

7

SİNİRSEL DENETİM

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.

7-1 Sinirsel Denetim Mekanizmaları

Gerçek bir sinir sisteminin çalışması üç temel yapı çeşidini gerektirir. Bunlar reseptörler, sinir hücreleri ve efektörlerdir. **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 "masajlar" 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 karmaşılaştıkça, beyin yapısı ve işlevleri de karmaşılaşır.

NÖRONLAR VE SİNİRLER

7-2 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 boşumları* 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.

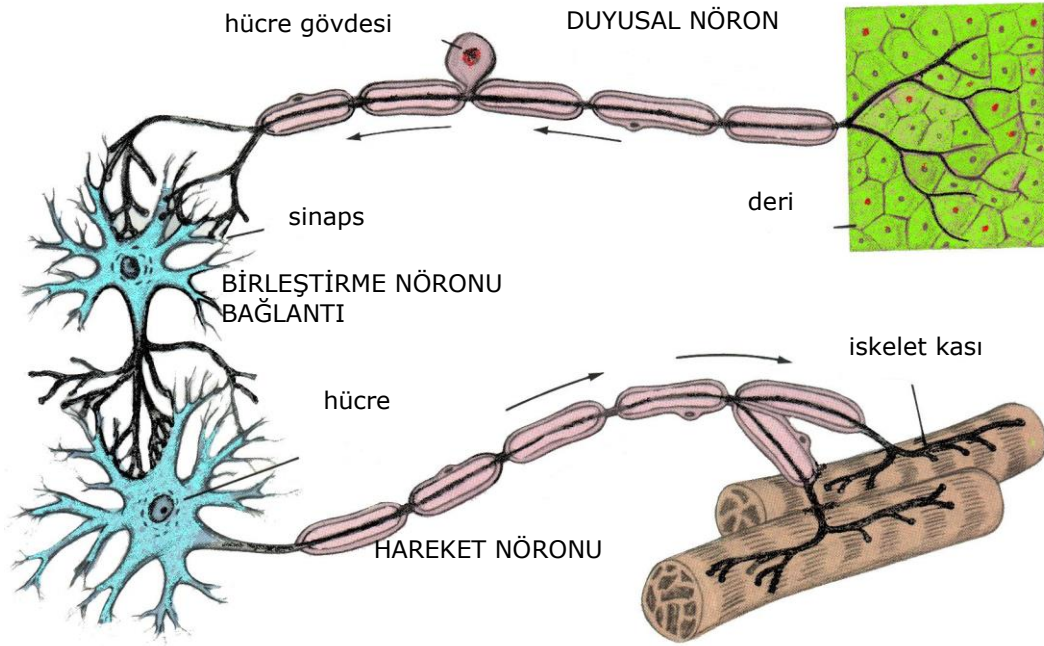
7-3 Sinaps

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. İmpulslar, 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.

7-4 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 7-1*). **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 7-1. Sinir İmpulsu Yolu

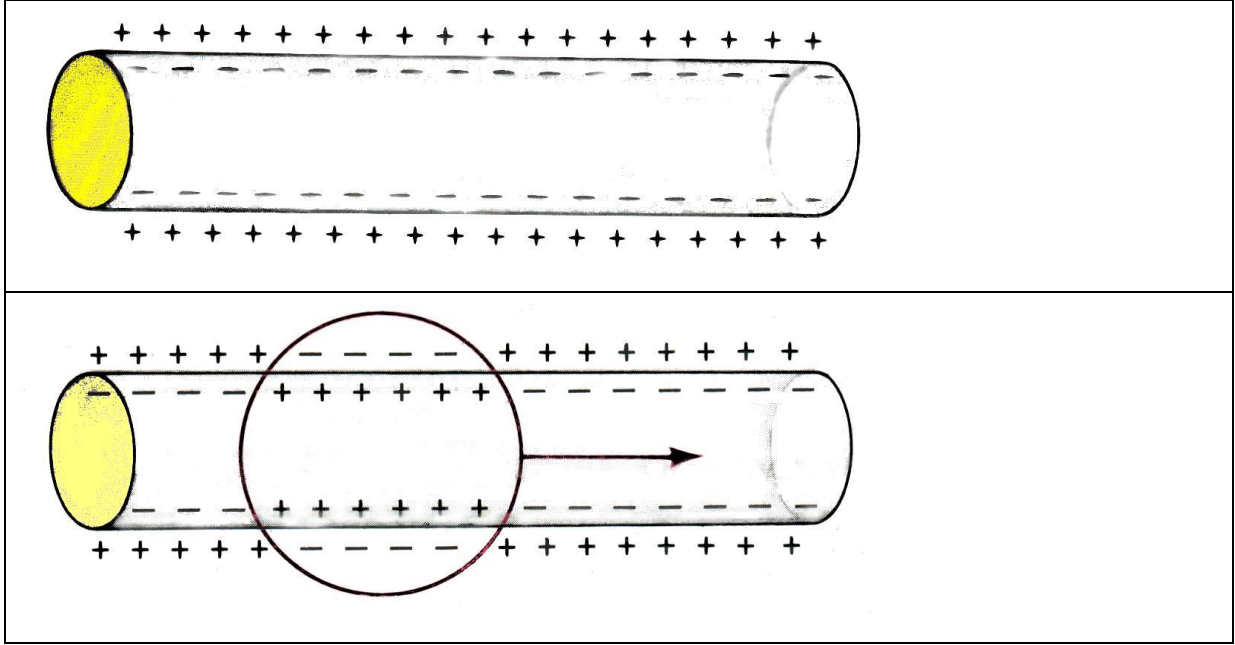
SİNİR HÜCRE ZARI VE İMPULSLAR

7-5 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 7-2). 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 taşımanın 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 7-2. İleti Taşımayan Nöronda Elektriksel Durum ve Bir Sinir İmpulsu

7-6 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 yükle ve içerideki negatif bir yükle, 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** beynin 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

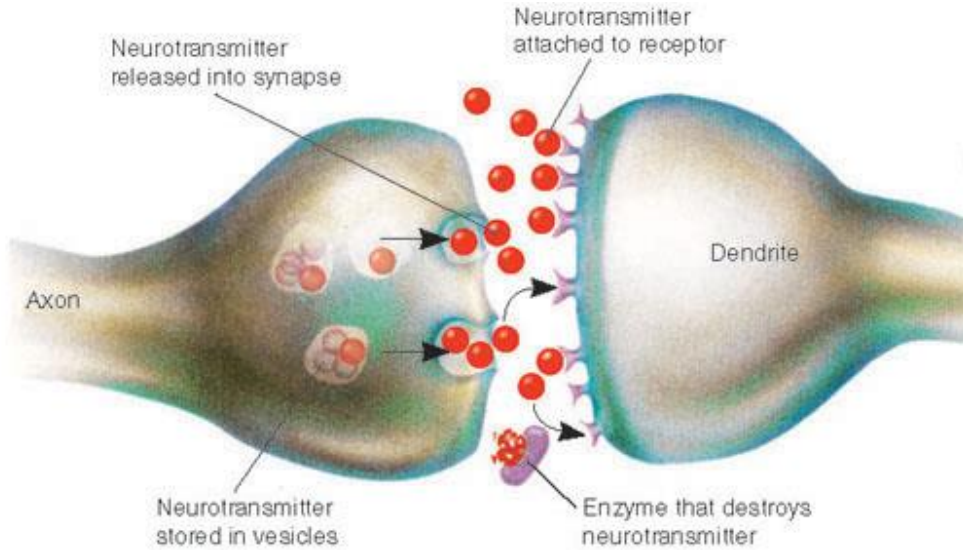
7-7 Sinapsta Aktarım

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 ayrık* denen çok dar bir aralık vardır. Bir impuls sinaptik yumruya ulaştığında, presinaptik zardan, sinaptik ayrık aracılığı ile bitişen hücrenin postsinaptik zarına aktarılması gerekir (Şekil 7-3).

Bu impulsun sinaptik ayrıktan 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 ayrığa boşaltır. Sinirsel aktarıcı sinaptik ayrıkta 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 ayrıkta 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 ayrığa 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. As soon as the neurotransmitter has done its work, it must be removed from the synaptic cleft to clear the way for new signals.



Şekil 7-3. Sinaptik Ayırık ve Sinaps.

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 ileilmeyecektir. 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.

7-8 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 ulaşınca, 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.

7-9 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.

7-10 Protozoada Uyum

Protozoanların gerçek bir sinir sistemleri yoktur. Ancak, belirli uyarılara eşgüdümsel yolla tepki verme yeteneğindedirler. Amiplerin özel herhangi bir duyu alıcıları yoktur, ancak besin olanla besin olmayanı ayırt edebilirler ve kuvvetli ışık veren ve tahriş eden kimyasallardan uzaklaşabilirler. Bu tepkilerin mekanizması henüz anlaşılabilmiş değildir.

Bazı protozoalar daha karmaşık hayvanların nöronlarına benzer durumda işlev yapan filamentlere sahiptirler. Terliksi hayvanda, sillerin çırpılması, sillerin kaidesinde bulunan içsel bağlantılı lif sistemi tarafından denetlenmektedir. Terliksi hayvan çeşitli dürtülere tepki verebilmektedir, besine doğru veya kuvvetli asitten uzağa doğru hareket edebilmektedir ve yolundaki katı maddeden sakınmak için yönünü değiştirebilmektedir. Bazı protozoalar belirli dürtülere duyarlı organellere sahiptirler ve organizmada tepkiler başlatırlar.

7-11 Hidrada Uyum

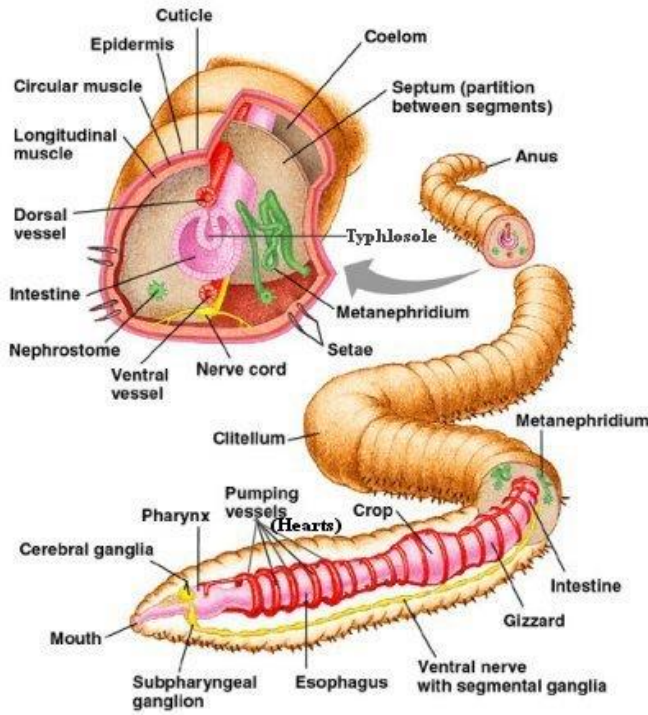
Hidranın sinir sistemi bir **sinir ağı** şeklindedir. Bu sistemde, sinir hücreleri vücut duvarının iki katmanı arasında düzensiz bir ağ oluşturur. Bu ağ vücut duvarındaki özel reseptörleri kas ve salgı hücreleri arasında bağ kurarlar. Sinir impulsalarını denetleyen ya da eşgüdüm sağlayan bir beyin ya 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.

7-12 Yersolucanında Uyum

Yersolucanının 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.

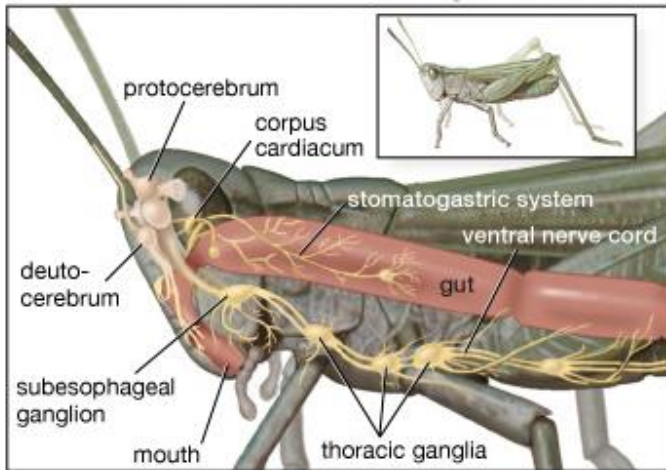
Yersolucanında, çevresel sinir sisteminin sinirleri reseptör ve efektörleri merkezi sinir sistemine bağlar (Şekil 7-4). İmpulslar, belirli sinir yollarından sadece bir yönde geçerler. Daha karmaşık hayvanların sinir sistemleri yersolucanının sinir sistemi ile benzerdir.



Şekil 7-4. Yersolucanında çevresel sinirler ve merkezi sinir sistemi.

7-13 Çekirgede Uyum

Çekirgenin sinir sistemi temelde yersolucanındakinde benzerdir. 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 duyarlıdır. Çekirgeler yersolucanından çok fazla gelişmiş sinir sistemine sahip olduklarından, çok daha karmaşık davranış yetenekleri vardır.



Şekil 7-5. Eklembacaklılarda (çekirgede) sinir sistemi.

8

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 aktarıcılar 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 oluşturmaya 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.

8-1 Salgı Bezleri

Salgı bezleri organizmanın ihtiyacı olan maddeleri salgılamak için özelleşmiş olan, epitel hücrelerinden yapılmış organlardır. Sindirim bezleri gibi bazı salgı organları, salgılarını kullanılabilecekleri 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.

8-2 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 uyarak 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.

8-3 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 impuslarına neden olur. Bununla birlikte, pek çok durumda diğer hormonları kapsayan kimyasal uyarıcılardır.

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.

Bir negatif geri itim mekanizmasının en yaygın örneği bir fırını değişmez sıcaklıkta tutan bir termostattır. Sıcaklık, seçilen değer üstüne çıkarsa, termostat soğuması için fırının düğmesini kapatır. Sıcaklık belirlenen değer altına düştüğünde, termostat fırının düğmesini tekrar açar. Saatte 90 kilometrelik hızını koruyan bir sürücünün gaz pedalının basısını ayarlaması da negatif geri itimdir.

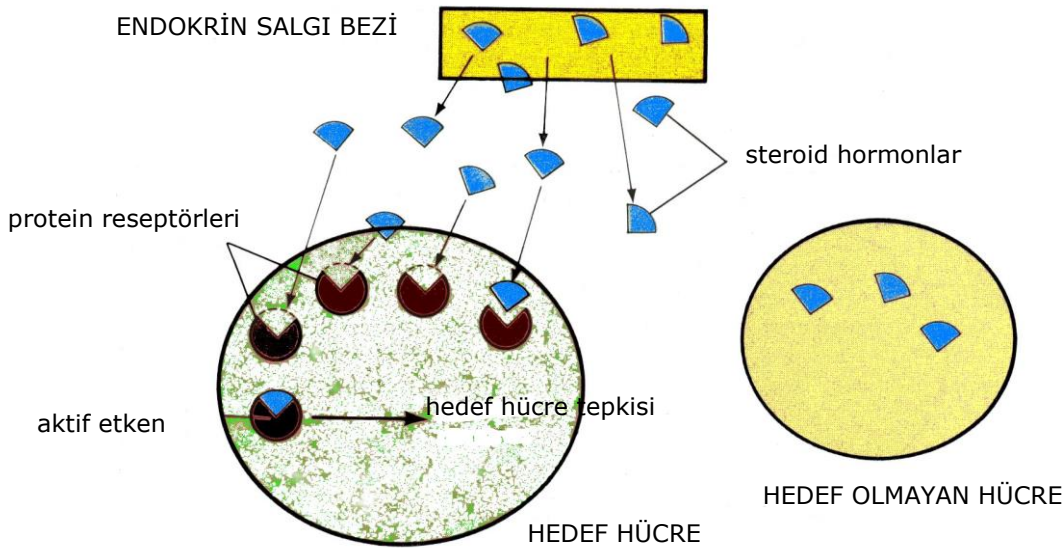
Endokrin sistemdeki negatif geri itimde, bir hormonun salgılanması, çoğunlukla başka bir hormon olan kandaki başka bir maddenin konsantrasyonu ile denetim altında tutulur. Örneğin, tiroid bezinin tiroksin hormonu salgılaması, hipofiz bezi tarafından salgılanan tiroid uyarıcı hormonu ya da TSH tarafından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

8-4 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.

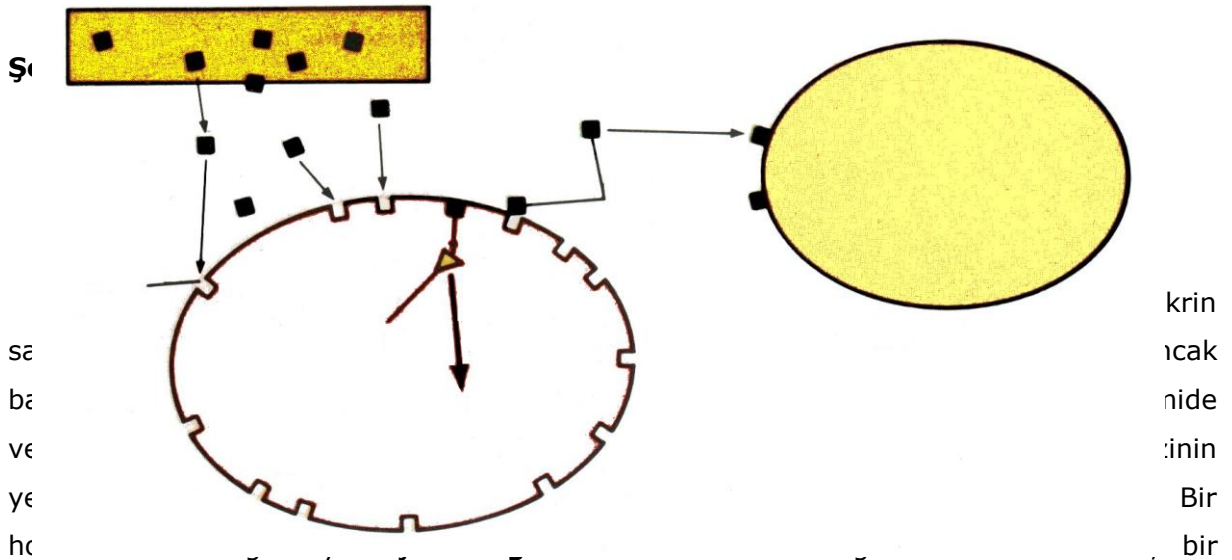
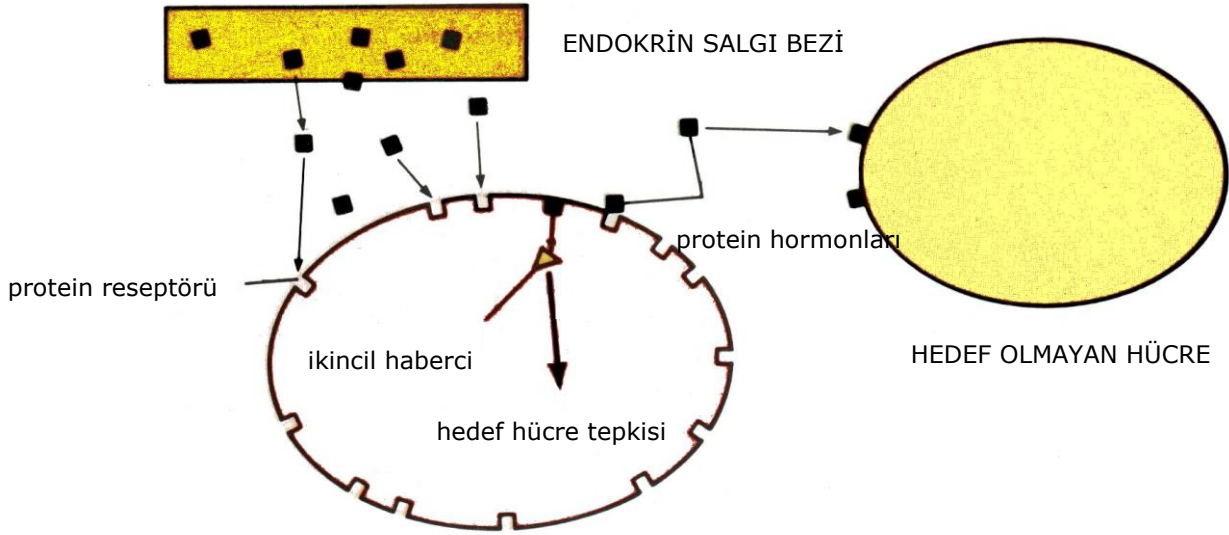
Bir ulaklı model. Steroit hormonlar hücre zarından geçebilen küçük moleküllerdir. Bu nedenle bu hormonlar vücut hücrelerinin pek çoğuna girerler. Ancak, hormonlar yalnızca hedef hücrelerde bir etki meydana getirirler. Bu hücrelerde özel bir steroid hormonu tanıyan **reseptör proteinler** vardır ve aktif bir etken oluşturarak onunla birleşirler (Şekil 8-1). 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 8-1. 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 8-2.). 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.



hormonun eksikliği veya **az salgılanması** bir başka rahatsızlığa neden olabilir. Bu bölümde insan endokrin sisteminin yapı ve işlevini göreceğiz.

8-5 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.

Ön hipofiz. Hipofizin ön lopu, pek çoğu metabolik işlemlerin denetlenmesinde çok önemli olan birkaç farklı hormon salgılar. Ön hipofizden hormonların salgılanması, hipotalamusun ürettiği hormonlar tarafından denetlenir. Hipotalamus hormonlarına *salıverme hormonları* ya da **salıverme etkenleri** denir. Ön hipofizden her bir çeşit hormonun salıverilmesi özel bir salıverme etkeni tarafından denetlenir. Salıverme etkenleri hipotalamus içinde özel nöronların uçlarında üretilir. Bu etkenler nöronlar tarafından salıverildiğinde, doğrudan kılcallar tarafından absorbe edilir ve arka hipofize taşınırlar.

Ön hipofizin her bir farklı hormonunun farklı bir hücre çeşidi tarafından üretildikleri düşünülmektedir. Ön hipofizin başlıca hormonları ve işlevleri aşağıda verilmiştir:

1. *Tiroit uyarıcı hormon* ya da TSH, tiroit hormonu üretmesi ve salgılaması için tiroit bezini uyarır.

2. *Adrenocorticotropic hormon* ya da ACTH, korteks katmanından hormon üretmesi ve salgılaması için adrenal salgı bezini uyarır. ACTH eklem yangıları, astım ve alerjileri iyileştirmede kullanılır.

3. *Gelişme hormonu* ya da CH, vücut gelişimini denetler. Kemik ve kıkırdakların gelişimini etkiler. Bu dokular üzerinde doğrudan etkili diğer etkenlerin üretimini dolaylı denetimi ile yerine getirilir. Gelişme hormonu, hücresel düzeyde protein, karbonhidrat ve yağ üretimini doğrudan etkiler.

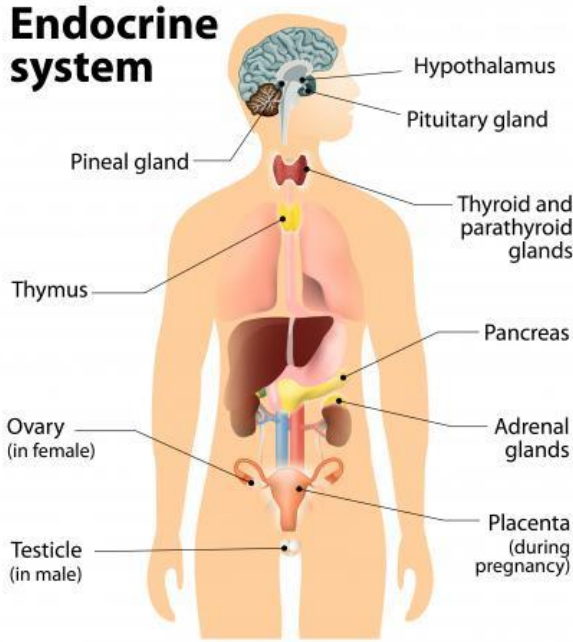
4. *Bezciik uyarıcı hormonu* ya da FSH, dişilerde yumurtalıklarda yumurta hücrelerinin gelişimini uyarır. Erkeklerde, erbezinde sperm hücrelerinin üretimini denetler.

5. *Luteinze hormonu* ya da LH, dişilerde yumurtalıklardan yumurta hücrelerinin salıverilmesine neden olur ve erkek ve dişlilerin her ikisinde eşey hormonlarının üretimini denetler.

6. *Prolaktin* doğurduktan sonra dişinin meme salgı bezlerinden süt salgılanmasını uyarır. Aksi durumda, çok küçük miktarlarda salgılanmaktadır. Prolaktin üretiminin, normalde hipotalamus tarafından salgılanan bir etken tarafından engellendiği düşünülmektedir. Doğumdan sonra, bu bağlayıcı etkenin tutulduğu ve prolaktinin üretildiği düşünülmektedir.

Arka hipofiz. Hipofizin arak lopu doğrudan hipotalamusa birleşmiştir. Hipotalamus kökenli sinir liflerinin iki sisteminin arka hipofiz içinde uçları vardır. İki hormon, oxytocin ve vasopressin hipotalamusta bu sinir hücreleri tarafından üretilir. Bu hormonlar ardından hipofizin arka lopunun aksonlarına geçer ve daha sonra salıverilir.

Oxytocin doğum sırasında döl yatağının düz kaslarının kasılmasını uyarır. Anti diüretik hormon ya da ADH olarak da bilinen vasopressin, böbreklerin nefronlarında suyun geri emilimini denetlerler. ADH tübüllerin suya geçirgenliğini arttırdığından, su ozmozla geri emilir.



Şekil 8-3. İnsanda Endokrin Sistem.

8-6 Tiroit Salgı Bezi

Tiroit salgı bezi boyunda gırtlığın tam altında ve soluk borusunun önünde bulunur. Bu salgı bezi iyot içerikli hormon, tiroksin içerir. Tiroksin vücudun metabolizma hızını denetler. Protein, karbonhidrat ve yağ metabolizma hızını ve hücre solunumu hızını artırır. Bu hormon normal zihinsel ve fiziksel gelişim için gereklidir. Tiroit, kanın kalsiyum düzeyinin düzenlemesine katılan, diğer bir hormon *kalsitonin* salgılar.

Tiroksin salgısı birkaç hormonun etkileşimi ile düzenlenir. Kanda tiroksin konsantrasyonu belli bir düzeyin altına düşerse, hipotalamus, TSH salıverme etkeni üretmek için uyarılır. Bu etkenin salıverilmesi, tiroit uyarıcı hormon (TSH) salgılaması için ön hipofizi uyarır. TSH, sıra ile, tiroidin tiroksin salıvermesini uyarır. Kanda tiroksinin yüksek düzeyleri hipotalamusun salıverme faktörü üretimini bağlar. Bu, TSH üretimini bağlar ve bu suretle tiroidin uyarılmasını azaltır. Böylece, kanda tiroksin konsantrasyonunun negatif geri beslemesi, üretildiği sistemi denetler.

8-7 Paratiroid salgı Bezleri

Paratiroidler denilen dört adet küçük, yumurta şeklindeki salgı bezi tiroidin arkasına gömülüdür. Bunlar paratiroid hormon ya da parathormon salgılar. Bu hormon kalsiyum ve fosfat metabolizmasını düzenler. Kalsiyum, uygun bir gelişim, sağlıklı kemikler ve dişler,

kan pıhtılaşması, sinir işlevi ve kas kasılması için gereklidir. Fosfat kemikte ve vücutta ATP, DNA ve RNA'yı içeren çok önemli bileşiklerde bulunur. Kandaki kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu, sinir ve kasların normal işlevi için orantısal olarak dar limitler içinde tutulması gerekir. Kalsiyum bir miktar hücrelerde biriktirilir, ancak esasen kemiklerde kalsiyum fosfat bileşikleri olarak biriktirilir. Zayıf da olsa, kan kalsiyumu düzeyi düştüğünde, paratiroid parathormon salgılamak için uyarılır. Bu hormon kemikten plazmaya kalsiyum salıverilmesine neden olur. Kan kalsiyumu konsantrasyonu belli bir düzeyin üzerine çıktığında, kalsiyum kemiklerde biriktirilir. Fazlalık kalsiyum böbrekler ve bağırsaklarla boşaltılabilir.

Parathormon eksikliği düşük kan kalsiyumu düzeylerine neden olur. Bu düzey yeterince düşükse, çizgili kaslar çok duyarlı olur ve *tetany* denilen bir durumda kuvvetlice kasılırlar. Parathormonun aşırı salgılanması, kalsiyumun kemiklerden çok duyarlı olduğu ve kolaylıkla yıkıldığı noktaya taşınması ile sonuçlanır.

8-8 Adrenal Salgı Bezleri

İki böbreğin başlıkları adrenal salgı bezleridir. Bu salgı bezlerinin her biri *medula* denilen bir iç katman ve *korteks* denilen bir dış katmandan ibarettir. Adrenal bez hormonları stresle ilgili olarak vücuda yardım ederler. Medulanın hormonları ani stresleri kontrol altında tutarken, korteks hormonları uzun dönemli streslerle ilgili olarak vücuda yardım etmektedir.

Adrenal medula. Adrenal medulanın bu dokusu sinir dokusu ile ilgilidir. Adrenal medula tarafından salgılanan iki hormon **epinephrine** ya da *adrenalin* ve **norepinephrine** ya da *noradrenalin*dir. Bu salgının yaklaşık yüzde 80'i epinephrine ve yüzde 20'si norepinephrinedir. Adrenal medula tarafından bu iki hormonun salgılanması, doğrudan sempatik sinir sistemi sinirleri tarafından düzenlenmektedir. Genel olarak, bu hormonların etkileri, etkileri daha uzun süren hormonlar dışında, sempatik sinir sisteminin uyarılmasıyla üretilenlerle aynıdır.

Epinephrine ve norepinephrine "acil yanıt" ya da "dişe diş" denilen karşı tepki üretir. Bunlar, korku, öfke, ağrı veya fiziksel çaba gibi ani streslere yanıt için salgılanırlar. Bu hormonların her ikisi vücudun kan damarlarını kısarlar. Epinephrine metabolizma hızını artırır. Karaciğerden glikoz salıvermesini artırır. Kalp atış hızını ve kuvvetini, kan basıncını, solunum hızını, kan pıhtılaşma oranını ve terlemeyi artırır.

Adrenal korteks. Adrenal korteksin hormonları **cordicosterodler** denilen bileşiklerdir. Kolesterolde sentezlenirler. Adrenal korteksin başlıca hormonları kortizol ve aldosteronudur, ancak otuzdan daha fazla diğerleri de bilinmektedir.

Kortizol ya da *hidrokortizon* karbonhidrat, protein ve yağ metabolizmasını etkiler. En büyük eylemi karaciğer ve diğer dokularda glikozun sentezlenmesini kapsar. Kanda glikoz düzeyinin düzenlenmesinde önemli olmaktadır. kortizon, kortizol ile yakın ilişkili bir bileşiktir. Kortizon sentetik olarak üretilmekte ve eklem yangısı tedavisinde ve alerji

semptomlarına karşı etkili olarak kullanılmaktadır.

Aldosteron ve ilişkili hormonlar kandaki normal mineral dengesini sağlarlar. Aldosteron böbrek tübüllerinde sodyumun geri Emilimi ve böbrek tübüllerinden potasyumun boşaltımını artırır. Bu iyonların denetimi ile, aldosteron hücreler arası sıvı ve kanın hacmini kontrol da eder. Adrenal korteks erkek ve dişi eşey hormonlarını da salgılamakla, üretilen dişi hormonların miktarı çok azdır. Erkek eşey hormonları erkeklerde eşey gelişiminin düzenlenmesinde bir miktar rol oynayabilmektedir.

8-9 Pankreas-Langerhans Adacıkları

Pankreas hem ekzokrin hem de endokrin salgı bezidir. Ekzokrin kısmı pankreas kanalına sindirim suyu salgılar. Endokrin kısmı, hormon salgılayan hücrelerin küçük salkımlarından ya da adalarından, **langerhans adacıklarından** ibarettir. Bunlar pankreasa dağılmışlardır. Bu adacıklarda, glucagon hormonu salgılayan *alfa (α) hücreler* ve insülin hormonu salgılayan *peta (β) hücreler* diye iki çeşit hücreler vardır. Bu hormonların ikisi karbonhidrat metabolizmasını denetleme işlevi yapar.

İnsülin. İnsülin glikoz metabolizmasını birkaç yönden etkiler. Vücut dokularının çoğunda hücre zarlarında glikozun taşınım hızını artırır. Vücutta glikoz yüksek olduğunda, pankreasın peta hücreleri insülin salgılamak için uyarılır. İnsülin, glikozun vücut hücrelerine geçişini yükselterek, kan glikoz düzeyini düşürür. Karaciğer ve çizgili kas hücreleri içinde, glikozu glikojene dönüşümünü yükseltir ve yağ dokularda, glikozun yağa dönüşümünü yükseltir. Ayrıca hücrelerde glikoz oksidasyon hızını artırır.

Glucagon. Glugaconun, glikoz metabolizmasına etkileri, insülininki ile çoğunlukla zıt ya da antagonistiktir. İnsülin kan glikoz düzeyini düşürürken, glucagon artırır. Kanda glikoz konsantrasyonu belli bir düzeyin altına düştüğünde, pankreasın alfa hücreleri glucagon salgılamak için uyarılır. Glucagon, karaciğerde glikojenin glikoza dönüşümünü yükseltir. Bu glikoz karaciğerden hızla kan dolaşımına difüze olur.

Karaciğer glikojeni tedariki tüketildiğinde, glucagon amino asitlerin ve yağ asitlerinin glikoza dönüşümüne neden olur. Böylece, yeterli karbonhidrat sağlanamadığında, enerji gereksinimlerini karşılamak için, vücut yağ ve proteinleri yıkılırlar.

Diyabet. Langerhans adacıkları yeterli insülin üretiminde yetersiz kaldıklarında, vücut hücrelerine girebilecek glikoz miktarı büyük oranda azaltılır. Bunun yanında, kandaki glikoz konsantrasyonu artar ve fazlalık şeker idrarla boşaltılır. Bu duruma **diyabet** denir. Diyabet semptomları iştah artışı ve susamaya karşın kilo kaybı ve genel güçsüzlük içerir. Tedavi edilmediğinde, diyabet ölüme neden olur. Uygun perhiz ve günlük insülin enjeksiyonu hastalığı kontrol altına alabilir.

8-10 Gonadlar

Gonadlar ya da eşey salgı bezleri, dişinin yumurtalıkları ve erkeğin erbezleridir. Yumurtalıklar yumurta ve erbezleri sperm üretirler. Gonadlar, eşeyssel gelişim ve

üremenin tüm yönlerini denetleyen eşey hormonları da salgılarlar.

Yumurtalıklar. Yumurtalıklar iki hormon **estrogen** ve **projeşteron** üretirler. Gelişme sırasında , estrogen dişi üreme sisteminin gelişimini uyarır. Estrogen, kalçaların genişlemesi ve göğüslerin gelişimi gibi dişi ikincil eşey karakteristiklerinin gelişimini arttırır. Estrogen adet döngüsünü düzenlemek için projeşteron ile birlikte rol yapar.

Erbezleri. Erbezleri androjenler denilen erkek eşey hormonlarını salgılar. En önemli androjen **testosterondur**. Dölüt gelişimi sırasında, testosteron erkek üreme sisteminin gelişimini uyarır. Bu hormon, kalın bir ses, sakal, vücut kılları ve erek vücut şekli gibi erkek ikincil eşey karakteristiklerinin gelişimini de arttırır.

8-11 Mide ve İnce Bağırsak

Mideyi astarlayan özel hücreler, gastrik suyun akışını uyarın *gastrin* hormonu salgılar. İnce bağırsak astarında, pankreas suyunun akışını uyarın secretin hormonu salgılayan hücreler vardır. Secretin ilk keşfedilen hormondur.

8-12 Thymus

Timus, üst göğüs boşluğunda kalbin yanında bulunan bir salgı bezidir. Bebeklerde ve çocuklarda büyüktür, ancak ergenlik başladığında küçülür. Yaşamın başında, timus, enfeksiyonlara karşı vücut savunmasının bir parçası olan lenfositlerin oluşumuna katılır. Güncel araştırmalar, timusun çocuklukta thymosin denilen bir hormon ürettiğini göstermektedir. Thymosinin, bağışıklıkta önemli olan T lenfositlerin üretimini uyardığı düşünülmektedir. Timusun erişkinlerde hiçbir işlev yürütmediği görülmektedir.

8-13 Beyin Epifizi

Beyin epifizi, beyin kaidesine bitişik, bezelye büyüklüğünde bir yapıdır. *Melatonin* denilen bir hormon üretir. Kurbağalarda, bu hormon pigment hücrelerine etki ederken, sıçanlarda yumurtalıkların ve erbezlerinin işlevlerini uyarır. Bazı yeni araştırmalar melatoninin erkek insanlarda eşeysel gelişimi tutabileceğini göstermektedir. Eşeysel gelişimin başladığı, ergenlikte, melatonin salgılanması azalmaktadır. Melatonin dişi insanlarda da eşeysel gelişimi tutabilmektedir.

8-14 Prostaglandinler

Prostaglandinler, kan dolaşımına girmeksizin sentezlendikleri hücrelerde etkiler meydana getiren "lokal hormonlar"dır. Diğer hormonların etkilerini değiştirerek etki edebilmektedirler. Kalp atışı, kan basıncı, üre boşaltımı ve çocuklukta döl yatağının küçük kalmasını içeren metabolik etkinliklerin geniş bir çeşidini etkiledikleri düşünülmektedir. Prostaglandinler, yüksek kan basıncı, felç, astım ve ülser gibi hastalıkların tedavisinde olası kullanımı için araştırılmaktadır.

MİTOZ VE EŞEYSİZ ÜREME

ÜREME ÇEŞİTLERİ

Bütün hücreler diğer hücrelerden oluşur. Bu, orijinal hücrenin iki hücreye bölünmesiyle meydana gelir. Bir tekhücreli organizmada, hücre bölünmesinin sonucu, üretilir. Çok hücreli bir organizmada, hücre bölünmesi, çoğunlukla bedensel gelişim ya da doku yenilenmesi ile sonuçlanır. Bununla birlikte, bazı çok hücreli organizmalarda vücut hücrelerinin bölünmesi, yeni hücrelerin atadan ayrılıp tam, bağımsız bir birey oluşturmasıysa, bir üreme şekli de olabilmektedir.

Eşeyli ve eşeysiz, iki temel üreme çeşidi vardır. **Eşeyli üreme**, yalnızca bir ata vardır ve üremeye katılan özel üreme hücre ya da organları yoktur. Yeni birey ata organizmanın ayrılmış bir parçasıdır. Bununla birlikte, **eşeyli üreme**, çoğunlukla iki ayrı ana-baba organizma tarafından üretilen özel hücrelerin iki çekirdeğinin birleşmesini kapsar. Bazı organizmalar yalnızca eşeyli olarak çoğalırlar, diğer bazıları sadece eşeyli olarak çoğalırlar ve daha başkaları da her iki yolla üreyebilirler.

Bu bölümde önce hücre bölünmesi işlemi ve bunun eşeyli üremedeki rolü, değerlendirilecektir. Eşeyli üreme bir sonraki bölümde değerlendirilecektir.

9-1 Çekirdek ve Sitoplazma Bölünmesi

Hücre bölünmesi iki işlemden ibarettir. Çekirdek bölünmesi ve sitoplazmanın bölünmesi. Çekirdeğin bölünmesi işlemine **mitoz** ve sitoplazmanın bölünmesi işlemine **sitokinez** adı verilir. Mitozdan önce, çekirdekte, kalıtsal materyalin iki katına çıkarılması ile sonuçlanan bir dizi değişiklikler meydana gelir. Çekirdek bölündüğünde, her bir kardeş çekirdek bu materyalin tam bir kopyasını alır. Sitokinez sırasında, hücrenin sitoplazması, her biri yeni oluşturulan çekirdeklerden birini ve ata hücrenin diğer içeriğinin yaklaşık yarısını içeren iki parçaya bölünür. Sitokinez mitozla aynı zamanda ya da mitoz tamamlandıktan sonra meydana gelir.

Çekirdek hücrenin yönetim merkezidir. Çekirdek ve onun içerdiği kalıtsal materyal olmadan, hücrenin geri kalan kısmı çabucak ölür. Çekirdek hücre bölünmesinde de büyük bir rol oynar. Çekirdeğin kalıtsal materyali DNA'dır. Her bir hücrenin tüm bileşenlerinin sentezi için gerekli bilgi DNA'nın yapısında depolanmıştır. DNA, bir bütün olarak, organizmanın yapı ve işlevlerini belirleyen bilgiyi de içerir. Bu bilgi üretilen bütün hücrelere aktarılır. Bölünüyor olmayan hücrelerde, DNA, uzun, ince, bükülmüş iplikçiklerin bir örgüsünden ibaret olan **kromatin** denilen koyu renkli çekirdek

materyalinde bulunur. Hücre bölünmesi sırasında, kromatin, **kromozomlar** adı verilen çubuk şeklindeki yapılara organize olur.

Her bir organizma çeşidinin vücut hücrelerinde özel ve kendine özgü bir sayıda kromozomları vardır. Örneğin, insanın 46, buğdayın 42, meyve sineklerinin 8, kervidin 20, patateslerin 48 kromozomu vardır. Bir organizmanın vücut hücrelerindeki kromozom sayısı sabittir. Her bir kromozom, toplam kalıtsal bilginin yalnız bir kısmını içerdiğinden, her bir hücre uygun işlev için kromozomların tam bir takımını almak zorundadır.

9-2 Hayvan Hücrelerinde İnterfaz ve Mitoz

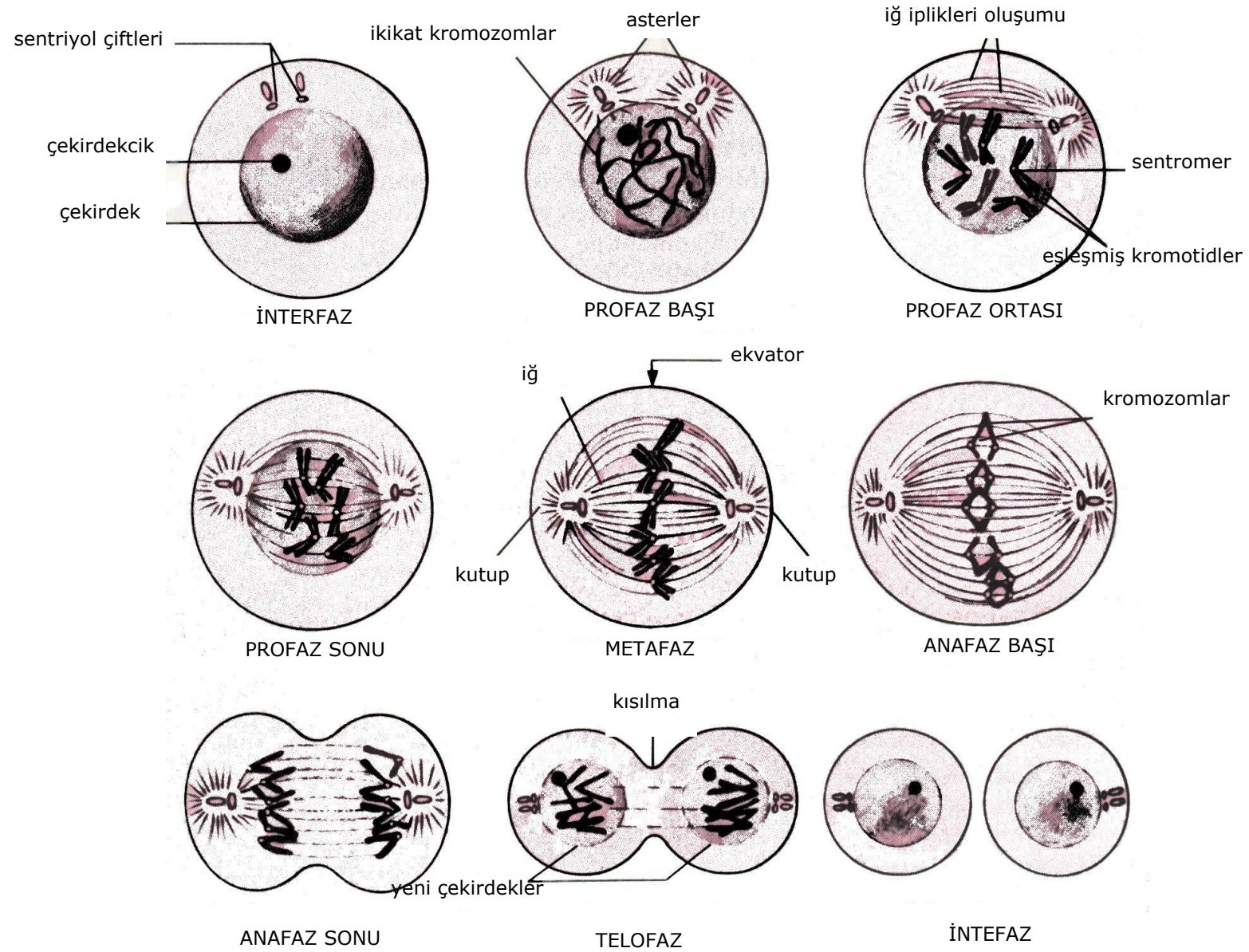
Mityoz, başladıktan sonra, sürekli bir işlemdir. Bununla birlikte, anlamayı kolaylaştırmak için, evrelere veya fazlara ayrılır. Bu evreler profaz, metafaz, anafaz, ve telofaz 'dır. Bu evreler arasında keskin ayrım yoktur; her biri bir sonrakiyle birleşmiştir. **Şekil 15-1** interfaz ve mitozun her bir evresinin başlıca olaylarını gösteriyor.

İnterfaz. Bir hücre mitoz dönemlerinin arasına olduğunda, **interfaz** evresindedir. İnterfaza dinlenme evresi denilse de, hücre gerçekten asla dinlenmede değildir. İnterfaz bir hücre bölünmesinden bir sonraki bölünmenin başlamasına kadar sürer. İnterfaz sırasında, çekirdek nükleik asitleri, sitoplazma proteinlerini sentezler ve hücre büyür. Mitoz başlamadan önce bazı noktalarda, her bir kromozom kendi kendinin bir kopyasını yapar ya da *kopyalanır* ve gerçekten kromozomlar iki katına çıkar.

İnterfaz sırasında, hücre çekirdeği çekirdek zarı ile çevrilidir ve bir veya daha fazla çekirdekçik vardır. Kromozomlar, bu dönemde, mikroskopta ayırt edilemezler. Buna karşılık, DNA düğümlenmiş iplik şeklinde kromatin kütlesi olarak belirir. Çekirdeğin yanındaki birbirine dik iki ufacık, silindir yapılar **sentriyoller**dir. Sentriyoller de interfaz sırasında iki çift oluşturarak iki kat olur.

Profaz. Profaz sırasında, iki katına çıkmış kromozomlar, uzun iplikçiklerin sarılıp, kısaldığı kalın çubukçuklar olarak görünmeğe başlar. İki katına çıkmış her bir kromozomun iki yarısına **kromatidler** denir. Bunlar, **sentromer** adı verilen bir merkezde birleşmiştir.

Profaz başlangıcında, sentriyollerin iki çifti, hücrenin zıt uçlarına ya da *kutuplarına* doğru hareket ederler. Sentriyoller, geçmişte iplikçikler olduğu zannedilen protein içerikli yapıların oluşumu ile ilgili olarak belirirler. Elektron mikroskobu araştırmaları mikrotubuller olduğunu göstermesine rağmen, bunlara hala iplikçikler olarak işaret edilmektedir. Sentriyollerden dışarıya doğru uzanan iplikçikler, **asterler** denilen yıldız şeklindeki yapıları oluşturur. Diğer lif şeklindeki iplikçikler kutuplar arasında uzanır. Bu iplikçikler **İğ** denilen futbol topu şeklindeki bir yapıyı oluşturur. İğ ipliklerinin bazıları kromozomların sentromerlerine tutunur. Profaz ilerledikçe, iki katına çıkmış kromozomlar, kutuplar arasında orta bölge olan ekvatora doğru hareket etmeğe başlar. Profazın sonunda, çekirdek zarı ve çekirdekçik kaybolur.



Şekil 9-1. Hayvan Hücrelerinde İnterfaz ve Mitotik Hücre Bölünmesi

Metafaz. Metafaz sırasında, iki katına çıkmış kromozomların sentromerleri ekvatorunda sıralanır. Metafaz sonunda, iki katına çıkmış her bir kromozomun sentromeri belirgin olarak ikiye bölünür ve iki kromatidi tam olarak ayrılır. Diğer bir ifade ile iki katlı-bağ oluşturmuş her bir kromozom, eş kromozomlara ayrılmış olur. Sentromerlerin ayrılması tüm kromozomlarda aynı zamandadır. Bunun mekanizması bilinmemektedir.

Anafaz. Anafazda, eş kromozomlar bağımsız olarak zıt kutuplara hareket ederler. Tam bir kromozom takımının bir kutpa, diğer özdeş tam takımın diğer kutpa çekildiği bu hareketi iğ iplikleri destekler.

Bütün kromatidlerin sentromerleri ani bir sıçrayışla birbirinden uzaklaşmaya başlar. Kromatidler birbirinden ayrıldıktan sonra kardeş kromozomlar olarak adlandırılır. Sentromerlerde iğ iplikleri üzerinde kaymaya yardım eder. Radyasyon verilerek sentromerleri tahrip edilen kromozomlar kutuplara gidemez. Kanseri dokulara radyasyon verilmesi, bu iğ ipliklerini tahrip etmek içindir. Böylece hücre artık bölünemez.

Telofaz. Telofaz kromozomların kutuplara ulaşması ile başlar. Kromozomlar uzar, çözülür ve derece derece iplikçik şeklinde kromatin görünümünü alır. İğ iplikleri ve asterler kaybolur. Her bir kardeş çekirdek etrafında bir çekirdek zarı oluşur ve çekirdekçikler belirir. Bu bir hayvan hücresinde çekirdek bölünmesini tamamlar.

9-3 Sitoplazmanın İkiye Bölünmesi

Sitoplazma bölünmesi çoğunlukla anafazın son kısmı sırasında başlar ve telofazda tamamlanır. Hayvan hücrelerinde, sitoplazmanın ikiye bölünmesi, hücre zarının içeriye bir kısılma yapması ile başlar. Bu kısılma yarığı hücrenin ortasında meydana gelir ve yaklaşık aynı büyüklükte iki kardeş hücrenin oluşması ile sonuçlanır.

Bitki hücrelerinde hücre bölünmesi gelişen tohumlarda, kök ve gövdenin büyüyen kısımlarında çok kolaylıkla gözlenebilir. Hücre bölünmesinin temel olayları bitkilerde de hayvanlardaki ile aynıdır. Bununla birlikte, bitki hücrelerindeki bölünme iki yönden hayvan hücrelerindeki farklıdır. Birincisi bitki hücrelerinin sentriyolleri yoktur. Bu nedenle, aster oluşumu yoktur. Ancak, bir iğ ipliği oluşumu vardır ve kromozomların hareketi hayvan hücrelerindeki ile aynıdır. İkincisi, bitki hücrelerinin bükülmez hücre çeperi telofaz sırasında içeriye kısılma yapmaz. Bunun yerine, hücrenin ortasında baştan başa **hücre levhası** denilen bir yapı oluşur. Hücre levhası dışarıya doğru gelişir ve eski hücre çeperi ile birleşir, böylece hücreyi ikiye böler. Yeni hücre çeperi materyali hücre levhasının her bir tarafında salgılanır.

9-4 Mitotik Bölünmenin Süresi ve Denetimi

Bir hücrenin mitoz bölünmenin tüm evrelerinden geçmesi için gerekli süre, bir organizma türünden diğerine ve bir doku çeşidinden diğerine değişir. Genel olarak, interfaz dönemi mitotik hücre bölünmesi evreleri ile karşılaştırıldığında uzundur. Örneğin, doku kültüründe bir insan hücresinin bölünmesi yaklaşık bir saat sürer ve arkasından 16 ile 20 saat arasında interfazda kalır.

Mitoz fazla özelleşmemiş hücrelerde daha sıktır. Gelişmekte olan bir embriyonun pek çok hücresi çok hızlı bir oranda bölünür. Bununla birlikte, embriyo geliştikçe hücreler özelleşir ve mitoz oranı azalır. Erginlerde, çabuk hücre bölünmesi belirli dokularla sınırlıdır. Bitkilerde kambiyum ve kök uç hücreleri, hayvanlarda kemik iliği ve deri epitel

hücreleri gibi bazı hücreler hızlı bir oranda bölünür. Diğer yandan, bitkilerde ksilem, hayvanlarda sinir ve kas hücreleri gibi özelleşmiş hücreler, bir kez oluştuktan sonra seyrek ya da hiç bölünmezler.

The subsequent re-growth of antlers during the spring and summer months is spectacular and represents one of the fastest rates of organogenesis in the animal kingdom. No other mammal can naturally regenerate any lost organ, let alone anything as large and complex as an antler, e.g. the antlers of a 200-kg adult red deer may weigh as much 30 kg but take only 3 months to grow. Hayvanlarda En hızlı hücre bölünmesi geyiklerde boynuzların gelişiminde meydana gelir. Antlers are the fastest growing of the osseocartilagenous tissues, with growth rates of up to 1 cm/day, and are the only mammalian appendages capable of regeneration ([Coss, 1983]). Antlers develop from pedicles, which arise from antlerogenic cells of the deer cranial periosteum. Initial development of the pedicle occurs by intramembranous ossification, in which trabecular bone and osseocartilage are laid down below somatic skin. The appearance of chondrocytes in cartilaginous trabeculae marks a transition to endochondral ossification ([Li and Suttie, 1994]).

Mitotik hücre bölünmesini başlatan ve denetleyen mekanizma ya da etkenler bilinmemektedir. Bir hücreli organizmalarda, hücre büyüklüğündeki artışın mitotik hücre bölünmesini başlattığı sanılmaktadır. Hücre büyüdükçe, hücre hacmi, hücre yüzey alanından daha hızlı büyür. Örneğin, hücre bir küre şeklinde düşünülürse, hücre hacmi yarıçapın küpü, yüzey alanı ise yarıçapın karesi oranında büyür. Hücre büyüklüğü belirli bir noktanın üzerine çıktığında, zarın yüzey alanı hücre içi ile çevresi arasında gerekli materyalin değişimi için yetersiz kalmağa başlar. Kısaca, bir hücrenin işlevleri için, büyüklüğünün bir üst limiti vardır. Bir hücre kendi çeşidinin karakteristik en üst büyüklüğüne eriştiğinde, ya büyümeyi durdurur ya da bölünür.

Karmaşık çok hücreli organizmalarda, bazı hücreler düzenli olarak bölünür, bazıları çok seyrek bölünür ya da bir kez oluştuktan sonra bölünmez, diğer bazıları ise ancak belirli koşullar altında bölünürler. Doğal olarak, hücre bölünmesi dokunun onarım ya da gelişimi için gerekli oldukça meydana gelir. **Hücrelerin kendi bölünmelerini, bir negatif geri besleme mekanizması gibi görev yapan bir denetim maddesinin salgılanması ile kendi kendilerine düzenlemeleri olasılığı vardır.** Bu varsayıma göre, hücre sayısı yeterli olduğunda, salgılanan denetim maddesinin konsantrasyonu hücre bölünmesini önlemek için yeterli olmaktadır. Hücre sayısı azaldığında, denetim maddesinin konsantrasyonu da azalır. Böylece uygun hücre sayısı yerine getirilinceye kadar hücre bölünmesine izin verilir.

Bazen bir grup hücre, denetimsiz bir biçimde etrafındaki dokuları işgal ederek ve normal organ işlevlerini engelleyerek bölünmeye başlar. Bu denetimsiz hücre bölünmesine kanser denir. Hücre bölünmesini normalde başlatan ve denetleyen etkenlerin anlaşılması, kanserin denetim altına alınmasında çok büyük yardımcı olacaktır.

EŞEYSİZ ÜREME

Bir hücreli organizmalar, pek çok basit hayvanlar ve pek çok bitkiler **yaşam döngülerinin en az bir kısmında eşeysiz ürerler**. Çok hücreli organizmalarda eşeysiz üremede, yeni dölleri atanın farklılaşmamış, özelleşmemiş hücrelerinden gelişir.

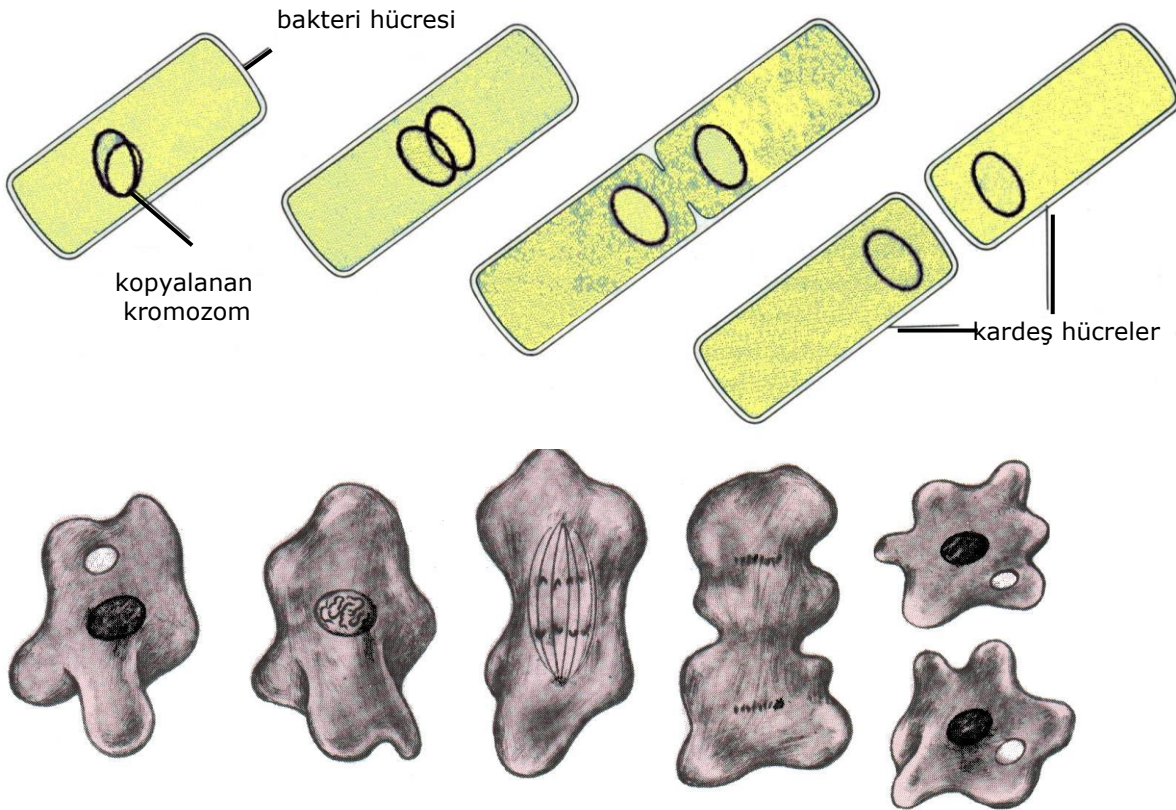
Eşeysiz üreme yalnızca mitotik hücre bölünmesinden ibaret olduğu için, her bir yeni döl atasıyla tam olarak aynı kalıtsal bilgiye sahiptir. Yeni dölleri çok az değişme gösterdiğinden, birbiriyle ve atalarıyla hemen tamamen özdeşirler. Bu nedenle eşeysiz üreme, bir tür içinde dölden dölle değişmez karakteristiklerle sonuçlanır.

Eşeyssiz üreme, çoğunlukla çabuk ve sıkça çok sayıda yeni dölün meydana gelmesi için yeterlidir. Eşeyssiz üremenin **ikiye bölünerek çoğalma**, **tomurcuklanma**, **spor oluşturma**, **rejenerasyon** ve **vejetatif üreme** gibi bazı çeşitleri vardır.

9-5 İkiye Bölünerek Çoğalma

Eşeyssiz üremenin en basit şekli, **ikiye bölünerek çoğalmada**, ata organizma yaklaşık iki eşit parçaya bölünür. Yavru hücrelerden her biri ayrı bir birey meydana getirir ve uygun büyüklüğe gelişir. Ata iki bireye ayrıldığı için, bu üreme yönteminde geriye bir ana-baba kalmaz. İkiye bölünerek çoğalma bakteriler, protozoalar ve pek çok algleri içeren birhücreli organizmalar arasındaki yaygın üreme şeklidir. Ayrılmış bir çekirdek içeren **ikiye bölünerek çoğalan hücrelerde**, çekirdek mitozla bölünür.

Bakterilerde Bölünme. Bakteriler organize olmuş bir çekirdekten yoksundur. Kalıtsal materyal bir tek yuvarlak kromozom şeklindedir. Hücre bölünmesinden önce, kromozom kopyalanır, iki katına çıkar. Ata hücre, merkezine yakın bir hücre duvarının oluşmasıyla, her biri kopyalanan kromozomlardan birini içeren iki yavru hücreye bölünür (Şekil 15-2).



Şekil 9-2. Bakteri ve Amipte İkiye Bölünme

Her bir yavru hücre bölünmeden önceki normal büyüklüğüne gelişir. Bazen yavru hücreler birbirinden ayrılmaz, böylece bakteri zinciri oluştururlar. Uygun koşullar altında bazı bakteriler her 20 dakikada bölünebilirler.

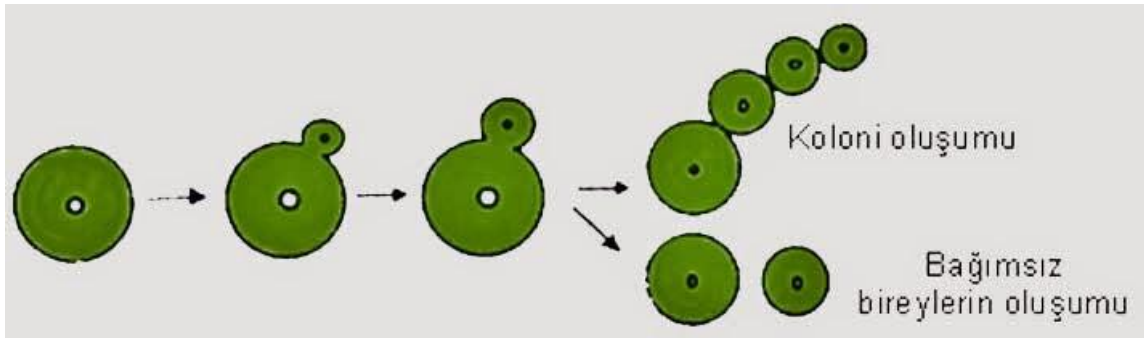
Protozoalarda Bölünme. Bir amip tam büyüklüğe eriştiğinde, yuvarlaklaşır ve çekirdeği mitoz geçirir. Çekirdek bölünmesinden sonra, sitoplazma, iki yavru hücre üretimi için hücre ortasından içeriye kısıılır ya da büzülür (Şekil 15-2). Meydana gelen her iki hücre orijinal atadan daha küçüktür, fakat sonuçta tam büyüklüğe erişirler.

Terliksi hayvanın biri *mikronükleus* ve diğeri *makronükleus* iki çekirdeği vardır. Küçük olan mikronükleus hücrenin üreme işlevlerini yönetir. İkiye bölünme sırasında mikronükleus mitozla bölünür. Makronükleus biraz değişik bir mitozla (amitoz) bölünür. Çekirdeklerin her bir çeşidinin birer tanesi her bir yavru hücreye gider. Oral oluk ve boğaz da kopyalanır ve iki yeni vurgan koful ortaya çıkar. Kısaca, ayrılma meydana gelmeden önce, iki tam organizma için gerekli kısımlar hazırlanır. Sitoplazmanın bölünmesi hücrenin ortasından içeriye kısılması ile meydana gelir. Terliksi hayvan eşeyli de üreyebilir.

9-6 Tomurcuklanma

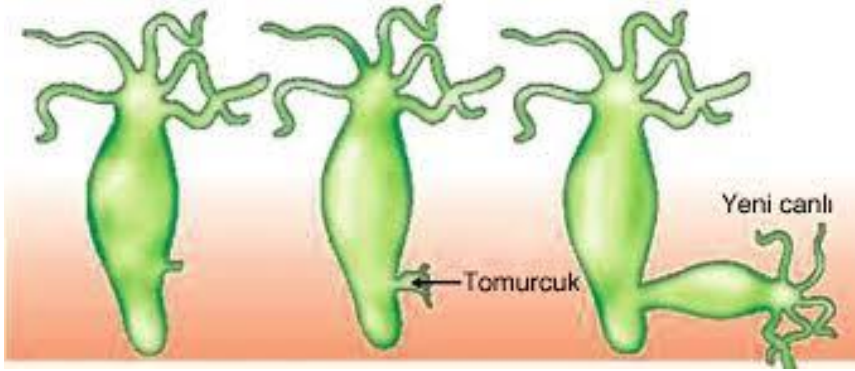
Tomurcuklanma ata organizmanın eşit olmayan iki parçaya bölündüğü bir eşeysiz üreme çeşididir. Yeni bireyler, ata organizmanın dış yüzeyinde küçük çıkıntılar ya da tomurcuklar olarak gelişir. Tomurcuklar kırılıp ayrılır ve bağımsız olarak yaşayabilir veya bitişik kalarak koloni oluşturabilir. **Tomurcuklanma, ata ve yeni döllerin eşit büyüklükte olmamaları ile, ikiye bölünerek çoğalmadan ayrılır.** Tomurcuklanma **maya ve hidra yanında sünger ve bazı solucanlarda** meydana gelir.

Mayada tomurcuklanma. Bir maya hücresi belirli bir büyüklüğe eriştiğinde, çekirdek hücrenin kenarına doğru hareket eder. Hücre duvarı burada bir enzim tarafından yumuşatıldığından **tomurcuk** denilen küçük yumru benzeri bir yapı oluşturarak dışarıya doğru çıkıntı yapar. Arkasından, çekirdek iki yavru çekirdek meydana getirerek mitoz geçirir. Biri ata hücre içinde kalırken diğeri yavru çekirdek tomurcuğun içine hareket eder. Ata hücre ile tomurcuk arasında bir hücre duvarı meydana gelir. Tomurcuk ata hücreye bitişik kalabilir veya ondan ayrılabilir. Her iki durumda, tomurcuk, büyüklüğünü arttırabilen ve sonunda kendi tomurcuklarını üretebilen bağımsız bir hücredir.



Şekil 9-3. Tomurcuklanma ile üreme.

Hidrada tomurcuklanma. Hidrada tomurcuklanma, mayadakinden oldukça farklıdır. Hidralar birkaç çeşit hücrelerden meydana gelir. Tomurcuklanma başladığında ata hidranın yan tarafında farklılaşmamış hücreler, tekrarlanan mitotik bölünmeler geçirerek küçük bir hücre yığını meydana getirir. Bu hücreler bölünmeyi sürdürür ve birkaç gün içinde bir ağız ve dokunma organları olan küçük bir hidra meydana gelir. Tomurcuk hidra sonunda ata hidradan ayrılır. Hidralar eşeyli olarak da üreyebilir.



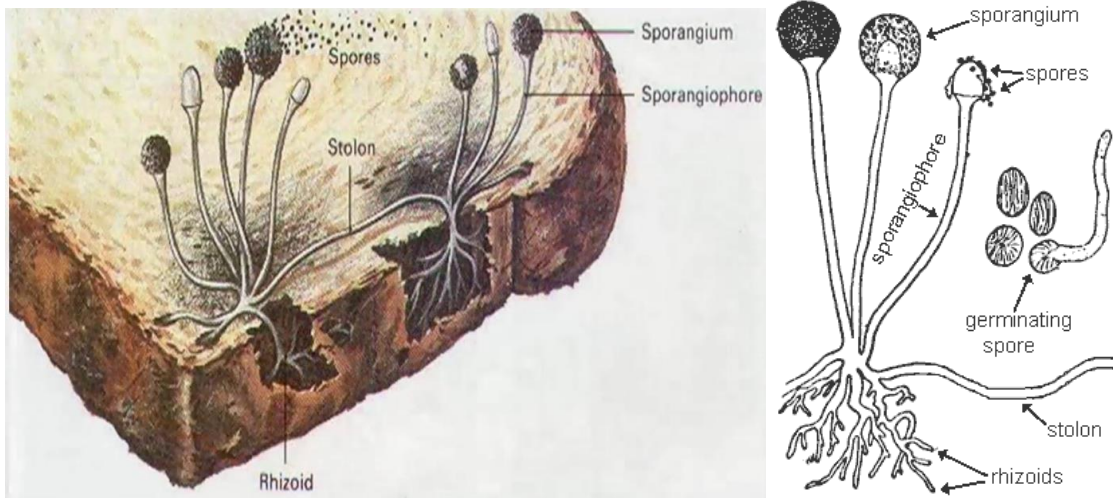
Şekil 9-4. Hidrada tomurcuklanma ile üreme.

9-7 Spor Oluşumu

Sporlar, belirli organizmalar tarafından üretilen ve serbest kaldığında çimlenip yeni bireyler meydana getirecek şekilde gelişen bireysel, özelleşmiş hücrelerdir. Gerçekte, spor terimi, görünüş, yapı ve köken bakımından tamamen farklı, ancak hepsi basit üreme birimleri olarak işlev gören bir-hücreli yapıların şaşırtıcı çeşidi için kullanılır. Her bir spor değişmez hücre bileşenlerini içerir ve çoğunlukla özel kalın, sert bir dış duvarla çevrelenmiştir. Diğer sporlar bu tür duvarlardan yoksundur ve kamçılı olabilmektedir.

Sporlar eşeyli ve eşeysiz oluşturulabilir. Eşeysiz oluşan sporlar mitotik hücre bölünmesi ürünleridir ve mantarlar, algler ve protozoalar gibi pek çok basit organizmalarda yaygın bir üreme tarzıdır. Bu sporlar çoğunlukla büyük miktarlarda üretilir. Sporlar, türedikleri orijinal ata hücrenin kalıntısı bir tek hücre yapısında oluşturulur ve buradan salıverilirler.

Ekmek küfünde spor oluşumu. Bir mantar olan ekmek küfünün, çoğunlukla ekmek ya da diğer yiyeceklerde koyu, pamuksu bir kitle halinde geliştiği görülür. Bu sporlar yüzeyden yukarı gelişen özelleşmiş saplar üzerindeki spor kınlarında mitotik hücre bölünmesi ile meydana getirilir. Her bir spor kını içinde binlerce siyah spor gelişir. Olgunlaştığında, spor kınının duvarları parçalanır ve ince, hafif sporlar hava akımları ile uzağa taşınır (Şekil 9-X). Bir spor sıcak, besleyici ve nemli bir yüzeye indiğinde, çimlenir ve yeni bir mantar kitlesi oluşturmak için gelişir. Ekmek küfleri eşeyli olarak da üreyebilir.



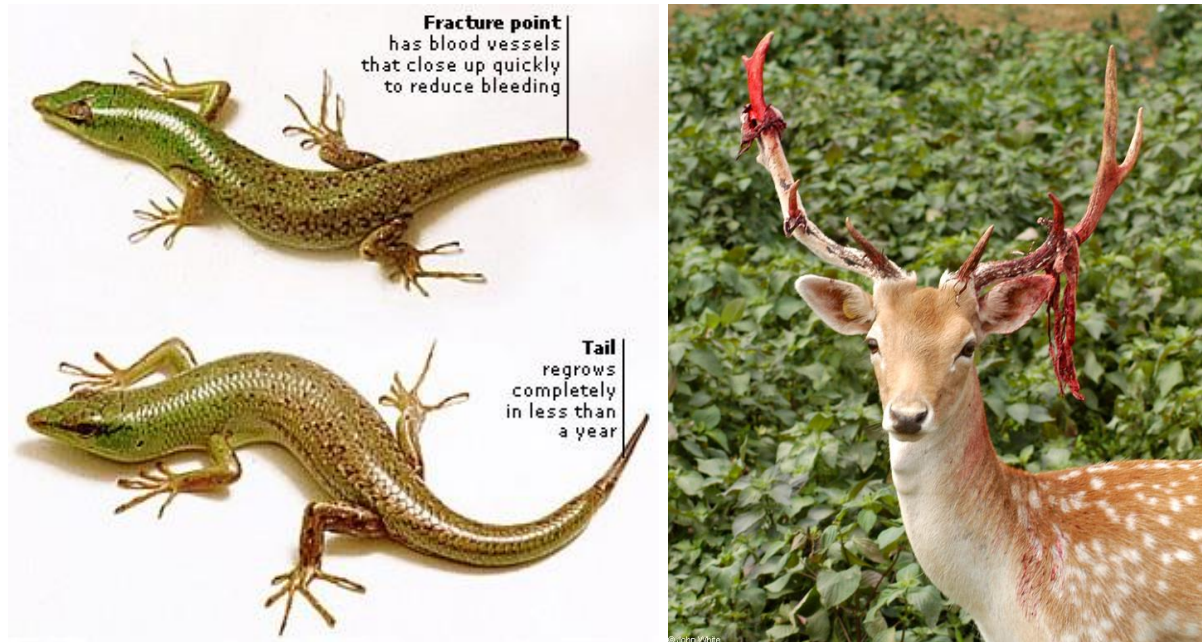
Şekil 9-5. Ekmek küfünde, *Rhizopus stolonifer*, spor oluşumu.

9-8 Yenilenme

Yenilenme, bir organizmanın kaybedilen vücut parçalarını yeniden geliştirebilme yeteneğidir. Daha çok hidra, planaria, denizyıldızı ve yersolucanı gibi basit hayvanlar, kaybedilen parçalarını yenileme yeteneğine sahiptir. Eğer bir hidra ikiye ayrılırsa, her bir yarım yeni bir birey meydana getirir. Planaria, her biri tam bireye gelişecek olan birkaç parçaya ayrılabilir.

Denizyıldızı istiridyelerden beslenir. İstiridye üreticileri, denizyıldızlarını, elle koparıp parçalara ayırdıktan sonra bu parçaları suyun içine geri atarak yok etmeğe çalışırlardı. Ancak, bir denizyıldızının her bir parçası, merkezi diskten bir parça içerdiği süre tam bir yeni organizmaya yenilenebilir. Böylece insanlar yok etmekten çok, gerçekte denizyıldızının artmasına yardımcı olmuşlar.

Yenilenme gücü, hayvanlar daha karmaşık oldukça azalır. Bir yengeç kayıp bir kısığını yeniden geliştirir, ancak küçük bir parçadan bütün bir yeni hayvan meydana getiremez. Memeliler zarar gören dokuları onarabilir, fakat bir bacak veya bir parmağı yenileyemezler. Basit organizmalar büyük yenilenme gücüne sahip olmakla birlikte, çoğunlukla doğal koşullar altında bu tarzda çoğalamazlar.



Şekil 9-6. Yenilenme

Deer antlers are one of the animal kingdom's most dramatic examples of male prowess and thus since ancient times have been held in great regard by humans. However, antlers also provide a model for studying two unique processes: the development of a complete appendage that is delayed until puberty and mammalian organ regeneration. No other mammal can naturally regenerate any lost organ, let alone anything as large and complex as an antler, e.g. the antlers of a 200-kg adult red deer may weigh as much 30 kg but take only 3 months to grow. By contrast, animals that have retained the capacity to regenerate are found in most other phyla and a variety of these are studied by regeneration biologists. These include planaria, hydra, urodele amphibians, *Xenopus* and zebrafish ([Brockes, 1997](#); [Fujisawa, 2003](#); [Nye et al. 2003](#); [Poss et al. 2003](#); [Sanchez Alvarado, 2003](#); [Slack et al. 2004](#)). In fact, it has been proposed that only by studying a variety of examples of natural regeneration can we develop our understanding of why some animals regenerate and others do not ([Brockes, 2004](#)). However, despite their obvious convenience as experimental models, these are not mammals and although some mouse strains have been shown to have an increased capacity for repair ([Heber-Katz et al. 2004](#)), they are unable to regenerate whole organs. This is why the mechanisms that underlie antler regeneration should continue to be investigated, notwithstanding the limitations of deer as an animal model. This argument made most persuasively by Richard Goss, the regeneration biologist who pioneered antler research in the late twentieth century ([Goss, 1995](#)). Antler research can help us understand why regenerative ability has been lost in mammals and take us further towards a 'holy grail' of modern human medicine: the ability to regenerate organs that have been removed through trauma or excision.

10 MAYOZ VE EŞEYLİ ÜREME

EŞEYLİ ÜREME

Bütün canlılar eşeysiz veya eşeyli üreme ile kendi çeşitlerinin yeni bireylerini oluştururlar. Eşeysiz üremede, tek bir ata mitotik hücre bölünmesiyle yeni dölü oluşturur. MİTOZ BÖLÜNMEDE DNA KENDİNİ KOPYALAYARAK ÇEKİRDEK MATERYALİNİ İKİ KATINA ÇIKARIR. BU KOPYALAMADA DNA, YAPISI GEREĞİ KENDİSİNİN DİĞER BİR EŞİNİ, İKİNCİ BİR TAKIMINI OLUŞTURUR. Yeni bireylerden her biri atasının kromozomlarıyla özdeş olan kromozomların bir takımını alır. Bu nedenle, eşeysiz üremede, dölden dölle aktarılan kalıtsal bilgi aynı kalır. Eşeysiz üreme, döllerde değişiklik ya da farklılık meydana getirmez. Kalıtsal farklılık, ancak eşeyli üremede ortaya çıkarır.

Eşeyli üremede her zaman iki hücre çekirdeğinin birleşmesi vardır. Bu iki hücre çoğunlukla iki ayrı ata organizmadan gelmektedir. Eşeyli üremede çekirdek materyalini sağlayan hücrelere **gametler** denir. Pek çok türde, erkek ve dişi olarak adlandırılan, fiziksel olarak farklı iki gamet tipi vardır. Dişi gamet çoğunlukla daha büyük ve hareketsizken, erkek gamet çoğunlukla daha küçük ve hareketlidir. İki gamet çekirdeğinin birleşmesine **döllenme** ve bu birleşme ile oluşmuş tek hücreye de **zigot** denir.

Eşeyli üremede, üretilen döl, atalarından herhangi biri ile özdeş değildir. Aksine, bu dölleri yeni karakteristik bileşimleri gösterirler. Böylece, eşeyli üreyen herhangi bir türde, üyeler yapı ve/veya işlev değişimleri gösterir. Bir türün bireylerinde değişim miktarının artması, bu türün de bazı bireylerinin çevrendeki kısa ve uzun dönemli değişikliklerde yaşamını sürdürmede diğerlerinden daha iyi uyum sağlama olasılığını artırır. Daha iyi uyum sağlayan bireylerin çevresel değişikliklerde yaşamlarını sürdürmeleri ve **yararlı varyasyonları** dölleri aktarmaları daha olasıdır. Varyasyonlar, bir popülasyondaki belirli bireylerin yeni ortamlara taşınmasına da olanak verebilmektedir. Eşeyli üreme, bir popülasyonu daha değişken yaparak, türün varlığını sürdürme güvencesini desteklemektedir.

MAYOZ

16-1 Diploid ve Haploid Kromozom Sayıları

Vücut hücreleri ya da **somatik hücreler**, bir organizmanın eşeyli üremeye ilgili olan özelleşmiş belirli hücreleri dışındaki diğer tüm hücreleridir. Her bir türde vücut hücreleri karakteristik bir sayıda kromozom içerir. Örneğin, insan vücut hücreleri 46 kromozom, *Amerikan iri kurbağasının (Rana catesbeiana)* vücut hücreleri 26 kromozom ve meyve sineğinin vücut hücreleri 8 kromozom içerir. Bununla birlikte, bu kromozomlar **benzer çiftler** ya da **homolog kromozomlar** olarak bulunurlar. Eşey belirleyen kromozom çifti dışında, **her bir homolog kromozom çiftindeki kromozomlar büyüklük ve şekilde benzer olup, aynı kalıtsal karakter ya da özellikleri denetlerler**. Böylece, insan vücut hücrelerindeki 46 kromozom, 22 homolog kromozom çifti ile bir eşey kromozom çiftinden ibarettir. Türdeki karakteristik kromozom sayısının hepsini içeren hücrelere **diploid** ya da $2n$, hücreler denir.

Homolog kromozom, biri anneden biri babadan gelen şekil ve büyüklük bakımından aynı olan kromozomlardır. Gen dizilişleri genelde farklı olabildiği gibi aynı da olabilir. **Mayoz bölünme sırasında tetrat, sinaps ve crossing-over homolog kromozomlar arasında görülür**. Sinaps, mayoz bölünme sırasında homolog kromozomların birbirine sarılması olayıdır. Tetrat, sinaps ile birbirine sarılmış dört kromatit, iki homolog kromozomdan meydana gelen yapıdır. Crossing-over ise homolog kromozomların sinaps görülen yerlerinde olan gen değişimidir ve çeşitliliğin temelini oluşturur.

Hayvanlarda, eşeyli üremede birleşen gametler vücut hücreleri ile aynı sayıda kromozoma sahip değildir. Gametler, diploid hücrelerdeki gibi homolog kromozom çiftlerini içermezler. Her bir çiftin sadece bir kromozomunu içerirler. Sonuçta, diploid kromozom sayısının sadece yarısına sahiptirler. Örneğin, insan gametleri vücut hücrelerindeki 23 çiftin her birinden birini, yani 23 kromozom içerir. Bu tür hücrelere **haploid** ya da *monoploid* denir. Haploid hücreler $2n$ yerine, n kromozom içerir.

Eğer gametler diploid hücreler olsaydı, her hücredeki kromozom sayısı her dölte iki kat olacaktı. İkiye katlanma döllenmede iki gametin birleşmesiyle meydana gelmektedir. Mayozdaki işlem den dolayı, kromozom sayısının ikiye katlanması meydana gelmez. Mayoz, kardeş hücrelerin ata hücrelerde mevcut kromozom sayısının sadece yarısını aldığı bir hücre bölünmesi çeşididir. Her bir homolog kromozom sadece bir üyesi alınır **Mayoz, hayvanlarda gametleri ve bitkilerde sporları üretir**.

16-2 Mayoz Evreleri

Redüksiyon bölünme olarak da bilinen mayoz, özel hücrelerde meydana gelir. Mayozun başında, bu hücrelerin diploid sayıda kromozomları vardır. **Mayozda, her bir hücre iki kez bölünür. Bununla birlikte, kromozomlar sadece bir kez kopyalanır. Kopyalanma birinci mayotik bölünmeden önce meydana gelir**. İkinci mayotik bölünmede, kromozomlar kopyalanmaz. İki mayotik bölünmenin sonucu olarak, her bir orijinal hücre, her biri haploid sayıda kromozom içeren dört kardeş hücre meydana getirir.

Birinci ve ikinci mayotik bölünmeler mitoz evrelerine benzer evrelere ayrılabilir. Böylece her iki bölünme bir profaz, metafaz, anafaz ve telofaz gösterir.

Profaz I. Birinci mayotik bölünmenin profazının başlangıcında, mitozda olduğu gibi, her bir kromozom kopyalanır ve iki kromatitten meydana gelir. Ancak, kopyalanan

kromozomlar ekvatora ayrı ayrı hareket etmezler. Aksine, her bir kromozom mutlaka kendi homolog kromozomu ile sıralanır ve sentromerlerinden birbirine tutunur. Bu çift oluşturma işlemine *sinapsis* denir ve kromozomlar *tetratlar* adı verilen her biri dört kromatid içeren çiftleri yapar. Tetratların kolları bazen birbiri üzerine kıvrılır ve bu durumda parça değiştirilebilir. Synapsis sırasında kromatidler arasındaki parça değişimine *crossing-over* denir.

Bu kromozomal değişimler meydana gelirken, çekirdek zarı kaybolur ve iğ iplikleri oluşur. Profaz I sona erdiğinde, homolog kromozom çiftleri hücrenin ekvatoruna doğru hareket eder.

Profaz I, daha kolay anlaşılması için leptoten, zigoten, pakiten, diptoten ve diyakinez olarak beş ayrı evrede de incelenir.

Metafaz I. Birinci mayotik bölünmenin metafazında, kromozom çiftlerinin (tetratlar) sentromerleri ekvatorda sıralanır. Bu kromozomlar sentromerlerinden iğ ipliklerine tutturulmuştur.

Anafaz I. Birinci mayotik bölünmenin anafazı sırasında, her bir tetradın homolog kromozomları birbirinden ayrılır ve hücrenin zıt uçlarına doğru hareket eder. Tetratların bu ayrılma işlemine **disjunction** denir. Her bir kutup etrafındaki kromozom salkımı haploiddir, yani orijinal hücredeki kromozom sayısının yarısı kadardır. Ancak, her bir kromozom iki katlıdır.

Telofaz I. Telofaz birinci mayotik bölünmenin bittiğini gösterir. Sitoplazma, iki yavru hücre oluşturarak bölünür. Yeni oluşmuş yavru hücrelerin her biri, ata hücrenin kromozom sayısının yarısına sahiptir, fakat her bir kromozom şimdiden kopyalanmış şekildedir.

Bazen telofaz I 'in sonunda, hücre zarı oluşur ve kısa bir interfaz izlenir. Ancak, pek çok durumda, hücreler hemen ikinci bölünmeye başlar. **Daha başka kromozom kopyalanması meydana gelmez, fakat bölünmenin geri kalan kısmı tam olarak mitoza benzer.**

Profaz II. Profaz II sırasında, yavru hücrelerin her biri bir bağ oluşturur ve iki katlı kromozomlar iğ in ortasına doğru hareket eder.

Metafaz II. Metafaz II, sırasında, kromozomlar sentromerlerinden iğ ipliklerine tutturulur ve kromozomların sentromerleri ekvatorda sıralanır. Her bir kromozom hala iki bağdan ya da kromatidden ibarettir.

Anafaz II. Anafaz II sırasında, sentromerler bölünür ve kardeş kromatidler ayrılır. Artık tek-katlı kromozomlar olan kromatidler iğlerin zıt uçlarına doğru hareket eder.

Telofaz II. Telofaz II sırasında, her iki kardeş hücre dört haploit hücre oluşturarak bölünür. Her bir hücrede, kromozomlar interfazdaki durumlarına döner ve çekirdek zarı yeniden oluşur.

BASİT ORGANİZMALARDA EŞEYLİ ÜREME

16-3 Kavuşma ve Çiftleşme Türleri

Eşeyli üremenin en basit şekli protistlerde ve diğer basit organizmalarda meydana gelir. Bu organizmalar çoğunlukla, eşeysiz ürer, ancak bazıları eşeyli de ürer. Bu organizmalarda eşeyli üreme, organizmanın gelişme ve üreme yeteneğini yenileme etkisine sahiptir. Bazı türler, eşeyli üreme önlenirse ölürlere. Eşeyli üreme kalıtsal materyalin rekombinasyonuna da izin vererek, tür içinde değişimler ortaya çıkarır.

Eşeyli üreyen basit organizmalar arasında, ayrı eşeyler yoktur, bir türün bütün bireyleri görünüşte tamamen özdeşler. Erkek ve dişi hücreler ayırt edilmemekle birlikte, çoğunlukla artı (+) ve eksi (-) olarak gösterilen iki farklı birleşme tipi ya da soyu vardır. Farklı birleşme tipleri arasında mutlaka biyokimyasal ve kromozomal farklılıklar vardır.

Basit organizmalar arasında en yaygın rastlanan eşeyli üreme tipi **kavuşmadır**. Kavuşmada, iki hücre arasında bir sitoplazmik köprü oluşur ve bu köprüden çekirdek materyalinin değişimi ya da aktarımı olur.

16-4 Terliksi hayvanda Kavuşma

Terliksi hayvanlar ikiye bölünerek, çoğunlukla eşeysiz olarak ürerler. Bununla birlikte, belirli aralıklarla kavuşarak ürerler. Kavuşma artı ve eksi iki farklı birleşme tipi arasında meydana gelir. Bazı türlerde kalıtsal materyalin kavuşma ile periyodik değişimi eşeysiz üremesinde hücre için gereklidir. Eğer bu olmazsa, hücre bölünmeyi durdurur ve sonuçta ölür.

Kavuşma sırasında, biri artı diğeri eksi iki terliksi hayvan **oral oluk** bölgesinden birbirlerine yapışırlar. Aralarında bir **protoplazmik köprü** oluşur. Her birinde bir dizi karmaşık çekirdek değişimleri meydana gelir. Terliksi hayvan ve diğer kamçılıların makro- ve mikro- iki tip çekirdekleri vardır. Her bir hücre her bir çekirdek tipinin birden fazlasını içerebilir. Kavuşma sırasında, makroçekirdek kaybolur. **Mikroçekirdek mayozla bölünür**. Her bir terliksi hayvandan yeni oluşmuş haploid mikroçekirdeklerden biri, protoplazmik köprüden, bir mikroçekirdeği ile kaynaşacağı karşı hücreye geçer. Böylece her iki hücre bir diploid mikroçekirdek içerir. Sonuçta kavuşmuş terliksi hayvanlar ayrılır ve yeni mikroçekirdek birkaç miyotik bölünme geçirir. Bu bölünmeler yeni makro- ve mikroçekirdeğin oluşması ile sonuçlanır. Daha sonra her iki organizma çekirdek bölünmesi olmaksızın iki kez bölünürler. Sekiz yeni organizma meydana gelir.

HAYVANLARDA EŞEYLİ ÜREME

16-5 Üreme Sistemleri

Hayvanlarda eşeyli üreme erkek ve dişi iki eşey içerir. Pek çok hayvanda, bireyin cinsiyeti fiziksel görünüşten tanınabilir. Dış görünüşlerinde çok az ya da hiç fark olmayan hayvanlarda da içsel farklılıklar vardır. Hayvanların gametleri **gonadlar** denilen özelleşmiş organlarda gelişir. Dişi gonadlarına **yumurtalıklar** denir. Yumurtalıklar *yumurta hücreleri* ya da **yumurtalar** denilen dişi gametleri üretirler. Erkek gonadlara erbezi denir. Erbezleri **sperm hücreleri** denilen erkek gametleri üretirler. Kolaylık için, yumurta hücrelerine çoğunlukla yumurtalar ve sperm hücrelerine sperma olarak işaret edilir. Pek çok hayvan, gonadlara ek olarak, üreme için gerekli işlevleri yerine getirebilmek için diğer organlara da sahiptir. Bu organlar gonadlarla birlikte üreme sistemini oluşturur.

16-6 Eşey Ayrımı ve Hermafroditizm

Pek çok hayvan çeşidinde eşeyler ayrıdır, her bir birey ya erbezi ya da yumurtalığa sahiptir ve ya erkek ya da dişidir. Bununla birlikte, bazı hayvanlarda, her bir birey erbezi yumurtalıkların her ikini de içerir. Bu organizmalar **hermafroditler** olarak adlandırılır. *Hermafroditizm* çoğunlukla **solucan, salyangoz ve hidra** gibi yavaş-hareketli veya sabit hayvanlarda rastlanır.

Hermafroditik organizmalar yumurta ve sperma her ikisini de üretebilmekle birlikte, kendilerini dölemeleri nadirdir. Bunun yerine, bu organizmalar aynı türün diğer bireyi ile sperma değiştirirler. Örneğin, çiftleşme sırasında, iki yer solucanı bir birine paralel uzanırlar. Her biri partnerinin sperm haznesine sperma aktarır. Ayrıldıktan sonra, her bir solucan depoladığı partnerinin spermelerini yumurtalarını dölemek için kullanır.

16-7 Gametogenesis: Dişide ve Erkekte Mayoz

Gonadlarda gametlerin oluşturulması işlemine **gamogenesis** denir. Daha özel olarak, yumurtalıklarda yumurtaların oluşumuna **oogenesis**, erbezlerinde sperma oluşumuna **spermatogenesis** denir. Yumurta ve sperma üretimi benzer temel işlemleri içermekle birlikte, bazı farklılıklar vardır.

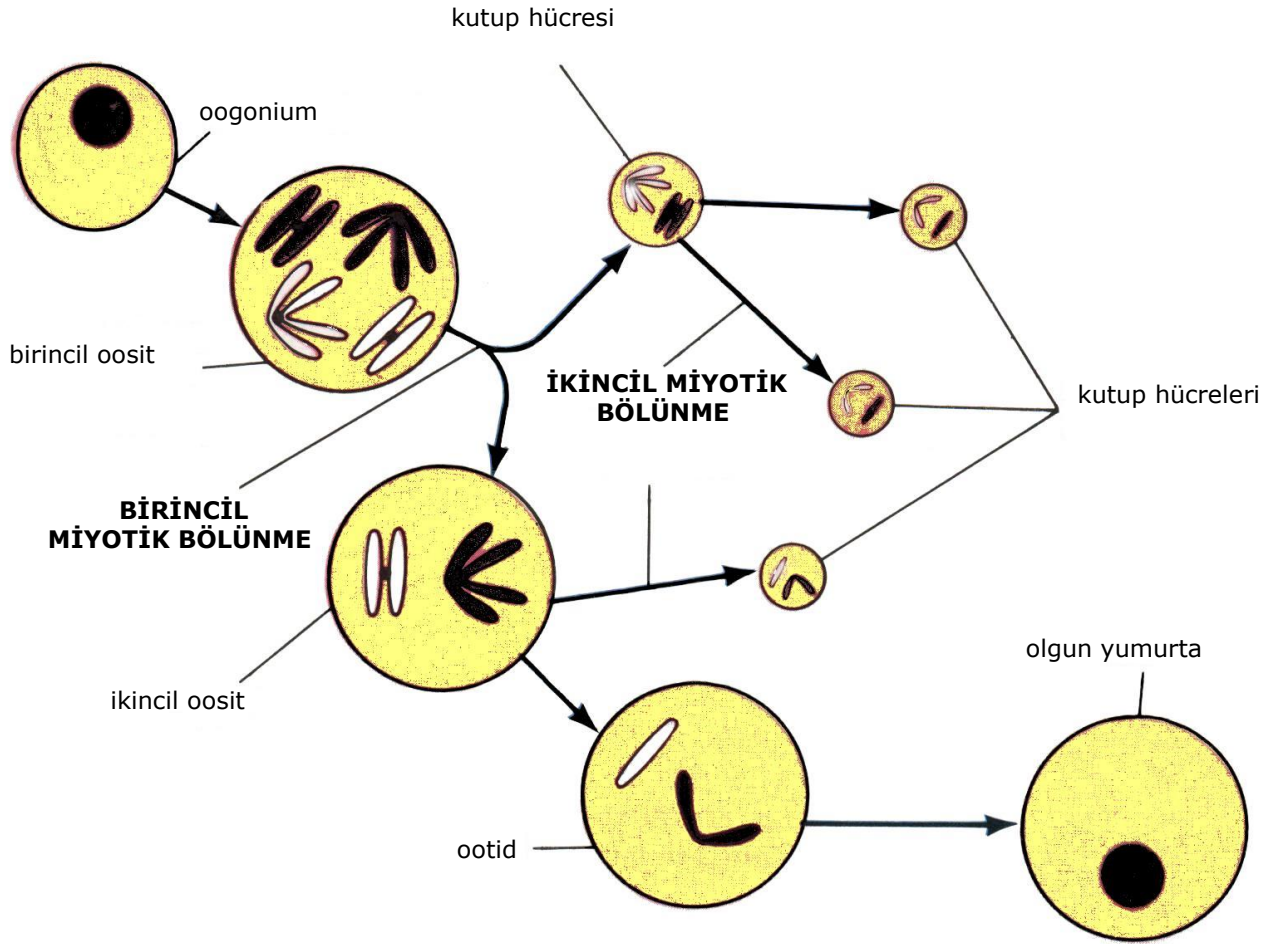
Oogenesis. Oogenez yumurtalıkta yumurtaların üretilmesidir. Oogenezin büyük adımları **Şekil 16-1'de** gösterilmiştir. Yumurtalar yumurtalıkta *oogonia* denilen olgunlaşmamış hücrelerden meydana gelir. Pek çok hayvanda oogonium, içinde olgun yumurtanın geliştiği küçük bir küresel hücreler bezesi olan bir *folikül* ile çevrilidir. Oogonia diploid sayıda kromozom içerir. Dişi organizmanın erken gelişimi sırasında, oogonia, gereksinimi karşılamak üzere mitozla pek çok defa bölünür. Dişi insanda, oogonia üretimi doğumda durur. Böylece her dişi sınırlı sayıda oogonia'ya sahiptir.

Gelişmenin üçüncü ayında, dişi insan dölütte, yumurtalıktaki oogonia, *birincil oositler* denilen hücrelerde gelişmeğe başlar. Doğumda, birincil oositler birinci **mayotik**

bölünmenin profazındadır. Bu anda, mayoz, dişi eşeysel olgunluğa erişinceye kadar durur. Eşeysel olgunluktan sonra belirli aralıklarla (kadınların pek çoğunda yaklaşık ayda bir) bu birincil oositlerden biri mayozu tamamlar ve işlevsel bir yumurtaya gelişir.

Birincil oositte birinci mayotik bölünme meydana geldiğinde, hücrenin sitoplazması eşit olmayan şekilde bölünür. Büyük olan ve sitoplazmanın çoğunu almış olan kardeş hücrelerden biri, *ikincil oosit* olarak adlandırılır. Diğer kardeş hücre çok küçüktür ve birinci *kutup yapısı (hücre)* adını alır. Bu kardeş hücrelerden her biri haploid sayıda kromozom içerirler.

İkinci mayotik bölünme sırasında, ikincil oosit eşit olmayan bir şekilde ootid denilen büyük bir hücreye ve diğer kutup yapısına bölünür. İlk kutup yapı iki kutupsal yapıya daha bölünebilir. Ootid haploid sayıda kromozomu olan olgun bir yumurtaya gelişir. Kutup yapıları dağılır ve ölür.

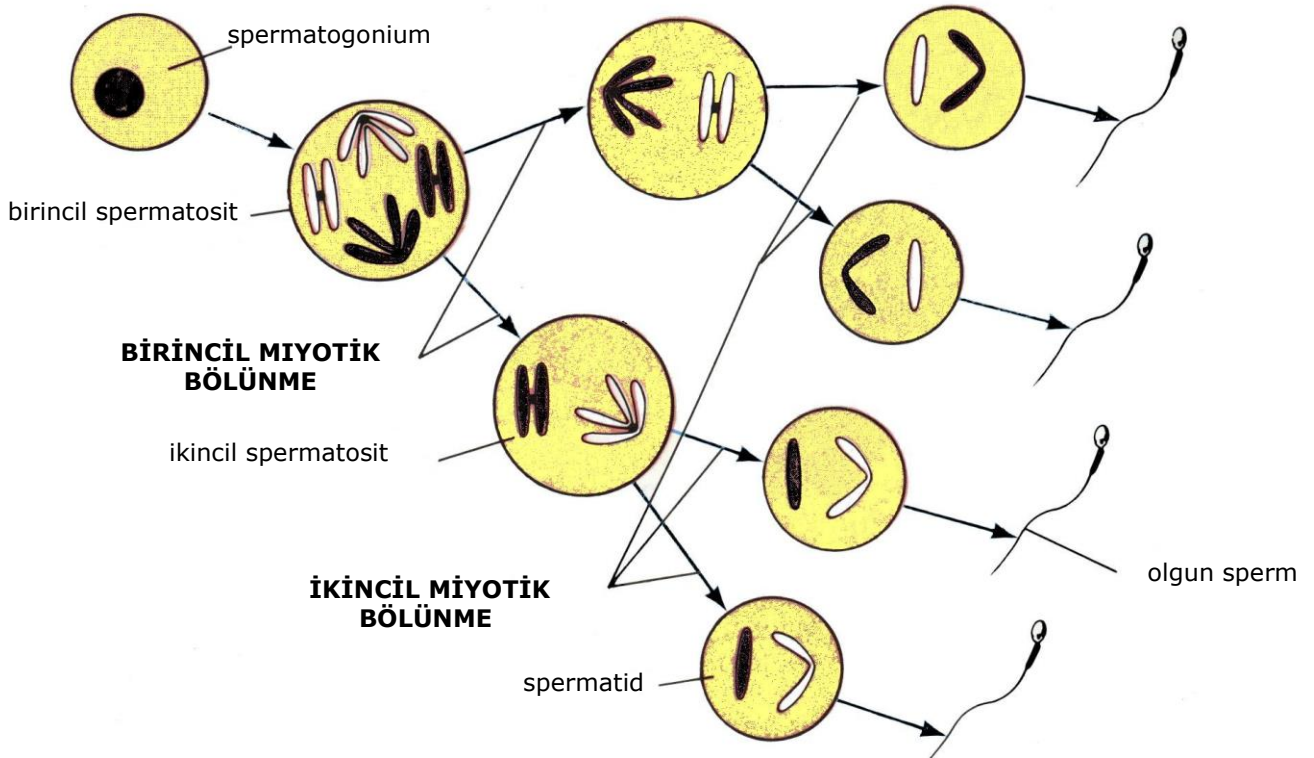


Şekil 16-1. Oogenez

Spermatogenesis. Erbezeğinde sperma üretilmesine spermatogenesis denir. Spermatogenezde temel adımlar **Şekil 16-2'de** gösterilmiştir.

Erbezlerinde, sperma, **spermatogonia** denilen olgunlaşmamış eşey hücrelerinden gelişir. Çocuklukta, spermatogonia ek spermatogoniumlar üretmek için mitotik olarak pek çok kez bölünürler. **Spermatogoniumlar diploid sayıda kromozom içerirler.** İnsanda, erkek eşeyssel erginliğe eriştikten sonra bazı spermatogoniumlar spermatogenez dolayısıyla iki mayoz bölünme geçirerek işlevsel spermaları meydana getirir. Bu arada diğer spermatogoniumlar daha fazla spermatogonia üretmek için mitozla sürekli bölünerek ilerideki spermatogenezise hazırlık yaparlar. Yumurta miktarı sınırlı olmasına karşın, sperma sayısı sınırlı değildir.

Gelişme seyrinde, bir spermatogoniumun boyutları büyüyerek bir *birincil spermatosit* olur. Bu birincil spermatosit birinci miyotik bölünmeye uğrayarak, eşit boyutta iki hücre oluşturur. Bunlar *ikincil spermatosit*'lerdir. Her bir ikincil spermatosit arkasından ikinci mayotik bölünme geçirerek, hepsi eşit büyüklükte, dört *spermatid* oluşur. Spermatidler haploid sayıda kromozom içerir. Her spermatid başka bir bölünme olmadan kamçılı olgun bir spermaya gelişir. Böylece, her bir birincil spermatosit dört sperma üretir.



Şekil 16-2. Spermatogenez

Bir türün erkek ve dişi gametleri yapısal olarak farklıdır. Yumurtalar yuvarlak şekilde ve hareketsizdir. Yumurtalar bir çekirdek ve yumurta sarısı şeklinde depolanmış besin içerir. Aynı türde yumurta her zaman spermadan büyüktür. Yumurtanın büyüklüğü türden türe ve depoladığı yumurta sarısı miktarına bağlı değişir. Yumurta sarısı gelişimdeki hayvan tarafından besleyici olarak kullanılır. Tavuk yumurtasının sarı renkli merkezi,

yumurta hücresidir. Bu kısım, yumurta içinde gelişen civcivin yegane besin kaynağı olduğundan, büyük miktarda yumurta sarısı içerir. İnsan ve diğer memeli yumurtaları mikroskobiktirler ve gelişen yavru besin maddelerini anneden aldığı için çok az yumurta akı içerirler. İnsan yumurtası yaklaşık 0.1 mm çapındadır.

Pek çok sperma hücresi mikroskobiktir. Tipik bir sperma bir baş, bir orta parça (boyun) ve uzun, ince kamçı denilen bir kuyruktan meydana gelir. Baş kromozomları içeren çekirdek ve yumurtaya girişi destekleyen bir *akrozoma* 'dan ibarettir. Akrozom yumurta zarını delecek enzimleri içerir. Orta parça spermanın hareketi için enerji sağlayan mitokondriyumlarla doludur. Uzun, kamçı benzeri kuyruk sperme sıvılar içinde yüzme olanağı sağlar.

16-8 Döllenme ve Zigot Oluşumu

Daha önce de belirtildiği gibi, bir yumurta hücresi çekirdeği ile bir sperm hücresi çekirdeğinin birleşmesine döllenme ve meydana gelen hücreye zigot denir. İki haploid gametin bir araya gelmesi bir diploid zigot üretir. Döllenme türün kromozom sayısını geri kazandırmaktadır.

Yumurtalar hareketsizdir, kendi kendilerine hareket edecek güçleri yoktur. Diğer yandan, spermiler hızlı hareket için özelleşmiş, akış çizgisi biçimli hücrelerdir. Erkekten serbest bırakılan spermiler bütün yönlerde ileri itilmek için, kuyrukları hızla çırpılır. Bir yumurtaya ulaştıklarında, yumurta tarafından salıverilen, *fertilizin* denilen bir kimyasal madde ile karşılaşır. Fertilizin, spermi daha hızlı hareket etmesi için uyarır ve yumurtanın yüzeyine tutunmasına yardım eder.

Bir sperm yumurta ile temasa geldiğinde, akrozom, yumurtanın koruyucu zarında bir delik açan enzimler salıverir. Bu, kuyruk dışarıda kalırken, spermin başının yumurtaya girmesine izin verir. Sperm hücresi çekirdeği sitoplazma içinde yumurta hücresi çekirdeğine doğru hareket eder. Sperm çekirdeğinin n kromozomu, $2n$ kromozomlu zigotu oluşturmak için, yumurta hücresinin n kromozomu ile birleşir.

İçine bir sperm girdikten sonra yumurtanın etrafında bir *döllenme zarı* oluşturulur. Bu zar başka spermilerin yumurtaya girmesini önler ve koruyucu bir örtü olarak da görev yapar.

Döllenmenin olabilmesi için, spermin yumurtaya yüzebileceği sıvı bir ortamın olması gerekir. Ayrıca, sperma ve yumurtalar kısa bir zaman diliminde canlı kalabildikleri için, erkek ve dişi gametlerin aynı anda salıverilmesi de gerekir. Gametlerin bir araya gelmesinin iki temel yolu vardır. Bunlardan biri gametlerin dışının vücudunun dışında birleştiği **dış döllenmedir**. Diğer gametlerin dışının vücudunun içinde birleştiği **iç döllenmedir**.

Dış Döllenme. Dış döllenmede, yumurtalar dışının vücudunun dışında dış çevrede döllenir. Bu döllenme çeşidi sucul hayvanlarla sınırlıdır. Bu hayvanlarda, gonadlardan başka gerekli diğer eşey organları, sadece gametleri gonadlardan suya taşıyan kanallardır. Döllenme, ana-baba gametlerini salıverdikten sonra doğrudan suda meydana gelir. Sperm su içinde yumurtaya yüzer. Burada döllenme için ıslak bir ortam yönünden bir sorun yoktur, ancak bu çevrede pek çok riziko vardır. Sperma ile yumurtalar buluşmayabilir, yumurtalar ya da gelişen yeni döl diğer hayvanlar tarafından yenebilir, sıcaklık ve/veya sudaki oksijen derişimi değişimlerinden dolayı ve benzeri nedenlerle ölebilir. Dış döllenme rizikosunu, çok büyük miktarlarda yumurta ve sperma bırakılarak giderilmektedir. Dış döllenme sucul omurgasızların hemen tamamında, balıkların çoğunda (köpek balıklarında değil) ve pek çok amfibilerde meydana gelir.

Yumurtalarla spermanın karşılaşma şansını arttırmak için, sucul hayvanlar gametlerini rasgele bırakmazlar. Sperma ve yumurtaların yaklaşık olarak aynı zamanda ve aynı yere bırakılmasını güvence altına alan, hormon denetimli pek çok davranış modelleri vardır. Bazı balıklarda, dişi binlerce yumurta koyar ve erkek sperma bırakmak için onların üzerine yüzer. Bu işlem *yumurta dökme* olarak bilinir. Salmon tatlı su akıntılarında yumurta bırakır. Genç balıklar daha sonra erişkin hale gelecekleri okyanus ya da denizlere giderler. Salmonlar yumurta bırakacak duruma geldiklerinde, yumurta bırakacakları tatlı akarsulara geri dönerler. Bu uyum, erkek ve dişilerin döl üretmek için aynı yerde ve uygun bir çevrede olmalarını güvence altına alır.

Kurbağalarda, bir dişi yumurtalarını tamamladığında ve **eşleşmeye** hazır olduğunda, bir erkeğe yaklaşır. Erkek dişiyi, *ampleksus* denilen bir işlemle, ön bacaklarıyla kucaklar. Bu, yumurtalarını bırakması için dişiyi ve aynı zamanda, sperma bırakmak için erkeği uyarır. Yakın temasta olduklarından ve gametler aynı anda bırakıldığından, sperma yumurtaların pek çoğuna ulaşır. Ampleksus gametlerin uygun bırakımında eşgüdümü sağlar.

İç Döllenme. Dişinin vücudu içinde olan iç döllenme, karada üreyen hayvanlar için karakteristiktir. İç döllenme köpek balıkları ve ıstakozlar gibi bazı sucul hayvanlarda da mevcuttur. İç döllenme, erkeğin vücudundan dişi vücuduna sperma aktarımı için özelleşmiş bir eşey organı gerektirir. Sperma dişi vücuduna yerleştikten sonra, yumurtalara doğru gider ve onları döller. Dişinin ıslak dokusu, yumurtaya yüzecek sperm için gerekli sulu ortamı sağlar. Döllenmeden sonra, zigot, ya koruyucu bir kabukla çevrilir ve dişi tarafından dış ortama bırakılır, veya dişinin vücudu içinde kalır ve burada gelişir.

İç döllenme gametlerin saçılmasını ve dış çevre rizikosunu giderir. Çok iyi korunduklarından ve döllenme şansları, gametlerin dışsal olarak suya bırakıldığından daha yüksek olduğundan, daha az yumurtaya gerek vardır. Bununla birlikte, iç döllenmede de, erkek tarafından büyük miktarlarda (çoğunlukla milyonlarca) sperma dişinin vücuduna bırakılır. Sperma çok az besin maddesi depoladığı için, çok kısa bir süre yaşarlar. Ayrıca, spermin yumurtaya girebileceği zaman çok sınırlıdır. İnsanlarda, yumurta yaklaşık 24 saatte sadece döllenebilir.

İç döllenme olan hayvanlarda, üremeyle ilgili pek çok özelleşmiş uyumlar sperma ve yumurtaların bırakılma zamanlaması ile ilgilidir. Genel olarak gametler yalnızca kısa bir süre canlı kaldıkları için, döllenme olması için çiftleşmenin belirli bir zaman içinde olması gerekir. **Üremeyle ilgili uyumların pek çoğu hormonlar tarafından denetlenmektedir.** Üremeyle ilgili uyumlar ötmek, özel tüyler sergilemek, deride renkli benekler oluşturmak ve özellik belirten kokulara sahip *feromonlar* denilen kimyasal maddeler salıvermek gibi şeyleri içerir. Bu uyumlar çiftleşme tepkisi uyandırarak, sperma ve yumurtaların salıverilmesini başlatır.

Böceklerin birçoğunda ve yarasalarda zamanlama problemi ilginç bir yolla çözülmektedir. Çiftleşmeden sonra, sperma dışıde özel yapılar içinde saklanır ve daha sonraki bir süre içinde yumurtaları dölmek için kullanılır. Örneğin, kraliçe arıda, bir çiftleşme ile, yaşamı süresince koyacağı yüz binlerce yumurtayı döleyecek yeterli sperma depolanır. Yarasalarda, çiftleşme sonbaharda olur ve sperma döllenmenin olacağı gelecek ilkbahara kadar saklanır. Spermanın bu kadar uzun bir dönem nasıl canlı kalabildiği bilinmemektedir.

16-9 Partenogenez

Sperma ile birleşme olmaksızın, döllenmemiş bir yumurtadan bir ergin hayvanın gelişmesine **partenogenez** denir. Doğada, arıları, yabanarılarını, mazi arılarını, afidleri (bitki bitleri), bazı karıncaları içeren pek çok böcekte ve rotifera ve diğer mikroskobik hayvanlarda meydana gelir. Örneğin, arılarda, kraliçe arı yalnız bir defa çiftleşir. Daha sonra döllenmiş ve döllenmemiş yumurtalar koyabilir. Döllenmemiş yumurtalardan bal yapmayan iğnesiz erkek arılar, döllenmiş yumurtalardan ise dişi işçi arılar ya da kraliçeler meydana gelir. Burada, eşey, isteğe bağlı olarak kraliçe arı tarafından belirlenir. Haploid kromozoma sahip erkek arıların eşey organlarında mayoz bölünme oluşmaz. Bir hücreden ekvatoryal bölünme ile yalnız iki sperma meydana gelir. Dişi afidler ilkbahar ve yaz boyunca partenogenez ile ürer. Sonbaharda, yumurtalardan erkek ve dişiler meydana gelir. Bu böcekler çiftleşir ve dişiler ilkbaharda açılan döllenmiş yumurtalarını koyar.

11 HAYVANLARDA GELİŞME

EMBRYO GELİŞİMİ

17-1 Dilinim

Hayvanlarda dölleme, sonuçta olgun bir organizma oluşumuna neden olan karmaşık olaylar dizisini başlatır. Bu olaylar **gelişme** olarak gösterilir. Gelişimin erken evrelerinde, organizma **embriyo** olarak adlandırılır. Embriyo gelişimini inceleyen bilim dalına *embriyoloji* denir.

Pek çok farklı embriyonik gelişim modelleri olmakla birlikte, hayvanlarda, izlenen temel işlemler çoğunlukla aynıdır. Bu işlemler bölünme, gelişme ve farklılaşmayı içerir.

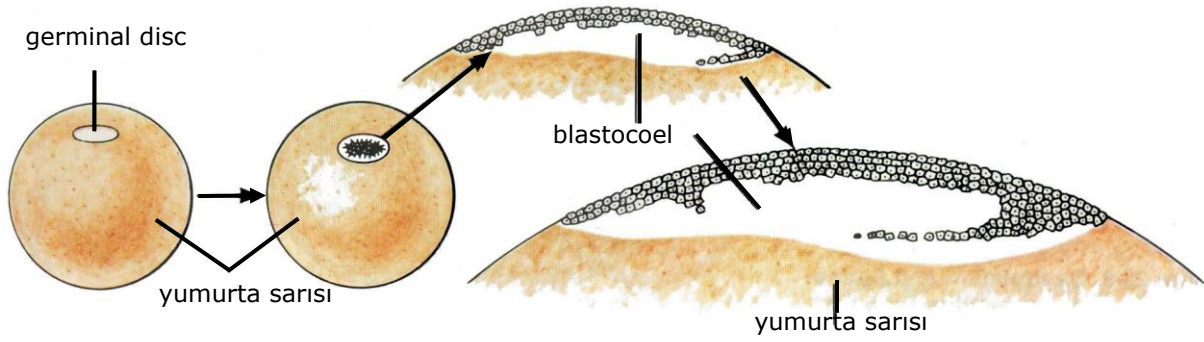
Döllemeden sonra, zigot, **dilinim** olarak bilinen bir dizi hücre bölünmesine başlar. Dilinim sırasında, döllelenmiş yumurta mitozla iki hücreye bölünür. Bu iki hücreden her biri yeniden bölünerek, dört hücre üretilir. Bu dört hücre sekiz hücreye bölünür ve bu şekilde devam eder. Dilinim sırasında, hücreler büyümmez, böylece her bölünmede hücre büyüklüğü azalır. Bir türün yumurtaları, erişkin organizmanın ortalama bir hücresinin çoğunlukla pek çok katı büyüktedir. Dilinim, gelişen embriyo hücrelerinin büyüklüğü, ergin organizma hücre büyüklüğüne ininceye kadar devam eder. Bu yolla, dilinim, döllelenmiş tek bir yumurtayı pek çok küçük hücreye dönüştürür.

Dilinimin başlangıç bölünmeleri somut bir hücre topu oluşumu ile sonuçlanır. Bu evrede embriyo **morula** adını alır. Dilinim devam ettikçe, hücreler oyuk bir küre oluşturarak, yeni bir düzenleme geçirirler. Kürenin hücre katmanı çoğunlukla sadece bir hücre kalınlığındadır. Küre oyuğu sıvı ile doldurulur. Bu evrede embriyo **blastula** adını alır ve bu boşluğu dolduran sıvıya **blastosel** denir.

Her ne kadar dilinim olayları, genelde yukarıda açıklandığı gibi ise de, gelişen embriyodaki hücrelerin düzeni, yumurta sarısının miktarına ve dağılımına bağlıdır. İnsandakiler gibi bazı yumurtalar, çok az yumurta sarısına sahiptir. Bu tür yumurtalarda, dilinim, hücreleri yaklaşık eşit büyüklükte olan bir blastula ile sonuçlanır. Bununla birlikte, amfibiler, kemikli balıklar, kuşlar ve sürüngenlerde olduğu gibi, diğer yumurtalar, yumurta hücresinin bir ucunda yoğunlaşmış büyük miktarda yumurta sarısına sahiptirler.

Kurbağa yumurtalarında, kutuplarda bulunan büyük miktardaki yumurta sarısı bu bölgede dilinimi yavaşlatır. Bu, yumurta sarısı dolu büyük hücreli bir blastulaya veya *vegetal* kutba ve çok sayıda sarısız küçük hücrelere ya da hayvansal kutba neden olur. Blastosel sadece hayvansal kutbun bu bölgesinde oluşur.

Tavuk yumurtasında, çekirdek ve sitoplazma yumurta sarısı yumağının üst yüzeyinde tabak benzeri bir alan olan *germinal disk* içinde yoğunlaşmıştır (Şekil 17-1). Dilinim sadece bu germinal disk hücrelerinde meydana gelir. Blastosel, bu hücreler yumurta sarısından ayrıldıklarında, yumurta sarısı ile aralarında bir boşluk bıraktıklarında oluşur. Gelişen civciv, sonuçta yumurta sarısını besin olarak kullanır ve yumurta içindeki boşluğu tamamen doldurur.



Şekil 17-1. Tavuk Yumurtasında Blastosel Oluşumu

17-2 Gastrulasyon

Blastula gelişmeye devam ettikçe, hücreler bölünmeye başlamadan önceki bir noktaya ulaşılır. Mitotik bölünme devam eder, ancak bu kez gelişmeye eşlik eder. Ek olarak, embriyo şeklini belirleyecek çeşitli hücre hareketleri meydana gelir.

Blastula birkaç yüz hücreye eriştiğinde, gastrulasyon meydana gelir. Gastrulasyonda, blastulanın bir yanındaki hücreler içe doğru hareket eder ve **gastrula** denilen iki-katmanlı bir embriyo oluşturur. Gastrulasyon işlemi ile oluşturulan açıklık **blastopor** olarak adlandırılır. Bu daha sonra ergin organizmanın sindirim sistemi açıklıklarının biri olacaktır.

Gastrulanın dış hücre katmanına **ektoderm** denir. İç katmana **endoderm** denir. Gastrulanın içindeki boşluğa **ilksel bağırsak** ya da *archenteron* denir. Daha sonra sindirim sistemine dönüşecektir. Sonuçta, ilksel bağırsak boşluğu blastopora aksi yönde gelişen embriyonun sonunda kırılır, sindirim sisteminin ikinci açıklığını oluşturur. Endoderm ve ektoderm tamamlandıktan sonra aralarında, **mezoderm** denilen üçüncü bir hücre katmanı oluşur.

Kurbağada, vegetal kutbun yumurta sarısı içerikli hücreleri gastrulasyona katılmazlar. Blastopor yumurta sarısı hücreleri kütlesine yakın şekillenir. Hayvansal kutup hücreleri aşağı doğru göçer ve yumurta sarısı kütlesinin sonundan blastoporun içine girer.

Tavukta, blastula bir dış ve bir iç katmana ayrılır. Dış katman ektodermi ve iç katman endodermi oluşturur. Bu iki katman arasındaki boşluk blastoseldir. Dış katmandaki hücreler üçüncü hücre katmanını, endodermi meydana getirmek için içer doğru sarılırlar. Bu hücrelerin içe doğru hareketi germinal diskin yüzeyinde *ilksel damar* denilen görülür bir çizgi doğururlar. İlk damar gerçek bir blastopor uzantısıdır.

Üç hücre katmanına, ektoderm, endoderm ve mezoderme çok hücreli hayvanların bütün doku ve organlarını doğuracaklarından, **üretken katmanlar** adı verilir.

17-3 Gelişme ve Farklılaşma

Gastrulanın gelişimi ilerledikçe, hücrelerin sayısı artmaya devam eder. Hücreler bölünmeden önce artık büyüdüğü için, embriyo boyutları bir bütün olarak büyümeye başlar. Yalnız gelişen hücreler sadece şekilsiz bir hücre kütlesi oluşturur. Bu, embriyo hücrelerinin özel yapılara düzenlenmesi ve bu yapılar içinde, belirli işlevleri yerine getirmek için hücrelerin özelleşmesi gerekmektedir. Gastrula hücreleri ayrı katmanlar olarak düzenlenseler de, görünüşte hepsi çok benzerdir. Özelleşmemiş embriyonik hücreleri özelleşmiş hücrelere, organizmayı yapan doku ve organlara dönüştüren değişiklikler dizisine **farklılaşma** denir.

Farklılaşmanın başlangıç belirtileri gastrulanın yukarı yüzünde görülmektedir. Burada ektoderm hücreleri, *nöral düğüm* denilen iki çıkık kenarlı bir *nöral tabak* oluşturarak bölünür. Nöral düğümler bir *nöral tüp* oluşturarak nöral tabağın merkezinde birleşir. Nöral tüp daha sonra beyin ve omuriliği oluşturacaktır.

GELİŞMENİN DENETİMİ

17-4 Çekirdek ve Sitoplazmanın Gelişmedeki Roller

Döllenmiş yumurta çekirdeği, organizmanın gelişimi için gerekli tüm bilgiyi içeren kalıtsal materyaldir. Kalıtsal bilgi kromozomlarda DNA'nın kimyasal yapısında kodlanmıştır. DNA, hücrenin kimyasal işlemlerini denetler ve hücrenin hangi proteinleri sentezleyeceğini belirler. **Embriyo hücreleri mitozla bölündüğü için, her biri, döllenmiş orijinal yumurta hücresindeki aynı kromozom ve DNA'yı içerir.**

DNA, hücresel işlemleri denetlediğine ve bir organizmanın bütün hücreleri aynı DNA'yı içerdiğine göre, organizmadaki pek çok farklı hücre çeşidinin nasıl oluştuğu, doğal bir soru olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda, bir hücre DNA'sının farklı bölümlerinin açılabilirdiği ya da kapanabilirdiği ve bunun da farklı hücre tiplerinin oluşmasına neden olduğu bulunmuştur. Daha açık olarak, örneğin, kas hücrelerinde sinir hücre

proteinlerinin sentezini denetleyen DNA parçası açılmazken, kas hücre proteinlerinin sentezini denetleyen DNA parçası açılmaktadır. Diğer yandan, sinir hücrelerinde, sadece sinir hücre proteinlerinin sentezine katılan DNA parçası açılmaktadır. Eğer bu olmamış olsaydı, farklılaşma meydana gelmeyecek ve bir embriyonun bütün hücreleri aynı olabilecekti. Bununla birlikte, DNA'nın denetlediği farklı hücrelerdeki işleyişinin nasıl olduğunun bugün ancak çok azı bilinmektedir.

Kurbağalarla yapılan deneyler, tamamen farklılaşmış bir hücre çekirdeğinin kalıtsal bilginin tam bir kopyasını içerdiğini göstermiştir. İngiliz biyolog J.G. Gurden, 1962 yılında, döllenmemiş kurbağa yumurtasının haploid çekirdeğini larvaların (iribaş) bağırsak hücrelerinin diploid çekirdekleri ile değiştirmiştir. Bağırsak hücre çekirdeği taşıyan bazı yumurtalar normal kurbağalara gelişmiştir. Bu, bağırsak hücre çekirdeğindeki inaktive olmuş ya da kapanmış bir kısım DNA'yı, çekirdeğin yumurta hücresine yerleştirilmesinin aktive ettiğini göstermiştir. Bu sonuçtan ve diğer araştırmalardan, gelişimin denetiminin, **DNA ile belirli sitoplazma bileşenleri arasındaki bir etkileşime bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır**. Bu etkileşimin bir sonucu olarak, kalıtsal materyalin değişik kısımlarının açılıp kapanması, hücresel farklılaşmanın yönü belirlenmektedir.

Diğer deneysel kanıtlar **farklılaşmanın gelişimin başlangıcında meydana geldiğini göstermektedir**. Örneğin, dört hücreli kurbağa embriyo hücreleri çok dikkatli bir şekilde birbirinden ayrılırsa, her bir hücre normal bir iribaşa gelişir. Daha yaşlı bir embriyonun hücreleri ayrılırsa, anormal gelişme gösterir ve ölürlür. Yaşlı embriyoda, hücreler zaten farklılaşmaya başladıklarından artık normal bir bütün organizma oluşturamazlar.

Sekiz on günlük bir blastula hücrelerinin yaklaşık dörtte üçü uzaklaştırılsa ya da zarar görse dahi, embriyo normal bir organizma geliştirmeye devam eder. Bunun bilinmesi, Kolorado Eyalet Üniversitesi, Hayvan Yetiştirme Laboratuvarı araştırmacılarını, yeni bir teknik kullanarak, bir at blastulasını ikiye ayırıp ikiz atlar üretme kararına götürmüştür. At ikizleri üretmek için, araştırmacılar önce nokta büyüklüğündeki embriyoyu sağlamak için gebe bir kısırağın dölyatağını kazıdılar. Daha sonra, bir teknisyen bir mikromanipülatör kullanarak, çok dikkatli bir şekilde blastulayı ikiye böldü. Ardından, her bir yarımı, dölyatağının çeperine gömerek, diğer bir kısırağa aktardılar. İkiz atlar her şeye rağmen, normal ve sağlıklı olarak yetiştirildiler. Mikromanipülatör kullanılması, ikiye ayırma işlemini yaklaşık iki saate indirmektedir. Evcil hayvanlarda, daha önceki yapay ikiz yöntemleri çok zor ve çok fazla zaman alıcıydı.

17-5 Komşu Hücrelerin Farklılaşmadaki Rolü

Bir embriyo geliştikçe, dokuları arasında mutlaka eşgüdüm ve iletişim olur. Blastulanın son veya gastrulanın erken evresiyle, hücre gruplarının gelişme yolu belirlenir. Özel bölgelerdeki hücreler özel gelişim hatları üstlenirler. Örneğin, kurbağa

gastrulasında, normalde göze gelişen belirli bir bölge vardır. Bu doku embriyodan çıkarılır ve özel bir besin çözeltisi içine konulursa, düzensiz bir hücreler kütesine gelişir. Diğer yandan, bu doku diğer bir kurbağa embriyosunun diğer bir parçasına aktarılırsa, işlevsel bir göz olmasa da, tanınabilir bir göze gelişir. Bu dokunun biraz fazlalığı, aktarılan dokudan işlevsiz göz gelişmemiştir. Bunun yerine, aktarılan doku, olağan durumda göz yapılarına gelişmede gözün bir parçası olmayacak bazı çevre dokulara neden olmuştur. **Bu deney, bir dokunun komşu dokuların farklılaşmasını etkileyebildiğini göstermiştir.**

Gelişen embriyonun belirli kısımlarının bitişik hücrelerin gelişimini etkileyen *organizerler* olarak ödev yaptığı bulunmuştur. Organizerlerin diğer yapının farklılaşmasına neden olduğu işleme **embriyonik indüksiyon** denir. İndüksiyonun hangi mekanizma ile yapıldığı henüz bilinmemektedir. Hücre teması da büyük olasılıkla önemli olmaktadır. Gelişme ilerledikçe, organizeler, bir şekilde ve belli zamanlarda hücrenin kalıtsal materyalini etkinleştiren parçalarını etkilerler ve böylece bu hücrelerin farklılaşma yönünü belirliyor olabilirler.

İÇSEL VE DIŞSAL GELİŞME

17-6 Suda Dışsal Gelişim

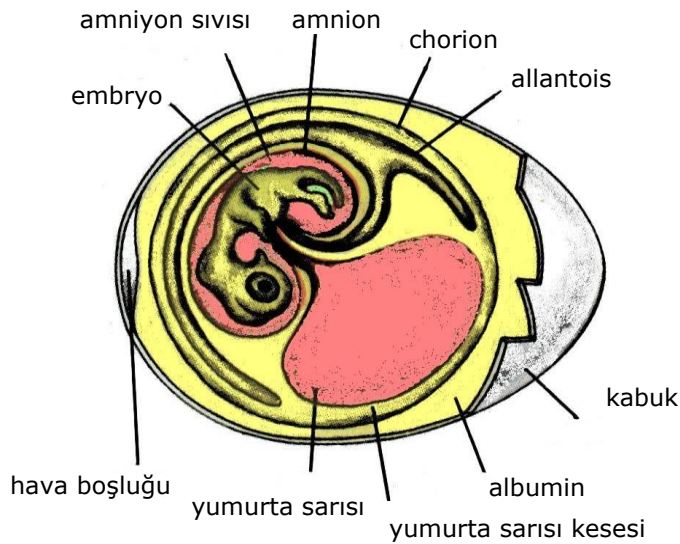
Embriyo gelişimi, organizma türüne bağlı olarak, anne vücudunun içinde ya dışında olmaktadır. Gelişimin meydana geldiği yere bağlı olarak, embriyonun bazı temel gereksinimleri vardır. Bu gereksinimler **beslenme, uygun sıcaklık, oksijen sağlama ve atıkların uzaklaştırılması yollarıdır**. Sucul hayvanların pek çoğunda döllenme ve gelişim dışsal olarak suda meydana gelmektedir. Suda gelişen embriyoların beslenmesi, yumurtada depo edilen yumurta sarısı ile karşılanır. **Çiftleşme ve döllenme çoğunlukla yılın özel bir bölümünde meydana geldiğinden, genç bireyin gelişimi uygun çevre koşullarının güvencesi altındadır.** Temel gereksinimlerden oksijen çevresindeki sudan embriyoya, atıklar embriyodan suya difüze olur.

Sucul hayvanların çoğunda, yavru bakımı çoğunlukla çok az ya da hiç yoktur. Bununla birlikte, bazı balıklar gelişmekte olan yavrularının belirli bir miktarına bakım sağlarlar. Örneğin, dişi dikenceler yumurtalarını gözedir ve bol oksijen sağlamak amacıyla embriyonun etrafında su akıntısı oluştururlar. Bazı balıklar "ağız üreticileridir", bu balıklarda döllenmiş yumurta açılıncaya kadar anne babadan birinin ağzında taşınır. Suda gelişen türün varlığını sürdürmesi çoğunlukla çok büyük miktarlarda yumurtanın üretilmesine ve döllenmesine bağlı olmaktadır. Yumurtaların pek çoğu yenir ya da diğer yollarla yok edilir ve her bir eşleşmede başlangıçtaki miktarın çok küçük bir yüzdesi hayatta kalır.

17-7 Karada Dışsal Gelişim

İçsel döllenmeyi dışsal gelişimin izlemesi, kuşlarda, sürüngenlerin çoğunda ve benzer şekilde çok az bir memelide görülür. Bu hayvanlarda çok büyük miktarda yumurta sarısı içeren döllenmiş yumurta, koruyucu bir kabukla kuşatılmıştır. Kabuklu yumurta, embriyoya yeterli sucul bir çevre sağlayan ıslaklık içindedir. Yumurta kabuğu gerçekten su geçirmezdir, fakat oksijenin havadan yumurtaya ve karbondioksitin embriyodan havaya difüzyonuna izin veren yeterli porları vardır. Embriyolardan, açılıncaya kadar hayatta kalanların yüzdesi kabuklu yumurtalarda kabuksuzlardan daha fazladır. Ancak, kabuklu yumurta koyanlarda yumurta üretimi, kabuksuz yumurta koyanlardan daha azdır. Kuş yumurtasının kalsiyum içerikli sert yumurta kabuğu ile sürüngen yumurtasının derimsi kabuğu embriyo için iyi bir koruma sağlar. Sürüngenler, kuşlardan belirgin olarak daha çok yumurta koyarlar. Kuş yumurtaları ve yavruları ana-baba tarafından özenle bakılırken, sürüngen yumurtaları çoğunlukla anne tarafından terk edilir. Böylece, hayatta kalan sürüngen yumurtalarının yüzdesi, hayatta kalan kuş yumurtalarının yüzdesinden daha azdır.

Tavuk yumurtasının içsel yapısı. Gelişmekte olan bir tavuk embriyosunun dışında ancak kabuğun içinde kalan dört zar bulunur. Bunlar **ekstraembriyonik zarlardır** (Şekil 17-2) ve birkaç önemli işlevi yerine getirirler.



Şekil 17-2. Tavuk Yumurtasının İçsel Yapısı

1. **Koriyon** en dıştaki zardır. Kabuğun içini astarlar ve embriyo ve diğer zarları kuşatır. Koriyon gaz değişimine katkıda bulunur.

2. **Allantoyis** embriyonun sindirim sistemini meydana getiren kese benzeri bir yapıdır. Oksijen ve karbondioksit değişimi allatoyisin kan damarları aracılığıyla olur. Metabolik artıklar da allantoyiste toplanır.

3. **Amniyon** embriyoyu kuşatan su dolu bir kesedir. Kese içindeki amniyotik sıvı embriyoya sulu bir ortam sağlar ve onu şoklardan korumak için bir yastık ödevi görür.

4. **Yumurta sarısı** kesesi yumurta sarısını çevreleyen, embriyonun besin kaynağıdır. Yumurta sarısı kesesi içindeki kan damarları embriyoya besin taşırlar.

Ekstraembriyonik zarlara sahip kabuklu yumurta, kuş embriyolarının karada gelişmesine izin veren önemli bir uyumdur. Kuş yavruları yumurtadan çıktığında, ekstraembriyonik zarlar kabukla birlikte atılır. Sürüngen yumurtalarının da benzer özellikleri vardır.

17-8 İçsel Gelişme

Bazı köpekbalıkları ve büyük yılanlar gibi bazı sürüngenlerde döllenme ve gelişme içseldir. Bununla birlikte, bu hayvanlarda yavru doğrudan anneden besin almaz. Bunun yerine, yavruların besin kaynağı yumurtada depolanan yumurta sarısıdır. Yumurta sarısı zamanla harcadıkça, embriyolar varlıklarını sürdürebilecekleri bir gelişim evresine erişir ve ardından doğarlar.

Memelilerde döllenme içseldir ve embriyolar *rahim* ya da **dölyatağı** denilen bir yapı içinde özel bir şekilde içsel olarak gelişirler. Yavrular nispeten gelişmemiş durumda doğar ve annenin meme bezlerinde üretilen sütle bir süre beslenirler. Yavrular gelişme süresince ve doğumdan sonra çok iyi korunurlar ve yüksek bir yüzdesi erginliğe ulaşır. Böylece, beklendiği gibi yavruları içsel olarak gelişen hayvanlarda oransal olarak daha az yumurta meydana getirilir.

Plasentasız memeliler. *Plasentasız memelilerin, embriyo gelişimi sırasında hiç plasenta oluşturulmayan memelilerin, iki tipi vardır. Bunlar yaşayan sadece iki türü olan yumurta koyan memeliler ve keseli memelilerdir.*

Avustralya'da yaşayan *Ornithorhynchus anatinus*, yumurta koyan bir memeli örneğidir. Bu hayvanda embriyo, sürüngeninkini andıran derimsi bir yumurta içindedir. Diğer memeli yumurtalarının aksine, yumurtalar büyük miktarda yumurta sarısı içerir. Dişi yumurtalarını bir yuva içine koyar. Yavrular yumurtadan çıktığında, anne yavruları karnına karşı toplar. Genç hayvanlar böylece gelişmelerini tamamlarken annenin meme bezlerinden sütle beslenirler.

A semiaquatic egg-laying mammal (Ornithorhynchus anatinus) of Australia and Tasmania, having a broad flat tail, webbed feet, and a snout resembling a duck's bill. Also called duckbill, duck-billed platypus.

DUCKBILL PLATYPUS

İlk bakışta bir ördeği anımsatsa da aslına bu hayvan bir ördek değil. Bu bir memeli hayvandır. Bu memeli hayvanın insana en ilginç gelen özelliği de yumurtlayarak

üremesidir. Duckbill platypus dünyada yumurtlayarak üreyen 2 memeli türünden biridir. Yarı sucul olan bu hayvanın geniş ve yassı bir kuyruğu, perdeli ayakları ve ördek gagasını andıran bir burnu vardır. Avustralya'da yaşayan ve bilimsel adı *Ornithorhynchus anatinus* olan bu memelinin yumurtaları diğer memeli yumurtalarının aksine büyük miktarda yumurta sarısı içerir. Dişi yumurtalarını bir yuva içine koyar. Anneleri, yumurtadan çıkan yavruları vücudunun etrafına toplar ve gelişmelerini tamamlayana dek meme bezlerinden sütle besler.

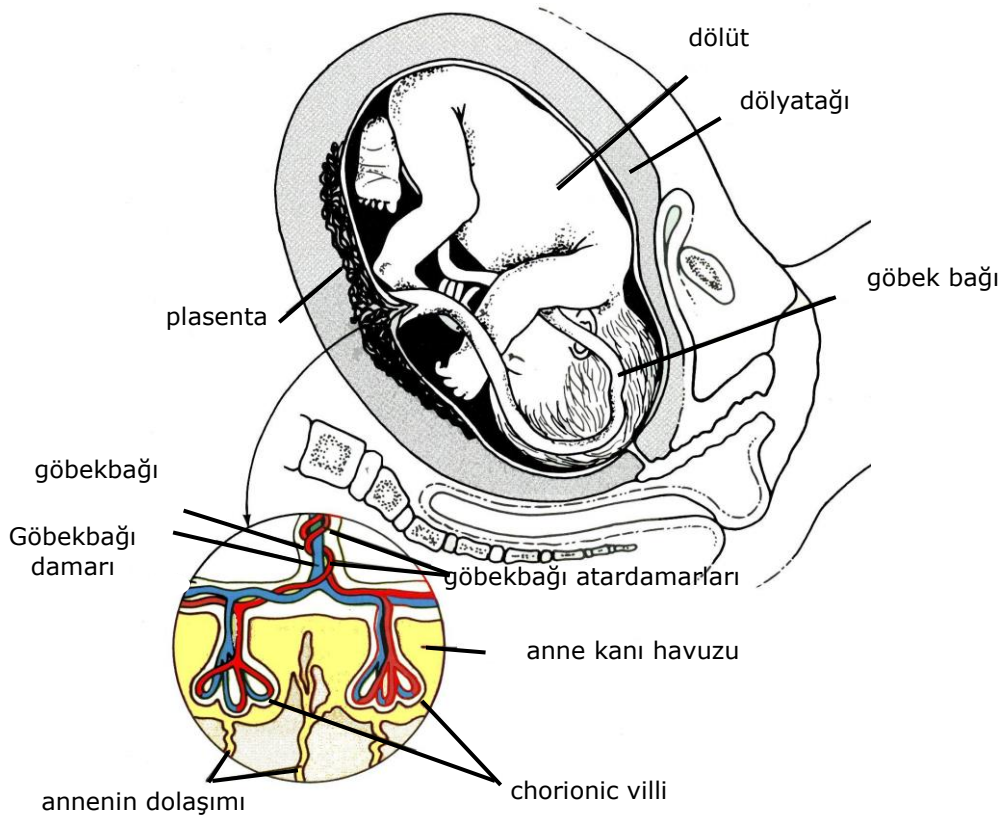


Duckbill Platypus (ördek gagalı yassı ayak)

Keseli memeliler ya da *keselilerde* embriyonun içsel gelişiminin bir kısmı uterusda meydana gelir, fakat plasenta oluşturulmaz. Embriyo yumurta sarısından besin sağlar. Yavru hayvan tamamen gelişmemiş bir halde doğar. Yavru emekleyerek anne vücudunun dışındaki bir kesenin içine girer ve bir meme bezine tutunur. Gelişme kese içinde tamamlanır. Keselilerin çoğu Avustralya'da bulunur. Kanguru en iyi bildiğimiz örnektir. Opossum Batı Yarıkürede bulunan bir keselidir.

Plasentalı memeliler. İnsanın dahil olduğu pek çok memeli *plasentalı memeliler*dir. Bu memelilerde, embriyonun dolaşım sisteminin kan damarları annenin dolaşım sistemi ile sıkıca bağlantılıdır. Bu bağlantı dölyatağı çeperi içindeki **placenta** denilen özelleşmiş bir yapı tarafından yerine getirilir.

Plasentada besinler ve oksijen anne kanından embriyo kanına, karbondioksit ve diğer atıklar da embriyo kanından anne kanına difüze olurlar. Bununla birlikte, bu iki dolaşım sistemi arasında doğrudan bir bağlantı yoktur. Embriyo **göbek bağı** denilen bir kordonla plasentaya bağlanmıştır (Şekil 17-3). Bu yapı, embriyonun dolaşım sistemini plasentadaki kılcıl damarlara bağlayan kan damarları içerir.



Şekil 17-3. Dölütün Beslenmesi

İNSANDA ÜREME

17-9 Erkek Üreme Sistemi

Erkek gonadları erbezleridir. Erbezleri, erkek gametler olan sperm ve erkek eşey hormonu, testostosterone üredir. Testosterone, erkeklerin karakteristikleri vücut kılları, kas gelişimi ve kalın ses gibi ikincil eşey karakteristiklerinden sorumludur. Bu özellikler çoğunlukla ergenlikte ortaya çıkar.

Vücut duvarının dışında, bir deri kesesi içinde bulunan iki erbezi vardır. **Scrotum** denilen bu kese, erbezlerinin sıcaklığını, vücudun geri kalanınınkinden biraz aşağıda tutar. Bu düşük sıcaklık sperm üretimi ve depolaması için en iyi olanıdır.

Her bir erbezi *seminiferous tüpçükler* denilen küçük, kangal borucuklardan ibarettir. Her bir erbezinde 300 ile 600 arasında değişen tüpçük vardır. Olgunlaşmamış sperm bu seminiferous tüpçüklerde üretilir. Sperm, buradan erbezlerinin yukarı, arka kısmı, biriktirme alanı epididymise geçer. Sperm olgunlaşmaya kadar epididymiste kalır. Sperm epididymisten, her bir erbezinden karnın aşağı kısmına doğru yönelen **vas deferens** aracılığı ile uzaklaşır. Bu iki vas deferens, idrarın atılma yolu urethraya kavuşur. İnsan erkeğinde, urethra, penisten vücudun dışına ulaşır. Urethra spermin de vücuttan ayrılma geçididir. Sperm urethraya girdiğinde, seminal *meni kesecikleri*, *Cow Per's bezleri* ve *prostat bezi* urethraya sıvı salgılarlar. Bu sıvıların karışımına **meni** denir. Meninin urethradan geçişi **ejakulasyon** denilen bir işlemle olur. Ejakulasyondan kısa bir süre önce, ejakulasyon sırasında ve sonrasında, refleks etkinlikleri sidiktorbasının çıkışını kapalı tutarak, **urethraya idrar girmesi engellenir**.

17-10 Dişi Üreme Sistemi

Dişi gonadlar yumurtalıklardır. Yumurtalıklar, dişi gametler yumurtaları üretir ve dişi eşey hormonu estrogen de salgılarlar. Estrojen, göğüslerin ve geniş kalçaların gelişimi ile yağ dağılımı gibi dişi ikincil eşey karakteristiklerinden sorumludur. Bu karakteristikler çoğunlukla ergenlik döneminde ortaya çıkar. Estrojen, bir sonraki bölümde değerlendirilecek olan adet görme döneminde de büyük rol oynar.

Dişinin, karnın aşağı kısmının dibinde bulunan iki yumurtalığı vardır. Yumurtalıklar yaklaşık 4 santimetre uzunlukta ve 2 santimetre enindedir. Her bir yumurtalık, **folikül** denilen yaklaşık 200,000 küçük yumurta bezikleri içerir. Bu olgunlaşmamış yumurtalar doğumda da mevcuttur. Bir dişinin yaşamı boyunca, 500'den daha fazla olgun yumurta üretilmez.

Bir yumurta olgunlaştığında, onu kuşatan folikül yırtılır veya patlar ve bu yumurta yumurtalığın yüzeyinden serbest bırakılır. Bu işleme **yumurtlama** denir. Yumurtlama ilk olarak, bireyin eşeyssel olgunluğa ve üreme yeteneğine kavuştuğu, ergenlikte meydana gelir. Bundan sonra yumurtlama yaklaşık ayda bir meydana gelir. Her bir yumurtalığın

yanında, ancak ona bağlı olmayan bir **yumurta kanalı** ya da *fallopian boru* vardır. Yumurta kanalı huni şeklinde çıkışı olan bir borudur. Yumurta kanalını astarlayan kirpikli hücreler, salıverilen yumurtayı bu boruda yürüten bir akış yaratırlar. Yumurta, yumurta kanalından, kalın çeperli, kaslı, armut şeklindeki organ **döl yatağına** geçer. Yumurta kanalında sperm olursa, yumurta döllenir. Yumurta döllenirse, gelişmesini döl yatağında tamamlar. Döl yatağının dar boynuna **serviks** denir. Serviks, vücudun dışına götüren **dölyolu**, ya da *doğum kanalına* açılır. Doğumda, çocuk anne vücudunu bu geçitten terk eder. İnsan dışısında, urethra kendi dış çıkışına sahiptir ve üreme sisteminden tamamen ayrıdır.

AYBAŞI DÖNGÜSÜ

İnsan dışısında, yaklaşık her 28 günde bir, yumurtalıkların birinden bir olgun yumurta gelişir ve serbest bırakılır. Bu anda, dölyatağının çeperi bir gelişme geçirir ve döllenmiş bir yumurtanın gelişimini kabul etmeye hazırlanır. Yumurta döllenmezse, dölyatağı çeperinin yeni oluşmuş kısmı parçalanır ve bu materyal, döllenmemiş yumurta ile birlikte, vücuttan atılır. Diğer bir yumurtanın olgunlaşması ve döl yatağı çeperi oluşumu ile bu döngü yeniden başlar. Bu seyir **aybaşı döngüsü** olarak bilinir. Bu döngü sırasında meydana gelen değişiklikler hipotalamus, hipofiz ve yumurtalık tarafından üretilen hormonların karşılıklı etkileşimini kapsar.

Aybaşı döngüsü, insan dışilerinde çoğunlukla 10 ile 14 yaşları arasında bir zamanda meydana gelen ergenlikte başlar. Bu döngü hamilelikte geçici olarak kesilir. Orta yaşta, çoğunlukla 45 ile 50 yaşları arasında sürekli kesilir. Aybaşı döngüsünün sürekli kesilmesine *menopoz* denir.

İnsanlar ve diğer primatlar (kuyruksuz maymunlar, maymunlar) aybaşı döngüsüne sahip yegane memelilerdir. Diğer memelilerin bir *kızışma dönemleri* vardır. Bu döngü, dişinin eşey organlarındaki devirsel değişikliklerle belli edilir ve çitleşmeye zorlar, ancak bu döngü sonunda çok az veya hiç kanama olmaz.

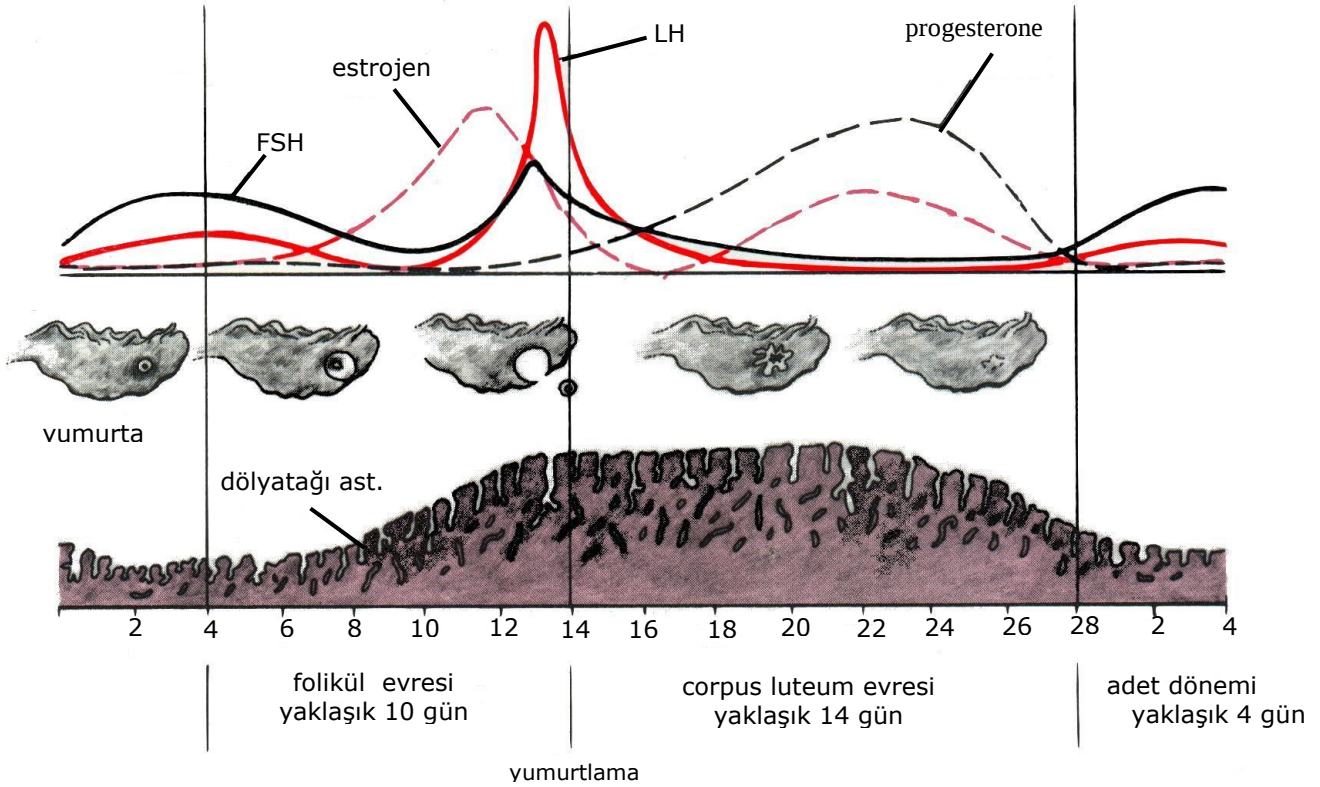
Bu döngünün çoğunda, dişi doğurgan değildir ve çiftleşmez. Çiftleşme kızışma dönemlerinin sadece kısa bir döneminde, dişi doğurgan olduğunda, yani döl yatağı ve eşlik eden yapıların büyüüp gebeliğe hazırlandığı zaman meydana gelir. Yumurtlama, türe bağlı olarak, doğurgan dönemde veya çiftleşmeden sonra kendiliğinden meydana gelir. Doğurgan dönemde, dişiye "azgın" denir. Çiftleşme meydana gelmezse, eşey organları normal durumlarına geriler.

Tilkiler, kır kurtları ve kurtların yılda bir, kedi ve köpeklerin yılda iki kızışma dönemleri vardır

17-11 Aybaşı Döngüsünün Evreleri

Aybaşı döngüsü dört evreye ayrılabilir (Şekil 17-4).

Folikül evresi. Folikül uyarıcı hormon (FSH) hipofiz salgı bezi tarafından salgılanır. FHS yumurtalıkta birkaç folikülün gelişmeye başlamasına neden olur. Çoğunlukla, sadece biri olgunlaşır. Folikül gelişirken, estrojen salgılar. Estrojen döl yatağının kalın mukoza ve zengin bir kan damarları mevcudu ile astarlanmasını uyarır. Bu değişiklikler, döl yatağını olası gebeliğe hazırlar. Bu evre 10 ile 14 gün sürer.



Şekil 17-4. Aybaşı Döngüsü

Yumurtlama. Kandaki yüksek estrojen oranı hipofizin FSH salgısını arttırmasına neden olur ve luteinizing hormonu (LH)'nun salgılanması başlar. Kandaki LH konsantrasyonu belli bir düzeye ulaştığında, yumurtlama meydana gelir, yani folikül yırtılır, olgun bir yumurta salıverilir. Yumurtlama çoğunlukla yaklaşık olarak aybaşı döngüsünün ortasında meydana gelir.

Corpus luteum evresi. Yumurtlamadan sonra, LH yırtılmış folikülü, **corpus luteum** denilen sarı bir yapı oluşturan, hücrelerle dolması için uyarır. Corpus luteum, dölyatağı astarının gelişiminin devam etmesini destekleyen progesteron hormonu salgılaya başlar. Dölyatağı çeperinin desteklenmesindeki rolünden dolayı, progesteron çoğunlukla gebelik hormonu olarak adlandırılır. Progesteron FHS salıverilmesini tutarak, yumurtalıkta yeni foliküllerin gelişmesini de önler. Corpus luteum evresi 10 ile 14 gün sürer.

Aybaşı. Döllenme meydana gelmezse, LH salgısı azalır ve corpus luteum sona erdirilir. Bu, prosterogen düzeyinde bir azalmaya neden olur. Prosterogen düzeyindeki düşüşle, dölyatağının kalınlaşmış çeperi daha fazla desteklenemez ve parçalanır. Astarlama katmanlarının fazlalığı, döllenmemiş yumurta ve az bir miktar kan döl yolu ile vücuttan dışarı akar. Buna **adet görme** denir. Yaklaşık 3 ile 5 gün kadar sürer. Adet süresince, kandaki estrogen miktarı düşer. Hipofiz FSH salgısını artırır ve yeni bir folikül olgunlaşmaya başlar.

DÖLLENME, DÖLTUTMA VE GELİŞME

İnsanda çiftleşme ya da cinsel ilişkide, yüz milyonlarca sperm dölyoluna boşaltılır. Ardından, sperm serviksten ilerler, dölyatağından geçer ve yumurta kanalına gelir. Bu anda bir yumurta dölyatağına geçiyorsa, döllenme, yani bir sperm ile bir yumurta çekirdeğinin birleşmesi meydana gelebilir. Yumurta spermi çeken bir kimyasal salgılar. Spermlerden biri yumurtayı kuşatan zarları deler ve sperm hücresinin çekirdeği yumurta hücresinin sitoplazmasına girer. Bu olduğunda, yumurtayı çevreleyen zarlar, diğer herhangi bir spermin girişini önlemek için değişir. Sperm çekirdeği ile yumurta çekirdeği zigot denilen diploid hücre meydana getirerek birleşir.

Döllenmeden sonra, zigot, yumurtalıktan dölyatağına doğru hareketinde dilinim geçirir ve blastulaya gelişir. Döllenmeden yaklaşık 5 ile 10 gün sonra, embriyo dölyatağına girer. Dölyatağında, embriyo hücrelerinin dış katmanı dölyatağının kalın astar parçasını sindiren enzimler salgılar ve embriyo kendi kendine bu yere bağlanır. Embriyonun dölyatağının çeperine bağlanmasına **döltutma** denir. Döltutma, dölyatağında bebeğin gelişme dönemi olan **gebeliğin** başladığını gösterir.

Döltutmadan sonra, embriyo gastrulasyon geçirir. Üç başlangıç katmanı oluşur. Gelişme ve farklılaşma ile vücudun bütün doku ve organları bu üç katmandan gelişir. Döllenmeden yaklaşık 8 hafta sonrasına kadar gelişmekte olan insana *embriyo* denir. Bu zamandan sonra, çoğunlukla **dölüt** (cenin) adını alır.

Gebelikte, aybaşı döngüsü, embriyoyu kuşatan zarlardan biri olan korion tarafından salgılanan bir hormon tarafından baskılanır. Bu hormon corpus luteumun yıkılmasını önler. Corpus luteus dölyatağı çeperinin kalınlaşmasını destekleyen, yüksek düzeyde progesteron salgılamayı sürdürür.

17-12 Embriyonun Beslenmesi

Döl yatağında, döllenme anından döltutmaya kadar, embriyo, yumurtada depolanmış

besinle beslenir. Döltutmadan sonra, embriyo besin ve oksijeni geçici bir organ olan **plasenta** ile annesinin vücudundan alır.

İnsanlarda, blastulanın dış hücre katmanı, embriyoyu kuşatan zar, **koriyon** olur. Koriyonun dış yüzeyinde, *koriyonik villi* denilen küçük parmak şeklinde uzantılar oluşur ve dölyatağı astarının içine uzanır. Bu koriyonik villi ve dölyatağı astarı, embriyo ile anne arasında besin ve atıkların değişiminin sağlandığı plasentayı oluşturur, ayrıca gebeliğin sürdürülmesi için gerekli hormonlar da salgılar.

Dölüt ve annenin kanları karışmaz. Atıkları taşıyan dölüt kanı, plasentadan göbek kordonundaki atardamara akar. Bu atardamarlar, sonuçta koriyonik villi kılcallarını oluşturmak için sürekli dallanırlar (**Şekil 17-3**). Anne kan damarından villi etrafındaki boşluklara olan atardamar kan basıncının zorlaması ile villi anne kanında yıkanır. Anne kanındaki besinler ve oksijen dölütün kanına ve ondaki atıklar anne kanına difüze olur. Devamında, göbek bağındaki dölütün damarları besinler ve oksijence zengin kanı dölüte geri getirir. Dölütün atıklarını içeren kan, bu atıkların boşaltıldığı anne dolaşım sistemine geri döner.

Plasenta, anne kanındaki bazı zararlı maddelerden dölütü koruyan bir engel olarak ödev yapar. Bununla birlikte, pek çok tehlikeli maddeler plasentadan, anne kanından dölütün kanına geçer. Alman kızamık virüsü yanında nikotin, alkol ve pek çok ilaç plasentadan dölüte geçer ve ona zarar verir.

İnsan embriyosu kuşlar ve sürüngenlerdeki gibi aynı ek embriyonik zarlar geliştirir. Ancak, bu zarlar insan gelişiminde farklı işlevler üstlenirler. Koriyon döltutma ve plasenta oluşumuna katılır. Amniyotik sıvı ile dolu olan amniyon, dölütü kuşatır. Bu sıvı, ona kararlı bir çevre sağlayarak ve şokları üstlenerek dölütü korur. Allantois, dölütün sindirim sisteminden dışarıya gelişen bir zardır. Yumurta sarısı kesesi ile birlikte göbek bağı oluşturur.

17-13 Doğum

Gebelik süresine **hamilelik dönemi** denir. İnsan hamilelik dönemi dokuz aydan biraz fazladır. Dölüt doğum için hazır olduğunda, döl yatağı kaslarının yavaş, dizemli kasılmaları başlar. Buna **doğum** denir. Bu anda serviks girişi büyümeye başlar. Bebek dölyatağından dışarıya ve doğum kanalına geçmeden önce, çapının, 1 veya 2 santimetreden 11 veya 12 santimetreye mutlaka genişlemesi gerekir. Serviks genişlediğinde, kasılmalar, bebeği, başı önde, dölyatağından dölyoluna ve anne vücudundan dışarıya iter. Doğum sırasında, amniyotik zar, amniyotik sıvıyı salıvererek yırtılır. Bu sıvı, bebeğin doğum kanalından geçişini kolaylaştırır.

Bebek anne vücudundan çıkarıldığında, göbek bağı yine plasentaya bağlıdır. Ardından göbek bağı düğümlenir ve **göbek** denilen bir yara izi bırakarak kesilir. Bebeğin doğumundan kısa bir süre sonra, ek dölyatağı kasılmaları plasenta ve amnionu dışarı atar.

Gebelik sırasında, progesterone ve estrojen göğüsleri emzirme için hazırlar. Doğumdan sonra, hipofiz hormonu prolactin göğüslerdeki meme bezlerinin süt salgılamasına neden olur.

17-14 Çoklu Doğumlar

Bazen, iki yumurta aynı zamanda olgunlaşır ve yumurta kanalına birlikte bırakılır. Ardından her bir yumurta farklı bir spermle döllenir. Her iki embriyo dölyatağına tutunabilir ve bağımsız olarak gelişebilirler. Bu iki embriyo farklı kalıtsal materyal aldığından, farklı özelliklerdeki bireylere gelişirler. Aynı gebelikten doğan iki bireye *ikizler* denir. Farklı yumurtalardan geliştiklerinde, bunlara **kardeş ikizler** denir. Kardeş ikizler zıt eşeylerde olabilirler ve aynı ana babanın herhangi iki çocuğundan daha çok benzer değildirler.

Diğer durumlarda, tek bir döllenmiş yumurta gelişmenin çok erken bir evresinde iki embriyoya bölünür. Daha sonra bu iki birey aynı kalıtsal yapıdan gelişir ve fiziksel olarak birbirine çok fazla benzerler. Aynı yumurtadan gelişen iki bireye **özdeş ikizler** denir. Özdeş ikizler her zaman aynı eşeydendir.

Çoklu doğumun en yaygın çeşidi ikizlerdir. Bununla birlikte, nadir hallede, üç veya daha fazla embriyo aynı gebelikte oluşabilir. Bu tür çoklu ikizler kardeş, özdeş ya da her iki çeşidin bileşimi olabilirler.



Özdeş ikizler