

6	SİNİR SİSTEMİ
	ENDOKRİN SİSTEM

DENETİM SÜRECİ

Bir organizmanın çevresi sürekli değişmektedir. Bu değişikliklerin bazıları vücudun dışında, dış çevrede meydana gelir. Bu tür dış çevre değişikliği örnekleri bir sıcaklık değişimi; besinin ortaya çıkması; bir doğal düşmanın belirmesidir. Değişiklikler organizmanın içinde de meydana gelir. Örneğin, artık bir maddenin konsantrasyonu yükselebilir; hastalık yapan bir organizma vücuda girebilir; ihtiyaç duyulan bir maddenin biriktirilen miktarı azalabilir.

Bir organizma, canlı kalmak için, bu iç ve dış değişikliklere tepki göstermek zorundadır. Organizma homeostasisi sürdürmek mecburiyetindedir. İç çevrenin tüm etkenlerini belirli limitler içinde tutulmalıdır.

Tepkiler nadiren sadece, bağımsız olaylardır. **Bir organizma, vücudunun içinde ve dışında ortaya çıkan fazla çeşitteki değişikliklere sürekli tepki göstermektedir.** Gerçekten, Bir organizmanın çeşitli canlılık faaliyetleri kendi içlerinde karmaşık tepki verme örnekleridir. Bu tepkiler mutlaka *düzenlenmeli*, yani belli ölçüde denetlenmeli ve doğru yerlere yönlendirilmelidir. **Bunlar arasında eşgüdüm sağlanmalı, yani doğru sıra veya ilişki içinde olmaları sağlanmalıdır.**

Bir hücreli ve bazı basit çok hücreli organizmalarda, tepkilerin uyum ve eşgüdümü, organ hücrelerinin özel etkinliklerini içeren bir bütün olarak her bir hücrenin bir işlevidir. Tepki vermede bir hücrenin bu yeteneği çoğunlukla **uyarılma** olarak adlandırılır. Daha karmaşık çok hücreli *hayvanlarda, uyum ve tepkilerin eşgüdümü sinir sistemi ve endokrin sistem tarafından yönetilir.*

6.1-1 Sinirsel Denetim Mekanizmaları

Gerçek **bir sinir sisteminin çalışması üç temel yapı çeşidini gerektirir.** Bunlar **reseptörler**, **sinir hücreleri** ve **effektörler**dir. **Reseptörler** ya da **duyu organları**, iç ve dış çevredeki belirli değişikliklere, fiziksel güçlere veya kimyasal maddelere duyarlı, özelleşmiş yapılardır. Bir reseptörün uyarılması, sinir hücreleri yoluyla iletilen "**sinir iletileri**" ya da **impulslara** neden olur. Bu impulslar sonunda, bir salgı bezi veya bir kas olabilen bir efektöre erişir. **Effektör** bir salgı bezi ise, sinir yolunun içeriğine bağlı olarak, faaliyetini azaltarak veya arttırarak impulsa karşılık verecektir. Bununla birlikte, efektör bir kas ise, bir sinir impulsu, onun sadece kasılmasına neden olabilecektir.

Bir reseptörün bir sinir yolundaki impulsları tetiklemesi veya harekede geçirmesine neden olan herhangi bir etkene **dürtü** denir. Dürtüler, reseptörde elektriksel veya kimyasal değişikliklere neden olarak, sinir impulslarını harekede geçirir. Böylece, Sinir sistemi uyumda olayların temel sırası (1) bir reseptörü faaliyete geçiren bir dürtü, (2) ilişkiyi kuran sinir yolunda impulsların başlatılması ve son olarak (3) efektörün bir tepkisi olarak meydana gelir.

Bir sinir yolu, belirli bir reseptörle belirli efektör arasındaki basit bir bağlantı olarak düşünülmemelidir. Hayvanların çoğunda, her bir sinir yolu diğer pek çok sinir yolları ile kesişir ve birbirine bağlanır. Bir tek reseptörden kaynaklanan impulslar çoğunlukla bir kaç farklı sinir yollarında iletilir. Bir efektöre erişen impulslar, pek çok farklı kaynaklardan çok sayıdaki impulsların bir araya gelmesi ve karşılıklı etkileşiminin sonucudur.

Çok hücreli hayvanlar, her biri farklı bir dürtü çeşidine duyarlı birkaç farklı türde reseptörlere sahiptir. Bu hayvanlarda bulunan duyu organları arasında sıcaklığa, soğuklığa, ışığa, sese, basınca ve kimyasal maddelere duyarlı olanlar vardır.

En basitleri dışında bütün hayvanlarda, sinir sisteminin faaliyetlerini yöneten ve düzenleyen özelleşmiş bir sinir hücreleri grubu olan bir **beyin** vardır. Organizma karmaşıklaştıkça, beyin yapısı ve işlevleri de karmaşıklaşır.

NÖRONLAR VE SİNİRLER

6.1-2 Nöronların Yapısı

Bütün çok hücreli hayvanların sinir sisteminde, temel yapı ve işlev birimi *sinir hücresi* ya da **nöron** dur. Nöronlar, elektriksel ve kimyasal (elektrokimyasal) doğadaki impulsların hızlı iletimi için özelleşmiştir. İmpulsları iletme yeteneği sinir hücre zarının bir özelliğidir. İmpulslarla ilişkili değişiklikler hücre sitoplazmasına girmezler ya da geçmezler; sadece zar üzerinden aktarılırlar.

Bir sinir hücresi çoğunlukla üç temel kısımdan meydana gelir. Bunlar bir sinir hücre gövdesi, dendritler ve bir aksondur. **Sinir hücre gövdesi** ya da *siton*, çekirdek ve hücre organellerini içerir. Bütün hücreler için geçerli metabolik faaliyetler, sinir hücresinin gelişimini de yöneten, hücre gövdesinde yürütülür. Sinir hücresinin bakımı için gerekli materyaller çoğunlukla hücre gövdesinde sentezlenir ve daha sonra gerekli oldukları diğer hücre kısımlarına taşınırlar.

Dendritler, impulsları almak için özelleşmiş kısa, çok dallanmış uzantılardır. Dendritler çoğunlukla impulsları hücre gövdesine doğru iletirler. Bazı nöronlarda, hücre gövdesi etrafında dendritlerin dallanması, hücreye bir çalı görünümü verir.

Akson, hücre gövdesinden uzanan çoğunlukla uzun, ince uzantıdır. Aksonlar, impulsları hücre gövdesinden uzağa taşır ve ya diğer nöronlara ya da efektörlere aktarır. Aksonlar bir uçtan diğerine, birkaç milimetreden başlayarak, bir metreden daha fazla

uzunluğa kadar sıralanırlar. *Sinir uzantıları* nöronların ya aksonlarından ya da dendritlerinden oluşturulabilirler.

Bütün aksonlar **Schwann hücreleri** denilen hücrelerle çevrilir. Bazı aksonlarda, bu Schwann hücreleri, **miyelin** denilen beyaz yağlı bir madde katmanı meydana getirir. Miyelin aksonun etrafında bir **kın** oluşturur ve böyle bir kılıfa sahip hücrelere miyelinli denir. Miyelin, aksonu yalıtır. Miyelinli akson boyunca, **aralıklarla**, akson zarının civar ortamla karşı karşıya geldiği açıklıklar mevcuttur. Schwann hücrelerinin arasına bitişik meydana gelen bu açıklıklara, *Ranvier boğumları* denir.

Ergin hayvanların sinir hücreleri bölünemezler, böylece vücudun diğer hücrelerindeki gibi nöronlarda belirli aralıklarla değiştirilme olmaz. Bununla birlikte, eğer sinir hücre gövdesi zarar görmemişse, beyin ve omuriliğin dışındaki aksonlar ve dendritler zarar gördüğünde yenilenebilir ya da yeniden gelişebilir.

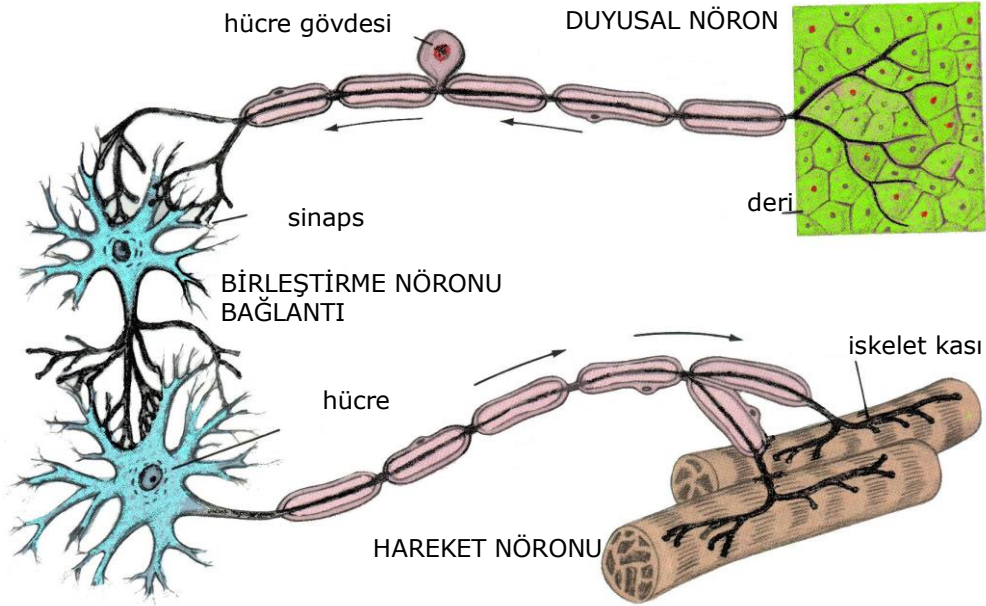
61-3 Sinaps

Bir nöronun aksonu çoğunlukla uzunluğu boyunca dallanmaz, fakat ucunda çok büyük bir sayıda dalları olabilir. Bu *uç dallar* diğer hücrelerle bağlantı yapar. Bir nöronun uç dalı ile diğer bir hücrenin zarı arasındaki birleşme yerine **sinaps** denir. Sinaps, uç dal ile bitişik hücre arasında bir mikroskobik açıklık içerir. İmpulsler, aksondan bitişik hücreye, bu açıklıktan aktarılır. Her bir akson, bini bulan diğer nöronlarla sinapslar yapabilir ve bu diğer hücrelerin her biri ile ayrıca pek çok sinaps oluşturabilir. Diğer nöronların aksonları da aynı hücrelerle bağlantılı olabilir. Bu yüzden bu bağlanma ve tipik bir sinir sisteminin impuls yolları aşırı derecede karmaşıktır.

61-4 Nöron ve Sinir Çeşitleri

Nöronlar çoğunlukla işlevlerine göre gruplandırılır. **Duyusal nöronlar**, impulsları reseptörlerden omurilik ve beyine doğru götürür. **Hareket nöronları**, impulsları beyin ve omurilikten efektörlere, çoğunlukla kaslara doğru taşır (*Şekil 6-1*). **Bağlantı nöronları** ya da *birleştirme nöronları*, impulsları, beyinde ve omurilikte bir nörondan diğerine aktarırlar. İnsan sinir sisteminde nöronların büyük çoğunluğu bağlantı nöronlarıdır.

Sinirler, bağlayıcı dokularla bir arada tutulan, akson ve dendritlerin yığındır. Sinirler, impulsları reseptörlerden omurilik ve beyine doğru ilettiklerinde *duyusal sinirler*; beyin ve omurilikten efektörlere doğru ilettiklerinde *hareket sinirleri* adını alırlar. *Karma sinirler*, duyusal ve hareket uzantılarından ibarettir.



Şekil 6-1. Bir Sinir İletisi (İmpuls) Yolu

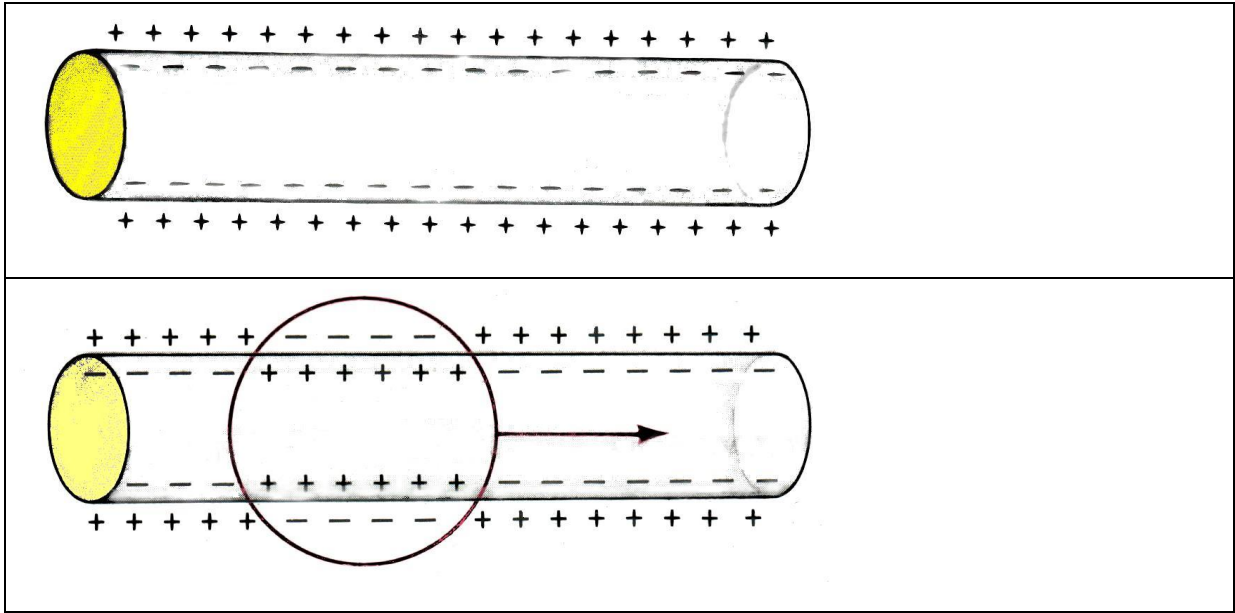
SİNİR HÜCRE ZARI VE İMPULSLAR

6.1-5 Beklemedeki Nöron

Bir sinir impulsunun iletimi, sinir hücre zarının dış ve iç yüzeyleri arasındaki bir elektriksel yük farkı ile mümkün olmaktadır. Nöron bekleme durumunda olduğunda (bir impuls iletilmediğinde), zarın dışı net bir pozitif yüke ve içi net bir negatif yüke sahiptir (Şekil 6-2). Hücre zarı, dış ve iç yüzeyleri arasındaki bir elektriksel yük farkından dolayı, elektriksel olarak *polarize* olmuş denir. Bu polarizasyona, hücrenin iç ve dış ortamındaki belirli iyonların farklı konsantrasyonları neden olur. Bu konsantrasyon farkı, kısmen zarın seçici geçirgenliğinin, fakat çoğunlukla bazı iyonları zardan aktif taşımının sonucudur. Sinir hücre zarının polarizasyonuna katılan iyonlar, her ikisi de bir pozitif elektriksel yüke sahip olan, temelde sodyum ve potasyum iyonlarıdır.

Sinir hücre zarı, sodyum iyonlarını hücrenin dışına ve potasyum iyonlarını içine çeken bir aktif taşıma mekanizmasına sahiptir. Bu mekanizmaya **sodyum-potasyum pompası**, daha kısa *sodyum pompası* denir. Bekleme durumunda, sinir hücre zarı, potasyum iyonlarına serbest geçirgen, fakat sodyum iyonlarına geçirgen değildir. Bunun sonucu, hücre içine çekilen potasyum iyonları dışarıya geri difüze olma eğilimindedir. Bununla birlikte hücre dışına çekilen sodyum iyonları zardan serbestçe difüze olamazlar ve hücre dışında birikirler. Bunun sonucu olarak zarın dışında fazladan

bir pozitif yük (sodyum iyonlarından ötürü) oluşur. Zarın içinde fazladan bir negatif yük kalır.



Şekil 6-2. İleti Taşımayan Nöronda Elektriksel Durum ve Bir Sinir İmpulsu

6.1-6 Sinir İmpulsu

İmpuls alanında zardaki değişmeler. Bir sinir impulsu, bir başka nörondan gelen bir impulsla veya bir reseptörden uyarımla, bir nöronun zarında başlatılır. İmpulsun başlatıldığı nöron üzerindeki bir yerde, ilk meydana gelen şey, zarın sodyum iyonlarına geçirgenliğinin hızla artmasıdır. Zarın dışında sodyum iyonlarının yüksek bir konsantrasyonunun olduğunu hatırlayalım. Bu konsantrasyon eğiminin tesiri altında, sodyum iyonları zarın dışından içine hızla difüze olurlar. Pozitif sodyum iyonlarının bu akışı, zarın polarizasyonunu tersine çevirir. İmpuls alanında, sinir hücre zarının iç tarafı pozitif yüklü, dış tarafı negatif yüklü olur.

Bu ters polarite, zarın küçük bir alanında meydana gelir. Bununla birlikte, zarın bitişik alanlarının geçirgenliğini etkileyen bir elektrik akımının akışına neden olur. Bu kez sodyum iyonları yüksek geçirimli bu yeni alanlara atılır, polarizasyonun buralarda tersine dönmesine neden olurlar. Polarizasyonun bu şekilde tersine dönmesi tüm akson boyunca devam eder gider. Polarizasyonun tersine dönmesi sinir impulsudur. Yani, impuls, sinir lifi boyunca iletilen depolarizasyonun bir dalgasıdır. Bir akson boyunca impulsun geçişi bir havai fişek fitinin yanmasına benzer. Yanan bölge önündeki kısmı tutuşturarak fitil boyunca ilerler. Bu benzetmede en büyük fark, bir nöron arka arkaya impulsları iletebilirken, bir fitil tekrar kullanılamaz.

Sinir impulsu alanında, hücre zarının sodyum iyonlarına yüksek geçirgenliği, bir saniyenin sadece çok küçük bir bölümünde devam eder. Arkasından, sodyum iyonlarının zardan daha fazla difüzyonunu önlenmesiyle, normale döner. Ayrıca, sodyumun çekilmesi eylemi ile birlikte, potasyumun zarın dışına difüzyonu, iyonların normal dağılımını hemen yeniler. Zarın polaritesi böylece dışarıdaki pozitif bir yük ve içerideki negatif bir yük, normale döner.

Bir impulsun geçişinin arkasından, sinir hücre zarının impulsları taşımak için uyarılmadığı çok kısa bir kendine gelme dönemi vardır. Saniyenin sadece birkaç binde biri kadar devam eden bu süreye, **itaatsiz dönem** denir. Bu geçtiğinde, zar yeniden bir başka impulsu aktarmaya hazırdır.

İmpulsun geçme hızı. İmpulsun geçme hızı, sinir uzantısının büyüklüğüne ve miyelinle kaplı olup olmamasına bağlıdır. Küçük miyelinsiz uzantılarda, sinir impulsları 2 metre/saniyelik yavaş bir hızda geçerler. Büyük miyelinli uzantılarda impuls 100 metre/saniyeden daha çabuk geçer.

Miyelinli uzantılarda iletimin bu kadar hızlı olmasının nedeni, impulsun, aksonun çıplak olduğu Ranvier boğumlarının birinden diğerine "sıçrayarak" geçmesidir. İletimin bu çeşidine *sıçramalı iletim* denir. Miyelin siniri yalıtır. İyonlar bu maddenin içine sızamazlar. Bununla birlikte, bu sinir uzantılarında, boğumlardaki zar çok hassastır. Sıçramalı iletim, sıçramasız iletimden hızlı olduğu kadar, ayrıca depolarizasyon yalnızca boğumlarda meydana geldiğinden daha da az enerji kullanır. Böylece, impulslar geçtikten sonra iyonların normal dağılımını sağlamak için daha az aktif taşınım gerektirir.

Sinir hücre eşikleri. Belirli bir sinir hücresinde bir impulsun başlatılabilmesi için, uyarının mutlaka belirli bir minimum kuvvette olması gerekir. Her bir sinir hücresinin bir minimum duyarlılık düzeyi ya da **eşiği** vardır. Kuvveti, bu eşiğin altında olan bir uyarı, nöronda impulslar başlatamaz. Bununla birlikte, eşiğin üzerindeki bir uyarı nöronda impulsları başlatacaktır. Belirli nöronla iletilen impulslar tamamen benzerdir, yani hepsi aynı "büyüklükte"dir ve nörondan aynı hızda geçerler. Böylece, bir nöron "ya hep ya hiç" kuralına göre çalışır. Bir impulsun başlatılıp başlatılmaması, sadece uyarının eşik düzeyinin altında veya üstünde olmasına bağlıdır. Bu durum daha çok bir tüfeğin ateşlenmesine benzer. Eğer tetiğe yeterli güç uygulanırsa, tüfek ateşler. Fakat patlamanın büyüklüğü ve merminin hızı her zaman aynıdır. Tetiğin kuvvetli çekilmesinin hiç bir etkisi yoktur.

Dürtülerin kuvvet ve türünün tanınması. Şayet bütün sinir impulsları temelde bezerse, bir organizma ne tür veya hangi kuvvetteki uyarıların impulslara neden olduğunu nasıl bilecek? Örneğin, niçin sıcak bir sobaya dokunma, yalnızca ılık bir yüzeye dokunmaktan farklı hissedilir? Parlak bir ışığı, alçak bir sestten nasıl ayırt ederiz?

Bir uyarının kuvveti iki etki ile ölçülür. Birincisi, kuvvetli bir uyarı, her bir saniyede iletilen daha çok impulslara neden olur. Yani, impulslar birbirini daha yakın izler. İkinci olarak, farklı nöronların farklı eşikleri vardır. Bazısı, bir impulsu iletmek için diğerinden daha kuvvetli bir uyarıya gerek duyar. Bu yüzden, nöronların büyük bir kısmı, bir uyarı daha kuvvetli olduğunda harekete geçer.

Uyarının *türünü* tanıma, sinir impulslarını taşıyan özel yollar tarafından belirlenir. Reseptörün her bir türü belirli bir uyarı çeşidine duyarlıdır. Örneğin, gözün retinasındaki ışığa duyarlı reseptörler yalnızca ışık onlara çarptığında sinir impulslarını aktarırlar. Retinanın impulsları, bir optik sinirden, onları görüntü olarak **anlamlandırarak** beyin bir kısmına geçerler. Optik sinirin yapay uyarıları, bir insanda ışık parıltıları görmeye neden olur. Diğer taraftan, ses dalgalarının, göze hiç bir etkileri yoktur. Bunlar kulağın duyma sinirlerinde impulslar başlatırlar. Bu impulslar beyne ulaştığında, ses olarak yorumlanırlar.

SİNAPS

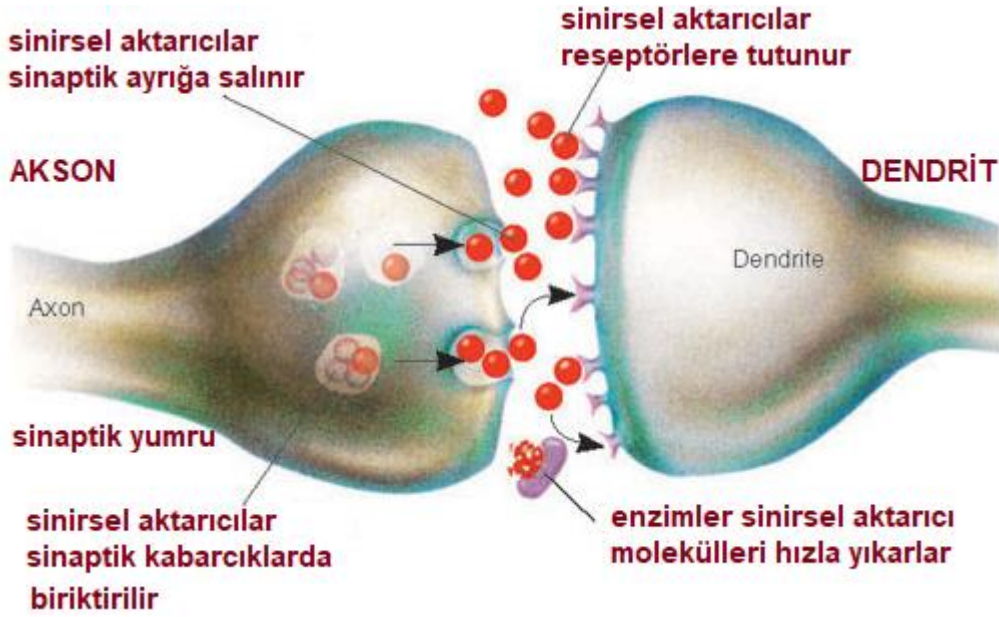
6-7 Sinapsta Aktarım

Sinapsta, akson bir *sinaptik yumru* ile sonlanır. Hücre zarı bu yumruda *presinaptik zar* adını alır. Bitişik hücrenin zarına *postsinaptik zar* denir. Pre- ve postsinaptik zarlar arasında *sinaptik ayırık* denen çok dar bir aralık vardır. Bir impuls sinaptik yumruya ulaştığında, presinaptik zardan, sinaptik ayırık aracılığı ile bitişen hücrenin postsinaptik zarına aktarılması gerekir (Şekil 6-3).

Bu impulsun sinaptik ayırıktan geçişi kimyasal bir işlemdir. Sinaptik yumru içindeki pek çok küçük baloncığa *sinaptik kabarcıklar* denir. Bu kabarcıklar **sinirsel aktarıcılar** ya da *neurohumors* denilen *maddeler* içerir. Bu kimyasal aktarıcılar arasında en yaygın olanlar *asetilkolin* ve *norepinephrine* dir. Bir impuls sinaptik yumruya ulaştığında, sinaptik kabarcıkların bir kısmı sinaptik yumrunun zarı ile kaynaşır ve içeriklerini sinaptik ayırığa boşaltır. Sinirsel aktarıcı sinaptik ayırığa yayılır ve zarının geçirgenliğini değiştirdiği bitişik sinir hücresinde impulslar başlatır. Dendritlerin zarında gömülü özel reseptör proteinleri vardır ve sinirsel aktarıcılar bu reseptörlerde etkilerini gösterirler.

Bunun sinaptik ayırıktan bir nörondan diğerine geçen sinir impulsu olmadığına dikkat edelim. Bunun yerine, bu aralıktan gönderilen bir kimyasal bileşik, yani sinirsel aktarıcıdır. **Bir sinapsa ulaşan her bir impuls belirli bir miktarda sinirsel aktarıcı salıverir.** İmpulslar daha hızlı bir oranda ulaştıklarında, sinaptik ayırığa daha fazla sinirsel aktarıcı salıverilir. Bu yolla, daha büyük miktardaki sinirsel aktarıcı, bitişik nöron üzerinde daha kuvvetli uyarıcı etki yaparak saniyede daha fazla impuls aktarılır. **Sinirsel aktarıcı işini bitirir bitirmez, yeni sinyallere yol açmak için sinaptik aralıktan ayrılmak zorundadır.**

Bu çoğunlukla sinaptik ayırıkta mevcut enzimler tarafından yapılır. Bu enzimler, sinir hücresinin tepki verdiği sinirsel aktarıcı moleküllerini hızla yıkarlar.



Şekil 6-3. Sinaps ve Sinaptik Ayırık

Farklı türdeki nöronlar farklı **sinirsel aktarıcılar** salıverirler. Bazı nöronlar **uyarıcı sinirsel aktarıcılar** salıverirler. Bu kimyasallar bitişen nöronlarda impulslar başlatırlar. **Asetilkolin**, **norepinephrine** ile amino asitler **histamin** ve **glutamik asit** **uyarıcı sinirsel aktarıcılar**dır. Diğer nöronlar bitişen nöronlarda impulslar başlatmayan sinirsel aktarıcılar da salıverirler. Bunun yerine, impulsların ateşlenmesini **tutan** zıt etkiye sahiptirler. **Bağlayıcı sinirsel aktarıcılar** **serotonin**, **epinephrine** ve amino asit **glisini** içerir. Böylece, bazı sinapslar impulsları bir nörondan diğerine aktarıırken, diğerleri impuls aktarımını tutarlar.

Sinirsel uyum temel mekanizmalarının buradaki değerlendirmesi bir nöronun diğer nöronla sinaps yapması ve bu nöronda impulslar başlatması veya başlatmaması ile ilgili olmaktadır. Bununla birlikte, bu, gerçek düzenlemenin ileri derece basitleştirilmesidir. Daha önce de işaret edildiği gibi, **tek bir nöronun aksonu bin veya daha fazla sinaps yapabilmektedir. Bir nöronun dendritleri de diğer nöronlarla bin veya daha fazla bağlantıları olabilmektedir.** Böylece, tek bir nöronun dendritleri pek çok nörondan impulslar alırlar. Bu impulslardan bazıları **uyarıcı**, bazıları da **bağlayıcı** olabilmektedir. Bu hücre gövdesinde olan, bu impulsların toplam veya ortalama etkisidir. Tüm etkiler uyarıcı ise, impulslar aksonda izleyen dizi sinapslarda aktarılabileceklerdir. Sonuçlar bağlayıcı ise, hiçbir impuls iletilmeyecektir. Böylece, bir sinir yolunda, belirli sinirlerin uyarılması diğer nöronların tutulmasına neden olacaktır. Bir organizmanın karmaşık davranışlarının çoğu, nöronların "makasta" açılıp kapanmasıyla oluşan sinaptik devirin çok büyük miktar ve çeşidinden kaynaklanmaktadır.

61-8 Sinir-Kas Bağlantıları

İmpulsların, hareket nöronlarından kaslara geçişi, **sinir-kas bağlantıları** denilen belirli temas noktalarında olur. Hareket nöronu aksonlarının uçundaki yapılara, *motor uç plakaları* denir. Sinaptik düğümler gibi, motor uç plakaları sinaptik kesecikler içerir. İmpulslar, motor uç plakalarına ulaştınca, bunlar, kimyasal aktarıcı asetilkolinin saliverilmesine neden olurlar. Asetilkolin, akson ucu ile kas hücresi arasındaki aralığa yayılır ve kas hücresi üzerindeki reseptör (almaç) molekülleri ile birleşir. Asetilkolinin etkisi, kas hücre zarında yayılan impulslara neden olarak, sodyuma karşı kas hücre zarının geçirgenliğini arttırmaktır. Bu impulslar kas hücresinin kasılmasına neden olur. Nöronlar arasındaki sinapslarda olduğu gibi, sinir-kas bağlantısındaki asetilkolin enzim faaliyeti ile çabucak yok edilir.

61-9 İlaçlar ve Sinaps

Pek çok zehir ve ilaçlar sinapslarda kimyasal aktarıcının faaliyetini etkiler. Sinir gazı, *kürar* (ok zehiri), *botulin* toksin (bakteriyal bir zehir) ve bazı insektisitler, sinir kas bağlantılarında asetilkolinin işlev yapmasına engel olan ve kas felcine neden olan zehirlerdir. Solunum sistemi kaslarının felç olmasında, ölüm kaçınılmazdır.

Uyuşturucular, bellek ve duyguları etkiler veya sinapslara da etki ederek vücut faaliyetlerini değiştirir. Uyarıcılar, bir iyilik, atıklık ve heyecanlandırma hissi meydana getiren uyuşturuculardır. Uyarıcılar arasında, amfetamin belirli reseptörleri duygusuzlaştırarak etkisini gösterir. Bu suretle norepinephrine biçimine girer. Kahve, çay ve kolalı içeceklerde bulunan *kafein*, sinaptik aktarıma yardım eder.

Yatıştırıcılar, vücut işleyişini yavaşlatan uyuşturuculardır. *Uyku hapları* nöropinephrine oluşmasına engel olarak yatıştırıcı bir etki meydana getirir.

LSD ("asit") ve meskalin gibi şuur bozucu ya da sanrı oluşturan bazı uyuşturucular, menedici aktarıcı serotonin'in etkisiyle uyuşmaz.

SİNİRSEL DÜZENLEME UYUMLARI

Hayvanlar aleminde, haşlamlılar (medüz ve hidra)'dan başlayarak bütün organizma gruplar, birkaç çeşit sinir sistemine sahiptirler. Hayvanlar ne kadar karmaşıksa, sinir sistemleri de o kadar karmaşık ve yüksek derecede özelleşmiştir. En özelleşmiş sinir sistemleri, hayvanlara, daha değişken davranışlarla çevrelerine tepki vermesine izin verir.

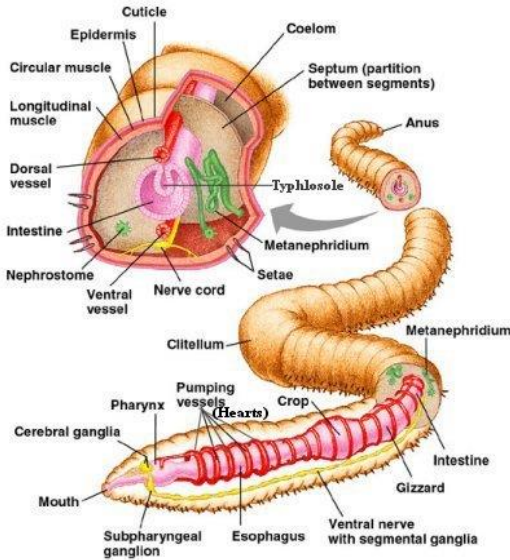
Hidranın sinir sistemi bir **sinir ağı** şeklindedir. Bu sistemde, sinir hücreleri vücut duvarının iki katmanı arasında düzensiz bir ağ oluşturur. Bu ağ vücut duvarındaki özel reseptörleri kas ve salgı hücreleri arasında bağ kurarlar. Sinir impulsalarını denetleyen ya da eşgüdüm sağlayan bir beyin ya da sinirsel düğüm gibi organize bir merkez yoktur. Bunun yerine, bir dürtü vücudun herhangi bir parçası tarafından alındığında impulslar,

uyarılan alandan sinir ağının tüm doğrultularına yavaşça dağılırlar. Böylece organizmanın tüm kas lifleri tepki verir, ancak bu tepki eşgüdüm gösterir. Örneğin, bir dokunaç bir besinle temasa geldiğinde, impulslar organizmanın tümüne yavaşça hareket eder. Tepki vermede, hayvan besine doğru uzanır ve dokunaçlar besini yakalamak ve ağza doldurmak için eşgüdümsel olarak birlikte çalışırlar.

Yersolucanın sinir sistemi bir **merkezi sinir sistemi** ve bir **çevresel sinir sistemi** içerir. Merkezi sinir sistemi bir çift kesintisiz ventral sinir ipleri ile bağlantılı bir "beyin"den ibarettir. Sinir ipleri her bir bölütte *sinir düğümlerine* genişlemiştir. **Bir sinir düğümü**, sinir impulslarında kesişme, dağıtım ve eşgüdüm sağlayan bir grup hücre gövdesi ve bağlantı nöronlarıdır. Beyin olarak adlandırılan gerçekte, sadece bir beyin başlangıcı olan kaynaşmış bir çift sinir düğümüdür.

Çevresel sinir sistemi, merkezi sinir sisteminden dallanan ve vücudun tüm kısımlarına geçen sinirleri içerir. Bu sinirler, impulsları derideki reseptörlerden sinir iplerine ve sinir iplerinden kas ve salgı organlarına götüren hareket nöronlarını içerir. Derideki özelleşmiş reseptörler ışığa, titreşimlere, kimyasallara ve ısıya duyarlıdır.

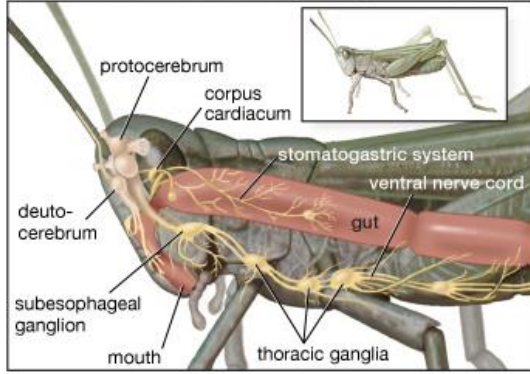
Yersolucanında, çevresel sinir sisteminin sinirleri reseptör ve efektörleri merkezi sinir sistemine bağlar (Şekil 6-4). İmpulslar, belirli sinir yollarından sadece bir yönde geçerler. Daha karmaşık hayvanların sinir sistemleri yersolucanın sinir sistemi ile benzerdir.



Şekil 6-4. Yersolucanında çevresel sinirler ve merkezi sinir sistemi.

Çekirgenin sinir sistemi temelde yersolucanındakinde benzerdir (Şekil6-5). Baş bölgesindeki bir beyin; vücut boyunca uzanan bir çift, kesintisiz ventral sinir ipi ve sinir düğümlerinden meydana gelir. Sinirler sinir düğümlerinden tüm vücut kısımlarına dallanırlar. Çekirgenin duyu organları yersolucanındakinden çok ileri derecede gelişmişlerdir. Çekirgenin, çeşitli dürtülere tepki veren gözleri, *antenleri* ya da

“duyargaları” ve tat alma organları vardır. Çekirgeler ayrıca sese de duyarlıdırlar. Çekirgeler yersolucanından çok fazla gelişmiş sinir sistemine sahip olduklarından, çok daha karmaşık davranış yetenekleri vardır.



Şekil 6-5. Eklembacaklılarda (çekirgede) sinir sistemi.

6.2 ENDOKRİN SİSTEM

SALGI BEZLERİ VE HORMONLAR

Vücut sistemleri hiç bir zaman dinlenmez. Homeostasisi sürdürmek için vücudun dışında ve içinde sürekli olarak değişen koşullara uyum sağlarlar. Sinir sisteminin bu işleme nasıl katıldığını görmüştük. Vücut, işlevlerinin düzenlenmesine ve eşgüdümüne yardımcı olan, **endokrin sistem** adı verilen, başka bir sisteme de sahiptir.

Sinir sistemi, sinir uzantılarındaki elektriksel impulslar ve bitişik nöronları ayıran ince ayrıklardan geçen sinirsel aktarımlar aracılığı ile iş görür. Bu sistem hızlı çalışır ve mesajlarını belirli vücut parçalarına yöneltir. Diğer taraftan, endokrin sistem, kan dolaşımına salgılanan ve daha sonra bu yolla vücudun bütün dokularına taşınan kimyasal maddeler aracılığı ile çalışır. Bu maddelerin hedeflenen organlara ulaşması ve bir etki oluşturması zaman alır. Bu nedenle endokrin sistemin sinir sisteminden daha yavaş çalışır. Etkisi de daha uzun sürme eğilimindedir. Genel ifade, sinir sistemi, vücuda kısa sürede hızlı tepki verme olanağı sağlar. Endokrin sistem saatler, aylar hatta yıllar süren etkiler üretir. Bununla birlikte, endokrin ve sinir sistemleri birlikte çalışır. Örneğin, tehlikeden kaçarken, sinirler, kas etkinliğini yönetirken, endokrin sistem kan şekeri düzeyini ve solunum hızını denetler.

6.2-1 Salgı Bezleri

Salgı bezleri organizmanın ihtiyacı olan maddeleri salgılamak için özelleşmiş olan, epitel hücrelerinden yapılmış organlardır. Sindirim bezleri gibi bazı salgı organları, salgılarını kullanılacakları yere taşıyan kanallara boşaltırlar. Bu tür organlara **ekzokrin**

salgı bezleri denir. Diğer salgı organları salgılarını doğrudan kan dolaşımı içine salgırlar. Bu organlara **endokrin salgı bezleri** denir ve bunlar endokrin sistemini meydana getirir. Endokrin organlarına *kanalsız bezler* ya da iç salgı bezleri de denir. Endokrin salgı bezlerinin salgılarına **hormonlar** denir.

62-2 Hormonlar

Hormonlar, vücudun bir kısmındaki hücreler tarafından kan dolaşımına salınırlar, fakat etkilerini vücudun başka bir yerinde gösterirler. Bundan dolayı hormonlara bazen "kimyasal haberciler" denir. Hormonlar çoğunlukla kan dolaşımında çok düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Her bir hormon çeşidi sadece belirli bir doku tarafından kabul edilir. Belirli bir hormon tarafından işleyişi düzenlenen dokulara hormonun *hedef dokuları* denir. Hormon hedef dokuyu uyararak faaliyetlerini arttırabilir ya da ona engel olarak faaliyetlerini azaltabilir.

Hormonlar, dokulardaki belirli biyokimyasal tepkimelerin oranlarını değiştirerek hedef dokuların işlevini etkiler. Bir hormon bir tepkimenin başlamasına, hızlanmasına, yavaşlamasına ya da durmasına neden olabilir. Bununla birlikte, hormonlar, enzimler gibi doğrudan tepkimeye giren maddeler üzerinde rol oynayarak etki meydana getirmezler. Her zaman hücrel işlemlerin ara ürünlerine etki etmede ortaya çıkarlar. Vücutta en çok hormonlar tarafından düzenlenen işlemler: (1) kapsamlı olarak metabolizma, (2) homeostasisin sürdürülmesi, (3) gelişme ve (4) üremeyi kapsar.

Kimyasal yapılarına göre, hormonların çoğu iki sınıfta toplanır. *Protein türü hormonlar* amino asitlerin veya yakın bileşiklerin zincirlerinden ibarettirler. İnsulin, oksitosin ve ACTH (*AdrenoCorticoTropic Hormon*) bu tür hormon örnekleridir. *Steroid hormonlar*, kimyasal olarak kolesterol ve safraya benzer lipid benzeri, karbon halkalı bileşiklerdir. Kortizon, testosteron ve estrogen steroid hormon örnekleridir.

62-3 Hormon Salgılanmasının Düzenlenmesi

Genel bir kural olarak, endokrin salgı bezleri hormonlarını değişmez bir oranda salgılamazlar. Bu oran vücut ihtiyaçlarına göre değişir. Sinyal ya da mesajlar, bir salgı bezinin hormon üretimini hızlandırmasına, yavaşlatmasına ya da durdurmasına hatta sinir impulslarına neden olur. Bir salgı bezinin etkinliğini değiştiren mekanizma çoğunlukla bir **negatif geri besleme** örneğidir. **Negatif geri besleme** bir durumun normal değerine doğru geri dönme etkisine sahiptir. Durum normal düzeyinin altına düştüğünde, negatif geri itim onu arttıracak şekilde davranır. Durum normalin üzerine çıkarsa, negatif geri itim onu azaltacak rol oynar.

Endokrin sistemdeki negatif geri itimde, bir hormonun salgılanması, çoğunlukla başka bir hormon olan kandaki başka bir maddenin konsantrasyonu ile denetim altında tutulur. Örneğin, tiroid bezinin tiroksin hormonu salgılanması, hipofiz bezi tarafından salgılanan tiroid uyarıcı hormonu ya da TSH tarafından düzenlenir. Tiroksin düzeyi düştüğünde,

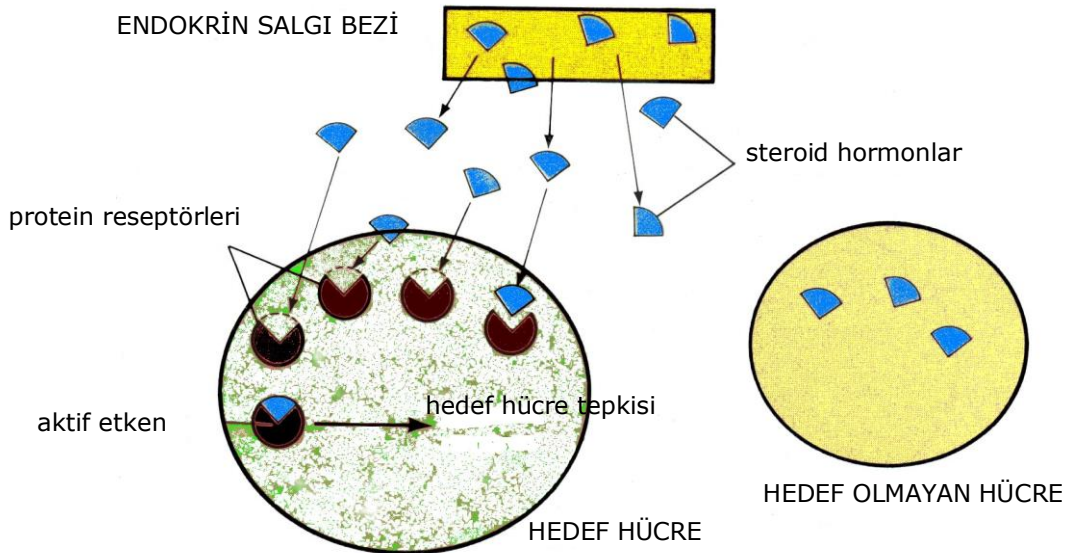
hipofiz bezi, tiroid bezini tiroksin üretmesi için uyaracak olan TSH salgılar. Tiroksin düzeyi belirli bir noktaya çıktığında, hipofizin TSH salgılaması tutulur. Hipofiz TSH salgılamayı durdurur ve tiroid tiroksin salgılamayı durdurur. Bazı endokrin organları kalsiyum ve glikoz gibi basit maddelerin kandaki düzeyleri tarafından denetim altında tutulur.

62-4 Hormon İşleyişinin Mekanizmaları

Her bir hormon belirli bir hedef dokunun faaliyetini yönetir. Hormonlar kan dolaşımı ile taşınıp için tüm vücut dokularına erişirlerinden, her bir hedef dokunun mutlaka kendisine yöneltilmiş özel hormonu bir tanıma yönü vardır. Hormonun hedef hücreler içinde etkisini meydana getireceği bir mekanizmanın da olması gerekir.

Son araştırmalar, hormon işleyişinin iki temel mekanizması olduğunu göstermektedir. Bunlardan biri, çoğunlukla steroid hormonlara uygulanan, **bir-ulaklı model**dir. Diğeri, protein hormonlara uygulanan, **iki-ulaklı model**dir.

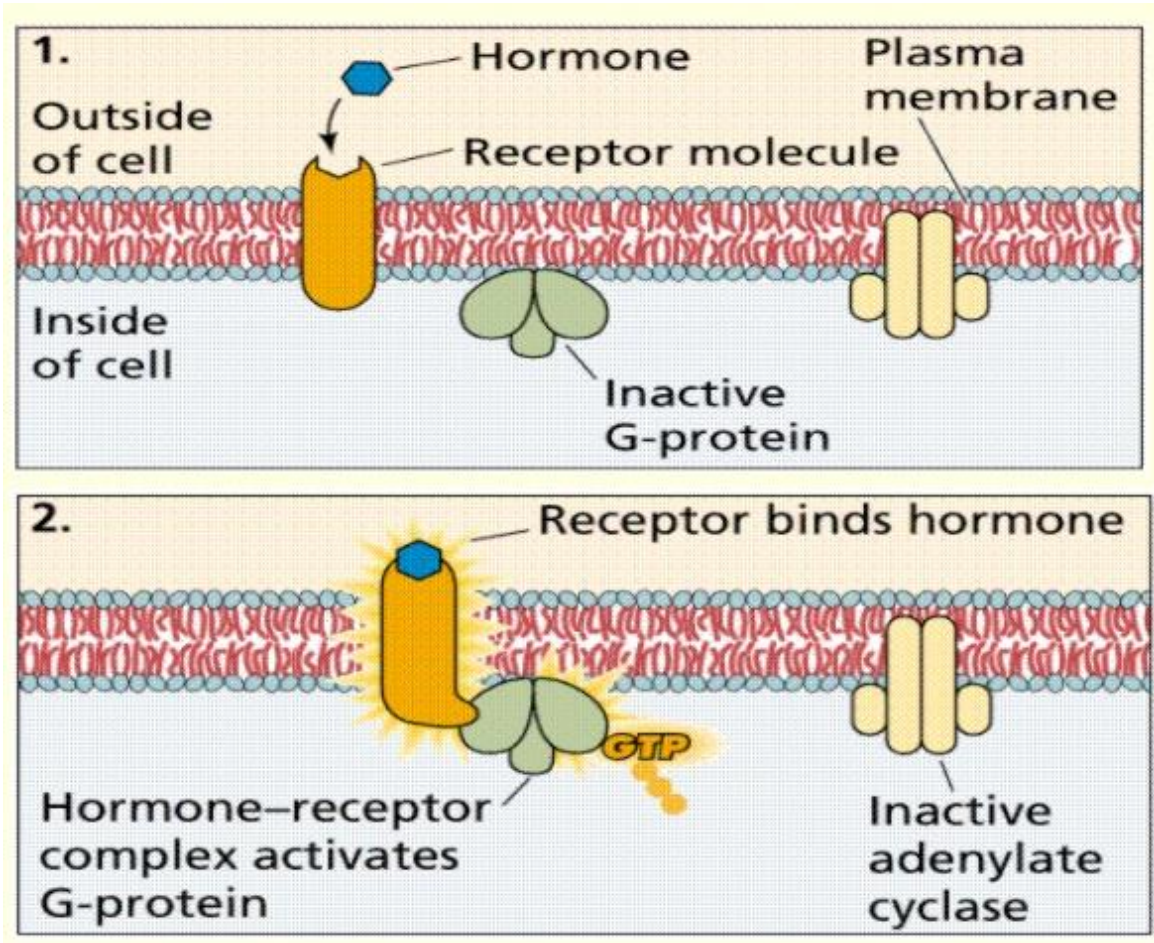
Bir ulaklı model. Steroit hormonlar hücre zarından geçebilen küçük moleküllerdir. Bu nedenle bu hormonlar vücut hücrelerinin pek çoğuna girerler. Ancak, hormonlar yalnızca hedef hücrelerde bir etki meydana getirirler. Bu hücrelerde özel steroid hormonu tanıyan **reseptör proteinler** vardır ve aktif bir etken oluşturarak onunla birleşirler (Şekil 6-6). Bu aktif etken, hormonal etki meydana getirecek hücredeki bazı kimyasal tepkimelerin oranını değiştirir. Aktif etkenlerin hücre çekirdeğine girdikleri ve hücre faaliyetlerini yöneten genetik materyale (DNA) etki ederek etkilerini meydana getirdikleri kanıtı vardır.



Şekil 6-6. Hormon İşleyişinde Bir-Ulaklı Model

İki ulaklı model. Protein hormonlar çoğunlukla hücre zarından geçme yeteneğinde değildirler. Bununla birlikte, **hedef hücre zarlarının dış yüzeylerindeki özel reseptörler**

tarafından tanınırlar (Şekil 6-7.). Hormon hücre zarındaki reseptörle birleştiğinde, bu birleşme hücre zarındaki enzimlerin ikinci bir ulak olarak davranan bir bileşik oluşturmalarına neden olur. Bu ikinci ulak hücre içine yayılır ve hormonal etki meydana getirir. Bu modelde hormon hücre içine girmez. Bunun yerine, ikinci bir ulak onun işini yapar. Farklı hedef hücrelerde benzer ikinci ulaklar üretilmekle birlikte, bunlar farklı hücrelerde farklı etkiler meydana getirirler. Örneğin, tiroit, hücrelerinin tiroksin üretmesine; adrenal, kabuk hücrelerinin kortizol üretmesine ve böbrek tüpçük hücrelerinin yeniden daha çok su emmesine neden olur.



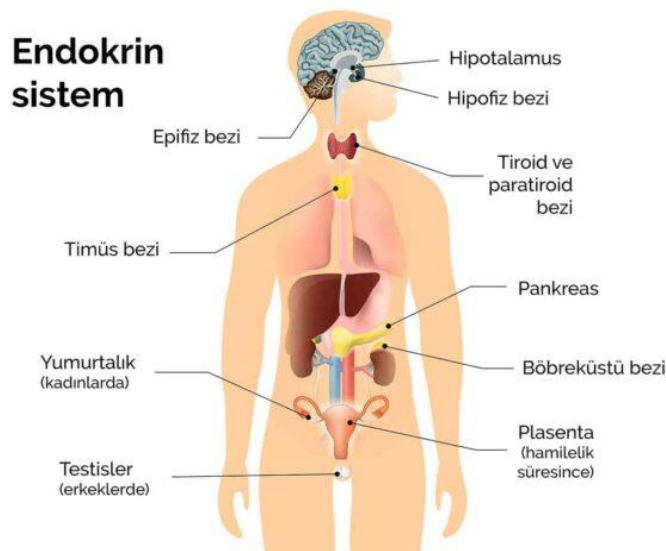
Şekil 6-7. Hormon İşleyişinde İki-Ulaklı Model

İNSANDA ENDOKRİN SİSTEM

İnsan endokrin sistemi çok geniş bir aralıktaki etkinlikleri düzenleyen belirli endokrin salgı bezlerinden meydana gelir (Şekil 6-5). Ek olarak, hormon salgılayan, ancak bağımsız salgı bezleri olarak organize olmamış olan birkaç doku da vardır. Örneğin, mide ve ince bağırsağı astarlayan belirli hücreler bu şekilde işlev yapar. Bir endokrin bezinin yetersiz işlevi, bir hastalık ya da vücudun rahatsızlığından meydana gelebilir. Bir hormonun fazlalığı veya **aşırı salgılanması** bir rahatsızlığa neden olabilirken, bir hormonun eksikliği veya **az salgılanması** bir başka rahatsızlığa neden olabilir.

Hipofiz Salgı Bezi. Hipofiz 1 santimetre çapında küçük bir salgı bezidir. Bir anterior ya da ön lop ve bir posterior ya da arka loptan ibarettir. Bu iki lop arasında, insanda işlevsel olmayan, ancak diğer hayvanlarda daha büyük ve işlevsel olan bir ara bölge vardır. Diğer bazı endokrin salgı bezlerini denetlediğinden, hipofiz çoğunlukla, vücudun "yönetici bezi" olarak adlandırılır.

Hipofiz, *hipotalamus* denilen beynin bir parçasına bir sapla birleşmiştir. Hipotalamus, hipofizin saldığı hormonları denetler ve sinir sistemi ile endokrin sistem arasındaki büyük bir bağlantı olarak ödev görür. Hipotalamus sinir sisteminin pek çok farklı kısmından bilgi alır. Bu bilgi, hipotalamusun, hormon salgılaması için hipofizi uyarmada en büyük etkindir. Diğer bir etken çeşitli hormonların kandaki konsantrasyonudur.



Şekil 6-8. Endokrin sistem, hormonları üreten salgı bezleri ve bu salgı bezlerinin ürettiği hormonlardan oluşur.