu hücrelerin, tepesinden çıkan belirgin birer apikal dendritleri, tabanından çıkan çok sayıda bazal dendritleri ve yine tabanından çıkan birer aksonları vardır. Pyramidal hücreler, cortex'in esas efferent nöronlarıdır. Bu nedenle, pyramidal hücrelerin bir çoğunun aksonu hemisferlerin beyaz cevherine uzanır. Bu aksonların bir kısmı aynı hemisfer içerisinde diğer kortikal alanlara (assosiasyon lifleri), bir kısmı karşı hemisfer içerisindeki kortikal alanlara (komissural lifler), bir kısmı ise capsula interna içerisinden geçerek santral sinir sisteminin daha alt seviyelerine (projeksiyon lifleri-kortikal efferent lifler) gider. Pyramidal hücre gövdelerinin yüksekliği genellikle 10-50 μm arasında değişmekle birlikte, *Betz'in dev pyramidal hücreleri* adı verilen nöronların yüksekliği 80-150 μm arasındadır. Sayıları yaklaşık 30000-40000 kadar olan Betz'in dev pyramidal hücreleri sadece primer motor cortex'te bulunur.

Stellate (granule) hücreler, poligonal şekilli multipolar nöronlar olup, hücre gövdeleri yaklaşık 4-8 μm çapındadır. Hücre gövdelerinden bütün yönlere uzanan dendritleri, stellate hücrelere bir yıldız görünümü verir. Bu hücrelerin, uzun aksonlu olan Golgi tip I nöronlar ve kısa aksonlu olan Golgi tip II nöronlar olmak üzere iki tipi vardır.

Fusiform hücreler cortex'in en derin tabakalarında yer alan küçük nöronlar olup, uzun eksenleri cortex'in yüzeyine dik olarak uzanır. Bu hücrelerin, pyramidal hücrelere benzer şekilde birer apikal dendritleri ve alt uçlarından çıkan birer aksonları vardır. Fusiform hücrelerde, apikal dendritin dışında da çok sayıda dendrit vardır.

Cortex cerebri'de yukarıda bahsedilen üç ana hücre tipinin dışında, aksonları cortex'in yüzeyine paralel olarak uzanan *Cajal'ın horizontal hücreleri* ve aksonları cortex'in yüzeyine doğru dik olarak uzanan *Martinotti hücreleri* de yer alır.

CORTEX CEREBRI'NİN LAMİNAR ORGANİZASYONU

Nöronların organizasyonu ve yoğunluğu, nöron tipleri ve aksonların seyri cortex

cerebri'nin değişik seviyelerinde farklılıklar gösterir. Bu nedenle, histolojik kesitlerde cortex'in laminar bir görünümü vardır. Buna göre neocortex'te altı farklı lamina tespit edilmiştir.

I. Lamina molecularis. Cortex'in en yüzeyel kısmında yer alan ve hücreden fakir olan bu tabakada Cajal'ın horizontal hücreleri, Golgi tip II hücreler ve horizontal yönde uzanan aksonlar vardır.

II. Lamina granularis externa. Bu tabakada stellate hücreler ve küçük pyramidal hücreler yoğun olarak bulunur.

III. Lamina pyramidalis externa. Bu tabaka, orta boy ve büyük pyramidal hücreler ile az sayıda stellate hücreler içerir.

IV. Lamina granularis interna. Bu tabakada horizontal yönde uzanan miyelinli aksonların oluşturduğu *stria laminae granularis internae (outer band of Baillarger)* yer alır. Bu stria, primer görme cortex'inde daha belirgin olup *stria occipitalis (stripe of Gennari)* adını alır. Lamina granularis interna'da miyelinli aksonların dışında çok sayıda stellate hücreler ile az sayıda orta boy ve küçük pyramidal hücreler de vardır.

V. Lamina pyramidalis interna. Motor cortex'te daha kalın olan bu tabaka, orta boy ve büyük pyramidal hücreler ile az sayıda stellate hücreler içerir. Betz'in pyramidal hücreleri, sadece primer motor cortex'in lamina pyramidalis interna'sında bulunur. Bu laminanın derininde horizontal yönde seyreden miyelinli liflerin oluşturduğu *stria laminae pyramidalis internae (inner band of Baillarger)* yer alır.

VI. Lamina multiformis. Cortex'in en derindeki tabakası olan lamina multiformis'te fusiform hücreler ile orta boy pyramidal hücreler vardır. Bu tabakanın derininde beyin hemisferlerinin beyaz cevheri yer alır.

Bu laminaların kalınlıkları, laminalar içerisindeki nöronların tipleri ve dağılımı cortex cerebri'nin her yerinde aynı değildir; hatta cortex'in bazı bölgelerinde laminaların bir kısmı ayırt edilemeyebilir. Bu tip cortex bölgelerine *heterotipik cortex* adı verilir. Altı laminanın da belirgin olduğu cortex bölgelerine ise *homotipik cortex* denir.

Birçok araştırmacı, çeşitli bölgelerde nöron tipleri ve bunların dağılımı ile miyelinli liflerin seyrindeki farklılıkları değerlendirerek, cortex cerebri'nin sitolojik haritalarını çıkarmıştır. Bunlardan günümüzde en yaygın olarak kullanılanı Brodmann

isimli araştırıcının 1909 yılında ortaya koyduğu haritadır. Brodmann, cortex cerebri'de elli farklı bölge tanımlamıştır. Bu harita oldukça eski olmasına rağmen, cortex cerebri'nin fonksiyonel bölgelerini tanımlamakta oldukça faydalıdır (Şekil 77, 78).

CORTEX CEREBRI'NİN FONKSİYONEL BÖLGELERİ

Cortex cerebri'nin fonksiyonlarının lokalizasyonu ile ilgili bilgiler büyük ölçüde cortex'in belirli bölgelerinde lezyonu olan hastaların klinik değerlendirilmesi ve anestezi altındaki hastalarda beyinin belirli bölgelerinin uyarılması sonucunda elde edilen verilere dayandırılmıştır. Daha yeni bir yöntem olan positron emission tomography (PET)'nin kullanılması ile cortex'te değişik fonksiyonlar ile ilgili bölgeler hakkında daha fazla bilgi edinmek mümkün olmuştur.

Cortex cerebri'de, duyuların şuura ulaştığı *duyu bölgeleri* ile motor fonksiyonların istek doğrultusunda başlatıldığı veya sonlandırıldığı *motor bölgeler* belirlenmiştir. Bunların dışında, insanlarda diğer canlılara göre çok daha fazla gelişmiş olan *assosiasyon bölgeleri* vardır. Assosiasyon bölgeleri, kompleks bağlantıları sayesinde birçok duyunun bir arada ve edinilmiş deneyimler doğrultusunda değerlendirilmesi, uygun hafızaları çağrıştırarak kişiye özel davranış özelliklerinin ortaya konulması gibi daha üst düzey fonksiyonların oluşturulduğu bölgelerdir.

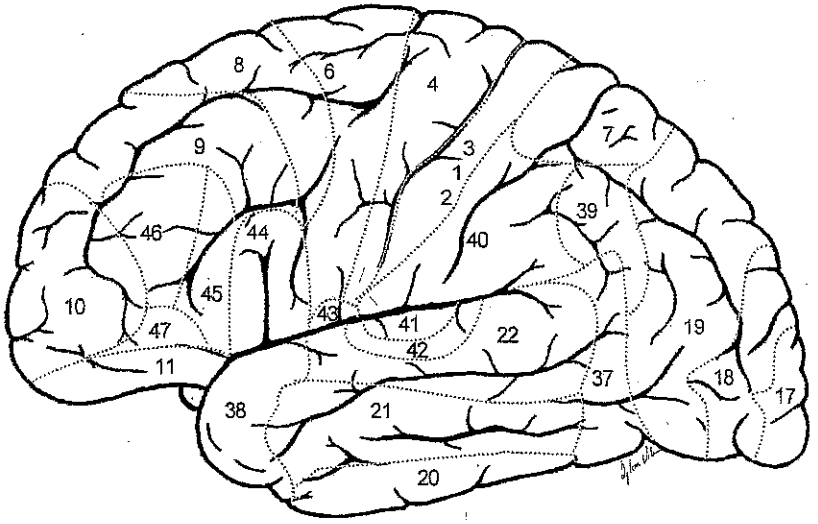
KLİNİK BİLGİ

Assosiasyon bölgelerinde lezyonu olan hastalar, duyuları algılamalarına rağmen bunları değerlendiremez. Bu tür hastalarda primer bir duyu kaybı olmamasına rağmen, dokundukları veya gördükleri objenin ne olduğunu anlayamama veya işittikleri kelimenin anlamını algılayamama gibi bulgular ortaya çıkar. Bu tür bozukluklara genel olarak *agnosia* adı verilir.

DUYU BÖLGELERİ

Primer duyu bölgeleri, cortex cerebri'ye thalamocortical lifler aracılığı ile gelen duyuların ilk olarak şuura ulaştığı ve spesifik duyuların değerlendirildiği kortikal merkezlerdir. Ancak bazı duyuların thalamus seviyesinde algılandığı kabul edilmektedir. *Primer somatik duyu merkezi* (Brodmann'ın 3, 1, 2 numaralı sahaları), *primer görme merkezi* (Brodmann'ın 17 numaralı sahası), *primer işitme merkezi* (Brodmann'ın 41 numaralı sahası) ve *tat merkezi* (Brodmann'ın 43 numaralı sahası)

cortex cerebri'de tespit edilen primer duyu bölgeleridir (Şekil 77). *Primer koku merkezi* olarak tarif edilen piriform cortex ile cortex periamygdaloideus, Brodmann tarafından numaralanmamıştır. Vestibular sistem ile ilgili primer duyu bölgeleri, insanlarda tam olarak tarif edilmemiştir. Primer duyu bölgelerine gelen impulslar, burada değerlendirildikten sonra sekonder duyu bölgelerine iletilir.



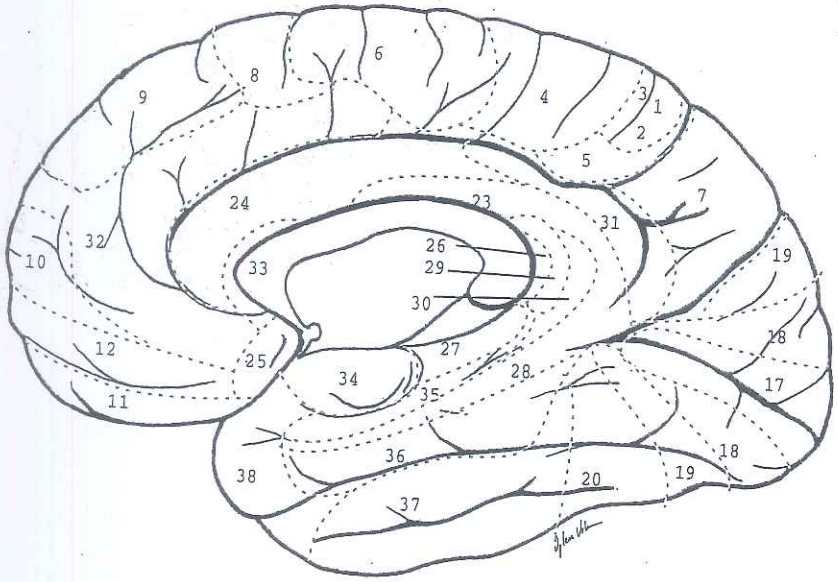
Şekil 77. Beyinin lateral yüzden görünümünde Brodmann sahaları

Sekonder duyu bölgeleri, genellikle primer duyu bölgelerinin yakınında yer alan bölgelerdir. Sekonder duyu bölgelerinde primer duyu bölgelerinden gelen spesifik duyular daha üst düzeyde değerlendirilir ve bu duyular ile ilgili impulsların integrasyonu sağlanarak ayırt edici özellikleri algılanır. Bu bölgeler genellikle thalamus'tan direkt lifler almaz. Sekonder duyu bölgelerinin afferent liflerinin çoğu primer duyu bölgelerinden başlar.

Primer somatik duyu merkezi

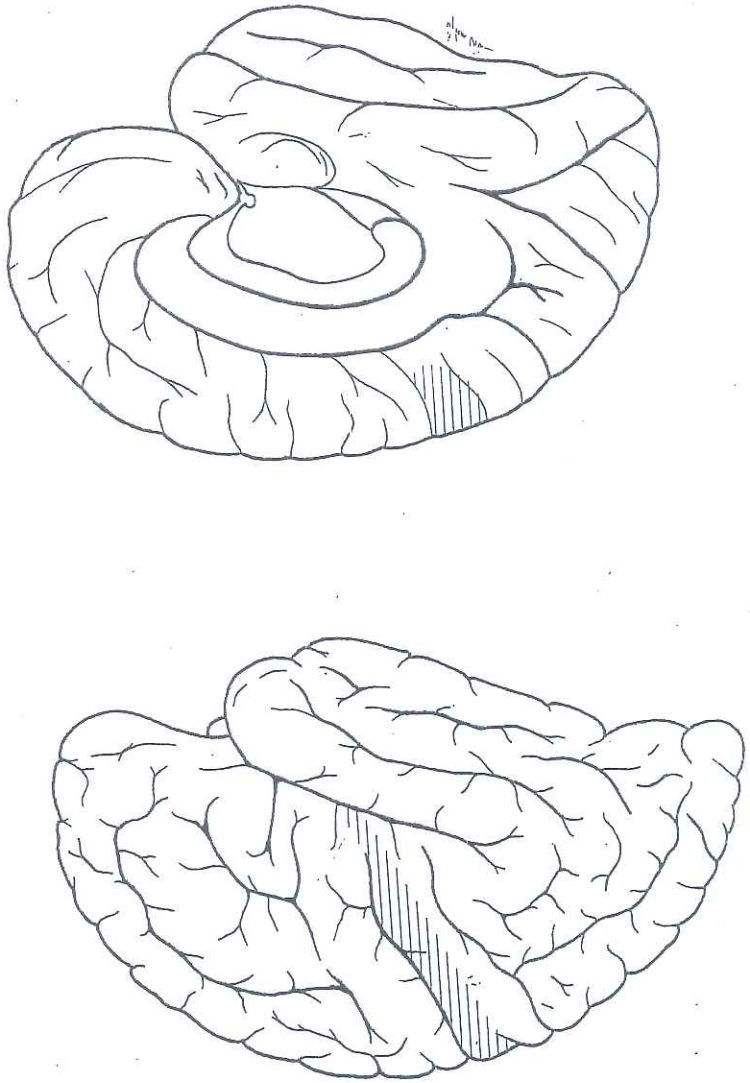
Genel somatik duyular ile ilgili olan primer somatik duyu merkezi, gyrus postcen-

tralis ile lobulus paracentralis'in arka kısmında yer alır (Şekil 79). Bu merkez Brodmann'ın 3 (3a ve 3b), 1 ve 2 numaralı sahalarına karşılık gelir. Primer somatik duyu merkezine thalamus'tan gelen lifler VPL ve VPM nucleus'lardan başlar ve vücudun karşı yarımı ile ilgili somatik duyu impulslarını taşır. Bir taraftaki primer duyu merkezinde vücudun karşı yarımı temsil edilir ve farklı vücut kısımları ile ilgili bölgeler somatotopik bir organizasyon gösterir. Buna göre, gyrus postcentralis'in kaudal kısmından kranial kısmına doğru yüz, üst ekstremite, gövde ve alt ekstremite şeklinde bir sıralanma vardır. Primer somatik duyu merkezinde vücut kısımlarının bu şekilde sıralanması ile elde edilen temsili vücut şekline *duyu homonculus*'u adı verilir. Alt ekstremitenin temsil edildiği bölge lobulus paracentralis'e karşılık gelir. Primer somatik duyu merkezinde el, yüz ve ağız bölgeleri ile ilgili kısımlar diğerlerine göre oldukça geniş bir yer tutar.



Şekil 78. Beyinin medial yüzden görünümünde Brodmann sahaları

Primer somatik duyu merkezindeki Brodman sahalarının hepsi bütün vücut bölgelerinden somatik duyular almakla birlikte, belirli sahaların farklı duyular ile uyarılabildiği gösterilmiştir. Buna göre, Brodmann'ın 3b ve 1 numaralı sahalarının



Şekil 79. Beyin hemisferlerinin lateral ve medial yüzünde primer somatik duyu merkezinin lokalizasyonu

deriden gelen mekanik stimuluslara, 2 numaralı sahanın derin dokulardan gelen basınç duyusu ile ilgili stimuluslara, 3a numaralı sahanın ise kas iğiciklerinden gelen stimuluslara daha hassas olduğu gösterilmiştir.

Primer somatik duyu merkezi uyarılan hastalar, vücudun karşı tarafında ve uyarılan bölgenin karşılık geldiği vücut kısmında uyuşma, iğnelenme ve elektriklenme şeklinde duyular algılar. Bu hastalar, bazen belirli vücut kısımlarının hareket ettiği hissine kapılır. Primer somatik duyu merkezinde lezyonu olan hastalarda görülen duyu kayıpları vücudun karşı tarafında ortaya çıkar.

Sekonder somatik duyu merkezi

Bu merkez, sulcus lateralis'in üst kenarında, sulcus centralis'ten başlayarak arkaya doğru uzanır. Bu bölge, aynı zamanda operculum parietale'ye karşılık gelir. Sekonder somatik duyu merkezinde de, yüz önde ve vücudun diğer kısımları arkada olmak üzere, vücut bölgeleri somatotopik bir şekilde temsil edilmektedir. Sekonder somatik duyu merkezinin afferentleri, thalamus'un VPL ve VPM nucleus'ları ile ipsilateral ve kontralateral taraftaki primer somatik duyu merkezlerinden gelir. Böylece bir taraftaki sekonder somatik duyu merkezinde vücut kısımları bilateral olarak temsil edilir. Sekonder somatik duyu merkezinden başlayan efferent liflerin önemli bir kısmı, aynı hemisferdeki primer somatik duyu merkezi ile primer motor merkeze gider.

KLİNİK BİLGİ

Primer somatik duyu merkezinin lezyonlarında iki nokta diskriminasyonu, stereognosia (cisimleri elle hissederek tanıma), pozisyon duyusu ve vibrasyon gibi duyuların algılanmasında bozukluklar ortaya çıkar. Ağrı ve ısı duyusu ile ilgili kayıplar çok az olmakla birlikte, hastalar bu tür duyuların lokalizasyonunu belirlemede güçlük çeker. Sadece sekonder somatik duyu merkezini etkileyen lezyonlarda ise önemli bir duyu kaybı gözlenmez; ancak mekanik stimulusların daha üst düzeyde değerlendirilmesi ve hafızada saklanması gibi kortikal fonksiyonlar etkilenir. Primer ve sekonder somatik duyu merkezinin lezyonlarında ortaya çıkan bulgular vücudun karşı yarımında görülür.

Primer görme merkezi

Lobus occipitalis'te yer alan ve Brodmann'ın 17 numaralı sahası olarak bilinen bu cortex bölgesine, lamina granularis interna'da yer alan *stria occipitalis (stripe of Gennari)*'ten dolayı, *striate cortex* adı da verilir (Şekil 77, 78). Bu merkez, lobus occipitalis'in medial yüzü ve polus occipitalis'te yerleşmiştir. Medial yüzde yer alan sulcus calcarinus, primer görme merkezini üstte cuneus ve altta gyrus lingualis olmak üzere iki kısma ayırır. Primer görme merkezinin afferent lifleri, corpus geniculatum laterale'den radiatio optica (fibrae geniculocalcarinae) aracılığı ile gelir. Primer görme merkezinde retinotopik bir organizasyon vardır. Bir taraftaki cuneus'a gelen lifler, görme alanının kontralateral yarımının alt kısmı ile; bir taraftaki gyrus lingualis'e gelen lifler ise görme alanının kontralateral yarımının üst kısmı ile ilgili impulslar taşır. Primer görme merkezinin ön kısımları, görme alanının periferik kısmı ile; polus occipitalis ise görme alanının santral kısmı ile ilgilidir. Primer görme merkezinde santral (macular) görmenin temsil edildiği bölge, periferik görmenin temsil edildiği bölgeye göre oldukça geniştir.

Primer görme merkezinde, görüntünün spesifik modaliteleri ile ilgili nöronlar, laminalar boyunca uzanan kolumnar bir organizasyon gösterir. Aslında bu tür bir organizasyon tüm primer duyu merkezlerinde vardır. Görme ile ilgili belirli stimuluslara hassas olan nöronların oluşturduğu *oryantasyon kolonları* ile *renk kolonları*, görme alanındaki objelerin yerlerinin ve renklerinin algılanmasında; *göz tercihli kolonlar* ise, her iki görme alanından gelen impulsları değerlendirerek, derinliğin algılanmasında rol oynamaktadır.

Sekonder görme alanları

Bu alanlar, primer görme merkezinden gelen impulsları değerlendirerek objelerin şekillerinin analiz edilmesi, hareket eden objelerin gözlenmesi, aynı renklerin değişik tonlarının ayırt edilmesi gibi daha üst düzey fonksiyonların yerine getirilmesinde rol oynar. Brodmann'ın 18 ve 19 numaralı sahaları ile 39 numaralı saha (middle temporal visual area) sekonder görme alanları olarak değerlendirilir (Şekil 77, 78).

KLİNİK BİLGİ

Primer görme merkezinin lezyonlarında, lezyonun genişliğine bağlı olarak görme kayıpları ortaya çıkar. Sekonder görme alanlarında lezyonu olan hastalarda ise objeleri, çizimleri ve yüzleri tanıyamama, renkleri isimlendirememe ve ton farklarını ayırt edememe, objelerin hareketini algılayamama gibi bozukluklar ortaya çıkar.

Primer işitme merkezi

Gyri temporales transversi (Heschl's transverse convolutions)'de yer alan bu merkez, Brodmann'ın 41 numaralı sahasına karşılık gelir (Şekil 77). Primer işitme merkezine corpus geniculatum mediale'den radiatio acustica (fibrae geniculotemporales) aracılığı ile afferent lifler gelir. Capsula interna'nın pars sublentiformis'inden geçen bu liflerin bir kısmı Brodmann'ın 42 numaralı sahasında sonlanır; bu saha işitme ile ilgili bir assosiasyon bölgesi olarak kabul edilir.

Primer işitme merkezinde de, diğer primer duyu merkezlerinde olduğu gibi, kolumnar bir organizasyon vardır. Aynı frekanstaki seslere hassas nöronlar *izofrekans kolonlarını* oluşturur. Buna göre primer işitme merkezinin rostral kısmı daha yüksek frekanslı sesler ile, kaudal kısmı ise daha düşük frekanslı sesler ile ilgilidir. Bunun dışında her iki kulağa verilen ses stimuluslarına hassas nöronların oluşturduğu *sumasyon kolonları* ile kontralateral taraftaki kulağa uygulanan ses stimulusları ile uyarılan, ancak ipsilateral stimuluslar ile inhibe olan nöronların oluşturduğu *supresyon kolonları* tespit edilmiştir.

Primer işitme merkezini bir kuşak gibi çevreleyen bölge sekonder işitme merkezleri olarak kabul edilir. Birçok araştırmacı tarafından maymunlar üzerinde yapılan çalışmalarda bu merkezlerin primer işitme merkezi ve corpus geniculatum mediale ile karşılıklı bağlantıları olduğu gösterilmiştir.

KLİNİK BİLGİ

İşitme yolları üst merkezlere bilateral olarak çıktığı için primer işitme merkezinin tek taraflı lezyonlarında, kontralateral tarafta daha fazla olmak üzere, kısmi işitme kaybı ortaya çıkar. Bu tür hastalar seslerin lokalizasyonunu belirlemede güçlük çeker.

Tat merkezi

Operculum parietale'de yer alan bu merkez, Brodmann'ın 43 numaralı sahasına karşılık gelir (Şekil 77). Bu merkeze thalamus'un VPM nucleus'undan tat ile ilgili afferent lifler gelir. Tat merkezi, primer somatik duyu merkezindeki dil ile ilgili bölgeye oldukça yakındır.

Vestibular bölgeler

İnsanlarda vestibular sistem ile ilgili cortex bölgeleri çok iyi tanımlanmamıştır. Ancak gyrus temporalis superior'un bazı bölgelerinin uyarılması ile, hastalarda baş dönmesi ve dönme hareketi şeklinde duyular ortaya çıkmıştır. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, Brodmann'ın 3a numaralı sahası ile 2 numaralı sahanın arka kısmının vestibular sistem ile ilgili cortex bölgeleri olduğunu düşündürmektedir.

MOTOR BÖLGELER

Kortikofugal lifler, cortex cerebri'nin bütün bölgelerinden başlayarak daha alt merkezlere giden ve motor fonksiyonlar ile ilgili olan liflerdir. Lamina pyramidalis interna'da yer alan pyramidal hücreler, cortex cerebri'deki esas efferent nöronlardır. Bu nöronların hepsi aktivatör etkili olup, nörotransmitter madde olarak glutamat kullanırlar.

Cortex cerebri'de *primer motor bölge, premotor bölge* ve *yardımcı (supplementary) motor bölge* olmak üzere üç ana motor bölge vardır. Bunlardan başka, *frontal göz sahası (frontal eye field)* adı verilen ve istekli göz hareketleri ile ilgili olan bir motor bölge daha vardır. Primer motor bölgenin uyarılması sonucunda, uyarılan bölgeye bağlı olarak, vücudun karşı tarafında basit motor hareketler ortaya çıkar. Premotor ve yardımcı motor bölgenin uyarılması ise daha kompleks hareketlere sebep olur. Premotor bölgenin uyarılması ile birden fazla eklemde koordine kas hareketleri gözlenirken, yardımcı motor bölgenin uyarılması ses çıkarma, yüzde mimetik hareketler ve simetrik koordine kas hareketlerine yol açar.

Cortex cerebri'nin motor bölgelerinden başlayan lifler, fibrae corticospinales (tractus corticospinalis) aracılığı ile medulla spinalis'teki motor nöronlar üzerinde; fibrae corticonucleares aracılığı ile de beyin sakındaki motor nöronlar üzerinde etkili olur. Bu yollar, istekli kas hareketlerinin yapılmasını sağlayan direkt yollardır. Ancak, istekli kas hareketlerinin yapılmasında etkili olan indirekt yollar da vardır. Örneğin cortex cerebri'nin motor bölgelerinden başlayan bazı lifler fibrae corticoreticulares aracılığı ile beyin sakına ve buradan da tractus reticulospinalis aracılığı ile medulla spinalis'e ulaşır. Cortex cerebri'nin motor bölgeleri, bu tür polisinaptik bağlantıları

sayesinde, detayları daha alt merkezlerde planlanan kompleks motor hareketler üzerinde kontrol sağlar. Motor bölgelerden başlayarak nucleus ruber, colliculus superior ve nuclei vestibulares'e giden efferent lifler de yukarıda bahsedilen polisinaptik bağlantılara örnektir.

Tractus corticospinalis içerisindeki liflerin yaklaşık olarak % 20-30'u primer motor bölgeden başlar. Bu lifler, medulla spinalis'in cornu anterius'undaki motor nöronlara yakın olarak sonlanır. Cortex cerebri'nin diğer bölgelerinden başlayarak tractus corticospinalis içerisinde seyreden liflerin büyük çoğunluğu ise cornu posterius'ta sonlanır. Dolayısıyla, sayıları daha az olmasına rağmen, primer motor bölgeden başlayan liflerin, medulla spinalis'in cornu anterius'undaki motor nöronların aktivitesi üzerindeki etkisi daha fazladır. Tractus corticospinalis içerisindeki liflerin çok küçük bir kısmı lamina IX'daki motor nöronlar ile direkt olarak sinaps yapar. Liflerin büyük çoğunluğu ise, lamina IX'daki motor nöronlar ile sinaps yapan aktivatör veya inhibitör etkili internöronlar ile sinaps yapar.

Cortex cerebri'deki motor bölgelere gelen afferentlerin üç ana kaynağı vardır. Bunlardan birincisi, motor bölgelere periferden bilgi taşıyan afferentlerdir. Bu afferentler, direkt olarak primer somatik duyu merkezinden veya thalamus'tan primer motor bölgeye veya indirekt olarak assosiasyon bölgelerinden premotor bölgeye impulslar taşır. Motor bölgelere gelen afferentlerin diğer iki ana kaynağı ise bazal ganglionlar'ın efferent merkezi olan globus pallidus ile cerebellum'dur. Cerebellum ve globus pallidus'tan gelen impulslar, motor bölgelere thalamus aracılığı ile indirekt olarak ulaşır. Cerebellum'dan gelen afferentler primer motor ve premotor bölgelerde; globus pallidus'tan gelen afferentler ise yardımcı motor bölgede sonlanır.

Primer motor bölge

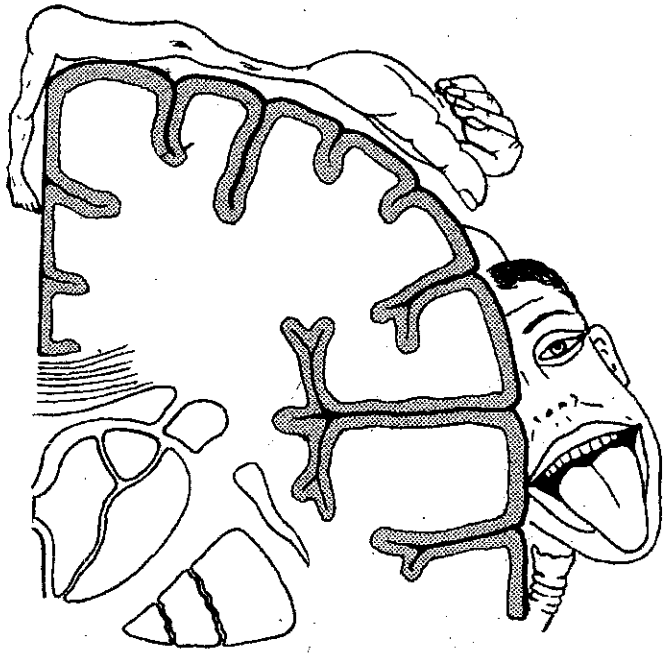
Gyrus precentralis ile lobulus paracentralis'in ön kısmında yer alan primer motor bölge, Brodmann'ın 4 numaralı sahasına karşılık gelir (Şekil 77, 78, 81). Primer motor bölgedeki pyramidal hücrelerin yaklaşık % 3 kadarını Betz'in dev pyramidal hücreleri oluşturur.

Bir taraftaki primer motor bölgede vücudun kontralateral yarımı temsil edilir. Primer motor bölgede de primer somatik duyu merkezindekine benzer şekilde somatotopik bir organizasyon vardır. Buna göre, gyrus precentralis'in alt kısmından yukarıya doğru baş bölgesi, üst ekstremite, gövde ve alt ekstremite şeklinde bir sıralanma söz konusudur. Alt ekstremitenin temsil edildiği bölge lobulus paracentralis'e karşılık gelir. Primer motor bölgede vücut kısımlarının bu şekilde sıralanması ile elde edilen temsili vücut şekline *motor homonculus* adı verilir (Şekil 80).

Primer motor bölgede, eldeki parmaklar ve özellikle baş parmağın temsil edildiği bölge, diğerlerine göre oldukça geniş bir yer tutar.

Premotor bölge

Beyin hemisferlerinin lateral yüzünde yer alan bu bölge, Brodmann'ın 6 numaralı sahasının alt kısımına karşılık gelir (Şekil 77, 81). Premotor bölge, primer motor bölgeden farklı olarak daha yüksek uyarılma eşiğine sahiptir ve burada Betz'in dev hücreleri bulunmaz. Bu bölge işitme, görme ve somatik duyular ile aktive olur; ancak hareket başladıktan sonra aktivitesi azalır. Bu durum, premotor bölgenin spesifik bir duyu stimulusuna bağlı olarak yapılan istekli motor hareketlerin planlanmasında ve başlatılmasında rolü olduğunu düşündürmektedir.



Şekil 80. Motor homonculus

Yardımcı (supplementary) motor bölge

Büyük kısmı hemisferlerin medial yüzünde yer alan bu bölge, Brodmann'ın 6 numaralı sahasının üst kısmına karşılık gelir (Şekil 78, 81). Her ne kadar yardımcı motor bölge, insanlarda ve maymunlarda proksimal ve distal kas grupları üzerinde etkili ayrı bir motor saha olarak belirtilmişse de bu bölgenin motor fonksiyonlara katkısı kesin olarak gösterilememiştir. Yardımcı motor bölgedeki nöronların, primer motor bölgedeki nöronların aktivitelerini düzenlediği ve öğrenilmiş motor cevapların programlanmasında rol oynadığı ileri sürülmüştür. Yardımcı motor bölgenin lezyonlarında, akinezi başta olmak üzere, sıklıkla bazal ganglionların disfonksiyonuna benzer türde bulgular ortaya çıkar; bazen birbirini takip eden kompleks hareketlerin yapılmasında performans düşüklüğü görülür.

KLİNİK BİLGİ

Maymunlarda yapılan çalışmalarda, sadece primer motor bölgenin harabiyeti sonucunda vücudun karşı tarafında flasid paralizi ve hipotoni, yüzeyel reflekslerde ve derin tendon reflekslerinde kayıp ortaya çıktığı görülmüştür. Kısa bir süre sonra, derin tendon refleksleri artmış bir şekilde geri gelir. Proksimal kas grupları ile ilgili motor fonksiyonlarda da bir miktar düzelme görülebilir; ancak distal kas gruplarındaki paralizi geri dönmez. Primer motor bölge ile birlikte yardımcı motor bölgenin de harabiyeti durumunda ise kontralateral tarafta spastik paralizi ile proksimal ve distal kas gruplarında hipertoni ortaya çıkar.

Frontal göz sahası (frontal eye field)

Premotor bölgenin hemen önünde yer alan bu saha, Brodmann'ın 8 numaralı sahasının alt kısmında yerleşmiştir (Şekil 77). Bu sahanın, istek doğrultusunda yapılan ve objelerin görüntüsünü odaklamaya yönelik konjuge göz hareketleri ile ilgili olduğu kabul edilmektedir. Frontal göz sahasından başka, lobus occippitalis'in birçok bölgesinde göz hareketleri ile ilgili sahalar tespit edilmiştir. Frontal göz sahasının uyarılması ile her iki gözde karşı tarafa konjuge bakış ortaya çıkar. Bu sahanın lezyonlarında, gözler lezyon tarafına dönük durumda kalır ve gözler ile karşı tarafa bakış hareketi yapılamaz.

Dominant hemisfer

Sağ ve sol beyin hemisferleri anatomik olarak birbirinin simetrisi olmadığı gibi,

fonksiyon bakımından da farklılıklar gösterir. Bazı belirli üst düzey fonksiyonların yerine getirilmesinde sağ veya sol hemisferlerden biri daha ön plandadır; bu hemisfere *dominant hemisfer* adı verilir. Örneğin, lisan ile ilgili fonksiyonları dominant hemisfer üstlenir. Benzer şekilde, kişinin sağ veya sol elini daha iyi kullanması genellikle dominant hemisferine bağlıdır. İnsanların çoğunda beyinin sol hemisferi dominanttır. Sol hemisferi dominant olan şahıslar genellikle sağ ellerini daha iyi kullanırlar.

Dominant hemisfer genellikle lisan, aritmetik ve analitik fonksiyonlar ile; dominant olmayan hemisfer ise bazı müzikal yetenekler, emosyonların bazı yönleri, objeleri ve yüzleri tanıma gibi fonksiyonlar ile ilgilidir.

KLİNİK BİLGİ

İki hemisfer arasındaki fonksiyonel asimetri ile ilgili bilgilerin önemli bir kısmı, epileptik aktivitenin bir hemisferden diğerine yayılmasını önlemek amacı ile *commissurotomy* (kommissural yolların bir veya birkaçının kesilmesi) yapılan hastalardan elde edilmiştir. Öğrenme, hafıza, değerlendirme gibi bütün kortikal fonksiyonlar her bir hemisferde ayrı ayrı yerine getirilir. Corpus callosum ve diğer kommissural yollar, birbirinden bağımsız olarak çalışan iki hemisfer arasında bilgi transferini sağlar. Commissurotomy yapılan hastalarda belirgin bir nörolojik bozukluk gözlenmemiş, ancak yapılan detaylı muayenelerde, iki hemisfer arasındaki bilgi akışının bozulmasına bağlı olarak bazı problemlerin ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Commissurotomy yapılan bir hasta, görme alanının sağ tarafındaki bir objenin ismini söyleyebilir. Ancak aynı hastaya sol görme alanında gördüğü bir objenin ismi sorulduğu zaman, her hangi bir görme bozukluğu olmadığı halde, hasta bir şey görmediğini söyler veya tahmin etmeye çalışır. Bu durum, lisan ile ilgili merkezin sol hemisferde yer almasına ve sağ hemisferdeki bilginin sol tarafa aktarılamamasına bağlıdır. Hastadan sol görme alanında gördüğü objeyi, birkaç obje arasından dokunarak veya işaret ederek ayırt etmesi istendiğinde, bunu yapabilir. Benzer şekilde, hastanın görme alanlarının sağ ve sol yarımlarına farklı objeler konularak gördüğü objeyi işaret etmesi istendiğinde, hasta sol görme alanındaki objeyi işaret eder. Aynı hastaya gördüğü objenin ismi sorulduğunda ise, hasta sağ görme alanındaki objenin ismini söyler. Bu iki deney, sözel yeteneklerin genellikle dominant olan sol hemisfere ait bir özellik olduğunu ortaya koymuştur. Commissurotomy yapılan hastalar normal yaşamlarını sürdürmekte her hangi bir güçlük çekmez. Bu hastalarda her iki

hemisfer de birbirinden tamamen bağımsız çalışır ve kişinin ihtiyacı doğrultusunda bir hemisfer diğerinden önce devreye girerek kontrolü ele alır.

Assosiasyon bölgeleri

Assosiasyon bölgeleri, birden fazla duyunun integre edildiği ve motor hareketlerin planlandığı merkezlerdir. Bu merkezlerin hem duyu bölgeleri ile, hem de motor bölgeler ile bağlantıları vardır. Assosiasyon bölgeleri, insanlarda primatlara göre oldukça fazla gelişmiş olup, santral sinir sisteminde birçok üst düzey fonksiyonların yerine getirilmesini sağlar. Assosiasyon bölgeleri çevrede olup bitenlerden haberdar olma, düşünme, sonuç çıkarma, planlama, hafıza, lisan ve emosyonel davranışlar gibi üst düzey fonksiyonlar ile yakından ilgilidir.

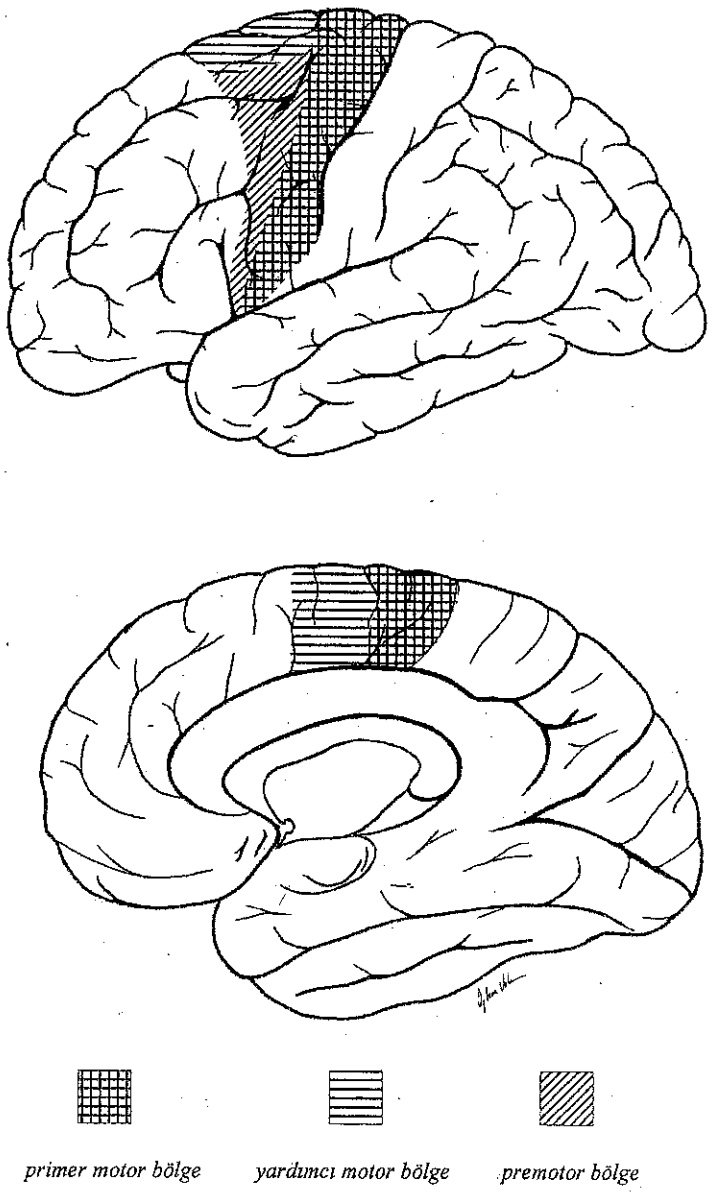
Assosiasyon bölgeleri loblara göre, *posterior parietal assosiasyon bölgeleri, prefrontal assosiasyon bölgeleri* ve *temporal assosiasyon bölgeleri* olmak üzere sınıflanmıştır.

Posterior parietal assosiasyon bölgeleri, Brodmann'ın 5, 7, 39 ve 40 numaralı sahalarına karşılık gelir. Bu bölgeler, birçok duyu modalitesinin integre edildiği önemli assosiasyon bölgeleridir.

KLİNİK BİLGİ

Dominant olmayan hemisferde (genellikle sağ), posterior parietal assosiasyon bölgelerini etkileyen lezyonu olan hastalar, vücudun karşı tarafından gelen tüm duyulara ve o taraftaki dış dünyaya karşı ilgisizdir. Bu tür hastalar, vücutlarının karşı yarımı kendilerine ait değilmiş gibi davranır *(neglect syndrome)* ve motor bir harabiyet olmadığı halde, genellikle o taraftaki ekstremitelerini kullanmaz. Benzer bir lezyon dominant hemisferde ortaya çıkarsa, yukarıdaki bulgulara ek olarak yazılı ve sözlü lisanın anlaşılması ile ilgili problemler de ortaya çıkar.

Prefrontal assosiasyon bölgeleri, lobus frontalis'in Brodmann'ın 6 numaralı sahasının rostralinde kalan kısımlarını içerir. Bu bölgeler genel olarak bazı motor fonksiyonların planlanması ve emosyonel davranışlar ile ilgilidir.



Şekil 81. Beyin hemisferlerinin lateral ve medial yüzünde primer motor bölge, premotor bölge ve yardımcı motor bölgenin lokalizasyonu

KLİNİK BİLGİ

Prefrontal assosiasyon bölgeleri ile ilgili lezyonlar, bazı emosyonel değişikliklerin yanısıra, genellikle karar verme, plan yapma ve problem çözme gibi kompleks fonksiyonların etkilenmesine yol açar. Emosyonel durumları oldukça labil olan bu tür hastalarda, genellikle kişilik değişiklikleri ve sosyal olarak kabul edilmeyen emosyonel davranışlar gözlenir. Bu tür hastalarda ayrıca, belirli bir işin planlanması, bu iş yapılırken ortaya çıkan problemler doğrultusunda stratejinin değiştirilmesi, elde edilen veriler doğrultusunda sonuç çıkarılması ve yeni kararlar verilmesi gibi üst düzey fonksiyonların yerine getirilmesinde eksiklikler vardır.

Lobus frontalis'te yer alan Brodmann'ın 44 numaralı sahası ile 45 numaralı sahanın bir kısmı *motor konuşma merkezi (Broca's area, motor speech area)* olarak kabul edilir. Bu merkez dominant hemisferde yerleşmiştir.

KLİNİK BİLGİ

Lisanın yazılı veya sözlü olarak kullanılması veya anlaşılmasındaki bozukluklara genel olarak *aphasia* adı verilir. Motor konuşma merkezindeki lezyona bağlı olarak ortaya çıkan konuşma bozukluklarına *motor aphasia (Broca's aphasia)* denir. Bu tür hastalarda lezyonun derecesine bağlı olarak tam konuşma kaybı veya ancak çok basit cümlelerin kurulabildiği kısmi konuşma kaybı görülebilir. Motor aphasia'sı olan hastalarda genellikle *agraphia* (kişinin düşüncelerini yazarak ifade edememesi) da görülür. Agraphia'sı olan hastalar harfleri yazabilir, ancak bunları anlamlı bir kelime oluşturacak şekilde bir araya getiremez. Motor konuşma merkezi, motor bölgelere ve capsula interna'ya oldukça yakın olduğu için, motor aphasia'sı olan hastalarda genellikle kontralateral hemiparezi de görülür.

Temporal assosiasyon bölgeleri, lobus temporalis'in primer işitme merkezi dışında kalan tüm bölgelerini kapsar. Bu bölgeler genel olarak hafıza ile ilgilidir. Lobus temporalis'te yer alan Brodmann'ın 22 numaralı sahası *(Wernicke's area)* işitme ile ilgili önemli bir assosiasyon merkezidir (Şekil 77). Bu merkez işitilen veya okunan kelimelerin anlamlarını değerlendirme ile ilgilidir ve motor konuşma merkezi gibi,

dominant hemisferde yerleşmiştir. Bazı yazarlar, Brodmann'ın 39 ve 40 numaralı sahalarını da bu merkez içerisinde değerlendirir.

KLİNİK BİLGİ

Dominant hemisferde, Brodmann'ın 22 numaralı sahasını etkileyen lezyonlarda *duyu tipi aphasia (Wernicke's aphasia)* ortaya çıkar. Bu tür hastalar, işitme kaybı olmamasına rağmen, işittiklerini anlayamaz. Duyu tipi aphasia'sı olan hastalarda konuşma düzgün olmasına rağmen, konuşmanın içeriği bozuktur. Bu hastalarda, konuşma sırasında kelimeleri yanlış sıralama, gereksiz kelimeler kullanma, anlamsız kelimeler uydurma gibi problemler görülür. Motor aphasia'sı olan hastalar, işittiklerini anlamada bir problemleri olmadığı için, hastalıklarının farkındadır. Bunun tersine, duyu tipi aphasia'sı olan hastalar konuşulan lisanı anlayamadığı için, hastalıklarının farkında değildir. Brodmann'ın 22 numaralı sahası ile birlikte Brodmann'ın 39 ve 40 numaralı sahalarını da içeren bir lezyonda, yukarıdaki bulgulardan başka *alexia* (kişinin okuduğunu anlayamaması) ve agraphia da ortaya çıkar.

Brodmann'ın 22 numaralı sahası ile motor konuşma merkezi arasında bağlantı sağlayan lifler *fasciculus arcuatus* adını alır. Fasciculus arcuatus'u etkileyen lezyonlarda *iletim tipi aphasia* ortaya çıkar. İletim tipi aphasia'da da, duyu tipi aphasia'ya benzer şekilde, konuşma düzgün ancak konuşmanın içeriği bozuktur. Bu hastalar işittiklerini anlayabilir, söylemek istediklerinin farkındadır, ancak konuşma sırasında yanlış kelimeler kullanır veya anlamsız sesler çıkarır. İletim tipi aphasia'sı olan hastalar, tanıdıkları kişilerin ve objelerin isimlerini telaffuz etmede, söylenenleri tekrarlamada ve yüksek sesle okumada oldukça zorlanır.

Lobus temporalis'in alt kısımlarındaki assosiasyon bölgelerinin (Brodmann'ın 20, 21 ve 37 numaralı sahaları) lezyonlarında, görüntüler ile ilgili bilgilerin değerlendirilmesinde ve bu bilgilere bağlı olarak yapılan motor hareketlerin planlanmasında ve başlatılmasında problemler ortaya çıkar. Bu tür lezyonlarda ayrıca yakın hafıza ile ilgili kayıplar görülür. Sağ hemisferde lobus temporalis'i etkileyen lezyonlarda, görüntü ile ilgili hafıza kayıpları ortaya çıkar. Bu tür hastalar daha önce gördükleri yüzleri veya şekilleri hatırlayamaz; ancak aile bireyleri gibi çok yakın tanıdıklarını seslerinden ayırt ederek tanıyabilir. Sol hemisferdeki lobus temporalis lezyonlarında ise sözel hafızada kayıplar ortaya çıkar. Sözel hafıza kayıplarının sol taraftaki lezyonlarda ortaya çıkması, lisan ile ilgili fonksiyonların, genellikle dominant olan sol hemisfere ait olmasına bağlanmaktadır.

BEYAZ CEVHER

Bir beyin hemisferi, en dışta yer alan kıvrıntılı cortex cerebri, onun derininde yerleşmiş olan beyaz cevher (substantia medullaris telencephali), beyaz cevherin içerisinde yer alan nuclei basales (basal ganglionlar) ve ventriculus lateralis'ten oluşmuştur. Hemisferin önemli bir kısmını oluşturan beyaz cevher, miyelinli liflerden meydana gelir; bu lifler aynı hemisfer içerisinde cortex cerebri'nin çeşitli merkezlerini, cortex cerebri ile daha alt merkezleri ve iki beyin hemisferindeki çeşitli merkezleri birbirine bağlar.

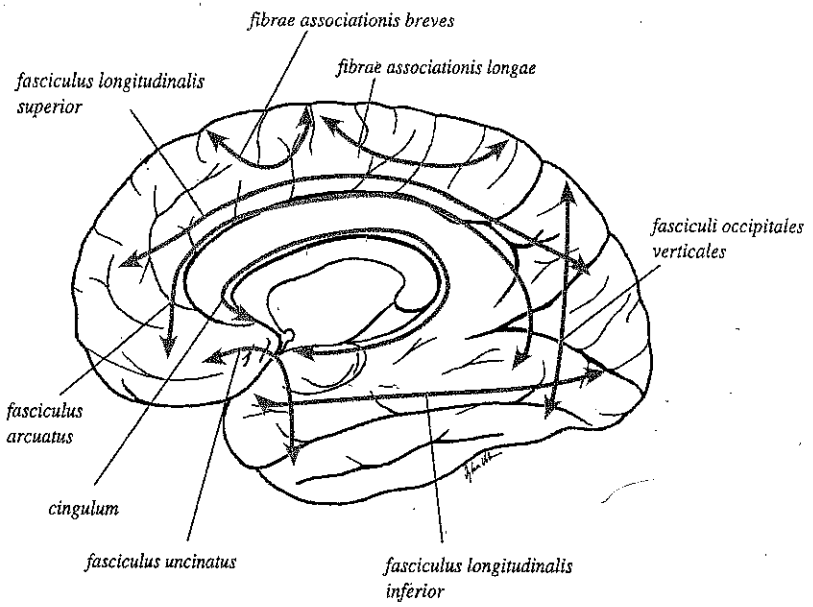
Beyaz cevher içerisinde yer alan lifler, fonksiyonlarına göre *assosiasyon lifleri (fibrae associationis telencephali), kommissural lifler (fibrae commissurae telencephali)* ve *projeksiyon lifleri* olmak üzere üç kısımda incelenir. Assosiasyon lifleri aynı hemisfer içerisindeki kortikal sahaları, kommissural lifler her iki hemisferdeki kortikal sahaları birbirine bağlar. Projeksiyon lifleri ise cortex cerebri ile beyin sakı ve medulla spinalis gibi daha alt merkezleri karşılıklı olarak birbirine bağlar. Beyinde corpus callosum'un biraz üzerinden alınan horizontal bir kesitte, beyaz cevher oval bir görünümdedir ve *centrum semiovale* adını alır.

ASSOSİASYON LİFLERİ

Bu lifler, kısa *(fibrae associationis breves)* ve uzun *(fibrae associationis longae)* olmak üzere iki kısımda incelenir. Cortex içerisinde veya cortex'in hemen altında yer alan kısa assosiasyon lifleri, birbirine komşu iki gyrus'u birleştirir. Daha belirgin demetler oluşturan uzun assosiasyon lifleri ise aynı hemisfer içerisinde daha uzak merkezleri birbirine bağlar (Şekil 82). Uzun assosiasyon liflerinin sadece bir kısmı tanımlanmıştır; ancak bunların da bağlantı ve fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir. Uzun assosiasyon yollarının içerisinde yer alan lifler değişik uzunluklarda olabilir; bunlardan daha uzun olanları daima beyaz cevherin daha derin kısımlarında yer alır. Uzun assosiasyon lifleri içerisinde belirlenmiş olan fasciculus'lardan bazıları şunlardır:

Fasciculus arcuatus

Insula'nın etrafından dolanan bu fasciculus'un yelpaze şeklinde açılmış olan ön kısımları lobus frontalis'in ön tarafına, arka kısımları ise lobus temporalis'in içine kadar uzanır. Fasciculus arcuatus içerisindeki liflerin bir kısmı Broca'nın konuşma merkezi ile Wernicke sahasını birbirine bağlar.



Şekil 82. Sağ beyin hemisferinin medial yüzünde yer alan belli başlı assosiasyon lifleri

KLİNİK BİLGİ

Broca'nın konuşma merkezi ile Wernicke sahasını birbirine bağlayan yolun harabiyetinde iletim tipi aphasia (conduction aphasia) ortaya çıkar. Ancak bu yolun izole bir lezyonu sık karşılaşılan bir durum olmayıp genellikle gyrus supramarginalis'i veya daha nadir olmak üzere sol lobus temporalis'in üst arka kısımlarını da içerir. Bu tip hastalarda konuşma bozukluğu olmamasına rağmen sıklıkla doğru kelimelerin yerine yanlış kelime kullanırlar. Konuşulanları anlamada bir zorlukları yoktur; ancak Wernicke ile Broca sahaları arasındaki bağlantı kesildiği için bu tip hastaların kelimeleri tekrar edebilme yetenekleri çok azalmıştır; yüksek sesle okuyamazlar, fakat sessizce okuyup okuduklarını anlarlar. Bu hastaların herhangi bir şeyi isimlendirebilme yetenekleri büyük ölçüde azalır. İletim afazisi olan hastaların büyük bir kısmında çeşitli derecelerde istekli hareket bozuklukları da görülür.

Fasciculus arcuatus'un en üstte kalan lifleri lobus frontalis ile arkada lobus parietalis ve lobus occipitalis'in bazı kısımlarını (özellikle 18 ve 19 numaralı sahalar) birbirine bağlar. Fasciculus arcuatus'un bu kısmına *fasciculus longitudinalis superior* adı verilir. Bu assosiasyon yolu, görme ve onun assosiasyon merkezleri ile lobus frontalis'te bulunan göz hareketleri ile ilgili Brodmann'ın 8 numaralı sahası arasındaki önemli bağlantılardan birisidir.

Fasciculus uncinatus

Lobus frontalis'in alt yüzündeki gyri orbitales ve Broca'nın konuşma merkezi ile lobus temporalis'in polus temporalis'e yakın olan kısımlarını birbirine bağlar. Bu fasciculus içerisinde daha derinde yer alan ve *fasciculus occipitofrontalis inferior* adı verilen liflerin, lobus frontalis ile lobus occipitalis arasında bağlantı sağladığı düşünülmektedir.

Cingulum

Hemisferlerin medial yüzünde görülen bu yapı, corpus callosum'un rostrum kısmının hemen altından başlar. Gyrus cinguli'nin kıvrımına uygun bir yönde seyreden cingulum, lobus frontalis ve lobus parietalis'in medial kısımları ile gyrus parahippocampalis ve lobus temporalis'in gyrus cinguli'ye komşu kısımlarını birbirine bağlar.

Fasciculus longitudinalis inferior

Polus occipitalis civarından başlar. Liflerinin büyük kısmı Brodmann'ın 18 ve 19 numaralı sahalarıyla lobus temporalis'in çeşitli kısımlarını birbirine bağlar.

Fasciculus fronto-occipitalis

Polus frontalis'ten başlar. Arkaya doğru seyreden lifleri yelpaze şeklinde açılarak lobus occipitalis ve lobus temporalis içerisinde dağılır. Fasciculus fronto-occipitalis, fasciculus longitudinalis superior'dan corona radiata'nın alt lifleri aracılığı ile ayrılmıştır.

Yukarıda bahsedilenlerden başka *capsula externa* ve *capsula extrema* adı verilen iki assosiasyon yolu daha vardır. Kortiko-kortikal assosiasyon lifleri tarafından oluşturulan bu yapılardan capsula externa, putamen ile claustrum arasında; capsula extrema ise claustrum'un lateralinde ve insula'nın medialinde yer alır.

KOMMİSSURAL LİFLER

Her iki hemisferdeki kortikal sahaları birbirine bağlayan kommissural lifler içerisinde incelenen yapılar şunlardır:

Corpus callosum

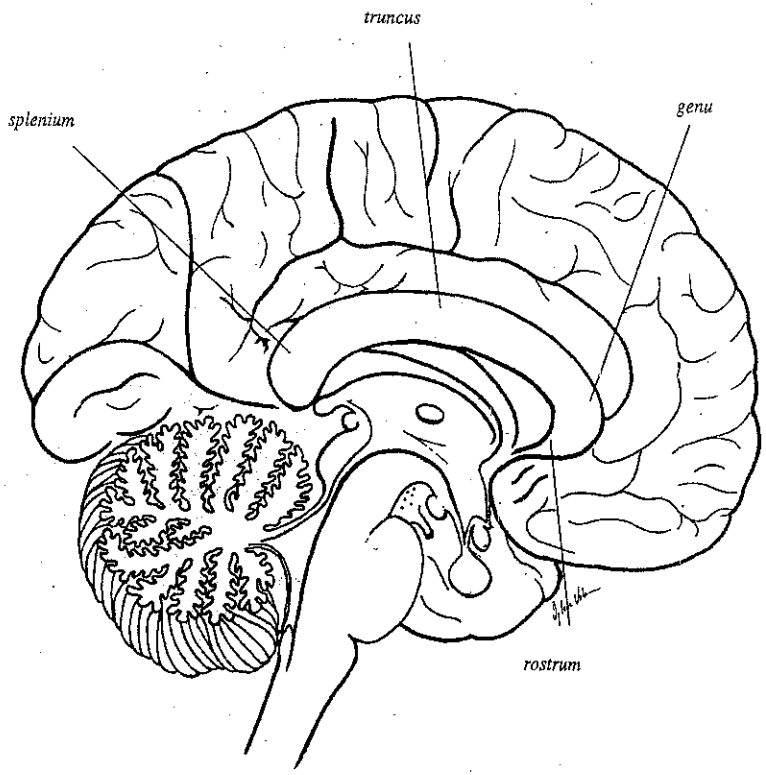
Sağ ve sol beyin hemisferlerindeki ilgili merkezleri birbirine bağlayan, kalın miyelinli liflerden oluşmuş bir yoldur. Fissura longitudinalis cerebri'nin tabanını ve ventriculus lateralis'lerin büyük bir kısmının tavanını oluşturan corpus callosum, yaklaşık 8 cm uzunluğundadır (Şekil 83). Corpus callosum'a ait lifler, laterale doğru gittikçe yelpaze şeklinde açılarak (radiatio corporis callosi) cortex cerebri'nin çeşitli bölgelerine gider. İnsanda corpus callosum içerisindeki akson sayısı tam olarak bilinmemekle birlikte, kedide 1 mm^2 de 700,000 lif bulunduğu tespit edilmiştir. Corpus callosum'un üzeri *indusium griseum (gyrus supracallosi)* adı verilen ince bir gri cevher tabakası ile örtülüdür. Corpus callosum, bir hemisfere ulaşan bilginin diğer hemisfere iletilmesinde rol oynayan en büyük ve önemli yoldur.

Corpus callosum önden arkaya doğru *rostrum, genu, truncus* ve *splenium* olmak üzere dört kısma ayrılır (Şekil 83). Rostrum'u oluşturan lifler her iki lobus frontalis'in orbital yüzlerini; genu'yu oluşturan lifler ise öne doğru kıvrılarak her iki lobus frontalis'in çeşitli kısımlarını birbirine bağlar. Genu'yu oluşturan liflerin meydana getirdiği kıvrıma *forceps minor (forceps frontalis)* adı verilir. Corpus callosum'un truncus kısmından geçen lifler laterale doğru, splenium kısmından geçen lifler ise arkaya doğru uzanarak iki hemisfer arasında yoğun bağlantılar sağlar. Splenium'u oluşturan lifler mediale doğru bir seyir takip ederek her iki lobus occipitalis'in içerisine girer; bu liflerin meydana getirdiği kıvrıma *forceps major (forceps occipitalis)* adı verilir. Truncus ve splenium'dan ayrılan liflerin bir kısmı ventriculus lateralis'in cornu inferius'unun lateral duvarını, cornu posterius'un ise tavanını ve lateral duvarını meydana getirir. Ayrıca cornu posterius'un lateral duvarını radiatio optica'dan ayıran bu liflere *tapetum* adı verilir.

Commissura anterior

Fonksiyon olarak daha çok koku yolları ve limbik sistem ile ilgili olan commissura anterior, columna fornicis'in rostralinde orta hattı çaprazlayan lifler tarafından oluşturulur. Commissura anterior, her iki hemisferdeki bulbus olfactorius'ları, corpus amygdaloideum'ları ve substantia perforata anterior'ları birbirine bağlar. Commissura anterior içerisinde gyrus parahyppocampalis'leri ve bu gyrus'lara komşu olan lobus temporalis kısımlarını birbirine bağlayan lifler de mevcuttur.

Yukarıda bahsedilenlerden başka *commissura posterior, commissura hippocampi* ve *commissura habenularum* gibi kommissural lifler de vardır. Bu yapılardan sırası geldikçe ilgili oldukları fonksiyon ve oluşumlarla birlikte bahsedilmiştir.

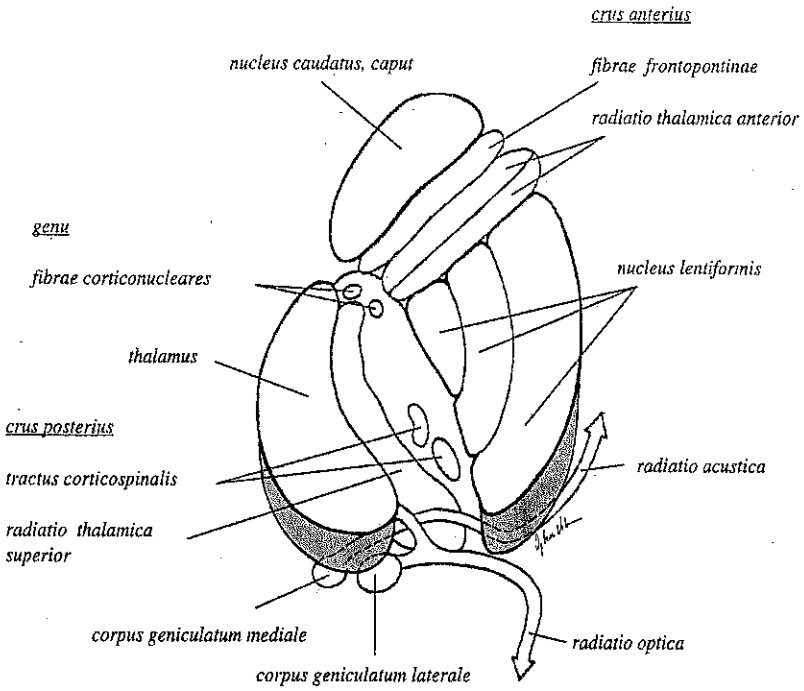


Şekil 83. Sol beyin hemisferinin medial yüzden görünüşünde corpus callosum'un kısımları

PROJEKSİYON LİFLERİ

Cortex cerebri ile daha alt merkezleri (corticofugal) ve daha alt merkezler ile cortex cerebri'yi (corticopetal) birbirine bağlayan bu lifler, corpus striatum civarında *corona radiata* adı verilen, yelpaze şeklindeki geniş beyaz cevher kitlesini

oluşturur. Biraz daha kaudale doğru gidildiğinde, corona radiata'nın lifleri birbirine yaklaşır ve *capsula interna* adı verilen oluşumu meydana getirir. Capsula interna, hemen hemen tüm projeksiyon liflerini kapsar. Horizontal bir kesitte V harfi şeklinde olan capsula interna'nın *crus anterius, crus posterius* ve crus'ların birleştiği açı olan *genu* olmak üzere üç kısmı vardır (Şekil 84). Capsula interna'nın crus anterius'u nucleus lentiformis ile nucleus caudatus'un caput'u arasında, crus posterius'u ise thalamus ve nucleus lentiformis arasında yer alır.



Şekil 84. Transvers bir kesitte capsula interna içerisinden geçen yollar

Capsula interna'nın değişik kısımlarından değişik lifler geçer. Crus anterius'tan geçen lifler *radiatio thalami anterior* ve *tractus frontopontinus*'tur (Şekil 84). Radiatio thalami anterior'u oluşturan lifler cortex cerebri'nin frontal kısmı ile thalamus'un anterior ve medial nucleus gruplarını, hypothalamus'un bazı nucleus'larını ve limbik yapıları birbirine bağlar. Tractus frontopontinus ise lobus frontalis'ten

başlayan ve nuclei pontis'te sonlanan lifleri içerir. Nuclei pontis'teki nöronların aksonları ise cerebellum'un kontralateral hemisferine gider.

Capsula interna'nın genu kısmından *tractus corticonuclearis* adı verilen lifler geçer (Şekil 84). Bu lifler Brodmann'ın 4 numaralı sahasından başlayıp beyin sakındaki kranial sinir motor nucleus'larına gider. Frontal göz sahasından başlayan ve beyin sakında ekstrinsik göz kasları ile ilgili motor nucleus'lara giden lifler de capsula interna'nın crus anterius ve genu'sundan geçer.

Capsula interna'nın crus posterius kısmından geçen yolların en önemlisi *tractus corticospinalis*'tir (Şekil 84). Tractus corticospinalis içerisindeki lifler belirli bir sıralanma gösterir. Buna göre crus posterius'ta önden arkaya doğru üst ekstremite, gövde ve alt ekstremite ile ilgili lifler yer alır. Bundan başka crus posterius içerisinden lobus occipitalis'te gözün motor hareketleri ile ilgili sahalardan gelen lifler, thalamus'un ventral posterior nucleus'undan duyu cortex'ine giden lifler (radiatio thalamica superior, fibrae thalamoparietalis) ve thalamus'un ventral posteromedial nucleus'undan başlayarak operculum frontale ile insula'nın ön kısımlarına giden tat duyusu ile ilgili lifler de geçer. Ayrıca tractus frontopontinus'un özellikle Brodmann'ın 4 ve 6 numaralı sahalarından başlayan lifleri, fibrae corticorubrales ve globus pallidus'tan başlayarak fasciculus subthalamicus içerisinde seyreden lifler de crus posterius'tan geçer.

Capsula interna'nın crus posterius'unun *pars retrolentiformis* ve *pars sublentiformis* adı verilen iki kısmı daha vardır. Bu kısımlar, burada seyreden liflerin nucleus lentiformis ile olan komşuluğuna göre isimlendirilmiştir. Nucleus lentiformis'in arkasında yer alan pars retrolentiformis'ten geçen en önemli yapı *radiatio thalamica posterior* ve bunun içerisinde yer alan *radiatio optica (fibrae geniculocalcarinae)*'dır (Şekil 84). Radiatio thalamica posterior içerisinde lobus occipitalis ve lobus parietalis ile pulvinar thalami'yi birbirine bağlayan lifler de bulunur. Bunlardan başka *fibrae occipitopontinae, fibrae occipitocollicularis, fibrae occipitotectalis* ve *fibrae parietopontinae* da pars retrolentiformis'ten geçer. Capsula interna'nın pars sublentiformis'inin içerisinden geçen en önemli lif demeti ise corpus geniculatum mediale'den işitme merkezine (Brodmann'ın 41 ve 42 numaralı sahaları) giden *radiatio acustica (fibrae geniculotemporales)*'dır (Şekil 84). Bundan başka *fibrae temporopontinae* ve *fibrae parietopontinae* da pars sublentiformis içerisinden geçer.

Yukarıda anlatılan yapılardan farklı olarak hem projeksiyon, hem de kommissural liflerden oluşan bir yol daha vardır. *Fornix* adı verilen bu yol, formatio hippocampi'nin en önemli efferent yollarından birisidir. Fornix içerisindeki lifler hem daha alt merkezlere gider, hem de karşı hemisfere giderek iki formatio hippocampi

arasında bağlantı sağlar. Formatio hippocampi ve fornix, yakın hafızanın depolanması ile ilgili olduğu için fornix'in harabiyetinde yakın hafıza ile ilgili problemler ortaya çıkar. İnsanda fornix içerisinde yaklaşık olarak 1.2 milyon lif bulunur. Fornix ile ilgili detaylı bilgi, "limbik sistem" konusunda anlatılmıştır.

SANTRAL SİNİR SİSTEMİNİN DAMARLARI

Santral sinir sistemini besleyen damarların tümü subaraknoid aralık içerisinde seyreder.

MEDULLA SPINALIS'İN ARTERLERİ

Medulla spinalis'i besleyen arterler sağ ve sol *a. vertebralis*'ler ile *rr. radiculares*'ten gelir (Şekil 85, 86).

A. VERTEBRALIS

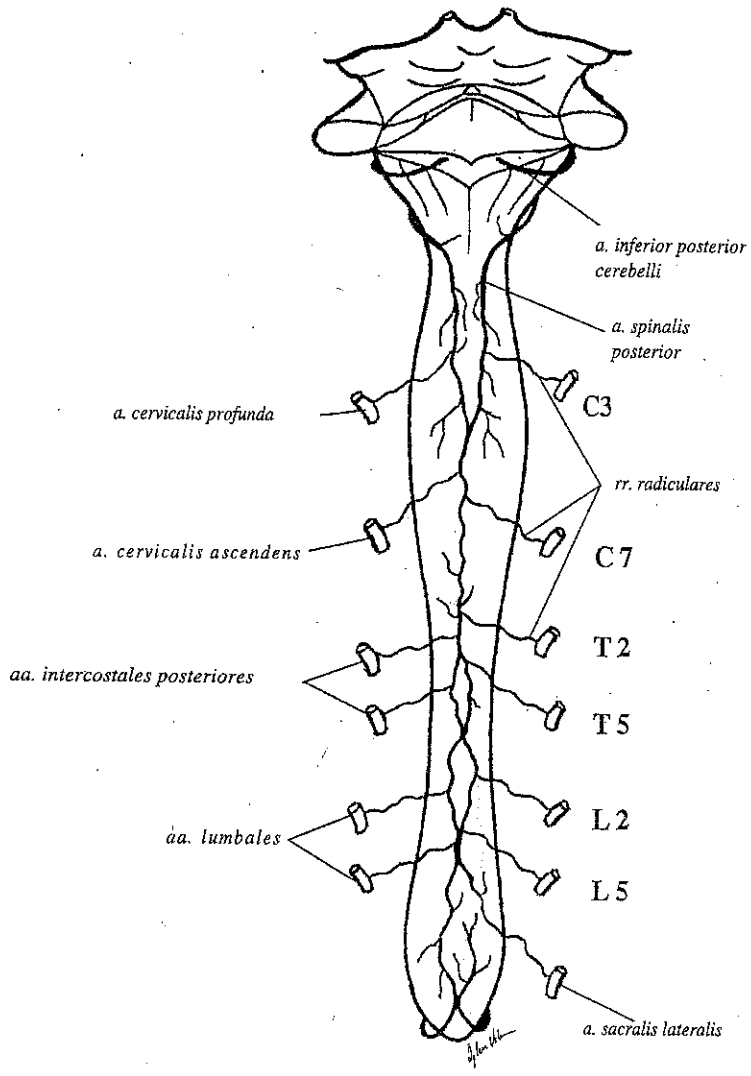
Bu arter a. subclavia'nın birinci kısmından çıkar. Altıncı servikal vertebra'dan itibaren processus transversus'lardaki foramina transversarium'ların içerisinde yukarıya doğru yükselir ve foramen magnum'dan geçerek cranium boşluğuna girer. Sağ ve sol a. vertebralis'ler pons'un alt kenarı seviyesinde birleşerek a. basilaris'i oluşturur. A. vertebralis'ler cranium boşluğu içerisinde, medulla spinalis'i besleyen sağ ve sol a. *spinalis posterior*'lar ile daha sonra birleşerek *a. spinalis anterior*'u oluşturan birer dal verirler.

A. spinalis posterior

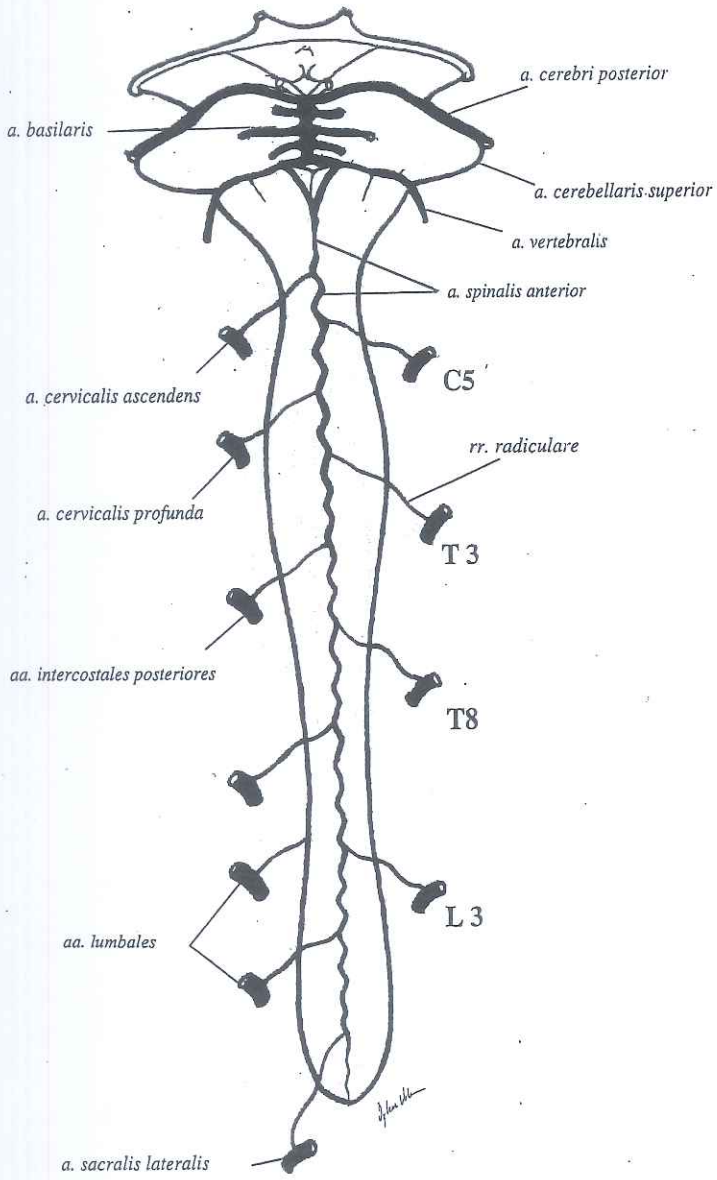
Her bir a. vertebralis, medulla oblongata'nın anterolateralinde seyrederken a. spinalis posterior dalını verir. Bu arterler bazen a. inferior posterior cerebelli'den de çıkabilir (Şekil 85). A. spinalis posterior'lar, aşağıya ve arkaya doğru seyrederek medulla spinalis'in arka tarafına ulaşır. Her bir a. spinalis posterior, medulla spinalis boyunca aşağıya doğru uzanır.

A. spinalis anterior

A. vertebralis'lerin a. basilaris'i oluşturmadan hemen önce verdikleri birer dal, medulla oblongata'nın ön tarafında birleşerek a. spinalis anterior'u oluşturur. A. spinalis anterior, fissura mediana anterior içerisinde, medulla spinalis boyunca aşağıya doğru uzanır (Şekil 86).



Şekil 85. Medulla spinalis'in arka kısmının arterleri



Şekil 86. Medulla spinalis'in ön kısmının arterleri

RR. RADICULARES

Medulla spinalis, uzunluğu boyunca komşuluk yaptığı arterlerden dallar alır. Bu dallara genel olarak *rr. spinales* adı verilir.

R. spinalis'ler medulla spinalis'in uzunluğu boyunca aşağıdaki arterlerden çıkar:

- a. cervicalis ascendens
- a. cervicalis profunda
- aa. intercostales posteriores
- aa. lumbales
- rr. sacrales laterales

Her bir r. spinalis, foramen intervertebrale'den girerek radix anterior ve radix posterior'a doğru uzanan ve *rr. radiculares* adı verilen iki dala ayrılır. Bunlardan ön tarafa gidene *r. radicularis anterior*, arka tarafa gidene ise *r. radicularis posterior* adı verilir. Bu dallar her iki tarafta, önde a. spinalis anterior, arkada a. spinalis posterior ile anastomoz yaparak medulla spinalis çevresinde bir damar ağı *(arterial vasocorona)* oluşturur. Lumbal bölgede sol taraftaki r. radicularis anterior'lardan bir tanesi diğerlerinden daha geniştir. *A. radicularis magna (Adamkiewicz arteri)* adı verilen bu arter genellikle medulla spinalis'in sol tarafında, alt torakal ve üst lumbal kısımların kanlanmasını sağlayan esas arterdir.

KLİNİK BİLGİ

Medulla spinalis'in üst torakal ve birinci lumbal segmentlerini besleyen arterler arasındaki anastomozlar diğer segmentlerindeki kadar yaygın olmadığı için, bu bölgeler medulla spinalis'in arteriel oklüzyona en hassas olan bölgeleridir.

MEDULLA SPINALIS'İN VENLERİ

Medulla spinalis'in venleri fissura mediana anterior'da seyreden *v. spinalis anterior*, sulcus intermedius posterior'da seyreden *v. spinalis posterior* ile sulcus anterolateralis ve sulcus posterolateralis'te seyreden daha küçük çaplı venlere drene olur. Bu venler arasında bulunan çok sayıda anastomoz medulla spinalis çevresinde venöz bir ağ *(venous vasocorona)* oluşturur. Bu venler birleşerek *vv. radiculares anteriores* ve *vv. radiculares posteriores*'e drene olur. Vv. radiculares anteriores ve vv. radiculares posteriores ise *plexus venosus vertebralis internus anterior* ve

plexus venosus vertebralis internus posterior'a açılırlar. Plexus venosus vertebralis internus anterior ve posterior, dura mater ile vertebra'ların periosteum tabakası arasında bulunur ve "epidural venous plexus" olarak da bilinirler. Bu plexus'ların torakal, abdominal ve intercostal venler ile; vertebra'ların dış tarafında yer alan *plexus venosus vertebralis externus anterior* ve *plexus venosus vertebralis externus posterior* ile; plexus venosus prostaticus ve plexus venosus pelvicus ile bağlantıları vardır. Plexus venosus vertebralis internus anterior ve posterior, foramen magnum seviyesinde v. vertebralis, sinus sigmoideus ve sinus occipitalis ile birleşen dallar verir. Medulla spinalis'in venlerindeki kan yukarıda bahsedilen bağlantılar aracılığı ile sistemik venöz dolaşıma geçer.

KLİNİK BİLGİ

Karın içi basınç arttığı zaman plexus pelvicus, plexus prostaticus gibi pelvis içindeki plexus'larda bulunan venöz kan, valvula'ların olmaması nedeni ile, plexus venosus vertebralis internus anterior ve posterior'a geçer. Bu plexus'un da beyin venöz sinüsleri ile olan bağlantısı, prostat neoplazmlarında sıklıkla görülen beyin metastazlarının nedenini açıklar.

CEREBRUM'UN ARTERLERİ

Kalp debisinin beşte birini alan beyin dokusundan dakikada yaklaşık 800 ml kan geçer. Beyin, *a. carotis interna* ve a. *vertebralis* ile bunların oluşturduğu *circulus arteriosus cerebri*'den çıkan arterler tarafından beslenir.

A. carotis interna

Bu arter, boyun bölgesinde a. carotis communis'in verdiği iki uç daldan biridir. Os temporale içerisindeki canalis caroticus'tan geçerek cranium boşluğuna girer. A. carotis interna seyrine göre dört kısımda incelenir:

Pars cervicalis. A. carotis interna bu bölgede dal vermez.

Pars petrosa. Bu bölgede verdiği dallar:
- aa. caroticotympanicae
- a. canalis pterygoidei

Pars cavernosa. Bu bölgede verdiği önemli dallar:
- r. sinus cavernosi
- a. hypophysialis inferior
- r. meningeus

Pars cerebralis. Bu bölgede verdiği önemli dallar:
- a. ophtalmica
- a. hypophysialis superior
- a. communicans posterior
- a. choroidea anterior
- a. cerebri anterior
- a. cerebri media

A. vertebralis

Bu arter, a. subclavia'nın birinci parçasından çıkar. Altıncı servikal vertebra'dan itibaren processus transversus'lardaki foramen transversarium'ların içinde yukarı doğru yükselir ve foramen magnum'dan geçerek cranium boşluğuna girer.

A. vertebralis'in servikal bölgede verdiği dallar:
- rr. spinales
- rr. musculares

A. vertebralis'in cranium boşluğu içerisinde verdiği dallar:
- rr. meningei
- a. spinalis posterior
- a. spinalis anterior (sağ ve sol a. vertebralis'lerin verdiği birer dalın birleşmesi ile oluşur)
- a. inferior posterior cerebelli
- rr. medullares mediales
- rr. medullares laterales

A. basilaris

Sağ ve sol a. vertebralis'ler pons'un alt kenarı hizasında birleşerek *a. basilaris*'i oluşturur. A. basilaris, pons'un ön yüzünde, sulcus basilaris içinde yukarıya doğru yükselirken şu dalları verir:
- aa. pontis
- a. labyrinthi
- a. inferior anterior cerebelli
- a. superior cerebelli

a. cerebri posterior.

Circulus arteriosus cerebri (Willis poligonu)

Cisterna interpeduncularis içerisinde *a. carotis interna* ile *a. basilaris*'in dalları ve bunlar arasındaki anastomozların meydana getirdiği circulus arteriosus cerebri'nin oluşumuna katılan arterler şunlardır (Şekil 87):

a. cerebri anterior
a. communicans anterior
a. cerebri media
a. cerebri posterior
a. communicans posterior

A. communicans anterior, sağ ve sol a. cerebri anterior'ları birleştirir ve bir adettir. A. carotis interna ile a. cerebri posterior'u birleştiren a. communicans posterior ise sağda ve solda olmak üzere iki adettir.

KLİNİK BİLGİ

Beyin damarlarında oklüzyon (damar lümeninin tıkanması) veya hemoraji (kanın damar lümeni dışına çıkması) sonucunda *iskemi* (doku perfüzyonunun bozulması) gelişebilir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan duruma *serebrovasküler olay (stroke=inme)* adı verilir. Her ne kadar oklüzyon sonucu gelişen serebrovasküler olayların en sık nedeni atheroskleroz ve tromboz, hemoraji sonucu gelişen serebrovasküler olayların en sık nedeni hipertansiyon ve anevrizma ise de, her iki durum kalp hastalıkları, travma, infeksiyon, tümör, vasküler malformasyonlar ve immünolojik hastalıklar gibi değişik sebeplere bağlı olarak da gelişebilir.

Dokuda iskeminin devam etmesi halinde, ilgili arter tarafından beslenen sahadaki doku ölümüne *infarktüs* denir. İskemi durumunda beyin dokusunun ilgili bölgesinin üstlendiği fonksiyonlar yerine getirilemez. Fakat iskemi ortadan kalkarsa fonksiyonlar kısmen veya tamamen düzelebilir. İnfarktüs durumunda ise, doku harabiyeti kalıcı olduğu için, ö bölge ile ilgili fonksiyon kaybı genellikle kalıcıdır.

Cerebral damarların rüptürü sonucunda gelişen hemorajiler, parenkim dışına (extraparenchymal) veya parenkim içine (intraparenchymal = intracerebral) kanama şeklinde ortaya çıkabilir. Circulus arteriosus cerebri'nin oluşumuna katılan arterlerdeki anevrizmaların rüptürü, bu arterlerin subaraknoid aralıkta bulunması nedeni ile, parenkim dışı bir kanamaya sebep olur. Beyin dokusu içerisine giren central dalların, genellikle hipertansiyon sonucu, rüptürü ise parenkim içi kanamaya yol açar. Hemoraji sonucu oluşan hematomun yaptığı bası, çevre dokuların kanlanmasını da bozabilir.

Circulus arteriosus cerebri, beynin sağ ve sol yarımını besleyen büyük arterler arasında bağlantı sağladığı için, bu arterlerden birinin tıkanıklığında doku perfüzyonunun karşı taraftaki arterlerden sağlanmasına imkân verir.

A. vertebralis ve a. basilaris'in dallarının tıkanıklığına bağlı olarak gelişen infarktüsler özellikle beyin sakını etkiler. Bu tür infarktüsler sonucu gelişen sendromlar beyin sakı ile ilgili konularda anlatılmıştır.

Circulus arteriosus cerebri'yi oluşturan arterlerden çıkan dallar *cortical dallar* ve *central dallar* olmak üzere iki grupta incelenir.

CORTICAL DALLAR

Bu dallar *a. cerebri anterior, a. cerebri media* ve *a. cerebri posterior*'dan çıkar. Bunlar beyin hemisferlerinin cortical kısımlarını besler ve birbirleriyle bağlantılı pleksuslar oluştururlar.

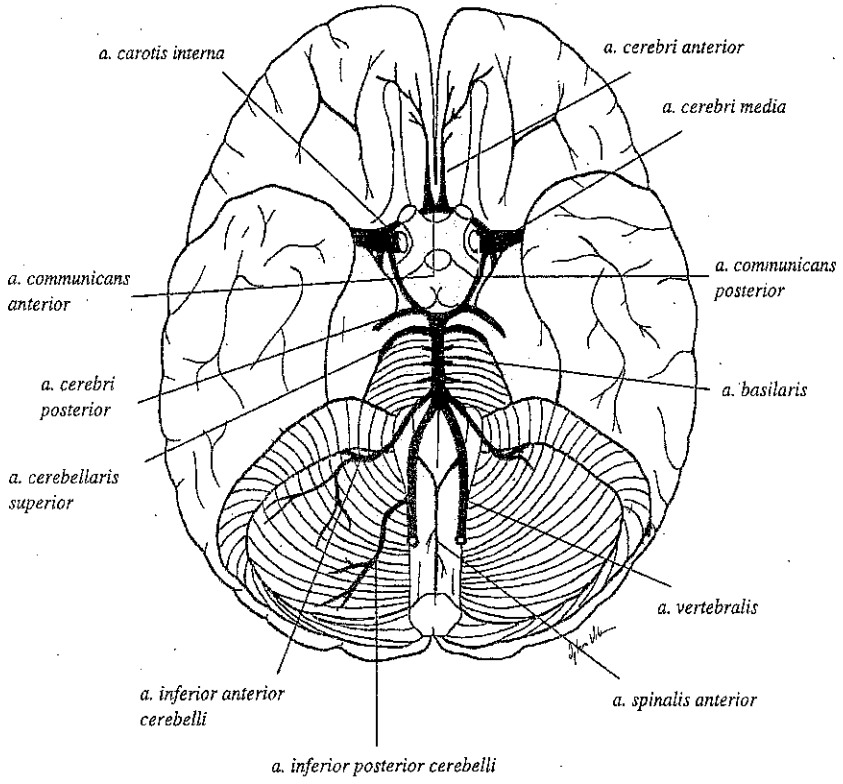
A. cerebri anterior

A. carotis interna'nın chiasma opticum'un hemen lateralinde verdiği daldır. Bu arter rostromedial yönde ilerler ve karşı taraftaki a. cerebri anterior ile, a. communicans anterior aracılığıyla, anastomoz yapar. A. cerebri anterior, hemisferlerin medial yüzünde, corpus callosum'un genu'suna kadar yukarı ve öne doğru ilerler. Daha sonra corpus callosum'un üst yüzünde arkaya doğru devam eder. A. cerebri anterior'un cortical dalları, cortex'in medial yüzünün sulcus parietooccipitalis'in önünde kalan kısmını; lateral yüzünde ise medial yüze komşu olan 2-2.5 cm genişliğinde bant şeklinde bir sahayı besler (Şekil 88).

A. cerebri anterior'un cortical dalları şunlardır:

a. orbitofrontalis medialis
a. polaris frontalis

a. callosomarginalis
a. pericallosa
rr. paracentrales
rr. precuneales



Şekil 87. Circulus arteriosus cerebri (Willis poligonu)

KLİNİK BİLGİ

A. cerebri anterior tarafından beslenen bölgelerin infarktüsünde, özellikle alt ekstremitenin distalinde belirgin olmak üzere, vücudun karşı yarısında motor fonksiyon zayıflığı ve duyu kaybı görülür. Motor fonksiyon zayıflığı ve duyu kaybının alt ekstremitenin distalinde daha belirgin olmasının nedeni, bu bölge ile ilgili motor ve duyu cortex'inin sadece a. cerebri anterior'dan beslenmesi, alt ekstremitenin daha proksimal kısımları ile ilgili cortex bölgelerine ise a. cerebri media'dan da küçük kollateral dalların gelmesidir.

A. cerebri anterior tarafından beslenen bölgelerin infarktüsünde, lobulus paracentralis'te mesane ile ilgili motor ve duyu bölgelerinin lezyonuna veya daha ön tarafta bulunan, mesane boşalmasının inhibisyonu ile ilgili bölgenin lezyonuna bağlı olarak geliştiği düşünülen, üriner inkontinans da görülebilir.

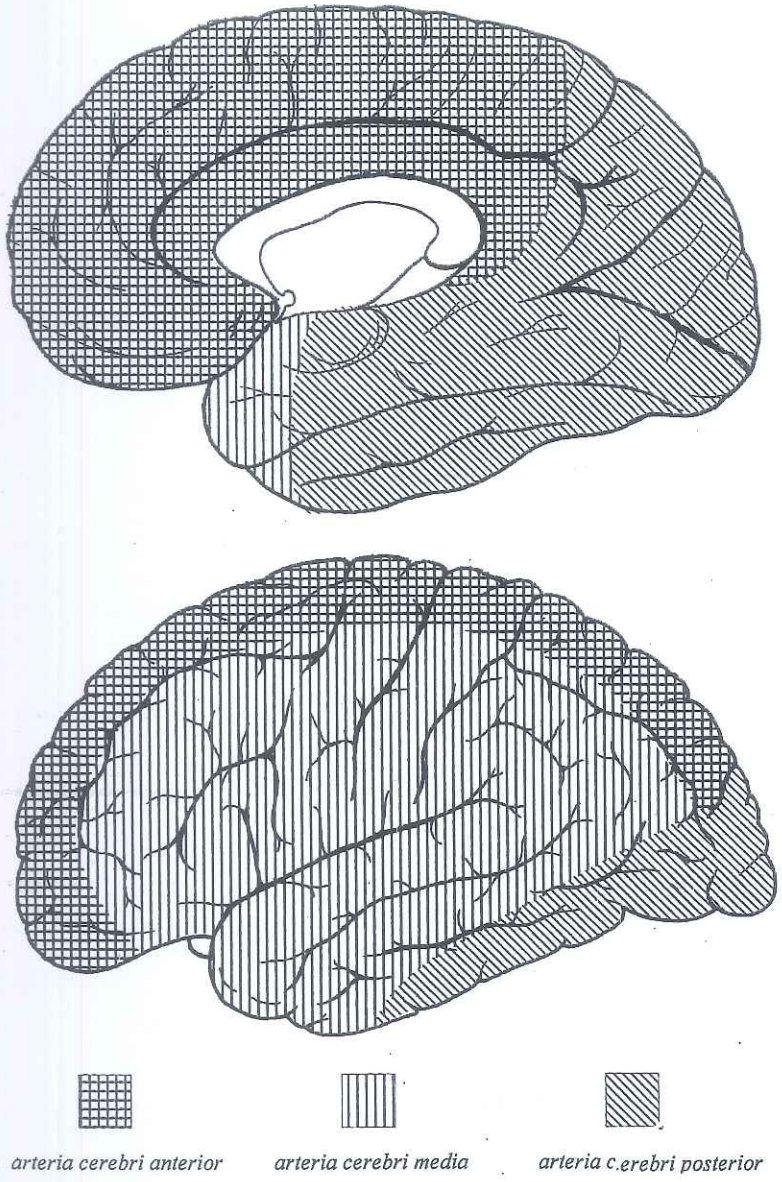
A. cerebri anterior tarafından beslenen bölgelerin infarktüsünde aphasia da görülebilir. Bunun nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, yardımcı motor sahanın lezyonuna veya buradan Broca sahasına giden yolun harabiyetine bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda bahsedilen fonksiyon kayıplarına ek olarak, corpus callosum'un ön kısmının harabiyeti sonucu apraxia da gelişebilir.

A. cerebri media

A. carotis interna'nın a. cerebri anterior'u verdikten sonraki devamı olan bu arter, substantia perforata anterior'un altında ilerleyerek insula ile lobus temporalis'in arasında seyreder. A. cerebri media'nın dalları sulcus lateralis'ten çıkarak hemisferlerin lateral yüzünde dağılır. A. cerebri media'nın cortical dalları, hemisferlerin a. cerebri anterior tarafından beslenen dar bir bant şeklindeki alan ve lobus occipitalis dışında kalan tüm lateral yüzeyini ve polus temporalis'i besler (Şekil 88). Ancak a. cerebri media'dan çıkan bazı küçük dallar polus occipitalis'teki santral görme ile ilgili sahaya gider.

A. cerebri media'nın cortical dalları şunlardır:
a. temporalis anterior
a. orbitofrontalis lateralis
a. frontalis ascendens (Candelabra)
a. sulci precentralis (Pre-Rolandic artery)



Şekil 88. A. cerebri anterior, media ve posterior'un beslediği cortex bölgeleri

a. sulci centralis (Rolandic artery)
a. parietalis anterior
a. parietalis posterior
r. gyri angularis
a. temporalis posterior.

KLİNİK BİLGİ

A. cerebri media'nın beslediği beyin bölgelerinin infarktüsü, vücudun karşı tarafında motor fonksiyon zayıflığı, duyu kaybı ve homonymous hemianopsia ile, harabiyete uğrayan hemisfere göre, konuşma bozukluğu veya spatial algılama bozukluğuna sebep olur. Alt ekstremite ile ilgili bölge dışında kalan motor ve duyu cortex'i a. cerebri media tarafından beslendiği için, motor fonksiyon zayıflığı ve duyu kaybı üst ekstremitenin distali ile yüz bölgesinde daha belirgindir.

Kontralateral homonymous hemianopsia, radiatio optica'nın harabiyetine bağlıdır. İnfarktüsün, daha küçük bir bölgede olup, radiatio optica'nın temporal kısmını tuttuğu durumda kontralateral üst quadrantanopsia, parietal kısmını tuttuğu durumda ise kontralateral alt quadrantanopsia görülür.

İnfarktüs sol hemisferde ise, motor konuşma merkezinin harabiyetine bağlı olarak Broca tipi aphasia ortaya çıkar. İnfarktüs sağ hemisferde ise *constructional apraxia* (basit resimlerin çizilmesinde zorluk), *topographagnosia* (bir krokiyi yorumlama veya yolunu bulmada güçlük), sol tarafta *asomatagnosia* (bir taraftaki vücut kısımlarını algılayamama) ve vücudun orta hattının solunda bulunan objeleri algılayamama gibi spatial algılama bozuklukları görülebilir.

İnfarktüsün akut döneminde, frontal lobdaki göz hareketleri ile ilgili sahanın harabiyetine bağlı olarak karşı tarafa konjuge bakışta zayıflık ortaya çıkar. Bu fonksiyonun, akut dönemi takip eden 1-2 gün içerisinde düzelmesinin nedeni bilinmemektedir.

A. cerebri posterior

A. basilaris'in uç dalı olan bu arter crus cerebri'nin lateralinde ilerleyerek tentorium cerebelli'nin üst kısmına ulaşır. A. cerebri posterior'un cortical dalları, lobus temporalis'in medial ve inferolateral yüzleri ile lobus occipitalis'in medial ve lateral

yüzlerini besler. Sonuç olarak lobus occipitalis'te bulunan görme cortex'i a. cerebri posterior tarafından beslenmektedir. Ayrıca a. cerebri posterior, ventriculus tertius ve ventriculus lateralis'lerin plexus choroideus'u ile beyin sakına da dallar verir.

A. cerebri posterior'un cortical dalları şunlardır:

- rr. temporales anteriores
- rr. temporales posteriores
- r. parieto-occipitalis
- r. calcarinus

KLİNİK BİLGİ

A. cerebri posterior'un beslediği beyin bölgelerinin infarktüsünde, lobus occipitalis'teki harabiyete bağlı olarak, kontralateral homonymous hemianopsia gelişir. Ancak bu hastalarda, polus occipitalis'teki santral (macular) görme ile ilgili bölgeye a. cerebri media'dan da kollateral dallar geldiği için, santral görme genellikle etkilenmez.

İnfarktüs sol tarafta ise ve corpus callosum'un splenium kısmını da içeriyorsa, bu hastalarda alexia (okuma bozukluğu) görülür. Bu durum, sağ lobus occipitalis'teki görme merkezine görme alanının sol yarımından gelen bilgilerin, sol lobus occipitalis'teki görme merkezine geçememesi ve dolayısıyla dominant olan sol hemisferdeki konuşma ile ilgili merkezlere görme ile ilgili bilgilerin ulaşamamasına bağlanmıştır.

A. cerebri posterior'daki tıkanıklık arterin proksimal kısmında ise, buradan çıkan central dalların beslediği bölgelerde de infarktüs görülür. Bu durumda thalamus'taki harabiyete bağlı olarak kontralateral vücut yarımında duyu kaybı, spontan ağrı ve dysesthesia (thalamic pain syndrome); tractus corticospinalis'in harabiyetine bağlı olarak kontralateral hemiparesis; tractus dentatothalamicus harabiyetine bağlı olarak kontralateral ataxia; nucleus subthalamicus'taki harabiyete bağlı olarak kontralateral tarafta hemiballism; nucleus nervi oculomotorii harabiyetine bağlı olarak bu nucleus tarafından inerve edilen göz kaslarında paralizi görülebilir.

CENTRAL DALLAR

Bu dallar, circulus arteriosus cerebri'yi oluşturan arterlerin proksimal kısımlarından başlayan ince uç dallardır ve aralarında anastomoz yoktur. Bu arterler diencephalon, capsula interna, bazal ganglionlar gibi beyinin derin kısımlarında yer alan oluşumları besler. Central arterler *anteromedial, anterolateral, posteromedial* ve *posterolateral* olmak üzere dört grupta incelenebilir. Bunlardan başka *a. choroidea anterior* ve *rr. choroidei posteriores* adı verilen central arterler de vardır (Şekil 89).

Anteromedial grup

Bu gruptaki arterler, a. cerebri anterior ve a. communicans anterior'dan çıktıktan sonra substantia perforata anterior'dan beyin dokusu içine girerek hypothalamus'un ön kısımlarını, supraoptic ve preoptic sahaları besler.

Anterolateral grup

Bu gruptaki arterler, a. cerebri media'nın proksimal kısmından çıkar. Ancak, a. cerebri anterior'un dalı olan a. striata medialis de, beslediği alan bakımından, bu grupta incelenir. Bu arterler substantia perforata anterior'dan beyin dokusu içine girerek capsula interna ve corpus striatum'un bir kısmını beslerler. A. striata medialis, caput nucleus caudatus'un rostroventral kısmı ile capsula interna ve putamen'in buna komşu kısımlarını besler. Rr. laterales striatae ise, cauda nucleus caudatus ve putamen'in en kaudal kısmı hariç, corpus striatum'un geri kalan kısımlarını besler. Bu arterler ayrıca globus pallidus'un lateral kısımları, capsula interna'nın crus anterius'u ve crus posterius'unun dorsal kısımlarını da besler.

Posteromedial grup

Bu gruptaki arterler, a. cerebri posterior'un başlangıç kısımları ve a. communicans posterior'dan çıkar. Bu arterlerin rostral dalları hypophysis, infundibulum ve hypothalamus'un tuber cinereum kısmını; kaudal dalları thalamus'un medial nucleus'ları (nuclei mediales), subthalamic bölge ve corpus mamillare'leri besler. Daha kaudale uzanan dalları ise crus cerebri ve tegmentum'un medial kısımlarında dağılır.

Posterolateral grup

Bu gruptaki arterler, a. cerebri posterior'un a. communicans posterior ile anastomoz yaptığı yerin distalinden çıkar. Bu arterler derine doğru uzanarak thalamus'un kaudal yarımını besler.

A. choroidea anterior

Bu arter genellikle a. carotis interna'nın a. communicans posterior'u verdiği yerin distalinden çıkar. Fissura choroidea'dan geçerek ventriculus lateralis'in cornu inferius'una girer ve plexus choroideus'u besler. A. choroidea anterior ayrıca formatio hippocampi, globus pallidus'un bir kısmı, crus posterius capsula interna'nın ventral kısmı ve capsula interna'nın retrolenticular kısmının tamamını besler. Bu arterden çıkan küçük dallar tractus opticus ve corpus amygdaloideum'un (amygdaloid complex) bir kısmı, cauda nucleus caudatus'un ventral kısımları, thalamus'un ventrolateral kısmı ve putamen'in arka kısımlarını da besler.

Rr. choroidei posteriores

A. cerebri posterior'dan çıkan bu dallar tectum, metathalamus, ventriculus tertius ve ventriculus lateralis'in plexus choroideus'u, thalamus'un bir kısmı ve glandula pinealis'i besler.

KLİNİK BİLGİ

A. choroidea anterior'un beslediği bölgelerin infarktüsünde crus posterius capsula interna'nın harabiyetine bağlı olarak kontralateral hemiplegia ve duyu kaybı; corpus geniculatum laterale'nin veya radiatio optica'nın harabiyetine bağlı olarak kontralateral homonymous hemianopsia ortaya çıkar.

Central dallar arasında anastomoz olmadığı ve bunlar daha küçük bölgeleri besledikleri için, bu arterlerin tıkanıklığına bağlı olarak gelişen infarktüsler daha spesifik bulgular verir. Örneğin capsula interna'da sadece tractus corticospinalis'in infarktüsü sonucu kontralateral hemiplegia veya thalamus'un sadece nucleus ventralis posteromedialis ve nucleus ventralis posterolateralis'inin infarktüsü sonucu kontralateral hemianesthesia görülebilir (Şekil 90).

CEREBRUM'UN VENLERİ

Beyin dokusundaki küçük venler venöz pleksuslar oluşturur ve subaraknoid aralıkta bulunan daha büyük cerebral venlere açılırlar. Bu venler ise dura mater'in periosteal ve meningeal yaprakları arasında yer alan venöz sinüslere açılırlar.

Cerebral venler yüzeyel ve derin olmak üzere iki grupta incelenir.

Vv. superficales cerebri

Cortex ve buna komşu beyaz cevher bölgesinden başlayan bu venler, birleşerek daha büyük venler oluşturur ve dural venöz sinüslere (sinus durae matris) açılır. Bunlardan *vv. superiores cerebri* hemisferlerin dış ve birbirlerine bakan iç yüzlerinden venöz kanı toplayarak sinus sagittalis superior'a drene olur. İç yüzdeki bazı venler, sinus sagittalis inferior'a da drene olabilir. *Vv. inferiores cerebri* ise hemisferlerin alt yüzlerini ve lateral yüzlerin ön kısımlarını drene eder. Bu venler sinus cavernosus, sinus sphenoparietalis, sinus petrosus, sinus transversus gibi basis cranii'de yer alan venöz sinüslere açılır. *V. media superficialis cerebri,* sulcus cerebri lateralis boyunca seyreder ve hemisferlerin lateral yüzlerinden gelen küçük dallar alır. Bu ven, sinus cavernosus'a açılarak sonlanır. V. media superficialis cerebri, ayrıca *v. anastomotica superior (Trolard veni)* aracılığıyla sinus sagittalis superior ile ve *v. anastomotica inferior (Labbe veni)* aracılığıyla sinus transversus ile bağlantılıdır.

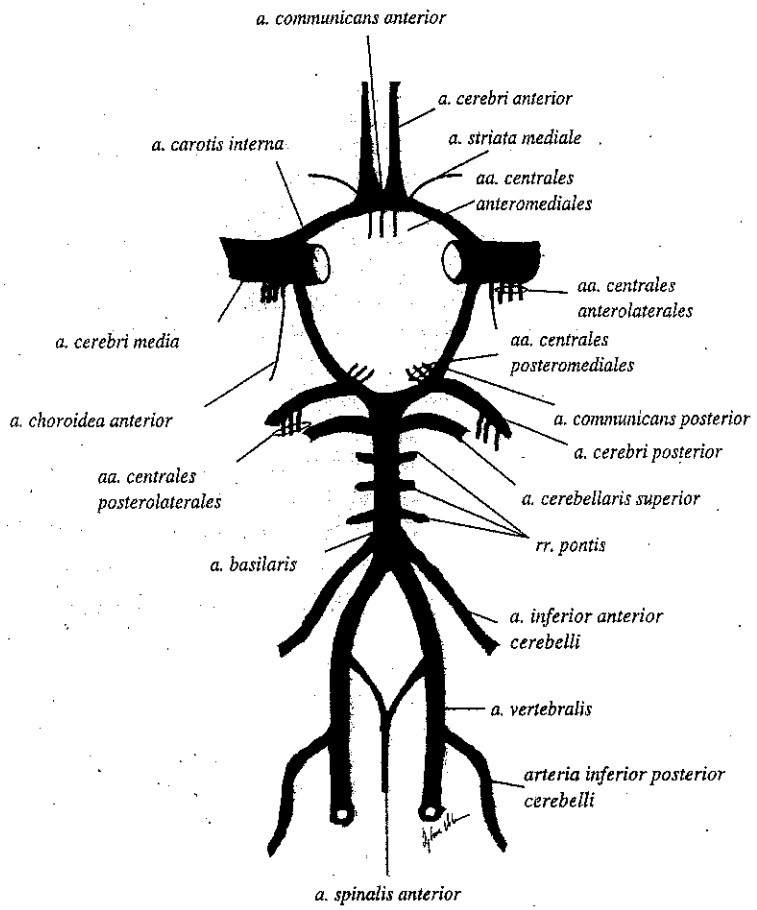
Vv. profundae cerebri

Bu venler diencephalon, bazal ganglionlar, plexus choroideus, periventricular bölgeler, beyaz cevherin derin kısımları gibi beynin daha derin bölgelerindeki venöz kanı drene eder. Bu grupta yer alan büyük venler *vv. internae cerebri, v. basalis* ve *v. magna cerebri*'dir.

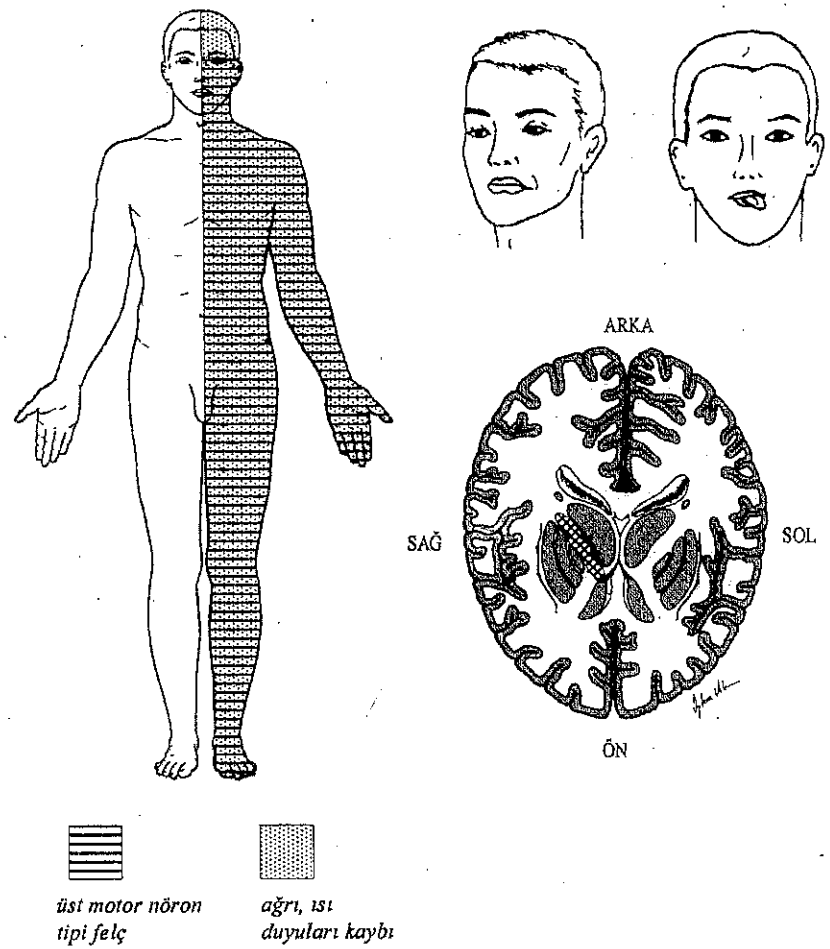
Vv. internae cerebri. Sağda ve solda birer adet olan bu venler, foramen interventriculare hizasından thalamus'un üst-iç yüzü üzerinde kaudale doğru uzanır. Bu iki ven cisterna quadrigeminalis hizasında birleşerek v. magna cerebri'yi oluşturur. V. cerebri interna'ya her iki tarafta v. thalamostriata (v. thalamostriata superior = v. terminalis), v. choroidea superior, v. septalis (v. anterior septi pellucidi), v. epithalamica ve v. ventriculi lateralis isimli venler katılır. V. thalamostriata, thalamus ve nucleus caudatus'un arasında yer alır. Bu vene v. terminalis anterior ve vv. nuclei caudati isimli venler açılır.

V. basalis (Rosenthal veni). Bu vene vv. anteriores cerebri, v. media profunda cerebri ve vv. thalamostriatae inferiores isimli venler açılır.

V. magna cerebri. Beynin daha derin kısımlarından gelen venöz kanın drene olduğu önemli bir vendir. Bu ven sağ ve sol vv. internae cerebri, sağ ve sol v. basalis, sağ ve sol v. occipitalis ve v. posterior corporis callosi'nin katılmasıyla oluşur. V. magna cerebri daha sonra sinus sagittalis inferior ile birleşerek sinus rectus'a açılır.



Şekil 89. Willis poligonunun oluşumuna katılan arterler ve buradan çıkan central dallar



Şekil 90. Capsula interna'da fibrae corticospinales, fibrae corticonucleares ve fibrae thalamopar,etalis'i tutan bir lezyonda ortaya çıkan bulgular

BEYİN SAKININ ARTERLERİ

Medulla oblongata'nın arterleri a. vertebralis, a. spinalis anterior ve posterior'lar, a. posterior inferior cerebelli ve a. basilaris'tir. Pons'u besleyen arterler a. basilaris, a. anterior inferior cerebelli ve a. superior cerebelli'dir. Mesencephalon'u besleyen arterler a. cerebri posterior, a. superior cerebelli ve a. basilaris'tir.

BEYİN SAKININ VENLERİ

Medulla oblongata'nın venleri v. spinalis'lere; pons'un venleri v. basalis'e; mesencephalon'un venleri de v. basilaris'e ve v. magna cerebri'ye dökülür.

CEREBELLUM'UN ARTERLERİ

Cerebellum'u besleyen arterler a. superior cerebelli, a. anterior inferior cerebelli ve a. posterior inferior cerebelli'dir.

CEREBELLUM'UN VENLERİ

Cerebellum'un üst kısmının venleri v. magna cerebri ve alt kısmının venleri de sinus rectus ile sinus transversus'a dökülür.

ANATOMİK TERİMLERİN TÜRKÇE AÇIKLAMALARI

A

abducens: Uzaklaştırıcı, ayırıcı
accessorius: Asıl olana eklenmiş, yardımcı
acusticus: İşitme ile ilgili
adhesio: Yapışıklık, tutunma
aditus: Geçit, giriş
afferent (afferens): Merkeze ileten
ala: Kanat
albus: Ak, beyaz
ambiguus: İki şeye de benzeyen, belirli olmayan
amygdaloideus: Bademsi, badem gibi
anastomosis: Kan damarları, lenf damarları veya sinirlerin birleşmeleri
ansa: Çengel, kıvrım
anterior (anterius): Önde bulunan
anulus: Küçük halka
apex: Uç, tepe
aqueductus: Su kanalı, boru
arachnoidea: Örümcek ağı gibi zar
arbor: Ağaç
arcuatus: Kıvrılmış, kemerli
arcus: Kemer, yay
area: Alan, saha
areola: Area'dan küçük alan
arteria: Atardamar
ascendens: Çıkan, yükselen
autonomicus: Bağımsız, kendi kendine işleyen

B

basalis, basilaris: Taban ile ilgili
basis: Taban
brachium: Kol
bulbus: Soğan, soğan şeklindeki kalınlaşma

C

caeruleus: Mavi, mavimsi
calamus: Kalem, yazı tüyü
calcar: Mahmuz
calcarinus: Mahmuz ile ilgili

canalis: Boru, kanal
capsula: Kapsül
capsularis: Kapsül ile ilgili
caput: Baş
caroticus: Arteria carotis ile ilgili
cauda: Kuyruk
caudatus: Kuyruklu
cavernosus: İçerisi boşluklu
cavum: Boşluk, boş yer
centralis: Merkez ile ilgili
centrum: Merkez, orta
cerebellaris: Cerebellum ile ilgili
cerebellum: Beyincik
cerebralis: Cerebrum ile ilgili
cerebrum: Beyin
cervicalis: Boyun ile ilgili
chiasma: Çapraz
choroidea: Zarlı, zar ihtiva eden,
ciliaris: Göz kapakları ile, kirpikler ile ilgili, kirpiksi
cingulum: Kuşak, kemer
circulus: Daire, halka
cisterna: Sarnıç
claustrum: Kapatan, kilitleyen oluşum
clinoideus: Yatak şeklinde olan
clivus: Tepe, yamaç
collateralis: Yan tarafta bulunan
colliculus: Küçük tepe
columna: Sütun, kolon
comitans: Eşlik eden
commissura: Birleşme yeri
communicans: Birleştirici
confluens: Toplanma yeri
constrictor: Büzen, biraraya getiren
conus: Koni, koni şeklinde
cornu: Boynuz
corona: Taç, çelenk
corpus: Vücut, gövde
cortex: Kabuk, dış tabaka
corticalis: Kabuk ile ilgili
cranialis: Baş ile ilgili

cranium: Baş
cribrosus: Kalbur gibi, delikli
crus: Bacak
culmen: Tepe, bir yerin en yüksek noktası
cutaneus: Deri ile ilgili

D

declive: İniş, meyil
decussatio: Çapraz
dentatus: Diş ihtiva eden, dişli
descendens: İnen
dexter (dextra, dextrum): Sağ
diencephalon: Ara beyin
digitatio: Parmak şeklindeki oluşum
dilatator: Genişleten

E

efferent (efferens): Dışarıya götüren
emboliformis: Tıkaç şeklinde
eminentia: Yükseklik, kabartı
encephalon: Beyin
epithalamus: Beyinde thalamus'un üzerinde bulunan bölüm
equinus: At ile ilgili
ethmoidalis: Süzgeç gibi
extensor: Gerici, geren

F

facialis: Yüze ait olan
facies: Yüz, dış yüzey
falx: Orak
fasciculus: Demetçik
fastigium: Tavan, çatı, tepe
fibra: Lif, iplik
filum: İp
fimbria: Saçak
fissura: Yarık
flexor: Bükücü
flocculus: Yumakcık
folium: Yaprak
foramen: Delik
forceps: Kerpeten, kıskaç

formatio: Oluşum
fornix: Kavis, yay, çıkmaz
fossa: Çukur, hendek
fossula: Küçük çukur

G

gallus: Horoz
ganglion: Sinir düğümü, düğüm
gelatinosus: Jöle, pelte şeklinde
geniculum: Düğüm şeklindeki şişkinlik, dizcik
genu: Diz, köşe
glia: Ara madde
globosus: Küre şeklinde
globus: Yumak, top
glomus: Yumak
glosso-, glossus: Dil ile ilgili
granulatio: Tanelenme, tanecikli
griseus: Gri
gustatorius: Tad almaya yarayan
gyrus: Kıvrıntı, daire

H

habenula: Küçük dizgin, dizgincik
hemispherium: Yarım küre, beyin yarı küresi
hiatus: Yarık
hippocampus: Beyinde ventriculus lateralis'lerin alt kısmındaki kabarık oluşum
hypoglossus: Dil altında bulunan
hypophysis: Altta gelişmiş olan, hipofiz bezi
hypothalamus: Beyinde thalamus'un altında kalan kısım

I

impressio: İz
imus: En aşağıda olan
incisura: Çentik
indusium: Üst zar, corpus callosum'un üzerinde bulunan ince gri cevher tabakası
inferior (inferius): Daha altta bulunan
infra: Bir şeyin altında bulunan
insula: Ada
inter: Arasında
intermedius: İki ayrı oluşumun ortasında bulunan
internus: İçeride bulunan

interpeduncularis: Beyin saplarının arasında bulunan
intra: Bir şeyden içte bulunan
intumescentia: Şişkinlik, kalınlık
iris: Gözün renkli tabakası
isthmus: Dar yer, darlık

L

lacrimalis: Göz yaşı ile ilgili
lamina: Levha, tabaka
lateralis: Dış tarafta bulunan
lemniscus: Bant, kordela
lens: Mercek
lenticularis: Mercek ile ilgili
lentiformis: Mercek şeklinde
leptomeninx: Arachnoidea mater + pia mater
ligamentum: Bağ
limitans: Sınırlayıcı
linea: Çizgi
lingua: Dil
lingula: Küçük dil, dilcik
liquor: Sıvı
lobaris: Lob ile ilgili
lobularis: Lobcuk ile ilgili
lobulus: Küçük lob
lobus: Lob
locus: Yer, mevki
longitudinalis: Uzunlamasına

M

macula: Leke
magnus: Büyük
major: Daha büyük
marginalis: Kıyı, kenar ile ilgili
margo: Kenar
mater: Kılıf
medialis: Vücudun orta hattına yakın
medulla: İlik
medullaris: İlik ile ilgili
membrana: İnce deri, zar
meningeus: Beyin zarları ile ilgili
meninx: Beyin zarı
mesencephalon: Orta beyin
metencephalon: Arka beyin
motorius: Hareket ile ilgili

muscularis: Kas ile ilgili
myelencephalon: Medulla oblongata

N

nervus: Sinir
niger (nigra): Siyah
nodus: Düğüm
nucleus: Çekirdek

O

obliquus: Eğik
occipital: Kafanın arka kısmında olan
oculomotorius: Göz hareketleri ile ilgili
olfactorius: Koku duyusu ile ilgili
oliva: Zeytin
ophtalmicus: Göz ile ilgili
opticus: Görme ile ilgili
ora: Çevre, kıyı
orbicularis: Çember şeklinde
orbitalis: Orbita ile ilgili

P

palpebra: Göz kapağı
palpebralis: Göz kapağı ile ilgili
para-: Yan, yanında
parahippocampalis: Hippocampus'un yanında bulunan
pars: Kısım, parça, bölüm
peduncularis: Sap ile ilgili
pedunculus: Sap
perforans: Delen, delip geçen
peri-: Çevresinde
pinealis: Çam kozalağı şeklinde
piriformis: Armut şeklinde
plexus: Ağ, örgü
pons: Köprü
pontinus: Köprü ile ilgili
porus: Yol, geçit
post: Arka, sonra
postcentralis: Beyinde sulcus centralis'in arkasında bulunan
posterior (posterius): Arkada bulunan
pre-: Önce

prosencephalon: Ön beyin
pulvinar: Thalamus'un arka ucu
pupilla: Göz bebeği

Q

quadrigeminal: Dört parçalı, dört kısımlı

R

radiatio: Işınlama, yayılma
radicularis: Kök ile ilgili
radix: Kök
ramus: Dal
raphe: Dikiş, simetrik bir organın iki yarısını birleştiren çizgi
rectus: Doğru, düz
recurrens: Geriye dönen
regio: Bölge
rete: Ağ
reticularis: Ağ ile ilgili, ağ şeklinde
retro: Arkasında, gerisinde
rhomboideus: Eşkenar dörtgen şeklinde
rostrum: Gaga
ruber (rubra): Kırmızı

S

salivatorius: Tükrük ile ilgili
sella: Eğer, eğersi çukur
sella turcica: Türk eğeri, hipofiz çukuru
sigmoideus: Sigma harfi şeklinde olan
sinister (sinistra, sinistrum): Sol
sinus: İçerisi mukoza ile kaplı olan ve kemik içerisinde bulunan boşluk, damar içerisindeki genişlemiş boşluklar, beyindeki venöz kan kanalı
spatium: Aralık
sphincter: Büzücü, kapatıcı
splanchnicus: İç organlar ile ilgili
splenium: Kompres veya bandaj
stellatus: Yıldız şeklinde
stratum: Tabaka, örtü
stria: Çizgi, şerit
sub: Altında
substantia: Madde, cisim, bir organın oluşmuş maddesi
sulcus: Oluk

superficialis: Yüzeyel
superior: Üst, daha yukarıda bulunan
supra: Üst, üstünde
sympathicus: Otonom sinir sisteminin bir bölümü

T

tapetum: Zar tabakası
tectum: Tavan şeklinde oluşum
tela: Doku
tentorium: Çadır
terminalis: Sona ait, son, bitim, uç
tractus: Demet, kordon
triangularis: Üç köşeli
trigonum: Üçgen
truncus: Gövde
tuber: Tümsek, çıkıntı
tuberalis: Tümseğe ait
tuberculum: Tümsekçik, küçük çıkıntı

U

uncus: Kanca şeklinde

V

vagus: Serseri, başıboş
velum: Perde gibi bölme zar, yelken, etek
vermis: Solucan, solucanlı organ, beyinciğin orta bölümü
visceralis: İç organlar ile ilgili

Z

zona: Bölge, kısım, kuşak
zonula: Kuşakçık
zonularis: Zonula ile ilgili

INDE

A

acromega
Adamkiev
adenohyp
adhesio in
adrenokor
affective
afferent si
agnosia
agraphaes
agraphia
akinesia
akomodas
akomodas
aksiyel çiz
akson
akson tern
ala lobuli
alexia
allocortex
alpha mot
alt motor
alveus hip
amacrine
amyotroph
anisocoria
anosmia
ansa cervi
ansa lentic
anterolate
anterolate
antidiüreti
apertura la
apertura m
aphagia
aphasia
duyu tip
iletim ti
motor
aqueduct
aqueductu
aqueductu
arachnoid

İyi çalışmalar