

7 HAYVANLARDA ÜREME ve GELİŞME

ÜREME ÇEŞİTLERİ

Bütün hücreler diğer hücrelerden oluşur. Bu, orijinal hücrenin iki hücreye bölünmesiyle meydana gelir. Tekhücreli bir 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 oluşturması da bir üreme şekli olabilmektedir.

Eşeyli ve eşeysiz, iki temel üreme çeşidi vardır. **Eşeyli üretilir**, yalnızca bir ata vardır ve üremeye katılan özel üreme hücre ya da organları yoktur. Yeni birey, ata organizmanın ayrılmış bir parçasıdır. Bununla birlikte, **eşeyli üretilir**, 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 üretilirdeki rolü, değerlendirilecektir. Eşeyli üretilir bir sonraki bölümde değerlendirilecektir.

7₁-1 MİTOZ ve EŞEYSİZ ÜREME

7₁-1 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, kerevitin 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 kromozomlarını tam bir takımını almak zorundadır.

7₁-2 Hayvan Hücrelerinde İnterfaz ve Mitoz

Mitoz, 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 ayırım yoktur; her biri bir sonrakiyle birleşmiştir. [Şekil 7-1](#) interfaz ve mitozun her bir evresinin başlıca olaylarını gösteriyor.

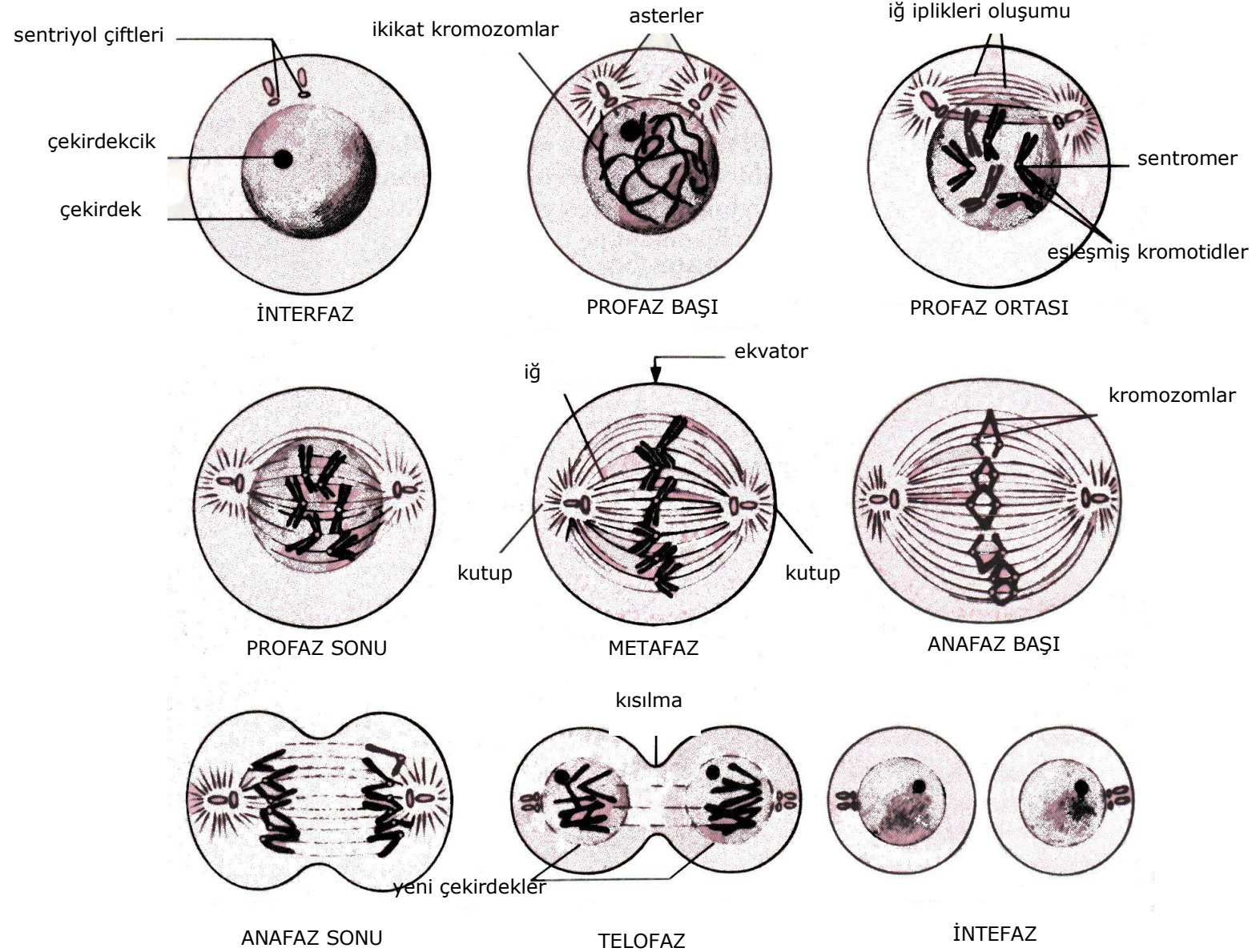
İnterfaz. Bir hücre mitoz dönemlerinin arasına olduğunda, **interfaz** evresindedir. İnterfaza dinlenme evresi denilse de, hücre gerçekten asla dinlenmede değildir. İnterfaz bir hücre bölünmesinden bir sonraki bölünmenin başlamasına kadar sürer. İnterfaz sırasında, çekirdek nükleik asitleri, sitoplazma 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, silindirik yapılar **sentriyoller**dir. Sentriyoller de interfaz sırasında iki çift oluşturarak iki kat olur.

Profaz. Profaz sırasında, iki katına çıkmış kromozomlar, uzun iplikçiklerin sarılıp, kıaldığı 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 **iğ** denilen Amerikan 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 7-1. Hayvan Hücrelerinde İnterfaz ve Mitotik Hücre Bölünmesi

Metafaz. Metafaz sırasında, iki katına çıkmış kromozomların sentromerleri ekvatorda 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 kutba, diğer özdeş tam takımın diğer kutba 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. Kansersiz 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.

7₁-3 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.

7₁-4 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 siktir. 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.

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 yardımı olacaktır.

EŞEYSİZ ÜREME

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

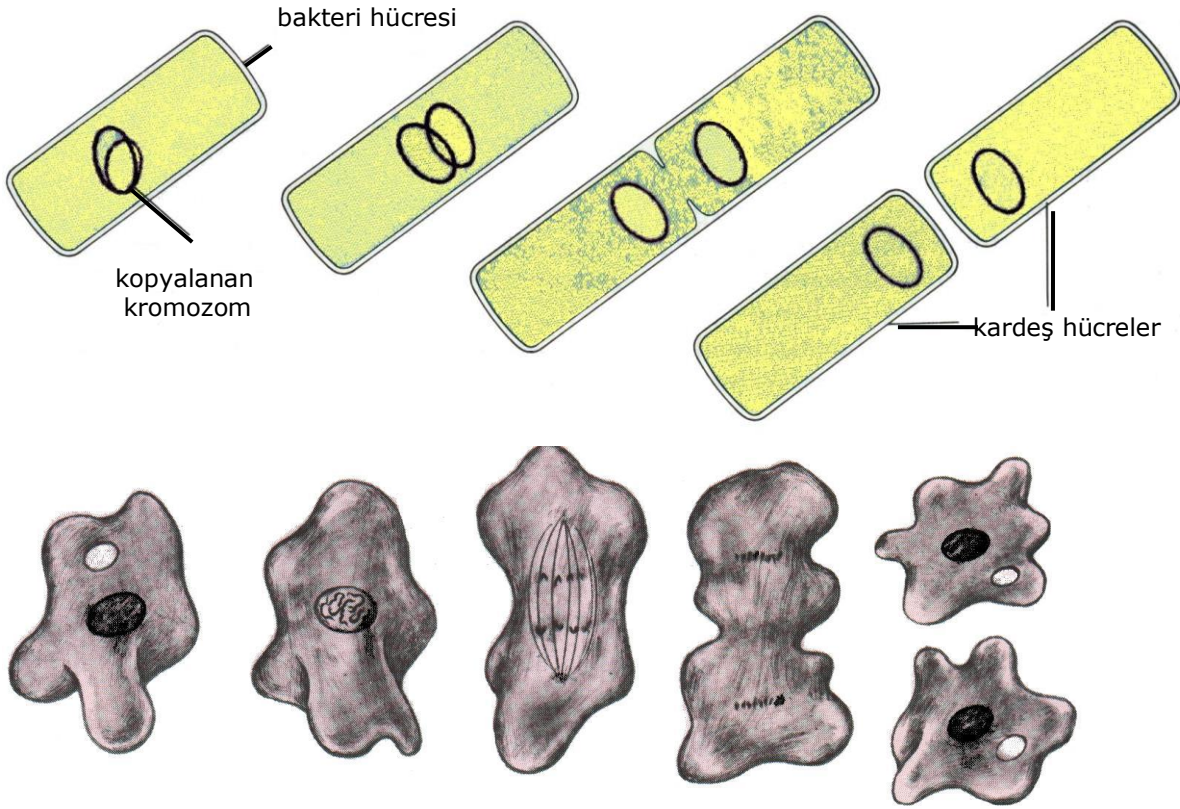
Eşeysiz üreme yalnızca mitotik hücre bölünmesinden ibaret olduğu için, her bir yeni döl atasıyla tam olarak aynı kalıtsal bilgiye sahiptir. Yeni döllere çok az değişim gösterdiğinden, birbiriyle ve atalarıyla hemen tamamen özdeşirler. Bu nedenle eşeysiz üreme, bir tür içinde dölden dölle değişmez karakteristiklerle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

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

71-5 İkiye Bölünerek Çoğalma

Eşeysiz 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 birbirinin kopyası olan kromozomlardan birini içeren iki yavru hücreye bölünür (Şekil 7-2). Bu eşeysiz üreme yöntemi, tüm hücrelerin genetik olarak özdeş olması, yani aynı genetik materyale sahip olmaları ile sonuçlanır. Mitozda olduğu gibi, ata hücre kimliği kaybolur. Ökaryotik hücrelerin izlediği mitoz ve mayoz süreçlerinden farklı olarak, ikiye bölünerek çoğalma, hücrede bir iş ipliği düzeneği oluşmadan gerçekleşir.



Şekil 7-2. 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.**

Protozalarda Bölünme. Bir amip tam büyüklüğe eriştiğinde, yuvarlaklaşır ve çekirdeği mitoz geçirir. Çekirdek bölünmesinden sonra, sitoplazma, iki yavru hücre üretimi için hücre ortasından içeriye kısılr ya da büzülür (Şekil 7-3). 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.

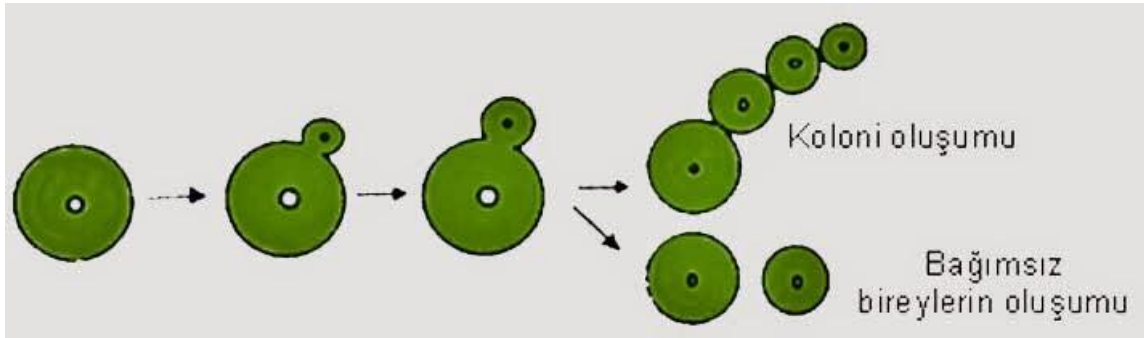
71-6 Tomurcuklanma

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.

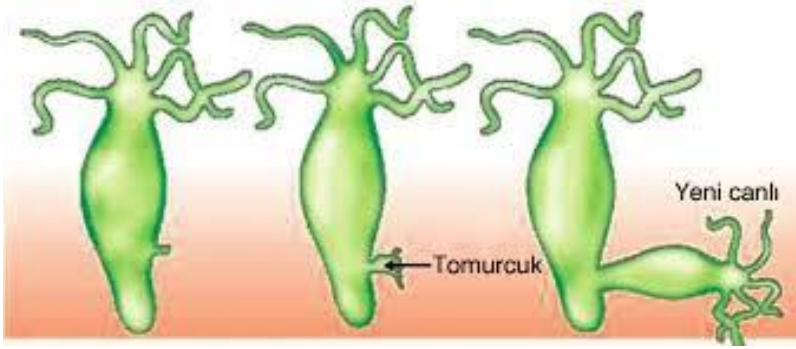
Mayada tomurcuklanma. Mayalar, mantarlar (fungi) âleminin üyeleri olarak sınıflandırılan ökaryotik, tek hücreli mikroorganizmalardır. Maya türü, *Saccharomyces cerevisiae*, fermantasyon süreci boyunca karbonhidratları karbon dioksit ve alkollere dönüştürür. Bu reaksiyonun ürünleri, ekmeğin pişirme ve alkollü içeceklerin üretiminde binlerce yıldır kullanılmaktadır. Mayalar son zamanlarda mikrobiyal yakıt hücrelerinde (MFC) elektrik üretmek ve biyoyakıt endüstrisi için etanol üretmek için kullanılmaktadır.

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 diğer 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 7-3. Mayada 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 (Şekil 7-4). Tomurcuk hidra sonunda ata hidradan ayrılır. Hidralar eşeyli olarak da üreyebilir.



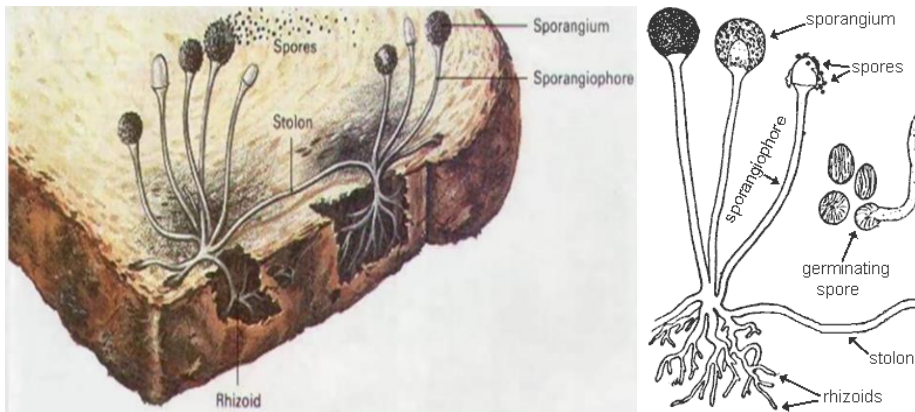
Şekil 7-4. Hidrada tomurcuklanma ile üreme.

7.1-7 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 7-5). 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 7-5. Ekmek küfün, *Rhizopus stolonifer*'de spor oluşumu.

7-8 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. İstiridyeye 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. Hiçbir memeli kayıp bir organı doğal olarak yenileyemez, ancak geyik boynuzları bu alanda iki benzersiz süreci incelemek için bir model sağlar. Basit organizmalar büyük yenilenme gücüne sahip olmakla birlikte, çoğunlukla doğal koşullar altında bu tarzda çoğalamazlar.

Hayvanlarda En hızlı hücre bölünmesi geyiklerde boynuzların gelişiminde meydana gelir. Atılan geyik boynuzlarının ilkbahar ve yaz aylarında yeniden büyümesi, hayvanlar âlemindeki en hızlı organ yenilenmesini temsil eder. Başka hiçbir memeli, kayıp bir organı doğal olarak yenileyemez, ancak 200 kg'lık yetişkin bir kızıl geyiğin boynuzları 30 kg ağırlığa erişebilir ve gelişimi sadece 3 ay sürer. Geyik boynuzları, bir günde 1 cm'ye varan büyüme hızlarıyla osseokartilajen dokuların en hızlı büyüyenidir ve yenilenme yapabilen tek memeli eklentileridir (Şekil 7-6).



Şekil 7-6. Geyik boynuzlarının yeniden büyümesi, memelilerde genel olarak kemiksi uzantıların yerini alamayan yenilenme ile ilgili benzersiz bir olaydır.

Antler re-growth is a unique regenerative event in mammals which in general are unable to replace bony appendages.

7₂ MAYOZ VE 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. Mitoz bölünmede DNA kendini kopyalayarak çekirdek materyalini iki katına çıkarır. Bu kopyalamada DNA, yapısı gereği kendisinin diğer bir eşini, ikinci bir takımını oluşturur. Yeni bireylerden her biri atasının kromozomlarıyla özdeş olan kromozomların bir takımını alır. Bu nedenle, eşeysiz üremede, dölden döl 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** döllere 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

7₂-1 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 dölde iki kat olacaktı. İkiye katlanma döllenmede iki gametin birleşmesiyle meydana gelmektedir. Mayozdaki işlemde 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 sporeleri üretir.**

7₂-2 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.

Mayoz bölünmeye yol açan hazırlık basamakları, mitotik hücre döngüsünün interfazıyla model ve ad olarak aynıdır. Interfaz üç aşamaya ayrılır. Büyüme 1 (G1) fazı: Bu çok aktif fazda, hücre, büyüme için ihtiyaç duyacağı enzimler ve yapısal proteinler gibi geniş protein dizisini sentezler. G1'de kromozomların her biri tek bir doğrusal DNA molekülünden oluşur.

Sentez (S) aşaması: Genetik materyal kopyalanır; hücrenin kromozomlarının her biri, bir sentromere bağlı iki özdeş kardeş kromatit haline gelmek üzere çoğalır. Bu yinelenme (kopyalanma), sentromer sayısı aynı kaldığı için hücrenin kromozom sayısını (ploidy) değiştirmez. Özdeş kardeş kromatitler, ışık mikroskobu ile görülebilen yoğun paketlenmiş kromozomlara henüz yoğunlaşmamıştır. Bu, mayoz bölünmede profaz I sırasında gerçekleşir.

Büyüme 2 (G2) evresi: Mitoz öncesi görülen G2 evresi mayoz bölünmede yoktur. Ancak, mayotik profaz, mitotik hücre döngüsünün G2 fazına çok benzerdir.

Ara fazı (interfaz) mayoz I ve ardından mayoz II izler. Mayoz I, her biri hala iki kardeş kromatitten oluşan kopyalanmış homolog kromozomları iki yavru hücreye ayırır ve böylece kromozom sayısını yarıya indirir. Mayoz II sırasında, kardeş kromatitler ayrılır ve ortaya çıkan yavru kromozomlar dört yavru hücreye ayrılır. Diploid organizmalar için, mayozdan kaynaklanan yavru hücreler **haploiddir** ve **her kromozomun yalnızca bir kopyasını içerir**. Bazı türlerde hücreler, mayoz I ve mayoz II arasında interkinez olarak bilinen bir dinlenme evresine girerler.

Mayoz I ve II'nin her biri, mitotik hücre döngüsündeki benzer alt fazlarına benzer şekilde, profaz, metafaz, anafaz ve telofaz aşamalarına ayrılır. Bu nedenle mayoz, mayoz I (profaz I, metafaz I, anafaz I, telofaz I) ve mayoz II (profaz II, metafaz II, anafaz II, telofaz II) aşamalarını içerir.

Mayoz I, tetradlar (**2n, 4c**) olarak birleştirilen homolog kromozomları ayırır ve her biri kromatid çiftleri (**1n, 2c**) içeren iki haploid hücre (insanlarda n (23) kromozom) üretir. Kromozom sayısı (ploidy) diploitten haploide indirildiğinden, mayoz I'e indirgeme bölünmesi denir. Mayoz II, kardeş kromatitlerin ayrılarak dört haploid yavru hücre (1n, 1c) oluşturduğu mitoz benzer bir eşitlemeli bölünmedir. Yani, mevcut kromatidlerin yeni hücrelere eşit olarak dağıtılmasıdır.

Birinci ve ikinci mayotik bölünmeler mitoz evrelerine benzer evrelere ayrılabilir. Böylece her iki mayoz 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 *tetradlar* adı verilen her biri dört kromatid içeren çiftleri yapar. Tetradların 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, diploten ve diyakinez olarak beş ayrı evrede de incelenir. Pakiten aşaması tüm otozomal (eşey kromozomları dışındaki kromozomlar) kromozomların sinaps yaptığı aşamadır.

Metafaz I. Birinci mayotik bölünmenin metafazında, kromozom çiftlerinin (tetradlar) 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. Tetradların bu ayrılma işlemine **disjunction** denir. **Her bir kutup etrafındaki kromozom salkımı haploiddir, yani orijinal hücredeki kromozom sayısının yarısı kadardır. Ancak, her bir kromozom ikili sarmaldır (çift dizgildir).**

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 için 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

7₂-3 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 ölürlür. Eşeyli üreme kalıtsal materyalin rekombinasyonuna da izin vererek, tür içinde değişmeler ortaya çıkarır.

Eşeyli üreyen basit organizmalar arasında, ayrı eşeyler yoktur, bir türün bütün bireyleri görünüşte tamamen özdeştirler. 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.

Terliksi hayvanlar ikiye bölünerek, çoğunlukla eşeysiz olarak ürerler. Bununla birlikte, belirli aralıklarla **kavuşma** ile 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

7₂-4 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.

7₂-5 Gametogenesis: Dişide ve Erkekde Mayoz

Gonadlarda gametlerin oluşturulması işlemine **gamogenesis** denir. Daha özel olarak, yumurtalıklarda yumurtaların oluşumuna **oogenesis**, erbezlerinde sperma oluşumuna **spermatogenesis** denir. Benzer temel işlemleri içermekle birlikte, yumurta ve sperma üretiminin bazı farklılıkları vardır.

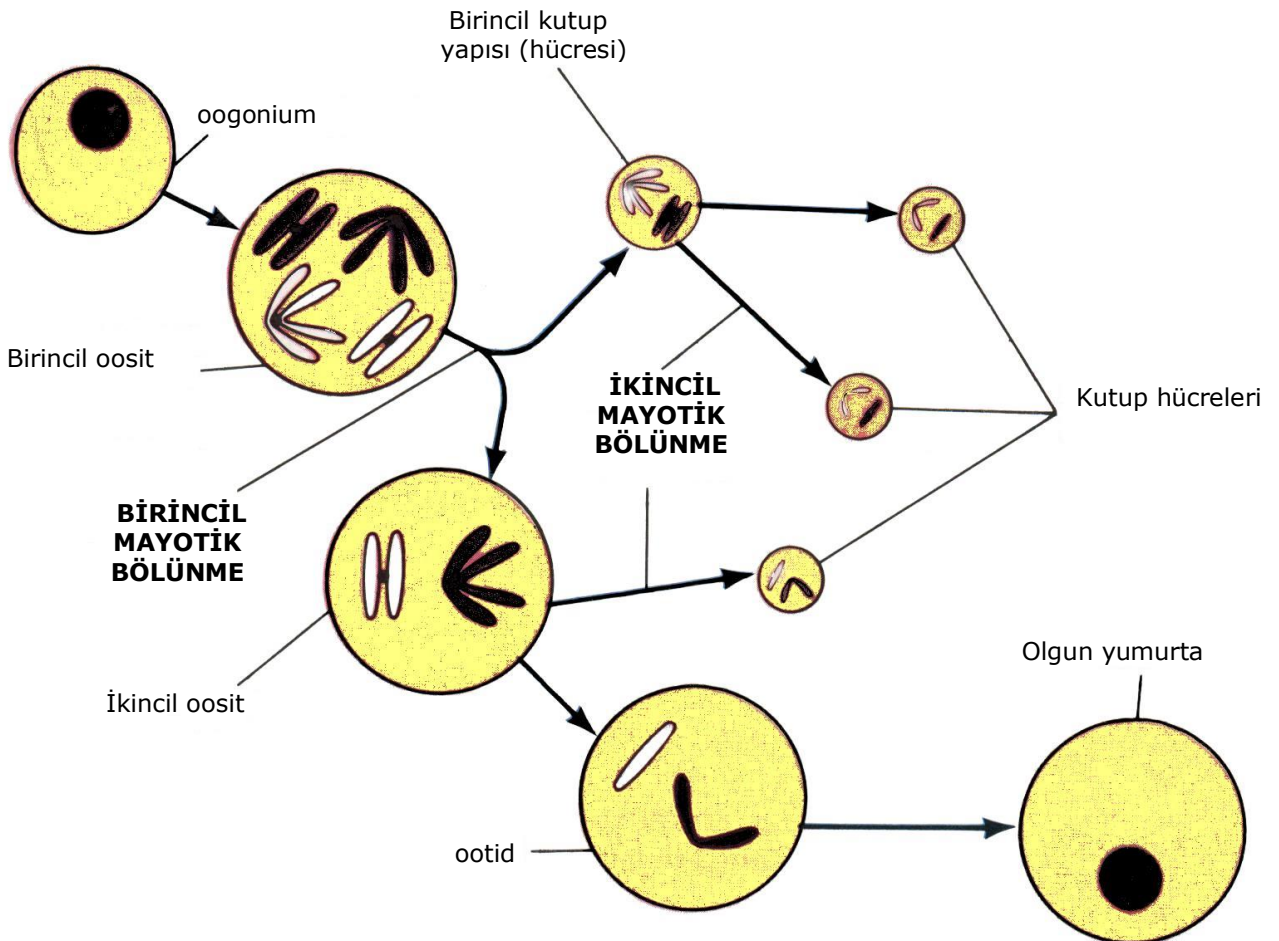
Oogenesis. Oogenez yumurtalıkta yumurtaların üretilmesidir. Oogenezin büyük adımları Şekil 7-7'de gösterilmiştir. Yumurtalar yumurtalıkta *oogonia* (çoğul) denilen **olgunlaşmamış hücrelerden meydana gelir**. Pek çok hayvanda oogonium (tekil), içinde olgun yumurtanın geliştiği küçük bir küresel hücreler bezesi olan bir *folikül* ile çevrilidir. **Oogonia diploid sayıda kromozom içerir**. Dişi organizmanın başlangıç 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.

Dişi insan dölütte, gelişmenin üçüncü ayında, yumurtalıktaki oogonia, **birincil oositler** denilen hücrelere gelişmeğe başlar. Doğumda, **birincil oositler** birinci **mayotik bölünmenin profazında**dır. Doğumda, **mayoz**, dişi eşeyssel olgunluğa erişinceye kadar

durur. Dişi memeli ve kuşlar, ergin evrede üretecekleri yumurtlamalar için gereken tüm **oositlere** sahip olarak doğar. **Eşeyssel 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.

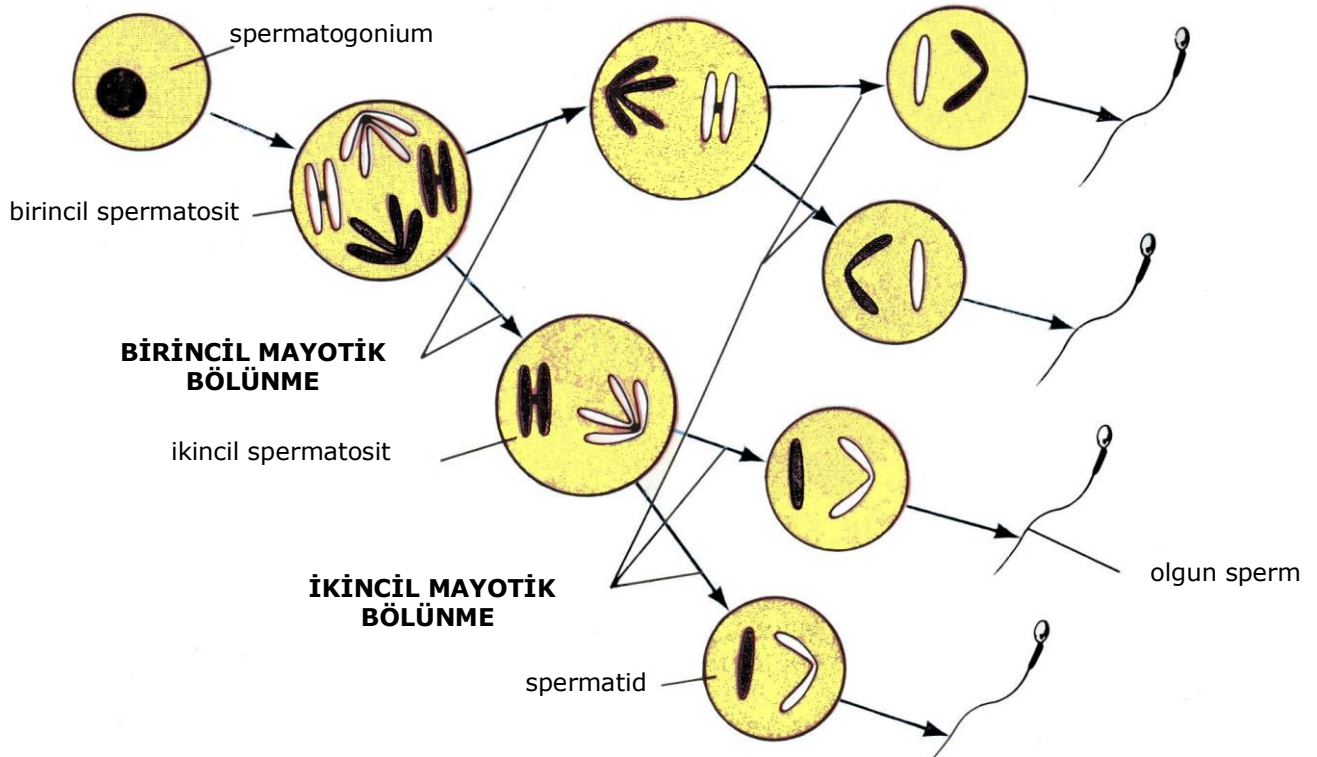


Şekil 7-7. Oogenez.

Spermatogenesis. Erbezlerinde sperma üretilmesine spermatogenesis denir. Spermatogenezde temel adımlar Şekil 7-8'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 spermagoniumlar spermatogenez dolayısıyla iki mayoz bölünme geçirerek işlevsel spermaları meydana getirir. Bu arada diğer spermagoniumlar daha fazla spermatogonia üretmek için mitozla sürekli bölünerek ilerideki spermatogenesis hazırlık yaparlar. Yumurta miktarı sınırlı olmasına karşın, sperma sayısı sınırlı değildir.

Gelişme seyirinde, bir spermatogoniumun boyutları büyüyerek bir *birincil spermatosit* olur. Bu birincil spermatosit birinci mayotik 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 7-8. 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 hücrelidir. 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.

72-6 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, spermeler hızlı hareket için özelleşmiş, akış çizgisi biçimli hücrelerdir. Erkekten serbest bırakılan spermeler bütün yönlerde ileri itilmek için, kuyrukları hızla çırpılır. Bir yumurtaya ulaştıklarında, yumurta tarafından salıverilen, *fertilizin* denilen bir kimyasal madde ile karşılaşılır. 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 spermelerin 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 rizikosu, 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.

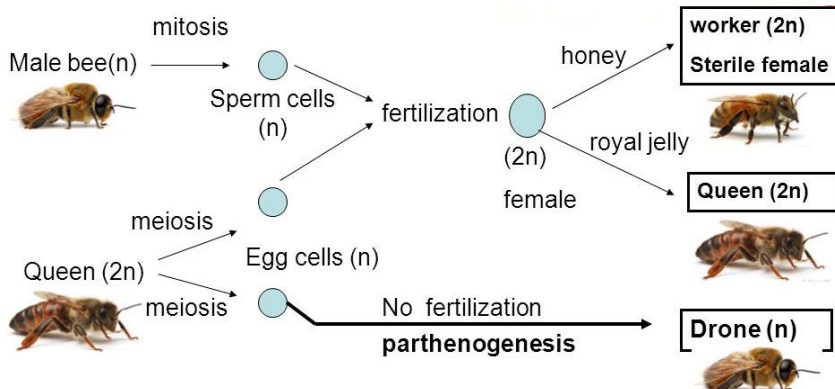
İç döllenme gametlerin saçılmasını ve dış çevre rizikosunu giderir. Çok iyi korunduklarından ve döllenme şansları, gametlerin dışsal olarak suya bırakıldığından daha yüksek olduğundan, daha az yumurtaya gerek vardır. Bununla birlikte, iç döllenmede de, erkek tarafından büyük miktarlarda (çoğunlukla milyonlarca) 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 dölleme olan hayvanlarda, üremeye ilgili pek çok özelleşmiş uyumlar sperma ve yumurtaların bırakılma zamanlaması ile ilgilidir. Genel olarak gametler yalnızca kısa bir süre canlı kaldıkları için, dölleme olması için çiftleşmenin belirli bir zaman içinde olması gerekir. **Üremeye ilgili uyumların pek çoğu hormonlar tarafından denetlenmektedir.** Üremeye 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 dışide özel yapılar içinde saklanır ve daha sonraki bir süre içinde yumurtaları döllemek için kullanılır. Örneğin, kraliçe arıda, bir çiftleşme ile, yaşamı süresince koyacağı yüz binlerce yumurtayı dölleyecek yeterli sperma depolanır. Yarasalarda, çiftleşme sonbaharda olur ve sperma döllemenin olacağı gelecek ilkbahara kadar saklanır. Spermanın bu kadar uzun bir dönem nasıl canlı kalabildiği bilinmemektedir.

7/2-7 Partenojenez

Sperma ile birleşme olmaksızın, döllenmemiş bir yumurtadan bir ergin hayvanın gelişmesine **partenojenez** 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 döllemiş ve döllenmemiş yumurtalar koyabilir. Döllememiş yumurtalardan bal yapmayan iğnesiz erkek arılar, döllemiş 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 (Şekil 7-9). Dişi afidler ilkbahar ve yaz boyunca partenogenez ile ürer. Sonbaharda, yumurtalardan erkek ve dişiler meydana gelir. Bu böcekler çiftleşir ve dişiler ilkbaharda açılan döllemiş yumurtalarını koyar.



Şekil 7-9. Bal arısında partenogenez.



Kaynak: **Wikipedia**

7₃ HAYVANLARDA GELİŞME

EMBRİYO GELİŞİMİ

7₃-1 Dilinim

Hayvanlarda döllenme, 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.

Döllenmeden sonra, zigot, **dilinim** olarak bilinen bir dizi hücre bölünmesine başlar. Dilinim sırasında, döllenmiş 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, döllenmiş tek bir yumurtayı pek çok küçük hücreye dönüştürür.

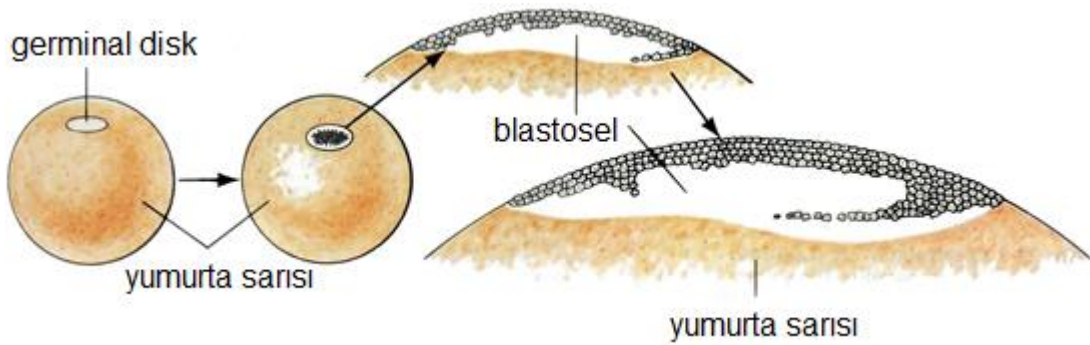
Dilinimin başlangıç bölünmeleri somut bir hücre topu oluşumu ile sonuçlanır. Bu evrede embriyo **morula** adını alır. Dilinim devam ettikçe, hücreler oyuk bir küre oluşturarak, yeni bir düzenleme geçirirler. Kürenin hücre katmanı çoğunlukla sadece bir hücre kalınlığındadır. Küre oyuğu sıvı ile doldurulur. 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 hücrelerinin 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 7-10). 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 7-10. Tavuk Yumurtasında Blastosel Oluşumu

7₃-2 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 kütesine yakın şekillenir. Hayvansal kutup hücreleri aşağı doğru göçer ve yumurta sarısı kütesinin 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 *ilkse 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.

7₃-3 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 kütesi 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

7₃-4 Çekirdek ve Sitoplazmanın Gelişmedeki Rollerini

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 yetiştiler. Mikromanipülatör kullanılması, ikiye ayırma işlemini yaklaşık iki saate indirmektedir. Evcil hayvanlarda, daha önceki yapay ikiz yöntemleri çok zor ve çok fazla zaman alıcıydı.

7₃-5 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

7₃-6 Suda Dışsal Gelişim

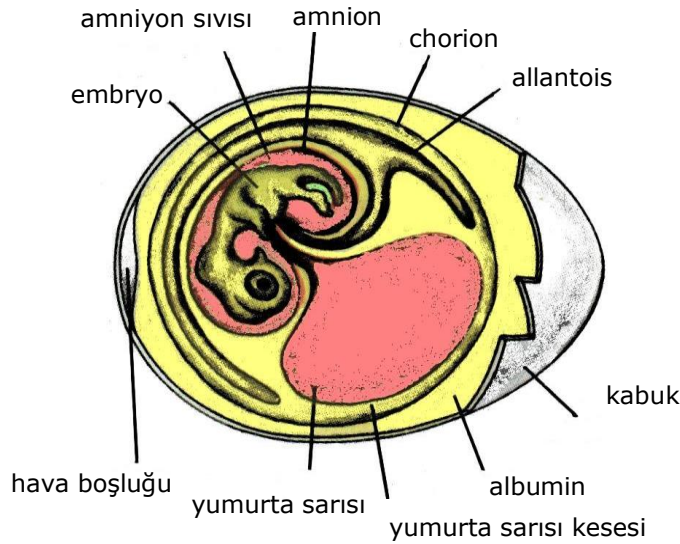
Embriyo gelişimi, organizma türüne bağlı olarak, anne vücudunun içinde ya dışında olmaktadır. Gelişimin meydana geldiği yere bağlı olarak, embriyonun bazı temel gereksinimleri vardır. Bu gereksinimler **beslenme, uygun sıcaklık, oksijen sağlama ve atıkların uzaklaştırılması yollarıdır**. Sucul hayvanların 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.

7₃-7 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 7-11) ve birkaç önemli işlevi yerine getirirler



Şekil 7-11. Tavuk Yumurtasının İçsel Yapısı

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

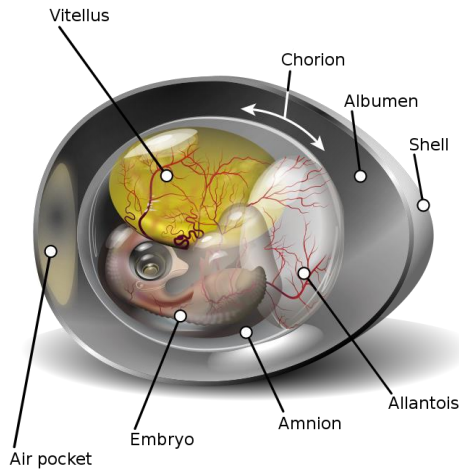
2. **Allantois embriyonun sindirim sistemini meydana** getiren kese benzeri bir yapıdır. **Oksijen ve karbondioksit değişimi allantoisin kan damarları aracılığıyla olur.** Metabolik atıklar da allantoiste toplanır. Berrak sıvı ile dolu içi boş kese benzeri bir yapıdır. Embriyonun

gaz alışverişinde bulunmasına ve sıvı atıkları işlemesine yardımcı olur. Allantois, amniyon ve koryon ile birlikte, memelileri, kuşları ve sürüngenleri amniyot olarak tanımlar.

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.



Şekil 7-11₂. Dokuzuncu gününde bir tavuk yumurtası (Kaynak: Wikipedia).

73-8 İçsel Gelişme

Bazı köpekbaklıkları 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 harcandıkça, 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 memeliler**dir.

Doğu Avustralya'da (Tazmanya dâhil) yaşayan *Ornithorhyncus anatinus*, yarı sucul, **yumurta koyan bir memeli** örneğidir. Bu hayvan büyük yassı bir kuyruğa, perdeli

ayaklara ve ördekgagasını andıran bir ağız uzantısına sahiptir. Bu nedenle ördek gaga ya da **ördek gagalı yassı ayak** olarak anılır. Bu hayvanda embriyo gelişimi, sürüngeninkini andıran derimsi bir yumurta içinde olur. Diğer memeli yumurtalarının aksine, yumurtalar büyük miktarda yumurta sarısı içerir. Dişi yumurtalarını bir yuva içine koyar. Anne, yumurtadan çıkan yavruları **karnına doğru** toplar ve gelişmelerini tamamlayana dek meme bezlerinden sütle besler.

Bu memeli hayvanın insana en ilginç gelen özelliği yumurtlayarak üremesidir. Ördekgagalı yassı ayak dünyada yumurtlayarak üreyen 2 memeli türünden biridir. Yarı sucul olan bu hayvanın geniş ve yassı bir kuyruğu, perdeli ayakları ve ördekgagasını andıran bir burnu vardır (Şekil 7-12).



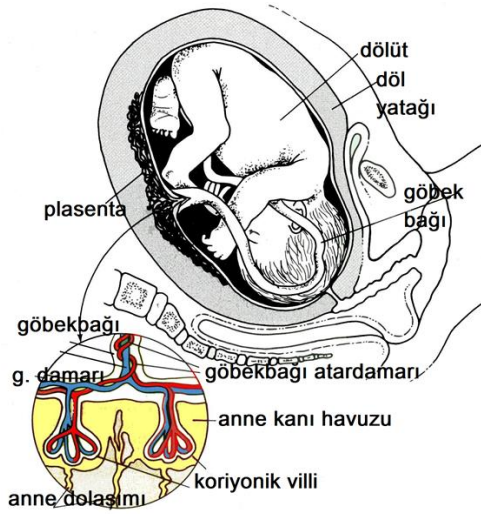
Şekil 7-12. Ördekgagalı Yassı Ayak, Duckbill Platypus, *Ornithorhynchus anatinus*

Keseli memeliler ya da *keselilerde* embriyonun içsel gelişiminin bir kısmı dölyatağında (uterus) meydana gelir, fakat plasenta oluşturulmaz. **Embriyo yumurta sarısından besin sağlar.** Yavru hayvan embriyo gelişimini tamamlamamış 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. Possum Doğu- ve Opossum Batı Yarıkürede bulunan bir keselidir.



Plasentalı memeliler. İnsanın dâhil 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 7-13). Bu yapı, embriyonun dolaşım sistemini plasentadaki kılcal damarlara bağlayan kan damarları içerir.



Şekil 7-13. Dölütün Beslenmesi