Sinir Sistemi

DOÇ. DR. HASAN KOÇ

- Sinir sistemi, gerek işlevsel ve gerekse yapısal yönden kompleks bir yapıya sahiptir. Vücudun bütün sistemleri ile yakından ilişkilidir. Sinir sistemi *reseptör* adı verilen almaçlarla iç ve dış ortamdan sürekli bilgi alır. Bu bilgileri çoğu kez geçmişteki deneyimlerinden elde ettiği izlenimlerle karşılaştırarak değerlendirir ve gerekli tepki organlarını (*effektör*) harekete geçirir.
- Sinir sisteminin görevleri şöyle özetlenebilir;
  - Organizmanın ve organların aktivitelerini düzenlemek,
  - Çeşitli organları ve sistemleri birbirine bağlamak, bunların aktivitelerinin eşgüdümünü (koordinasyonunu) sağlamak, organizmanın bütünlüğünü korumak
  - Organizma ile çevre arasındaki etkileşimi sağlamak
  - Konuşma ve düşünmenin ana materyali olmak.

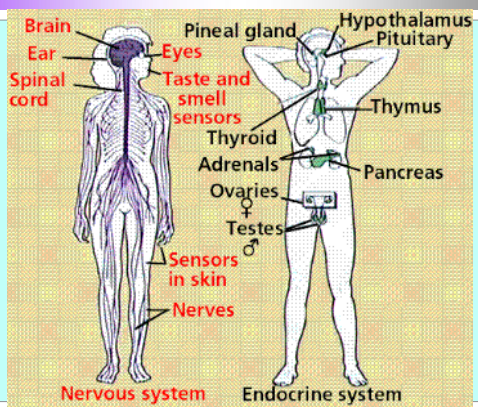
Hayatın devamı için canlıların iç ortamının değişmez tutulması şarttır. Mesela, hücrenin kimyasal yapısı, pH'ı, sıcak kanlılarda vücut sıcaklığı değişmez tutulmalıdır. Bu, iç ortamın değişmez tutulması işine "Homeostasis" adı verilir. Homeostasisin veya diğer pekçok vücut faaliyetlerinin yapılabilmesi için bir takım düzenleyici kontrol sistemlerine ihtiyaç olacağı doğaldır.

Hayvanlarda iki esas kontrol mekanizması vardır:

1. Hormonal kontrol (kimyasal kontrol)
2. Sinirlerle kontrol (sinirsel kontrol)

Hormonlarla kontrol hem bitkilerde hem de hayvanlarda mevcuttur. Sinirsel kontrol ise yalnız hayvanlarda mevcuttur.

Bütün canlılar iç ve dış ortamlarında meydana gelen değişikliklere karşı reaksiyon gösterirler. Hayvanları, bitkilerden ayıran en önemli farklardan birisi de iç ve dış ortamlardaki değişikliklere karşı gösterdikleri reaksiyonun hızıdır. Bitkilerde hareket çok yavaş iken hayvanlarda bitkilere nispeten çok daha hızlıdır. Bitkilerde yer değiştirme yoktur ancak hayvanlarda vardır. Hayvanlarda hızlı hareketi sağlayan sistemler iyice özelleşmiş sinir ve kas sistemleridir.



Uyarılma

Her çeşit hücre uyarılabilme yeteneğine sahiptir. Bununla birlikte uyarılınca bu uyarmaya karşı reaksiyon gösterebilir. Canlı organizma tarafından uyarmaya karşı reaksiyon göstermeyi sağlayan sistemlerin genellikle dört esas özelliği vardır. Bunlar;

1. Uyarılma (irritabilite), reseptör fonksiyonu
2. Uyarılma sonucu meydana gelen sinyalin iletilmesi (conductivity), nöron fonksiyonu
3. Uyaran ile canlının kendisi arasında bir ilişki kurulması (correlation), sinir merkezleri fonksiyonu
4. Uyarmaya cavap verilmesi (reaction), efektör fonksiyonu

Canlıya bu özellikleri sağlayan ayrı yapılar vardır. Tek hücreli canlılarda bütün bu işlemler hücrenin kendisi tarafından yapılır. Çok hücrelilerde ise bu fonksiyonların her birini yapacak ayrı yapılar gelişmiştir.

Canlı hücrenin iç ve dış ortamda meydana gelen her çeşit değişiklik potansiyel bir uyarıcıdır. Ama canlıyı uyarıp uyarmaması bir çok faktörlere bağlıdır. Çevredeki değişikliklerden bir çoğu tarafından farkedilmekle beraber farkedilmeyenlerde vardır. Örneğin radyo ve televizyon dalgaları çevrede değişiklik meydana getirmekle birlikte canlı hatta insan bile bu değişikliği fark etmez. Bu dış ortamdaki etkisiz değişikliğe bir örnektir.

Güneş ışınları çeşitli dalga boyları olan pek çok ışınlardan oluşmuştur. Spektrumun ancak küçük bir kısmı gözdeki retinada bulunan ışık alıcılarını uyarır, diğerleri dış ortamda değişiklik meydana getirdiği halde insan bu değişikliğin farkında olmaz.

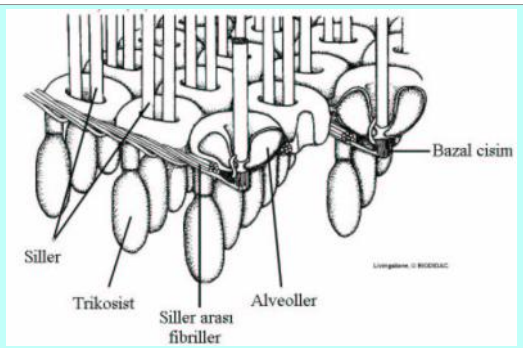
Çok hücreli gelişmiş bir canlıda uyarmaya cevap verme işinde gerekli olan dört komponentten her biri için özelleşmiş bir hücre ya da organ vardır. Uyarılabilme (irritabilite) yeteneğine sahip, kısaca uyarmayı alabilen, reseptörler (örneğin gözün retinasında ışık dalgalarından etkilenen reseptör hücreler, iç kulakta ses dalgalarından etkilenen reseptör hücreler) bulunur.

Reseptörde meydana gelen sinyali merkezlere ileten duyu sinirleri *conductivite* işini yapan özel hücrelerdir. Sinir merkezleri, buraya getirilen sinyali değerlendirip canlının ne yapması gerektiğini saptarlar, yani *correlation* işini gören özel yapılardır.

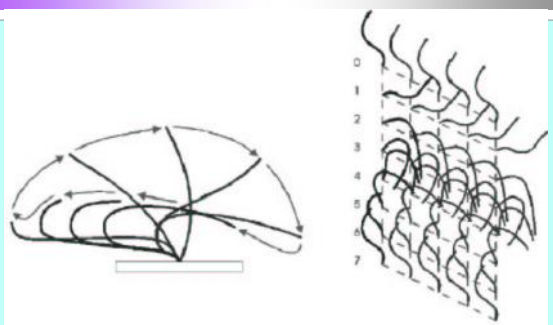
Canlının ne gibi bir reaksiyon göstermesi gerektiği saptandık-tan sonra o aktivitenin yapılması için merkezlerden gerekli sinyaller motor sinirler yoluyla iş görecek organa (efektör organa) götürür. Bu da bir iletme işidir ve özel sinir hücreleri tarafından yapılır.

Sinyal efektör organa gelince, özelleşmiş efektör hücreler *reaction* gösterirler. Efektör hücreleri kas ve bez hücreleridir. Belirli fonksiyonların yapılması için iyice özelleşmiş hücrelerdir.

Canlının uyarıya cevap verebilmesi için gerekli komponentlerin gelişimini incelemeye tek hücreli bir canlı olan *Paramecium*'dan başlayabiliriz. *Paramecium*'da silyaların bazal cisimcikleri bir takım fibrillerle birbiri ile bağlantı halindedir (Şekil 1) ve motorium adı verilen bir yapı silya hareketlerini (Şekil 2) koordine eden bir merkez olarak fonksiyon görmektedir.



Şekil 1: Sillerin bazal cisimcikleri fibrillerle bağlantı halindedir.



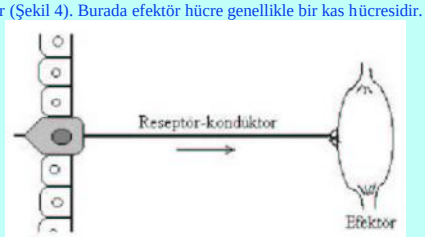
Şekil 2: Sil hareketleri

Süngerlerde sinir hücrelerinin varlığını gösteren fizyolojik bir kanıt yoktur. Değişik tipteki uyaranlar karşısında vücudun her hücresi bağımsız olarak tepki gösterir (Şekil 3). Kuvvetli bir dokunma uyartısı sadece birkaç milimetre taşınabilir.



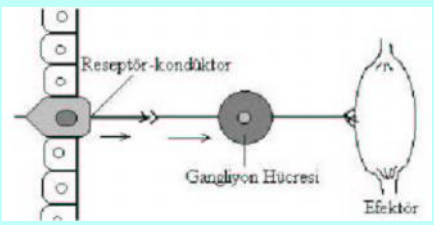
Şekil 3: Sinir sistemi bulunmayan süngerlerde kas hücreleri dış etkilere reaksiyon vermektedir.

Hakiki sinir sisteminin en basit şekline bazı sölenterlerde rastlanır. Bunlarda sinir hücreleri epidermis ve gastrodermisin kaidesinde yer alır. İki hücreden kurulu bu sistemde birinci hücre uyarmayı alan ve ileten reseptör-kondüktör hücredir ikincisi de reaksiyon gösteren efektör hücredir (Şekil 4). Burada efektör hücre genellikle bir kas hücresidir.



Şekil 4: En basit sinir sistemi. Sinir hücresi hem duyuyu almakta (reseptör), hem de impulsu efektör hücreye iletmektedir (kondüktör) (*Coelenterata*).

Fakat bu derece basit bir sistemine pek ender rastlanır. Sölenterlerin çoğunda bile en az üç hücrenin işe karıştığı bir sistem uyarmaya cevap vermektedir (Şekil 5, 6). Bu sistemde uyarmayı alan özelleşmiş bir reseptör hücre, sinyali ileten bir sinir hücresi ve uyarmaya cevap veren efektör hücre mevcuttur.



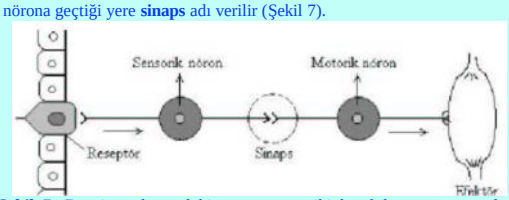
Şekil 5: Reseptör-kondüktör hücre ile efektör hücre arasına bir gangliyon hücresi yerleşmiştir. Böyle bir sistem *Coelenterata*'da bulunur.

Reseptör, kondüktör ve efektör komponentlerini taşıyan en basit sinir sistemi *Coelenterata*'da görülür. *Hidra*'nın sinir sistemi buna iyi bir örnektir. Böyle bir sinir sisteminde merkezi konrol yoktur (Şekil 6).



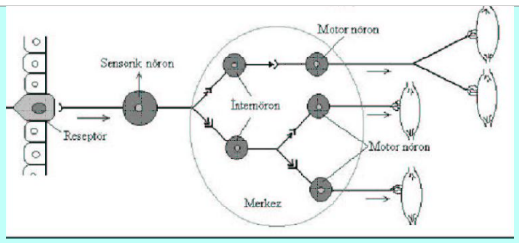
Şekil 6: Burada özelleşmiş bir reseptör hücre duyuyu almakta ve bu bir kondüktör hücre ile efektöre iletilmektedir (*Hidra*).

Biraz daha gelişmiş bir sinir sisteminde uyarma ile meydana gelen sinyalin iletiminde iki ayrı iletici (conductor) hücre vardır. Birinci nöron reseptordan sinyali alır, belirli bir yere kadar götürür, ikinci bir nöron ile bağlantı kurar ve bu ikinci nöron sinyali efektör organa iletir. Burada birinci kondüktor nörona **sensorik** nöron denir, ikinci nörona ise **motorik** nöron adı verilir. Motorik nöron, bir efektörü harekete geçiren nörondur. Nöronların birbiri ile bağlantı kurduğu ve sinyalin bir nörondan diğer nörona geçtiği yere **sinaps** adı verilir (Şekil 7).



Şekil 7: Bu sistemde özel bir reseptör ve iki kondüktör nöron vardır. Birinci nöron duyuları iletir (sensorik nöron); ikinci nöron impulsu efektör organa iletir (motorik nöron) (*Medusa*).

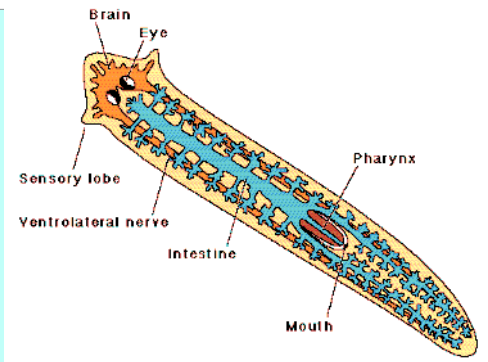
Bir derece daha gelişmiş sinir sisteminde sensorik ve motorik nöronlar arasında **internöron**lar vardır. İnternöronlar sayesinde bir tek reseptörden alınıp sensorik nöron ile iletilen sinyal, çeşitli motorik nöronlara ve dolayısıyla çeşitli efektör organlara doğru yöneltilir. Burada internöronlar ve motor nöronlar beraberce bir nöronlar topluluğu (gangliyon) meydana getirmişlerdir. Bu nöronlar topluluğu, sinir merkezlerinin ilk taslağıdır (Şekil 8).



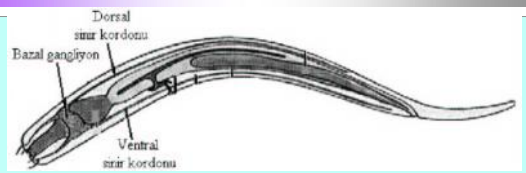
Şekil 8: Sensorik ve motorik nöronlar arasında internöronlar yer almıştır. Bu internöronlar sayesinde bir tek reseptörden alınıp sensorik nöron ile iletilen sinyal, çeşitli motorik nöronlara ve dolayısıyla çeşitli organlara doğru yöneltilir.

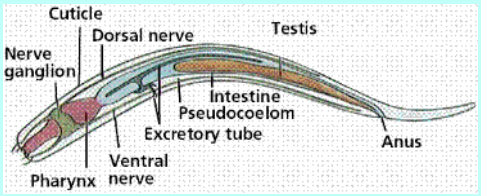
Coelenterata grubundan olan ancak *Hidra*'dan daha gelişmiş olan türlerde (mesela *Medusa*) sinir sistemi biraz daha gelişmiştir ve çok basit bir merkezileşme mevcuttur. Vücudun kubbe biçiminde olan kısmının etrafında iki sinir halkası vardır. Diğer sinirler bu halkalara doğru seyrederler.

Asıl merkezi sinir sisteminin gelişimi vücut yapıları uzunca ve sinir sistemleri vücudun iki yanında (bilateral) ve simetrik olarak seyreden hayvanlarda (mesela *Platyhelminthes* ve *Nematoda*) gerçekleşmiştir (Şekil 9). Vücudun iki yanında ve uzunlamasına devam eden sinir kordonları ve vücudun sağ ve solunda simetrik olan bölgeleri idare eden kısımlar arasında bağlantıların kurulmuş olması omuriliğin ilk taslağı olduğu, hayvanın baş tarafında sinir kordonlarının ucunda sinir hücreleri topluluğunun artması ise beyinin ilk taslağı olduğu izlenimi ortaya çıkartmaktadır (Şekil 10a, 10b, 10c).

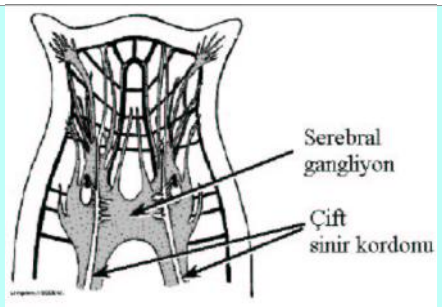


Şekil 10a: *Platyhelminthes*'de sinir kordonları

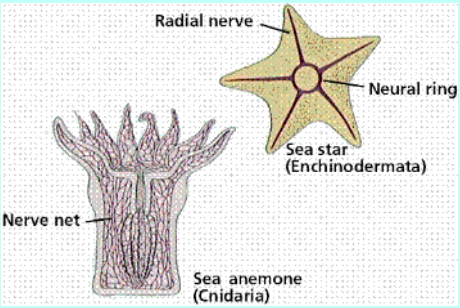


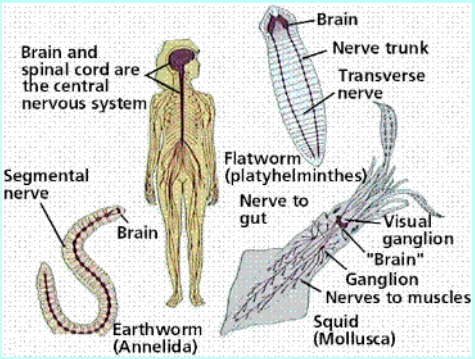


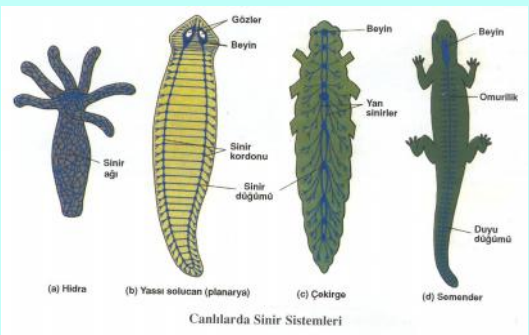
Şekil 10b: *Nematoda'*da sinir kordonları ve bazal gangliyon

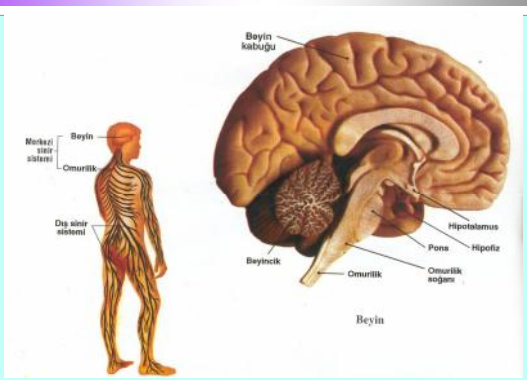


Şekil 10c: *Platyhelminthes'*de ki beyin taslağı.



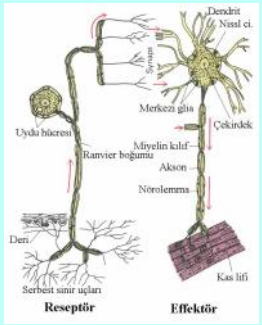


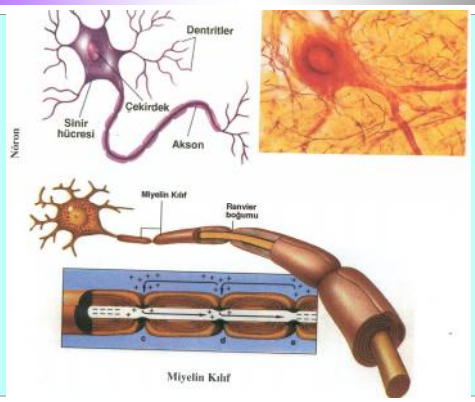


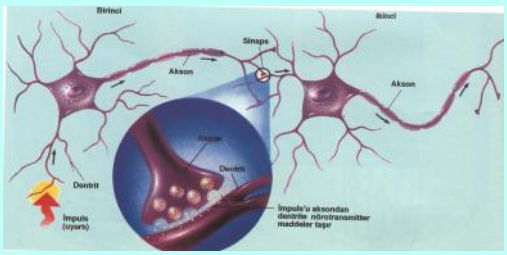


Sinir hücreleri (nöron) görevlerine göre üç büyük grupta toplanırlar. Bunlar;

- Duyu nöronları (Afferent, Getirici, Reseptör sinirler): İmpulsları duyu organlarından beyin ve omuriliğe iletirler.
- Motorik nöronlar (Efferent, Götürücü, Effektör sinirler): İmpulsları beyinden ve omurilikten kaslara yada diğer tepki organlarına iletirler.
- Ara nöronlar (İnternöron): Merkezi sinir sistemi içinde bulunurlar. İki nöron arasında bağlantı kurarlar.



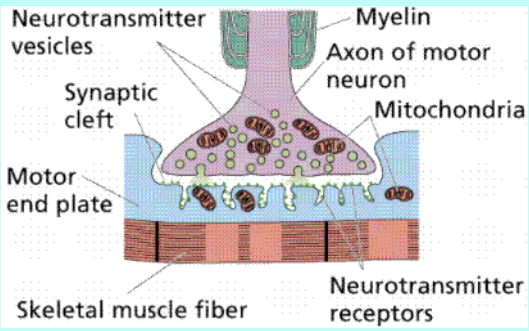




SİNİR HÜCRELERİ NASIL HABERLEŞİRLER?

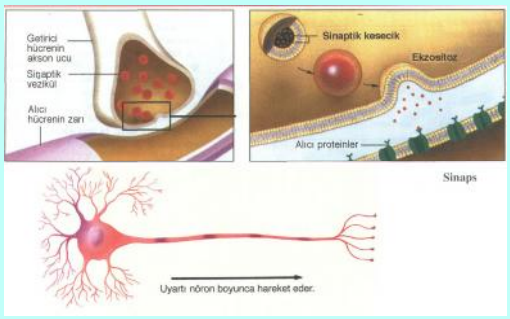
Sinir hücreleri arasında sinaps denen geçiş bölgeleri vardır. Buralar, hücreden hücreye bilgi (elektriksel sinyal) geçişinin olduğu yerlerdir. Elektriksel ve kimyasal olarak iki tip sinaps düşünebiliriz. Klasik anlamda bir kimyasal sinaps, sinir hücresinin ürettiği sinyali o hücreden diğerlerine taşıyan aksonun dallarından birinin uç kısmı ile, alıcı hücrenin etrafındaki hücre zarının birbirleriyle yaklaşması sonucu meydana gelir. Evet, gerçekten de hücreler birbirlerine gerçek anlamda temas etmezler. Sadece, çok ince bir aralık bırakacak şekilde yaklaşırlar. Hücrelerin etrafını kaplayan hücre zarı, bu sinaps alanlarında hafif değişiklikler gösterir. Bu değişiklikler, sinapslardan sinyal iletiminin sağlanabilmesi için gereklidir.

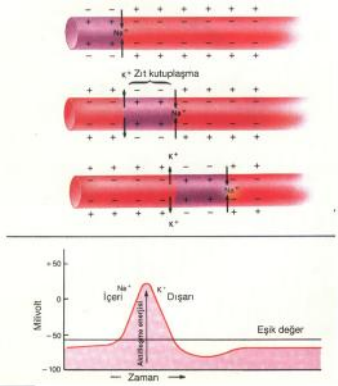
Kimyasal bir sinapsta, sinyalin bir hücreden diğerine geçişi, nörotransmitter olarak adlandırılan ileti maddeleri aracılığıyla olur. Bu ileti maddeleri, iletinin geldiği kaynak (presinaptik=sinaps öncesi) hücrenin aksonunun ucundan salgılanır. Bu salgılanma, elektriksel uyarının aksonun ucuna gelmesi sayesinde olur. Salgılanan bu ileti maddeleri, sinapsı oluşturan o iki hücre arasındaki ince aralığa salgılanmaktadır. Bu salgılanmayı takiben, çok hızlı bir şekilde, bu ileti maddeleri, karşıdaki hedef (postsinaptik=sinaps sonrası) hücrenin zarı üzerindeki uygun algaç (reseptör) moleküllerine bağlanırlar. İşte bu bağlanma, sebep olduğu çeşitli kimyasal olaylar sonucu, yeni hücrede bir elektriksel sinyalin doğmasına sebep olur. Çeşitli sinapslardan gelen verilerin toplanması veya bir sinapstan ardı ardına birkaç sinyalin yeni hücreye geçirilmesi ise, yüksek bir elektriksel potansiyel doğurur. Bu potansiyel, aksiyon potansiyeli adını alır ve işte bu potansiyel, diğer hücrelere aktarılmak üzere, akson vasıtasıyla gönderilen elektriksel sinyalin ta kendisidir.

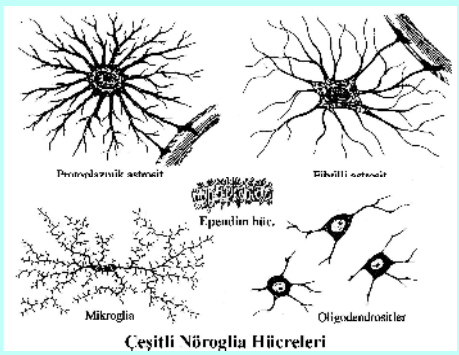


Bu sinyal geçişi, sadece sinir hücreleri arasında değil, kasılma emrini kas hücrelerine taşıyan sinir uçlarıyla kas hücreleri arasında ve bezlere salgı emrini veren uçlarla salgı bezi hücreleri arasında da mevcuttur. Küçük ayrıntı farklarıyla beraber, mekanizma benzerdir.

Sinapsların bir diğer önemli özelliği de "değişebilir" olmalarıdır. Bu durum, yakın zamanlarda ortaya konmuş bir mekanizmadır ve ilginç sonuçları vardır. Yani, iki (veya daha fazla) hücre arasındaki bu iletişim bölgelerini oluşturan hücre bölgeleri, aktifliklerini ve duyarlılıklarını ve hatta şekillerini değiştirirler. Bunun yanında, sinapslar, hücrelerin aktifliklerine bağlı olarak sürekli biçimde oluşup kaybolurlar. Yani sinaps dediğimiz bölgeler, hücrenin kolu-bacağı gibi sabit bir yapı değildir. Sürekli değişirler. Bunu, beyin fonksiyonları açısından düşünecek olursak, sinir hücreleri, her türlü aktiviteye bağlı olarak, aralarındaki bağlantıların sayılarını ve özelliklerini değiştirebilirler.







Çeşitli Nöroglia Hücreleri

GLİA HÜCRELERİ VE FONKSİYONLARI

Glia Hücresi	Fonksiyonu
Astrosit	Nöronlar için fiziksel ve besinsel destek sağlayan yıldız şeklindeki hücrelerdir. a) Beyin döküntülerini temizler, b) Besinleri nöronlara ulaştırır, c) Nöronları tutarlar, d) Ölü nöron parçalarını sindirirler, e) Hücrelerarası boşluğun içeriğini düzenler.
Oligodendrosit	Merkezi sinir sisteminde nöronların izolasyonunu (miyelin) sağlarlar
Mikroglia	Astrositler gibi ölü nöron parçalarını sindirirler
Ependim Hücreleri	Merkezi sinir sisteminin duvarını astarlayan epitel dokusu hücreleri
Satellit Hücreleri	Periferal sinir sisteminde nöronlara fiziksel destek sağlarlar
Schwann Hücreleri	Periferal sinir sisteminde nöronların izolasyonunu (miyelin) sağlarlar

Nöronları Glia hücrelerinden ayıran birkaç temel fark vardır:

- Nöronlar, dendrit ve akson denilen iki farklı yapı ve fonksiyona sahip uzantı içerirler. Glia hücreleri ise tek tip uzantı içerirler.
- Nöronlar aksiyon potansiyeli oluşturabilirler, glia hücreleri ise oluşturamazlar.
- Nöronlar, nörotransmitterlerin kullanıldığı sinapslar yapar, glia hücrelerinin kimyasal sinapsları yoktur.
- Glia hücreleri nöronlara nazaran daha fazla sayıdadır (10-50 kat daha fazla).

Sinir Sisteminin Genel Yapısı

Sinir sistemi, genel olarak merkezi ve çevresel (periferik) sinir sistemi olarak iki kısma ayrılmaktadır:

Merkezi Sinir Sistemi: Beyin ve Omurilik

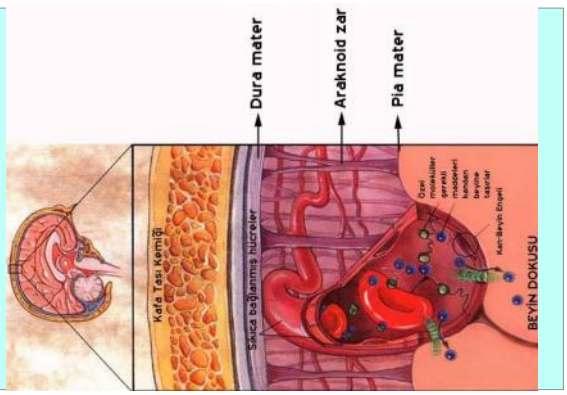
Çevresel Sinir Sistemi: Beyin (12 çift) ve Omurilikten (31 çift) çıkan sinirler

Merkezi Sinir Sistemi

Merkezi sinir sistemi; kararların verildiği, etraftan gelen verilerin yorumlandığı, algılamanın ve diğer bütün zihni fonksiyonların yerine getirildiği bölgeleri içeren karmaşık bir işlevsel yapılar bütünüdür.

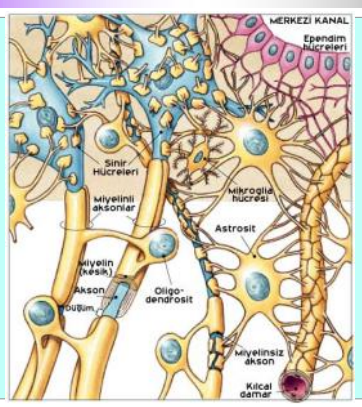
Merkezi sinir sistemi, yani beyin ve omurilik, üç katlı bir zar yapısı ile çevrelenmiş durumdadır. Bu zarlar dıştan içe doğru *dura mater* (sert zar), *araknoid* (örümceksi) zar ve *pia mater* (ince zar) olarak sıralanırlar. Bu üç kılıf, kesintisiz bir biçimde tüm merkezi sinir sistemini sarar ve çevresel sinir sisteminde de hafif yapı ve işlev değişiklikleri ile devamlılık gösterir.

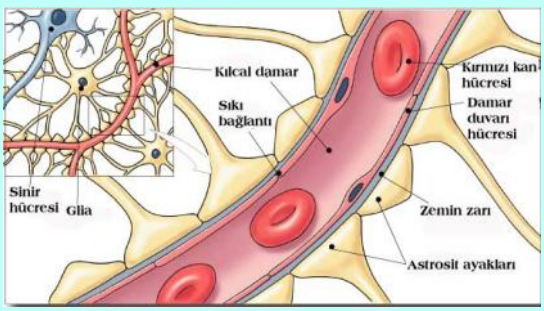
Araknoid zarın iç kısmı, ince uzantılarla ve adeta bir örümcek ağı yapısında bağlantılarla doludur. Zara adını veren de zaten bu özelliktir. Araknoid zar, bu uzantıları aracılığıyla pia mater'e bağlanarak, arada bir boşluk oluşmasına neden olur ki bu boşluk da "subarachnoid boşluk" adını alır. Bu boşluk ise, tabirin aksine boş değil, "beyin omurilik sıvısı" (BOS) denen bir sıvı ile doludur. Bu sıvı, sinir sistemi dokusunun beslenmesi ve atıklarının atılmasında hayati öneme sahiptir.



Ayrıca, sinir sisteminin tamamını saran bu zar yapısı ve içindeki sıvı dolu bu bölmeler sayesinde, sinir sistemi bir bütün olarak sıvı içinde yüzer durumda bulunur ve böylece hem darbelere karşı emici bir tamponla korunmuş, hem de bu yumuşak ve nazik doku kendi ağırlığı dolayısıyla hasar görmesini engelleyecek bir yastık sistemiyle donatılmış durumdadır.

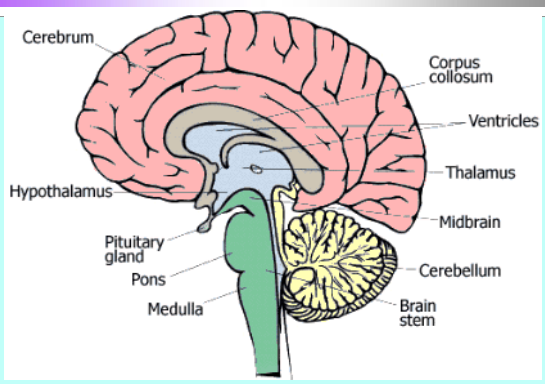
Beyni besleyecek olan kan damarları beyin dokusuna girerken bir çeşit yapı değişikliğine uğrayarak, duvarlarından hiç bir maddenin kontrolsüz geçmesine izin vermeyecek özel bir yapı kazanırlar. Bu yapı, sinir hücrelerinin yardımcıları olan glia hücreleri ile dış kısımdan da desteklenerek, "kan beyin engeli" dediğimiz özel bir yapının oluşmasını sağlarlar. Bu sayede çok hassas bir organ olan sinir sistemi, kandaki zararlı ve istenmeyen maddelerin taarruzundan da korunmuş olur

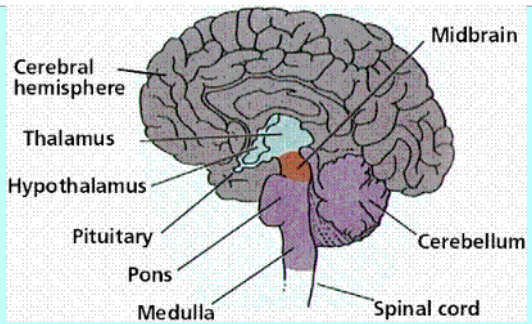




Beyin: İlkelden gelişmişe doğru değişik şekillerde farklılaşma gösterir. İnsanlarda beynin en büyük kısmı beyin yarım küreleri (cerebrum)'dir. Beyin dıştan boyuna bir yarıkla (longitudinal fissur) iki yarım küreye bölünmüş, üzerinde bir çok girinti (sulci) ve çıkıntı (gyrus) vardır.

Ön beyin (Prosencephalon)	
- Telencephalon (büyük beyin)	- Koklama çıkıntıları - Beyin yarım küreleri (cerebrum)
- Diencephalon (ara beyin)	- Epithalamus,Thalamus,Hypothlamus
Orta beyin (Mesencephalon)	
	- Superior colliculi - Inferior colliculi
Arka beyin (Rhombencephalon)	
-Metencephalon (beyincik)	-Cerebellum
-Myelencephalon (omurilik soğanı)	- Medulla oblongata





Ön beyin (Prosencephalon): Telencephalon ve Diencephalon diye iki kısma ayrılır. Telencephalon koku alma hücrelerinin uzantılarını alan koklama çıkıntılarına "bulbul olfactorius" ve yüksek omurgalılarda beyin merkezi sisteminin büyük bir kısmını oluşturan beyin yarım kürelerine ayrılır. Diencephalonun yan duvarları Thalamus'a, tavanı Epithalamus'a ve tabanı hypothalamus'a dönüşür. Optik sinir lifleri hypothalamusun hemen altında çaprazlanarak optik kiyazmayı oluşturur. Hypofiz bezi optik kiyazmanın hemen arkasında hypothalamusa, epifiz bezi de epithalamusa bağlanmıştır.

Orta beyin (Mesencephalon): Herhangi bir alt bölünme söz konusu değildir. Fakat bütün omurgalılarda tavan kısmı bir çift optik loba ayrılmıştır. Bu optik loba diğer adıyla Superior Colliculiye ek olarak memelilerde mesensefalik tavan bir çift de Inferior Colliculi taşır.

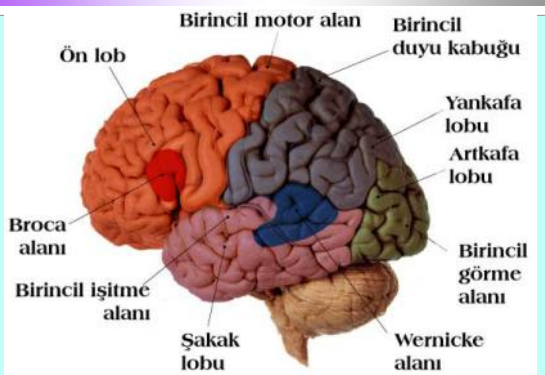
Arka beyin (Rhombencephalon): sırt kısmı cerebellum'u oluşturan Metencephalon ile omurilik soğanını (Medulla oblengata) oluşturan Myencephalon diye iki kısma ayrılır.

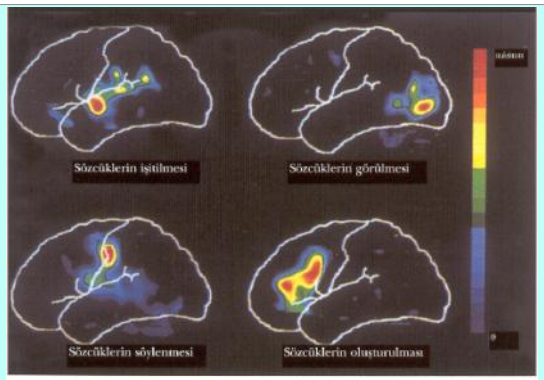
BEYİN KABUĞU (Cortex):

Merkezi sinir sisteminin en üst kontrol noktası ise, işte o beyin dediğimiz zaman aklımıza gelen kıvrıntılı yapıdır. Bu yapının adı beyin kabuğudur (korteks). En üst kısımda bulunur ve orta beynin etrafını sarar. İşlevlerinin henüz çok azını ortaya çıkarabildiğimiz bu bölge, genel olarak, "yüksek beyin işlevleri" dediğimiz işlevleri ve algılamayla-değerlendirmeyle ilişkili temel görevleri yürütür.

İşitme, görme, vücut duyuları gibi belirgin işlevlerin, beyin kabuğunun özel bölgeleri tarafından işlendiği uzun yıllardan beri bilinmektedir. Örneğin gözden gelen görme sinyallerinin görüntüye dönüştürülmesi, arka kafa lobundaki beyin kabuğu bölgesince yapılır. Benzer şekilde işitme duyusu ile ilişkili bölgeler de şakak lobu üzerinde yerleşmiştir.

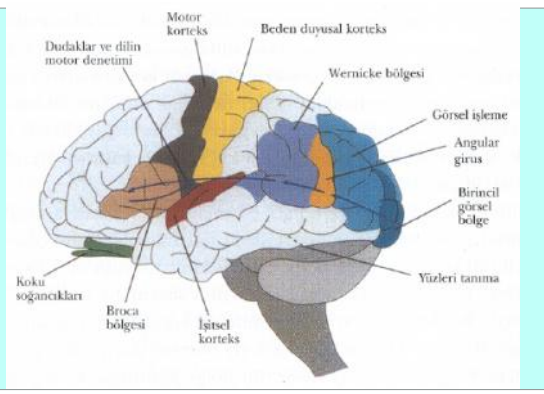
Motor alanlar, özellikle istemli hareketlerin başlatılması ve icra edilmesinde önemli iken, duyusal alanlar, tüm vücuttan gelen verilerin değerlendirildiği en üst merkezler olarak işlev görürler.





Ayrıca önemli kabuk alanlarına iki ünlü örnek olarak, konuşmanın planlanmasının ve "dizgi"sinin gerçekleştirildiği, ön beyin lobundaki Broca alanı ile, konuşmadaki anlamı kavrama işinde rol alan, şakak lobunun arka kısmındaki Wernicke alanlarını verebiliriz. Bu bölgelerde meydana gelen hasarlar, ilgili işlevlerde kısmen veya tamamen kayıplara yol açar.

Beyin kabuğunda bulunan yapılar, beş duyumuzun bilinçli değerlendirilmelerinin yanı sıra, düşünme, plan yapma, alınan verilerin değerlendirilmesi, eski bilgilerle karşılaştırılması, kişilik özellikleri, ince el becerileri, mantık, matematik, sanat, soyut düşünce gibi, nasıl yapıldıklarına dair elimizde sadece "bilgi kırıntıları" olan işleri yapar. En önemlisi ise, dünyayı anlamaya çalışırken kullandığımız en önemli aracımız da işte bu beyin kabuğudur. Bütün bilişsel işlevlerimiz, sanat, bilim, estetik, ve diğer tüm insani özelliklerimiz, beyin kabuğunun işlevleri ile yakından ilişkilidir.



Omurgalı hayvan türleri arasında beyin büyüklüğü belirgin farklılıklar gösterir. Ancak, doğrudan doğruya salt beyin büyüklüğünün karşılaştırılmasıyla zeka ya da davranışların denetiminde merkezi sinir sisteminin önemi konularında genelleme yapılamaz. Genel bir eğilim olarak, büyük hayvanların beyni de büyüktür.

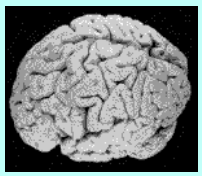
Vücudun büyüklüğü oranında, beyne ulaşan duyu liflerinin ve beyinden çıkarak kasları denetleyen sinirlerin sayısı artar. Bu yüzden karşılaştırma birimi olarak beyin büyüklüğünün vücut büyüklüğüne oranını temel almak gerekir.

Bu oran dikkate alındığında balıklarda, ikiyaşamlılarda ve sürüngenlerde beynin yaklaşık olarak aynı büyüklükte olduğu görülür.

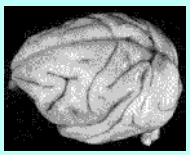
Kuşlarda ve memelilerde beyin, normal olarak çok daha büyüktür. Memeliler arasında kemirgenlerin (Rodentia) ve böcekcillerin (Insectivora) beyni izafi olarak küçük, toynaklıların ve etçillerin (Carnivora) ise daha büyüktür. En büyük beyinler maymunlarda ve deniz memelilerinde bulunur. Yarı maymunların beyni diğer memelilerinkinden hemen hemen hiç büyük değilken, gerçek maymunlar diğer bütün kara memelilerinden daha büyük beyne sahiptirler. Vücut büyüklüğüyle göreceli olarak daha da büyük beyinlere yunuslarda ve balinalarda rastlanır.

Ancak buradan kara ya da su yaşamına uyum sağlamış hayvanları karşılaştırarak çeşitli sonuçlar çıkarmak oldukça güçtür. Aynı vücut büyüklüğünde olduğu düşünülen bir maymunla karşılaştırılırsa insanın beyni üç kat daha büyüktür. Büyük bir çeşitlilik gösteren insan beyninin hacmi 1000-2000 cm^3 arasında değişebilir. Bugünkü *Homo sapiens* için ortalama beyin hacmi 1450 cm''tür. Öte yandan 45 000-75 000 yıl önce yaşamış eski insan *Homo sapiens neanderthalensis*'in günümüz insanınkine oranla daha büyük kafatası kapasitesine sahip olması ilginçtir.

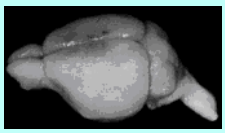
Vücut büyüklükleri göz önünde bulundurularak çeşitli omurgalı türleri karşılaştırılırsa evrimsel olarak, daha büyük beyne sahip olma yönünde geleneksel bir görüş ortaya atılmıştır. Ancak yapılan araştırmalar sonucunda, çoğunlukla sanıldığının aksine, sırasıyla balıklar, sürüngenler, kuşlar ve memelilerde göreceli beyin büyüklüğünün gitgide artmadığı belirlenmiştir. Hatta bir balık beyni, kimi sürüngen türlerinin aynı ağırlıktaki beyninden daha geniş bir hacme sahip olabilmektedir. Memeli beynine göre kimi kuşların beyni daha da büyüktür. Yuvarlak ağızlılar, kıkırdaklı ve kemikli balıklar, iki yaşamlılar, sürüngenler, kuşlar ve memelilerde göreceli ön beyin büyüklüklerinin karşılaştırılmasından da benzer sonuçlar alınmıştır. Örneğin kimi köpek balıklarında ön beynin göreceli büyüklüğü memelilerinkiyle aynıdır.



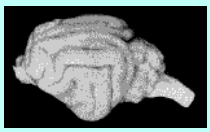
İnsan beyni



Maymun beyni



Fare beyni



Kedi beyni

Omurilik: Merkezi sinir sisteminin en "basit" kısmı olup sırtımızdaki omur kemikleri arasında aşağıya doğru uzanan tüp şeklindeki yapıdır. Bu yapı, etraftan gelen bilgilerin merkezi sinir sistemine girdiği ve merkezden gelen emirlerin çevresel sisteme aktarıldığı yerdir. Aynı zamanda, refleks dediğimiz, ani ve istemsiz hareketler de, bu organ tarafından kontrol edilir. Omurilik temel olarak, orta kısmında ince ve boylu boyunca bir kanal; kanalın etrafında, eninde kesildiğinde kelebek gibi görünen bir gri madde; ve bunun etrafında ise beyaz madde kütlesinden oluşan, tüp şeklinde bir yapıdır. Ortadaki kanal, beynin içinde bulunan, ventrikül (karıncık) adı verilen ve besleyici bir sıvı olan beyin omurilik sıvısı (BOS) ile dolu olan boşlukların, omurilik içindeki devamıdır ve aynı sıvıyla doludur. Kanalın etrafında bulunan gri madde, esas olarak sinir hücrelerinin gövde kısımlarını içerir. Buradaki sinir hücreleri, çevresel sinir sisteminden gelen ve merkezden dışarıya gönderilen verileri değerlendirilerek, nereye ve ne şekilde gönderileceklerini belirleyen karmaşık elektriksel devreler oluştururlar.

Bu fonksiyonu anlamak için basit bir örnek verelim: Diyelim ki elimizde bir dondurma var ve bunu ağzımıza götürüp yemek istiyoruz. Bunun için, kolumuzu ağzımıza doğru bükmemiz gerekiyor. Biz bu kararı beynimizde verdikten hemen sonra, beynimizden, kolumuzu bükecek olan pazu kaslarına doğru bir kasılma sinyali gönderilir. Fakat bu sinyal, kola gelmeden önce, omurilikteki sinir hücrelerine aktarılır. Burada, yani omurilikte bulunan elektriksel devreler, bu sinyali alarak birkaç iş yaparlar. Öncelikle, pazu kaslarına bir uyarı gönderirler. Ama bu arada, kolun bükülebilmesi için, kolu açmaya, yani ağzdan uzaklaştırmaya yarayan arka kol kaslarının da gevşemesi gerekir. İşte, omurilikteki devreler, pazu kaslarına "kasıl" emrini gönderirken, aynı zamanda, kolu açan kaslara kasılma emri veren omurilik hücrelerine de "dur" emri verirler. Dolayısıyla kolumuz, ağzımıza doğru yaklaştırılmış olur. Bu sırada, dondurmayı tam ağzımıza isabet ettirebilmemiz için, kaslardaki durum duyusu (proprioception) algılayıcı algaçlardan merkeze gönderilen uyarılar başta olmak üzere, bir çok ek işlev devreye girmelidir. Bu karmaşık ağın tam olarak eksiksiz çalışabilmesi halinde, dondurma yeme işlemimizi normal bir biçimde tamamlayabiliriz.

Beyin-omurilik sıvısı (BOS)

Beyin-omurilik sıvısı beyin karıncıklarında, omurilik merkez kanalında ve beyin-omurilik zarları arasında bulunur. Yaklaşık 140-150 mm³ kadar olup renksiz ve saydam bir sıvıdır.

BOS, merkez sinir sistemi organları ile bunların zarlarındaki hastalıkların tanısında kullanılır. Bunun için 2.ve 3.bel omurları arasından iğne sokulur ve zarlar arasına girilerek BOS sıvısı alınır. Bu sıvının önemli işlevleri vardır.

- **Vücut hareketleri ve sarsıntılarında beyin ve omuriliği korumak**
- **Beyin ve omuriliğe besin maddeleri iletmek, bunlardan çıkan atık ürünleri uzaklaştırmak.**
- **Hastalıkların tanısında için incelenir.**

PERİFERAL (Çevresel) SİNİR SİSTEMİ

Her vücut segmenti için bir çift periferik sinir vardır. Bu sinirlerden omurilikten çıkanlara omurilik sinirleri, beyinden çıkanlara da beyin veya kraniyal sinirler denir.

Çevresel sistem, vücudun her yanından alınan duyu (tat, dokunma, görme, işitme, vücudun pozisyonu, ağrı, ısı, titreşim vb) bilgilerini merkeze taşıyan ve merkezden çıkan emirleri kas veya salgı bezi gibi ilgili yerlere götüren sinir hücrelerinden oluşur. Yani çevresel sinir sistemini bir veri taşıyıcısı olarak düşünebiliriz.

Kraniyal (beyin sinirleri): Gözden, kulaktan ve burundan gelen sinirler yalnız duyu sinirleridir. Bu organlara çok az sayıda motorik sinirler gider. Bunlar adı geçen organların işlevlerini kontrol eder. Diğer beyin sinirleri çok sayıda duyu ve motorik sinir ihtiva eder. Beyin sinirlerini oluşturan nöronların vücut kısımları ve bir uçları beyin içerisinde bulunur.

Sürüngen, kuş ve memeliler 12 çift, balık ve kurbağalar ise 10 çift beyin sinirine sahiptir.

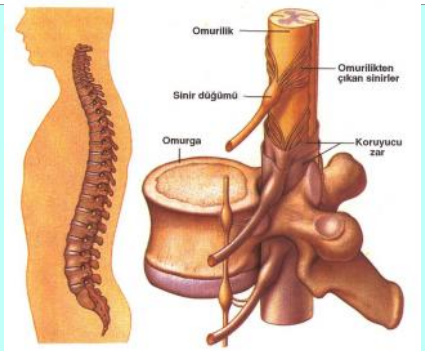
Cranial Sinirler

No	Sinir Adı	Fonksiyonu
I	Olfaktör Sinir	Koku
II	Optik Sinir	Görme
III	Okülamotor Sinir	Göz hareketi; Pupil dilatasyonu
IV	Troklear Sinir	Göz hareketi
V	Trigeminal Sinir	Yüz ve baştan somatik duyu bilgileri alma (dokunma, acı vs.); Çiğneme kasları kontrol etme
VI	Abdusens Sinir	Göz hareketi
VII	Fasial Sinir	Tat (Dil anteriorunun 2/3); kulaktan somatik duyu bilgileri alma; Yüz ifadelerinde kullanılan kasları kontrol etme
VIII	Vestibulokoklear Sinir	Duyma; denge
IX	Glossofaringeal Sinir	Tat (Dil posteriorunun 1/3); dil, tonsil ve farinksten somatik duyu bilgileri alma; Yutkunmada kullanılan bazı kasları kontrol etme
X	Vagus Siniri	İç organların (bezler, sindirim, kalp atışı) duyu, motor ve otonomik fonksiyonları
XI	Spinal Aksesuar Sinir	Yüz hareketlerinde kullanılan kasları kontrol etme
XII	Hypoglossal Sinir	Dilin kaslarını kontrol etme

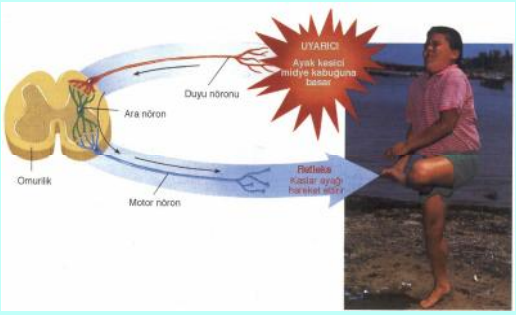
Omurilik sinirleri: Duyu ve motorik sinirler omurilik içerisinde yanyana bulunurlar; fakat omurganın yanında dorsal ve ventral sinir kökü diye iki kısma ayrılır. Ventral kök dorsal kökten daha küçüktür. Her iki kökde de sinirler omuriliğe girmeden liflere ayrılır.

Ventral sini kökleri motorik sinileri taşır. Bütün omurgalıların omurilik sinirleri genelde birbirine benzer fakat ilkel omurgalılarda sinir kökleri periferik olarak bitişik değildir. Yani omuriliği terk ettikten sonra yan yana gelmezler ve motorik sinirler de omuriliği dorsal sinir kökünden terk eder. Omurgalıların çoğunda bu kökler birleşerek her segmentte tek bir omurilik sinirini yapar.

Dorsal kök duyu sinirlerini ve sinir gövdelerini taşıyan dorsal kök gangliyonu denen bir şişkinlik yapar. Duyu sinirlerinin gövde kısımları hem omurilik hem de kraniyal sinirler üzerindeki gangliyonlarda bulunur. Bunlar omuriliğe girdikten sonra genellikle ara sinirlerin gövde kısımları ya da dendritleriyle sinaps yapar.

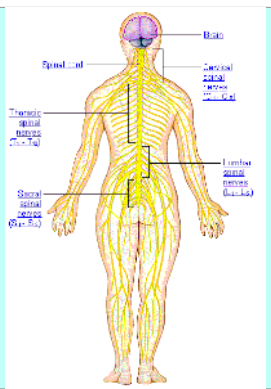


Omur ve Omirilik



Bu sinirlerde bir dorsal dala bir de ventral dala ayrılır. Dorsal dal vücudun sırt tarafındaki deriye ve kaslara; ventral dal ise yan ve karın tarafındaki organlara sinirler gönderir.

İnsanda 8 çifti boyun, 12 çifti göğüs, 5 çifti sırt, 5 çift bel ve 1çift kuyruk siniri olmak üzere 31 çift omurilik sinir vardır.



Otonom Sinir Sistemi

Sinir sisteminin alışılmışın dışında bir parçası vardır. Bu parça iç organları, bezleri ve kan damarlarını sinirlendirir. Buna otonom sinir sistemi adı verilir ve simpatik ve parasimpatik sinir sistemi diye ikiye ayrılır.

Bu tip sinir sistemiyle donatılmış organlar otomatik olarak istemimiz dışında çalışır. Somatik sinir sisteminde merkezi sinir sisteminden çıkan sinirlerin aksonları merkezi sinir sistemin dışındaki bir gangliyonda sonlanır.

Hücre gövdeleri merkezi sinir sisteminde olan ve periferal gangliyonlara uzanan bu sinirlere "preganglİyonik sinirler" denir. Hücre gövdeleri gangliyonlar içinde olan ve tepki organlarına kadar uzanan ikinci otonom sinirlerine de "postgangliyonik sinirler" denir.

Preganglİyonik simpatik sinirler merkezi sinir sistemini göğüs ve bel bölgelerinin önünde omuriliğin ventral kökünden terkederek omurganın her iki tarafında uzanan simpatik kordona uzanır.

Pregangliyonik simpatik sinirlerin hücre gövdeleri birinci göğüs segmenti ile üçüncü bel segmentinin arasındaki omuriliğin lateral kolonu içinde bulunur ve beynin hypothalamusu ile bağlantılıdır. Omuriliği yine ventral kökünden terk eden parasimpatik sinirlerin karniyal ve kalça (2., 3. ve 4. kalça) bölümüne ayrılır.

Simpatik sinirlerden daha uzundurlar. Bunların uçları uzandıkları organların çok yakınında ya da organların duvarı üzerindeki gangliyonlarda sonlanır.

Bu sisteme sahip organlar (örneğin iç organlar) her iki siniri de alır. Buna karşılık böbrek üzetü bezinin medulla kısmı, rahim, ter bezleri, kıl dibi kasları, arteriyoller sadece simpatik, mide bezleri ve pankreas ise sadece parasimpatik sinirleri alır.

Simpatik ve parasimpatik sinirlerden gelen impulslar organlar üzerinde zıt etki (antagonist) etki yaparlar. Eğer simpatik sinir bir organın faaliyetini hızlandırıyorsa, parasimpatik sinirler bu faaliyeti yavaşlatır

Elektroensefalografi: Elektroensefalografi (beyin akımı yazımı, BAY), beyin elektrik akımının yazılması işlemidir. Bu işlem elektroensefalograf denilen özel aygıtlarla yapılır ve yazdırılır.

Elektroensefalografide (EEG) elektrotlar, başın değişik yerlerinin derisine; veya cerrahi işlemlerde doğrudan beyine bağlanır. Elde edilen ve özel kağıtlara yazılan çizgisel sonuca da elektroensefalogram denir.

İnsan EEG'sinde değişen ritmlerin karakteri sağlıklı insan beyninin işlevsel durumuyla (dinlenme, aktif durum, uyku vs.); belirli hastalıklarda da (beyin urları, beyin kanamaları, epilepsi vs.) değişir. Elektroensefalografi yalnız sinir hücrelerinin işlevsel durumunu saptamaz.

Bazı olgularda, beyindeki patalojik durumunun yerini ve hastalığın karakterini saptamada da yardımcı olur.

Hafıza: Hafıza, öğrenmenin çeşitlerine bağlı olarak pek çok çeşidi vardır. Bu hafıza tipleri süreye, bilginin doğasına ve yenilenmesine bağlı olarak karakterize edilir. Ek olarak hafıza moleküler ve hücresel değişimlerin dahil olduğu bir takım yollar ile karakterizedir.

Varsayım olarak hafıza oluşumunun a) şifreleme b) depolama c) yenileme olmak üzere basamakları vardır.

Şifreleme gelen bilginin işlemlenmesidir ve iki basamak gerektirir. 1) kazanma 2) sağlamlaştırma. Depolama, kazanma ve sağlamlaştırmanın bir sonucudur ve sürekli bir kayıdın oluşumudur. Yenileme ise bilinçli bir sunum veya öğrenilmiş bir davranışı gerçekleştirmek için depolanan bilginin kullanılmasıdır. Bu işlem sırasında bilgi farklı yollarla depolanır.

Öğrenme tipine bağlı olarak hafıza 1) açık hafıza (deklaratif) 2) kapalı hafıza (deklaratif olmayan) olmak üzere sınıflandırılabilir. Açık hafıza insanlar, yerler ve şeyler hakkında bilginin bilinçli olarak kazanılmasıyla oluşan hafızadır. Açık hafızadaki bilgi *episodik* (kişisel tecrübe) bilgi ve *semantik* (dünyamız hakkındaki bilgi) bilgi olarak ifade edilir. Bu tür öğrenme son derece gelişmiş omurgalı beyninde ve başlıca diensefalik yapıda gerçekleşir. Kapalı hafıza, motor yeteneklerin ve diğer bilgilerin bilinçsiz öğrenilmesi ile oluşan hafızadır. Koşullanma veya duyarlılaştırmadan elde edilen bilgidir. Bu tip hafıza yüksek omurgasızlarda mevcuttur.

Hafıza, hafıza tutulmasının süresi ile de karakterize edilebilir. 1) duyusal hafıza – milisaniye/saniye 2) kısa dönem hafıza – saniye/dakika 3) uzun dönem hafıza – günler/yıllar.