

HÜCRE BÖLÜNMELERİ

*Sinir ve kas hücreleri bölünmezler.

*Soma hücreleri 2 şekilde bölünürler; Amitoz ve Mitoz bölünme

*Ergenlik döneminde gonadların çalışmaya başlaması ile, testis ve ovaryumda olgun eşey hücrelerinin meydana gelmelerini sağlayan Mayoz bölünmedir.

A) AMİTOZ BÖLÜNME

- Daha çok bir çekirdek bölünmesidir, stoplazma bölünmesi enderdir.
- Bu bölünmede interfaz çekirdeği varlığını devam ettirir yani kromozom şekillenmesi ve çekirdek zarının erimesi söz konusu değildir.
- İnterfazın sonuna doğru DNA replikasyonu olur.
- Bölünme başlayacağı zaman DNA molekülleri çekirdeğin 2 tarafında kümelenir ve çekirdek ortasından mikroflaman ve mikrotubuluslar yardımıyla boğumlanmaya başlar ve sonuçta koparak 2 çekirdek oluşur.
- Normal durumlarda amitoz, hücrenin fizyolojik rejenerasyon yoluyla kendi kendilerine yetmeye çalışmaları olgusudur. Çünkü hcler DNA moleküllerini artırarak daha fazla metabolik aktivite gösterme olanağına kavuşurlar.

B)MİTOZ BÖLÜNME

- Amacı kalıtsal faktörleri yeni şekillenecek hücre eşit oranda dağıtmaktır.
- Embriyonal hayatta birbirini izleyen mitoz bölünmeler sonucu doku ve organlar oluşur. Doğumdan sonrada organizmanın gelişip büyümesini sağlar.

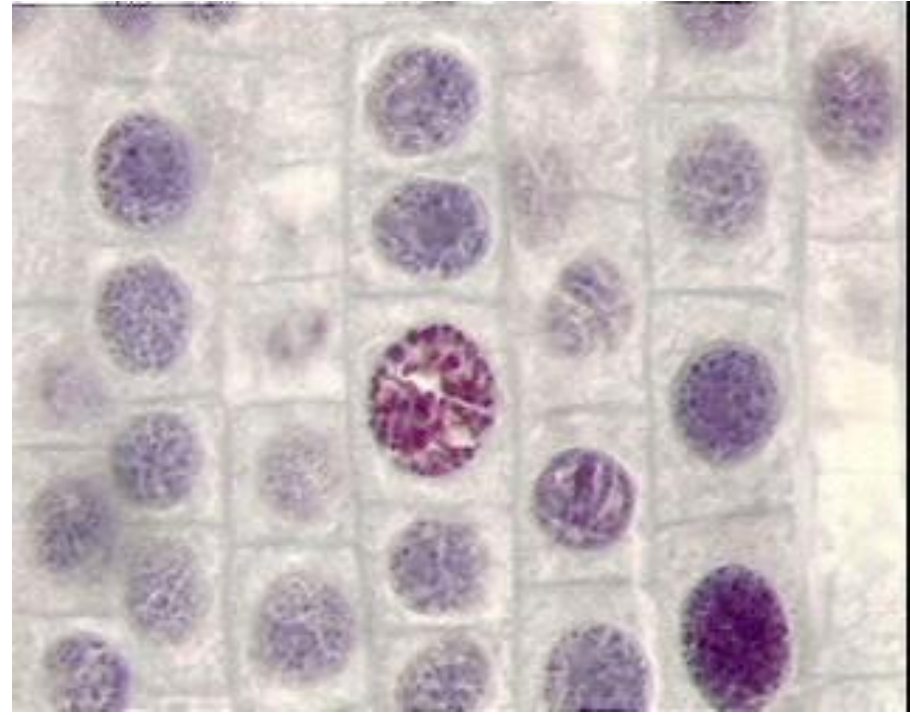
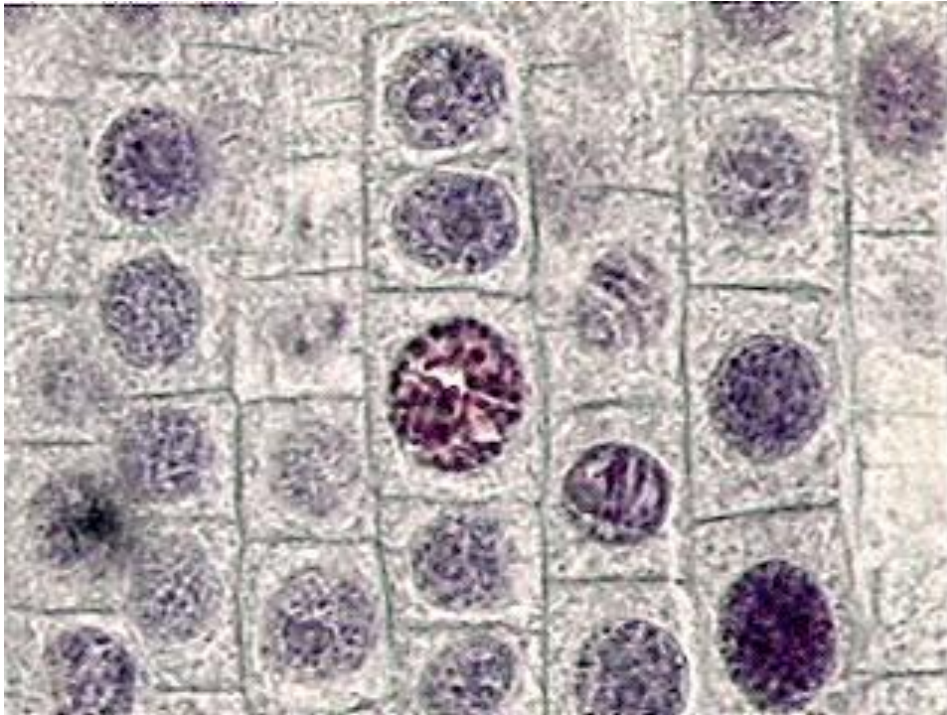
1)Profaz

- Sarmal yapmamış kromatinin yavaş yavaş sarmal yapmaya başlaması ile karakterizedir.
- En uzun evredir.
- Önce bölünecek h_{cde} h_c zarının suya karşı geçirgenliği artar ve dış ortamdan stoplazmaya su girmeye başlar ve h_c turgor durumuna geçer. Sitoplazmadaki suyun bir kısmı çeke de geçer ve çekirdekte yuvarlaklaşır.
- Çekirdekte kromozomlar şekillenir

1)Profaz

- DNA moleküllerinin kromozom biçimini almadan önceki yumaklanmış görünümüne **spirem** adı verilir.
- Kromozomların şekillenmeleri esnasında bir taraftan da çekirdek zarı parçalanır. Karyoplazma ve sitoplazma karışır.
- Sentrozomlar sentriolleri ile birlikte hücrenin kutuplarına doğru göç eder. Sentrozom göçüyle beraber 2 sentrozom arasında mitoz mekiğinin mikrotubulleri görülmeye başlar ve çekirdekçik parçalanır.

PROFAZ



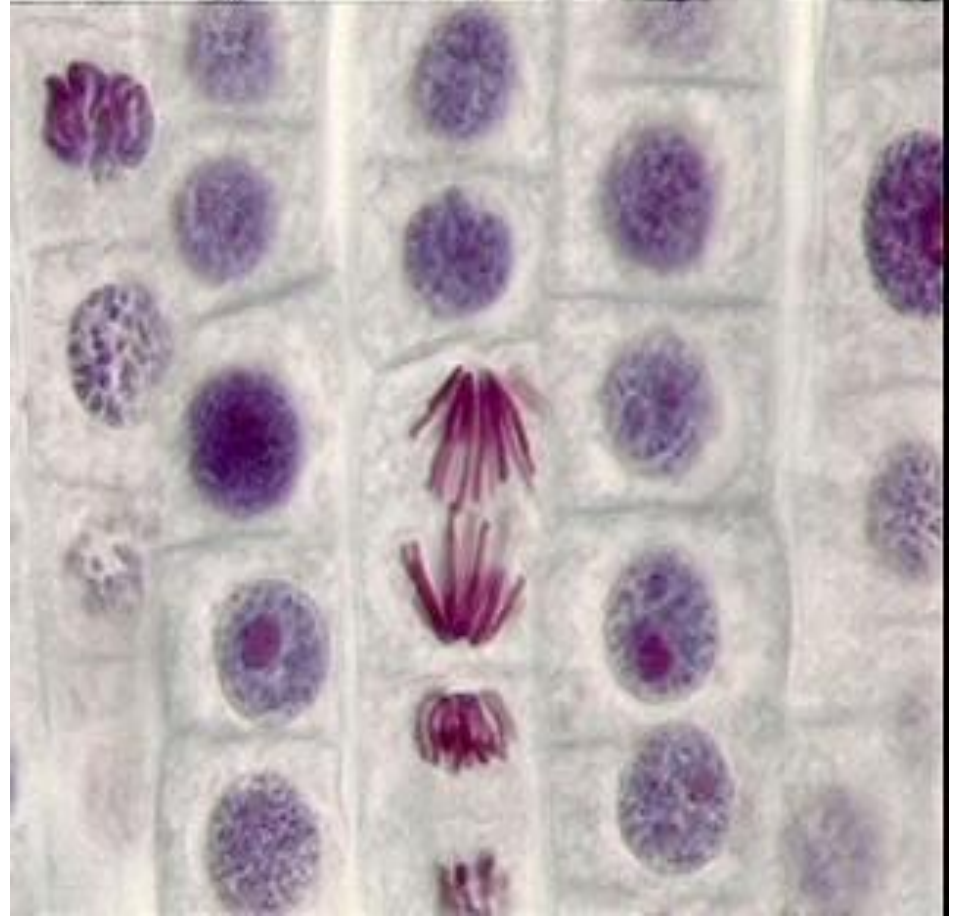
2- Metafaz

- Kromozomlar mikrotubullerin etkinliği ile hcnin ekvatoryal düzlemine göç eder ve burada boyuna yarılarak, yavru kromatid denilen 2 kromozom oluşturur.
- Kromatidler mitoz mekiğinin mikrotubullerine **kinetokor** denilen bölümleriyle tutunurlar.
- Metafaz 1 saat kadar sürer.



3- Anafaz

- Sentromer 2 ye bölünür ve kromatidler bağımsız hale gelerek birer genç kromozom olurlar. Bunlar **kardeş kromozomlar** diye isimlendirilirler.
- Bu durumda hcddeki kromozom sayısı normalin (diploid) 2 katına (tetraploid) çıkmış olur. Ancak bu durum hc bölününce tekrar normale döner.
- Kardeş kromozomlardan biri bir kutba, diğeri de öteki kutba iletilir. Böylelikle kalıtsal özellikler genç hce eşit bir oranda geçmiş olur.



4- Telofaz

- Kutuplara çekilen kromozomların boyları kısalır, matrikslerini yer yer kaybetmeye başlarlar.
- Matriksleri eriyince kromonemalar gevşeyip uzar ve bir yumak görünümü kazanırlar (dispirem).
- Bu sırada çekirdekçik, kromatin ve çekirdek kılıfı yeniden görülmeye başlar.
- Mitoz bölünme sırasında çekirdekte sergilenen değişikliklerin tümüne birden **karyokinez** denir.
- Mitoz bölünmede sitoplazmada da önemli olaylar meydana gelir bunların tümüne birden **sitokinez** adı verilir.

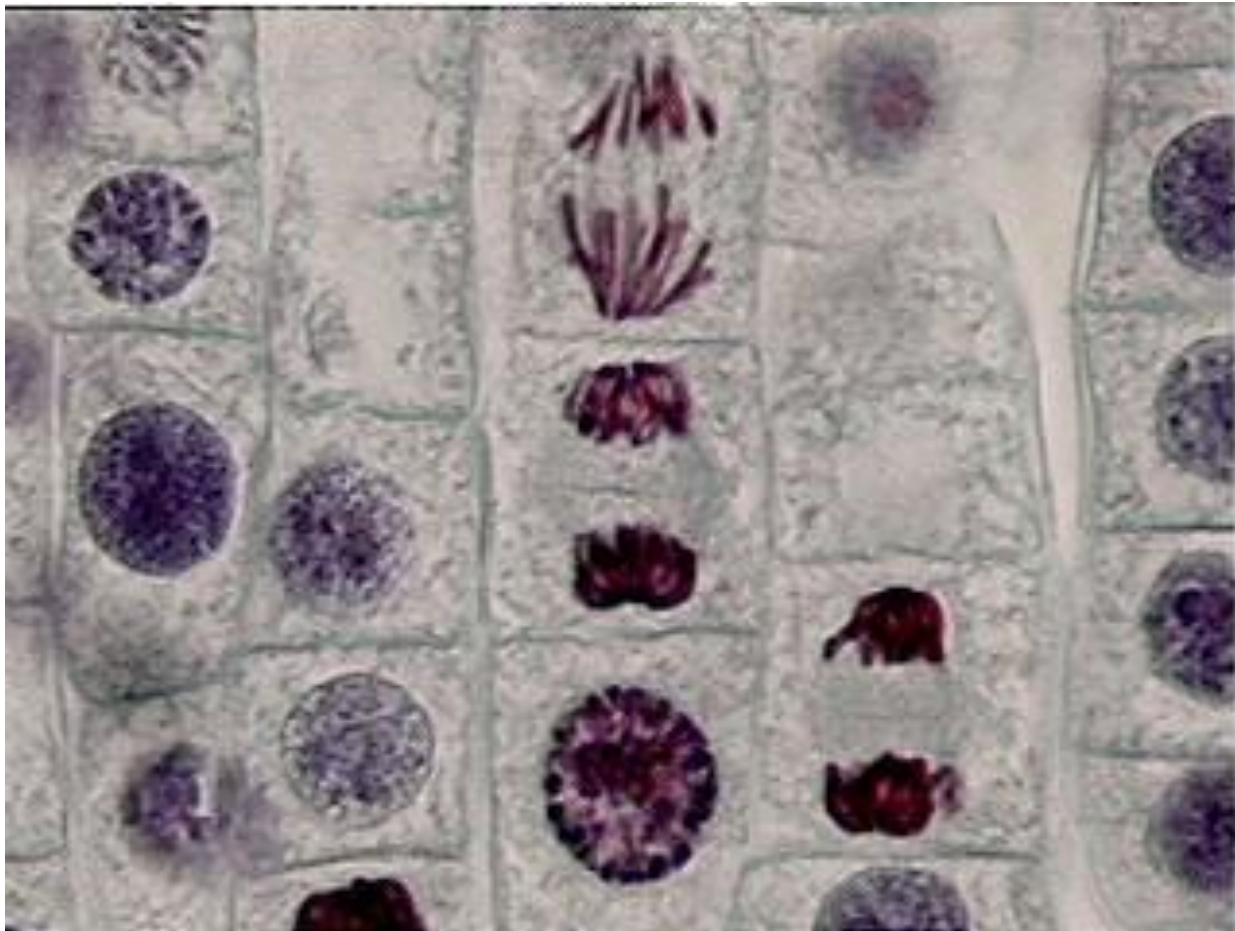
4- Telofaz

- Çoğu durumda sitoplazma orta yerinden ikiye bölünür ve mitoz bölünme tamamlanmış olur.
- Bölünme halinde olan hücrelerin görünüşlerine **mitotik figürler** denilir.
- Sitoplazma bölünmesi iki yolla gerçekleşir.
- Hayvansal hücrelerde genellikle **boğumlanarak bölünme** olur.
 - Sitoplazma ekvatoryal düzlem hizasında boğumlanmaya başlar; boğumlanma yerindeki yüzeysel sitoplazmada, hücreyi halka şeklinde saran akin ve miyozin filamanları toplanır. Bu filamanların kontraktilitesi ile sitoplazma boğumlanıp ikiye ayrılır.

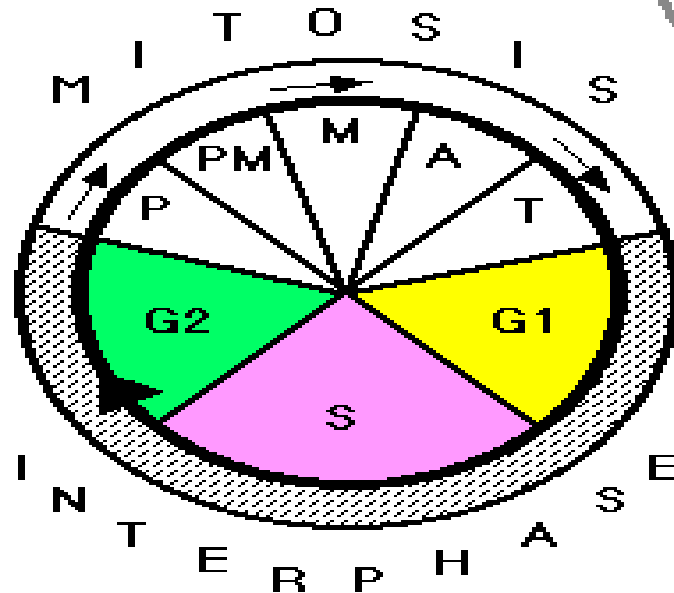
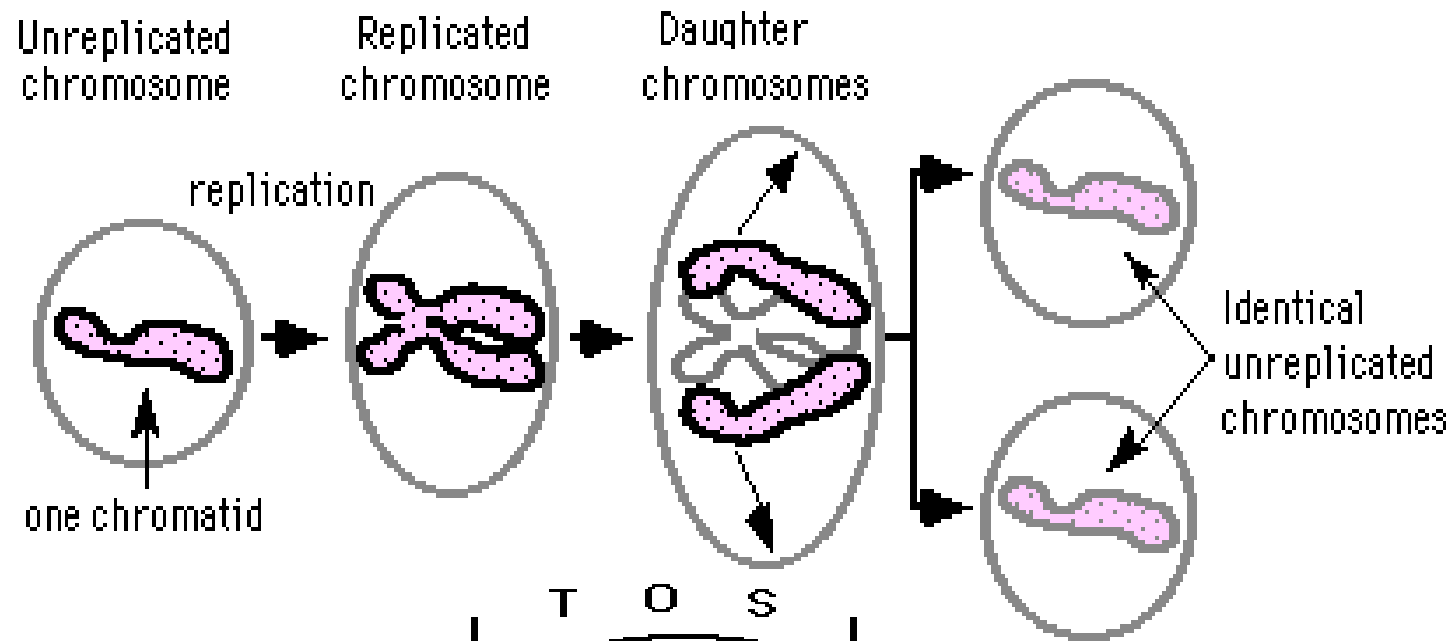
4- Telofaz

- Sitoplazmanın bölünmeye başlaması anafaz ve telofazda olduğu gibi daha sonra da olabilir.
- Hücreler bölününce meydana gelen kardeş hücreler bir süre stoplazmik köprülerle birbirine bağlı kalırlar.
- İnterpoler mikrotubuluslar bu kısımda bir hücreden diğerine uzanmaktadır. Bu köprünün orta yerinde tubuluslara dikey seyreden yoğun bir bölge vardır.
- Buraya **orta cisimcik (midbody)** denir. Hücrelerin birbirlerinden tamamen ayrılımları burada olur.

Telofaz



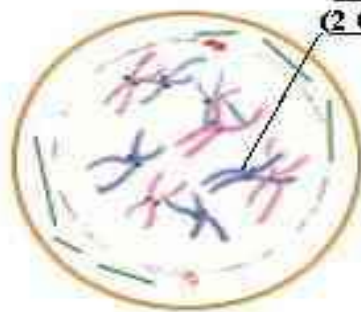
MİTOZ



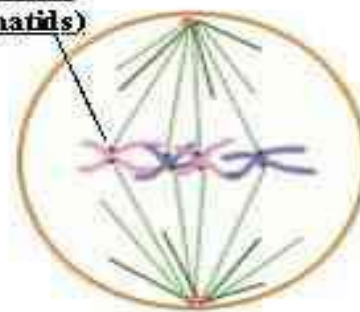
Mitosis



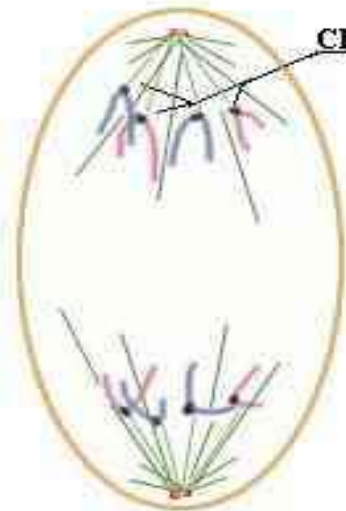
Prophase



Prometaphase



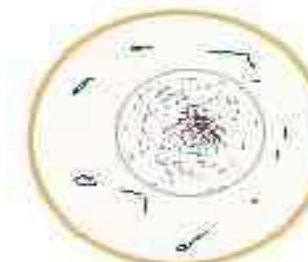
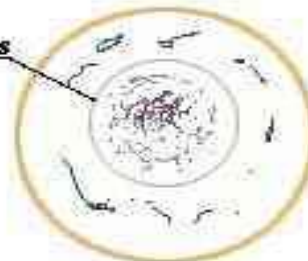
Metaphase



Anaphase



Telophase



Interphase

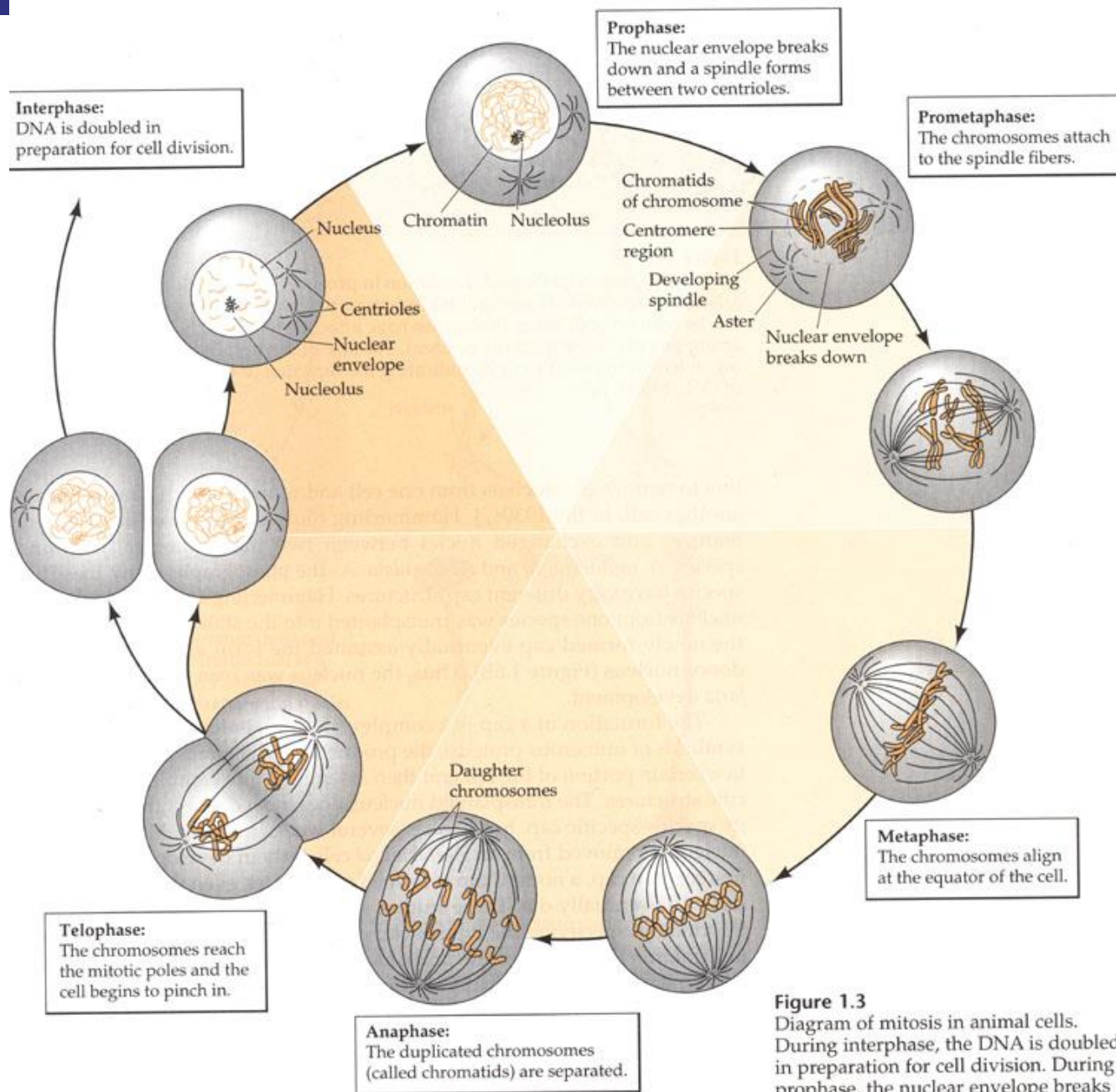
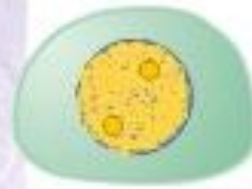
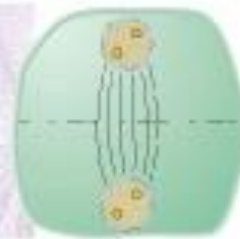


Figure 1.3
Diagram of mitosis in animal cells. During interphase, the DNA is doubled in preparation for cell division. During prophase, the nuclear envelope breaks down and a spindle forms between the



(a) Interphase



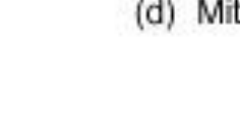
(b) Early mitotic
□ prophase



(c) Late mitotic
□ prophase



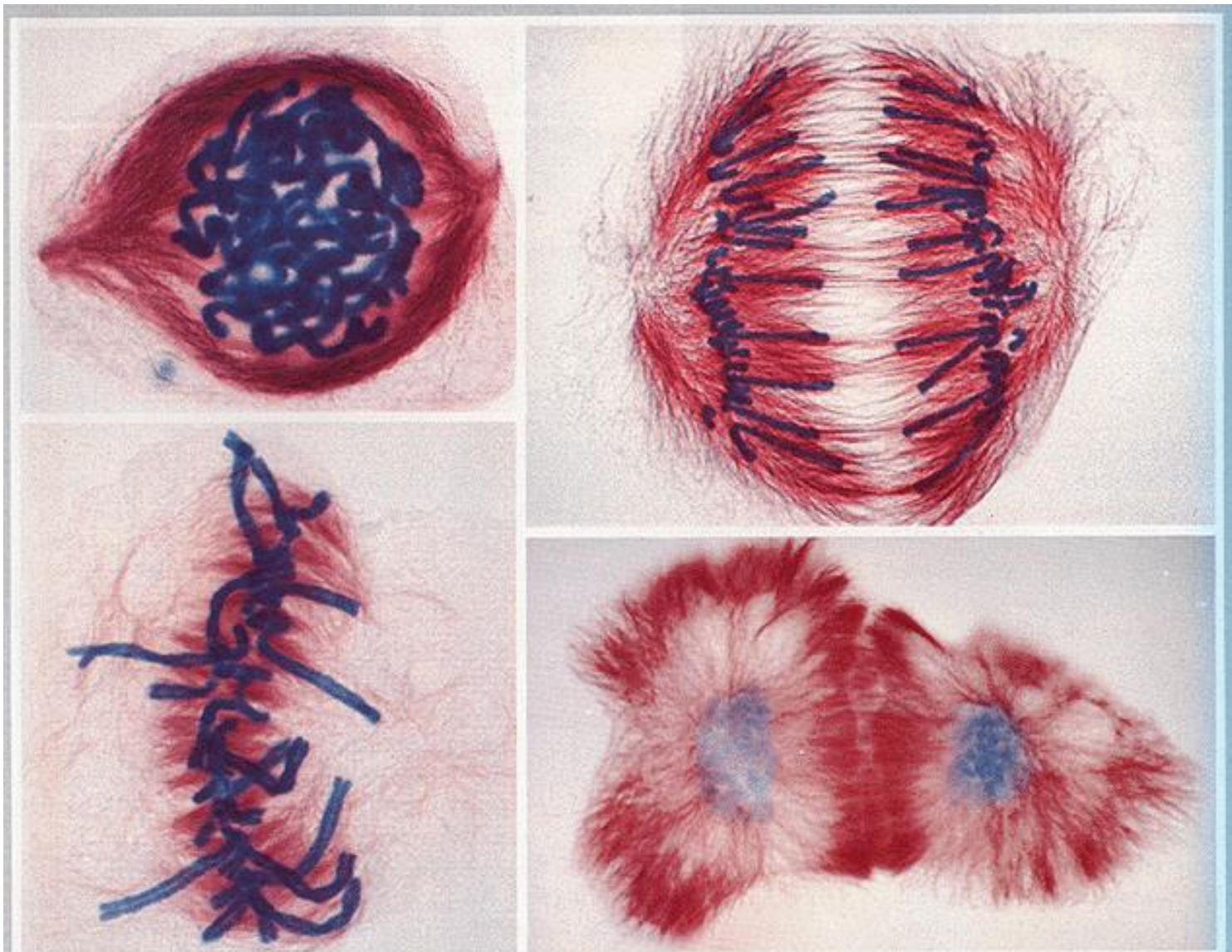
(d) Mitotic metaphase



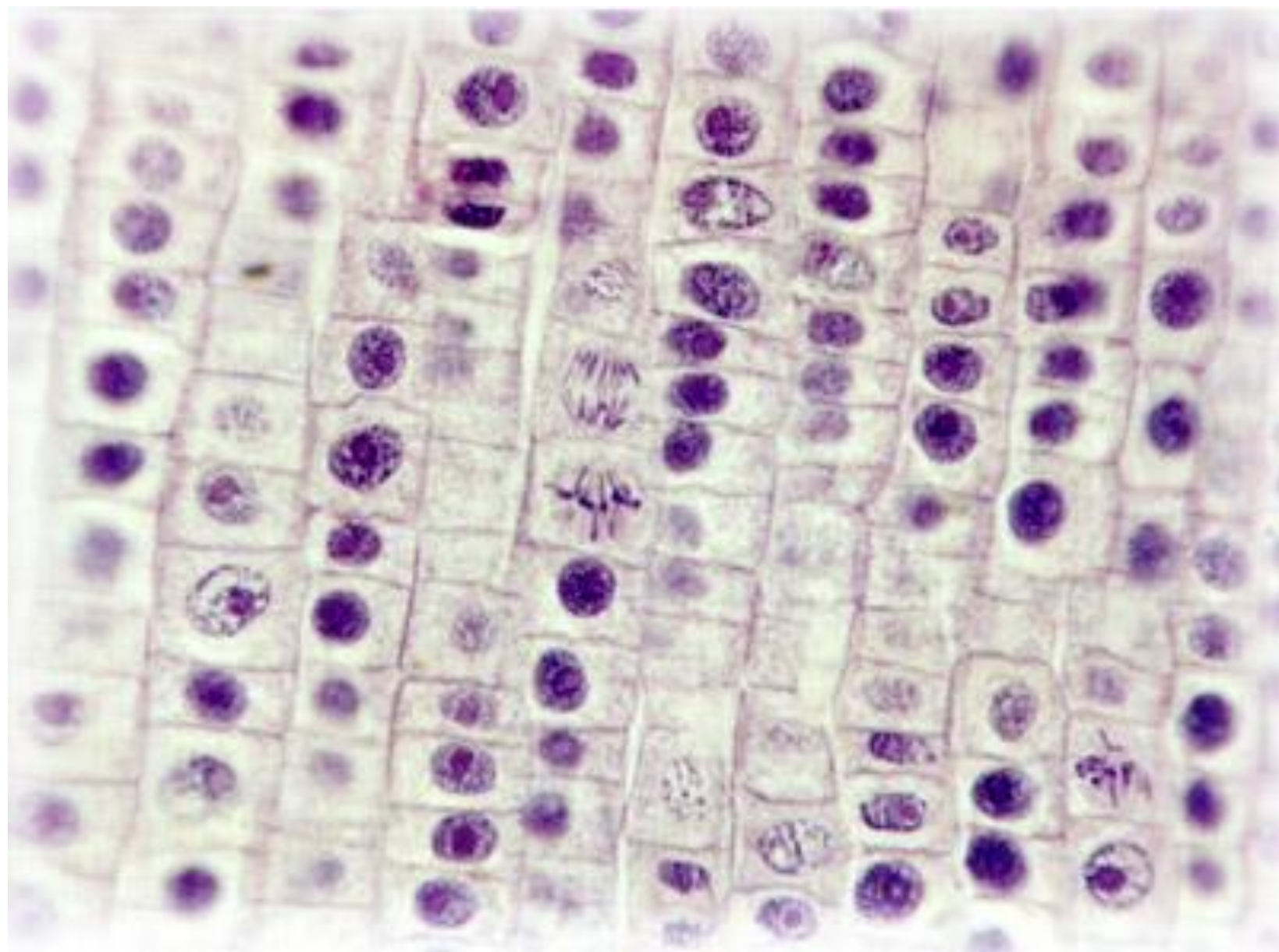
(e) Mitotic anaphase

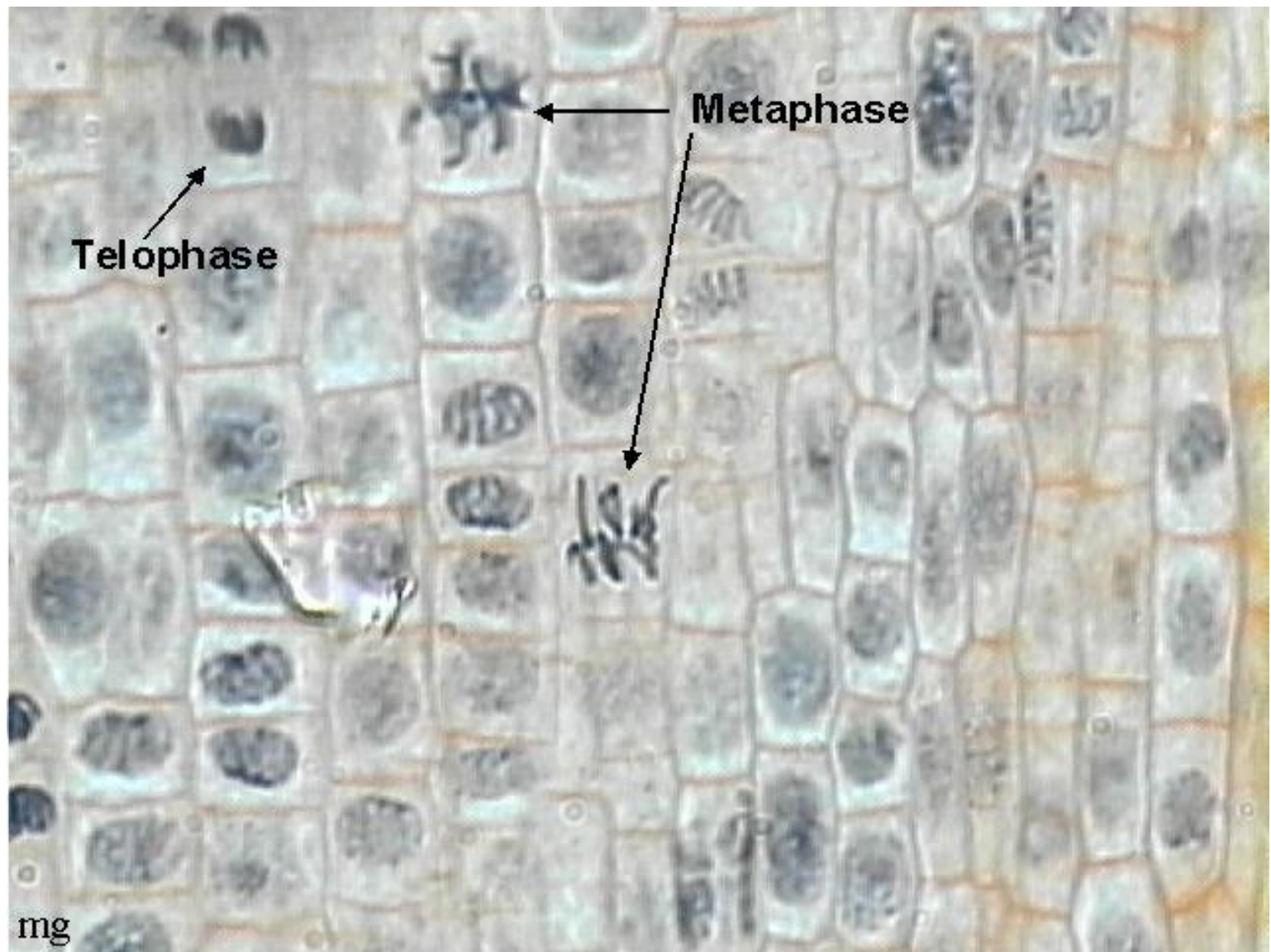


(f) Mitotic telophase



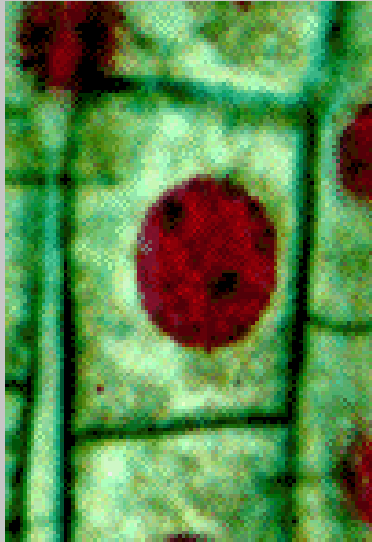
Plant cells in various stages of mitosis: (a) prophase; (b) metaphase; (c) anaphase; (d) telophase (all magnified about 2,700 times).





mg

Interphase



Prophase



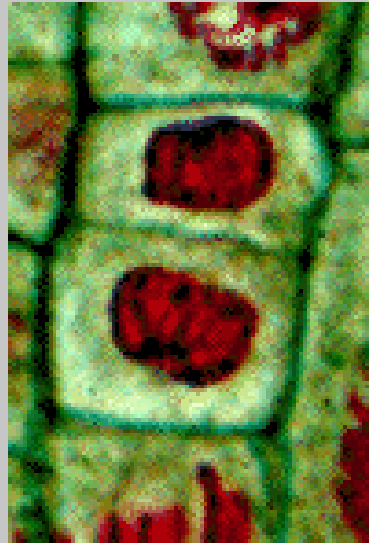
Metaphase



Anaphase



Telophase



Endomitoz

- Bir tür mitoz bölünmedir.
- Bu bölünmede de çekirdekte kromozomlar şekillenir ve kromatidlerin birbirlerinden ayrılmaları ile sayıları 2 katına (**tetraploid**) çıkar.
- Fakat çekirdek ve stoplazma bölünmez ve bütün kromozomlar bir çekirdek içinde kalır.
- Bu duruma bazı normal hclerde rastlanabilir, tetraploid hcin çekirdekleri diploid olanlarınkinden daha iri olur ve daha yüksek metabolik aktivite gösterirler.
- Bir diğer endomitoz türünde de kromozom sayısı diploid sayının birkaç misline çıkar (**poliploidi**). Patolojik etkenlerle ortaya çıkar.



Anöploidi: Hcde bulunan kromozom miktarının diploid miktardan bir veya birkaç adet daha fazla yada daha eksik olması halidir. Örn, normalde bir çift (otozom) bulunacağı yerlerde üçlü gruplar halinde bulunurlarsa buna **trizomi**, otozomlardan bir tanesi tek bir kromozomdan ibaretse buna da **monozomi** denir. Anoploidi kanserli hclerde görülür.

C) MAYOZ BÖLÜNME

- Eşey organlarında (ovaryum ve testis) görülür. Eşey hci (oocyte ve spermatositler) mayoz bölünme ile olgun şekillerini kazanırlar. Bundan dolayı **olgunlaşma bölünmesi** denir.
- Kromozom sayısı yarıya iner yani hcler diploid ($2n$) durumundan haploid (n) duruma geçerler, bunun için **reduksiyon bölünmesi** de denir.
- Amacı her tür için belli olan kromozom sayısının kuşaktan kuşağa aynı kalmasını sağlamaktır. Eğer dişi ve erkek eşey hci reduksiyon bölünmesi geçirmeden birleşselerdi yavruda kromozom sayısı 2 katına çıkardı.
- Mayoz birbirini takip eden 2 mitoz bölünme şeklindedir.

MAYOZ I

Profaz

Leptoten (Primer spermatosit, Kromozomlar ayrı)

Zygoten (Bivalan kromozom, sinaps-konjugasyon)

Pakiten (Tetrad)

Diploten (Kiyazma),

Diyakinez (Çekirdek zarı erir, mekik şekillenir)

Metafaz (Rekombinasyon, crossing-over, kromozomlar ayrılır)

Anafaz (Kromozomların kutuplara çekilmesi)

Telofaz (Hücre 2 ye bölünür 2 seconder spermatosit)

MAYOZ I

- ❑ Kromozom sayısının diploid ($2n$) sayıdan haploid (n) sayıya, DNA miktarının da $4d$ 'den $2d$ 'ye indirgendiği bölünmedir.

Profaz I:

- ❑ Homolog kromozomların bir araya gelmesi, eşleşmesi (sinapsis) ve kardeş olmayan kromatidler arasında genetik materyalin rekombinasyonunun gerçekleştiği en uzun evredir.

1- Leptoten (Primer spermatosit, Kromozomlar ayrı)

2- Zygoten (Bivalan kromozom, sinaps-konjugasyon)

3- Pakiten (Tetrad)

4- Diploten (Kiyazma),

5- Diyakinez (Çekirdek zarı erir, mekik şekillenir)

Profaz I:

1- Leptoten: Kromatinin yoğunlaşması ve kromozomların ortaya çıkışı ile karakterizedir.

- Kardeş kromatidler belirgin hale gelir ve birbirine bağlanır (kardeş kromatid yapışması)
- Anne ve babaya ait homolog kromozomlar aralarında hafif bir boşluk kalacak şekilde yan yana gelirler.
- Homolog kromozomların birbirine bakan kromatidleri üzerinde sinaptonema kompleksinin lateral katları şekillenmeye başlar.

Profaz I:

2- Zygoten : Sinaptonema kompleksinin şekillenmesinin tamamlanmasıyla homolog kromozom çifti birer kromatidleri ile birbirine bağlanır. Bu olaya eşleşme, sinapsis ya da konjugasyon adı verilir.

3- Pakiten: Eşleşmenin tamamlandığı dönemdir.

- Eşleşme durumundaki homolog kromozom çiftleri bivalan olarak adlandırılır.
- Homolog kromozom çiftleri arasında DNA parçalarının yer değiştirmesi crossing-over bu fazda meydana gelir.

Profaz I:

4- Diploten: Bu evrede sinaptonema kompleksinin çözülmesiyle homolog kromozom çiftleri birbirinden ayırmaya başlar. Kromozomların bu dörtlü görünümüne **tetrad** denir.

- Ancak bu kromozomların kromatidleri bir veya birkaç noktadan birbirine yapışık kalır. Bu noktalara **kiyazma** adı verilir.
- Kiyazma, crossing-over 'ın gerçekleştiğinin göstergesidir.

5- Diyakinez: Homolog kromozomlar yoğunlaşıp kısalarak maksimum kalınlığa ulaşırlar, çekirdekçik kaybolur ve çekirdek zarı parçalanır. Mekik iplikleri şekillenmeye başlar.

MAYOZ I

Metafaz I:

Homolog kromozomlar ekvatoryal düzleme hareket eder.

Geç metefazda kiyazmanın yarıklanması ile kromozomlar birbirinden ayrılır

Çekrdek zarının parçalanmasının takiben kromozomlar sentromerleri mekiğin ekvatorunda olacak şekilde dizilirler.

Anafaz I:

Her bir bivalana ait iki kromozom birbirinden ayrılır ve zıt kutuplara doğru hareket eder.

Mitozdan farklı olarak kardeş kromatidler birarada tutulurlar.

Her homolog kromozom çiftinin anne ve babaya ait olan üyesi zıt kutuplara hareket eder.

Telofaz (Hücre 2 ye bölünür 2 seonder spermatosit)

MAYOZ I

Telofaz I:

- Zıt kutuplara çekilen homolog kromozomlar etrafında çekirdek zarı gelişir, mekik ipliği kaybolması ile sitoplazma bölünmesi gerçekleşir.
- Sonuçta homolog kromozom çiftinden birini içeren primer spermatosit veya oosite göre n sayıda iki kardeş hücre meydana gelir (sekonder spermatosit veya oosit).
- Kromozom sayısı yarıya indirgenmiş olsa da DNA içeriği diploiddir ($2d$).



MAYOZ II

☐ Birinci mayoz bölünmeyi takiben sekonder spermatosit veya oosit DNA'sını replike etmeksizin II. Mayoz bölünme evresine girer.

☐ Evreleri:

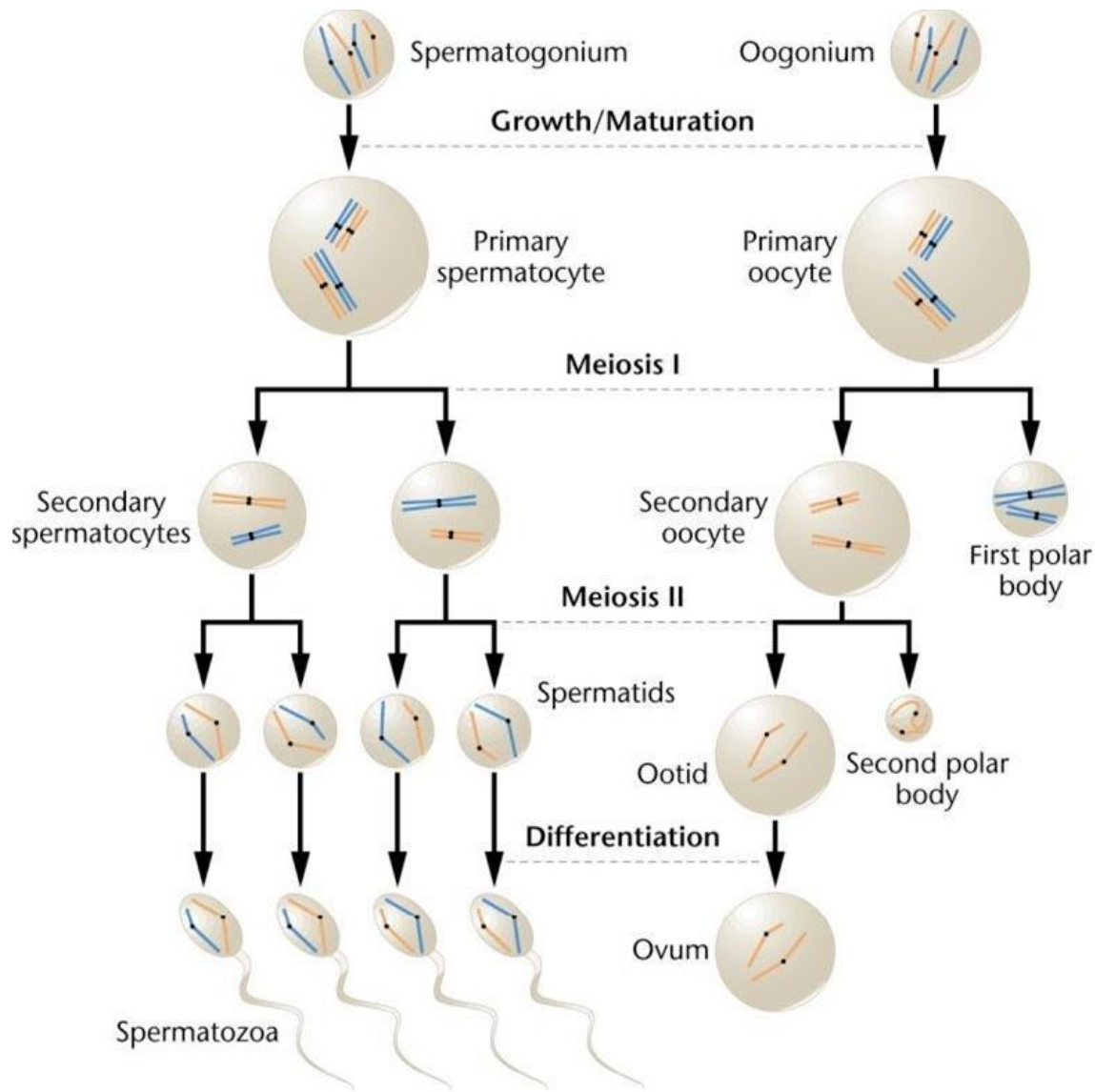
Profaz-II

Metafaz-II

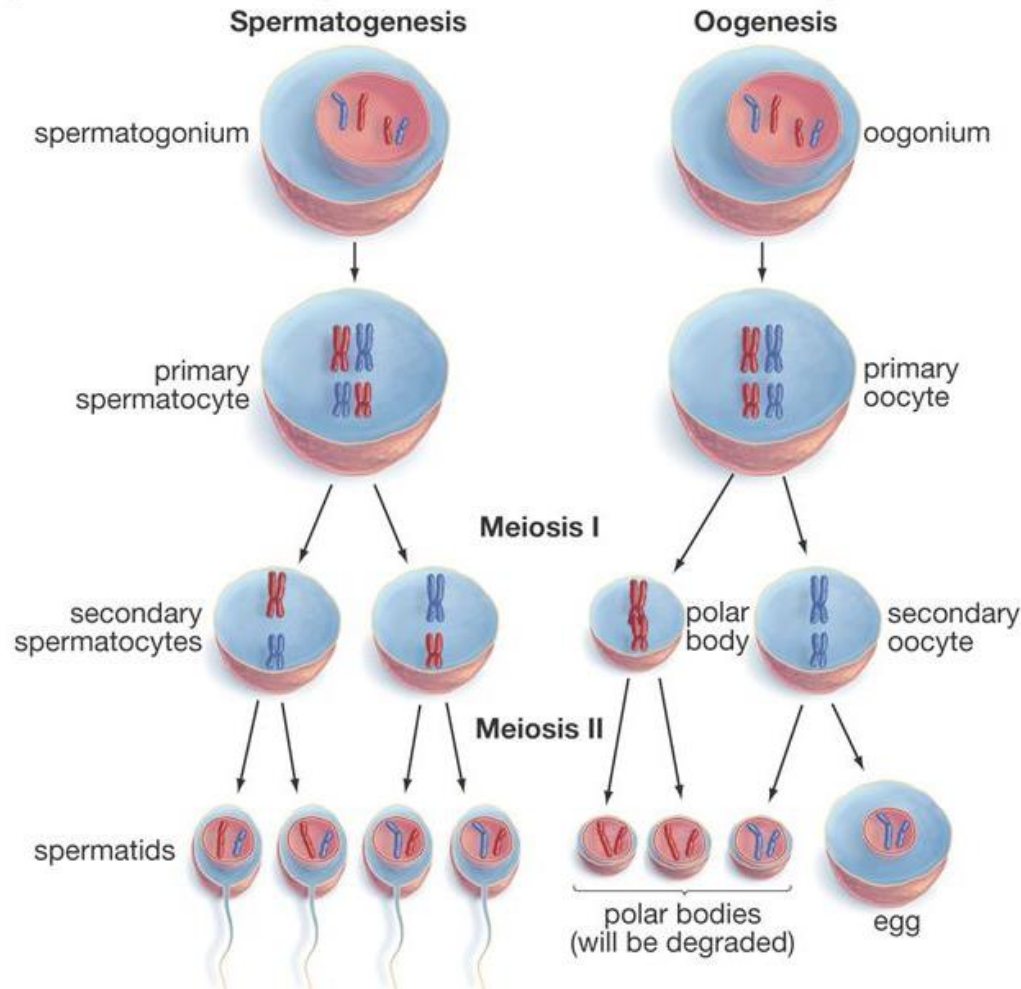
Anafaz-II

Telofaz-II

- Primer spermatositler diploid olduğu halde şekillenen sekonder spermatositler haploiddir, yani kromozom sayısı yarıya inmiştir, ancak her bir kromozom henüz 2 kromatid halindedir.
- Bu bölünme sonunda X kromozomu bir hce, Y kromozomu diğer hce geçer.
- Daha sonra sekonder spermatosit DNA replikasyonu yapmaksızın **mayoz II** ye girer.
- Bu kısa 2. bölünmenin amacı, her bir kromozomdaki 2 kromatidden bir tanesini ayrı bir hücre (spermatide) geçirmektir.
- Anafaz ve telofazdan sonra her 2 sekonder spermatosit bölünerek birer çift (4 adet) spermatid oluştururlar. Spermatidler gerçek anlamda haploiddir kromozomlardan her biri tek bir kromatid halindedir.
- Spermatidler bölünmeksizin sadece iç yapılarını değiştirerek spermatozoonlara dönüşürler.

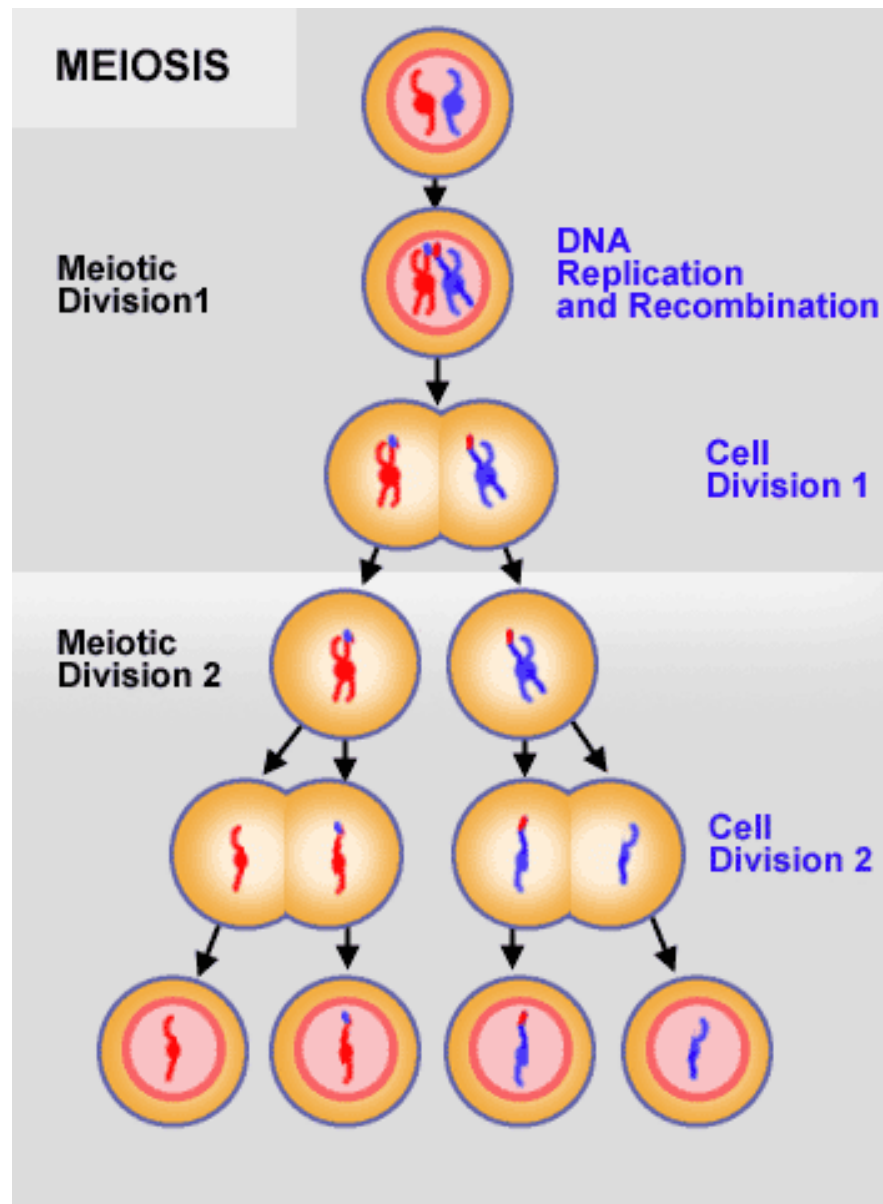


Spermatogenesis vs. Oogenesis

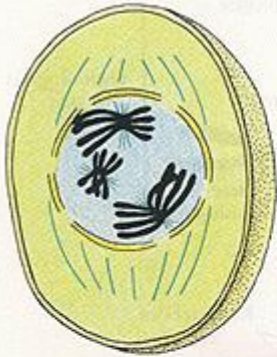


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

MAYOZ



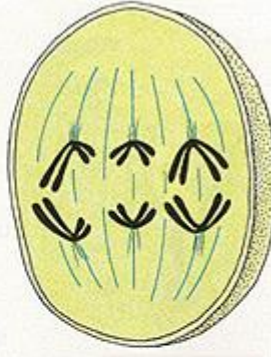
(a) Late prophase I



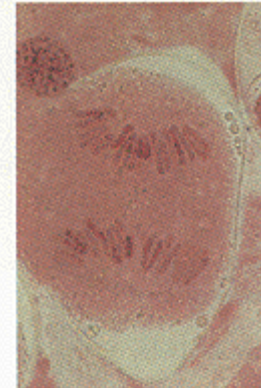
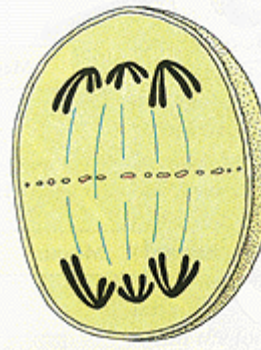
(b) Metaphase I



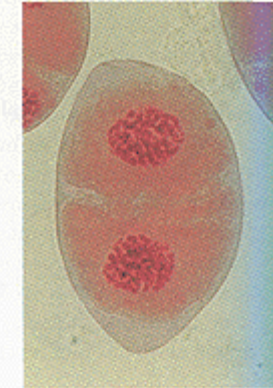
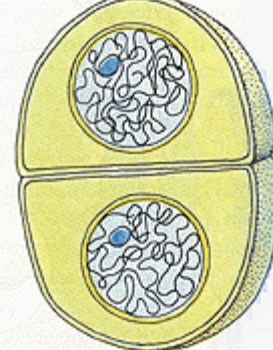
(c) Anaphase I



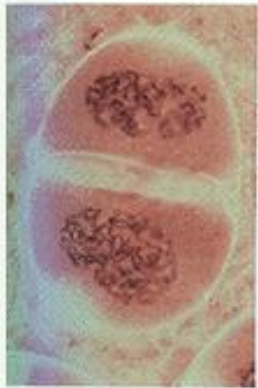
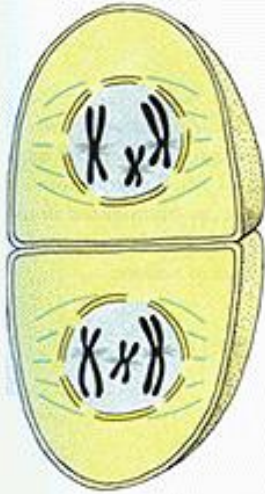
(d) Telophase I



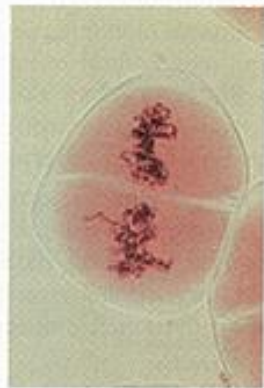
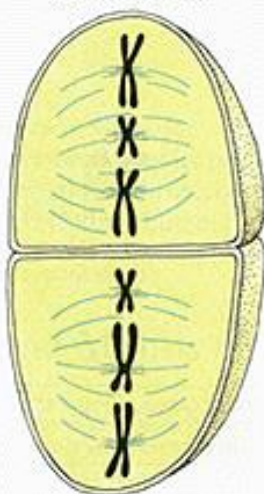
(e) Interphase II



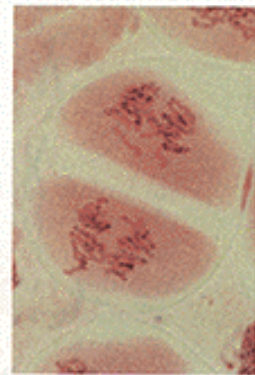
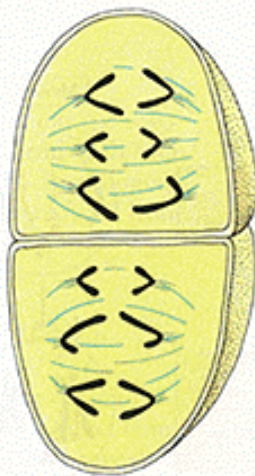
(f) Prophase II



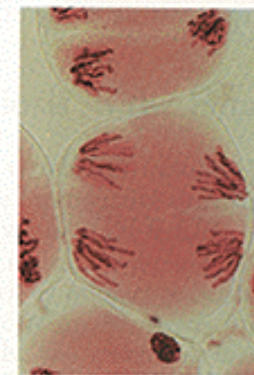
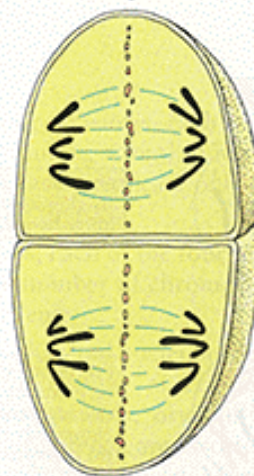
(g) Metaphase II



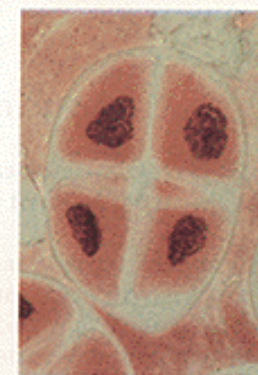
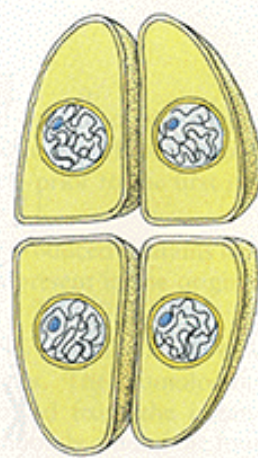
(h) Anaphase II



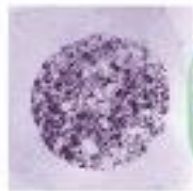
(i) Telophase II



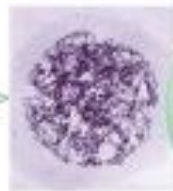
(j) Cytokinesis



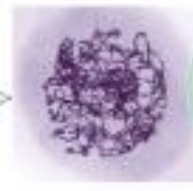
25 μ m



(a) Leptotene



(b) Zygotene



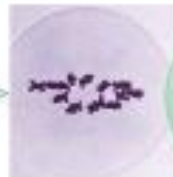
(c) Pachytene



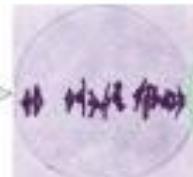
(d) Diplotene



(e) Diakinesis



(f) Metaphase I



(g) Early anaphase I



(h) Later anaphase I



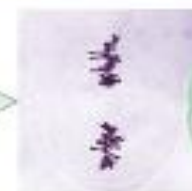
(i) Telophase I



(j) Interphase



(k) Prophase II



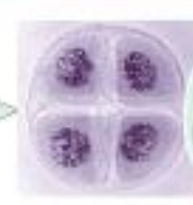
(l) Metaphase II



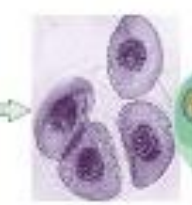
(m) Anaphase II



(n) Telophase II

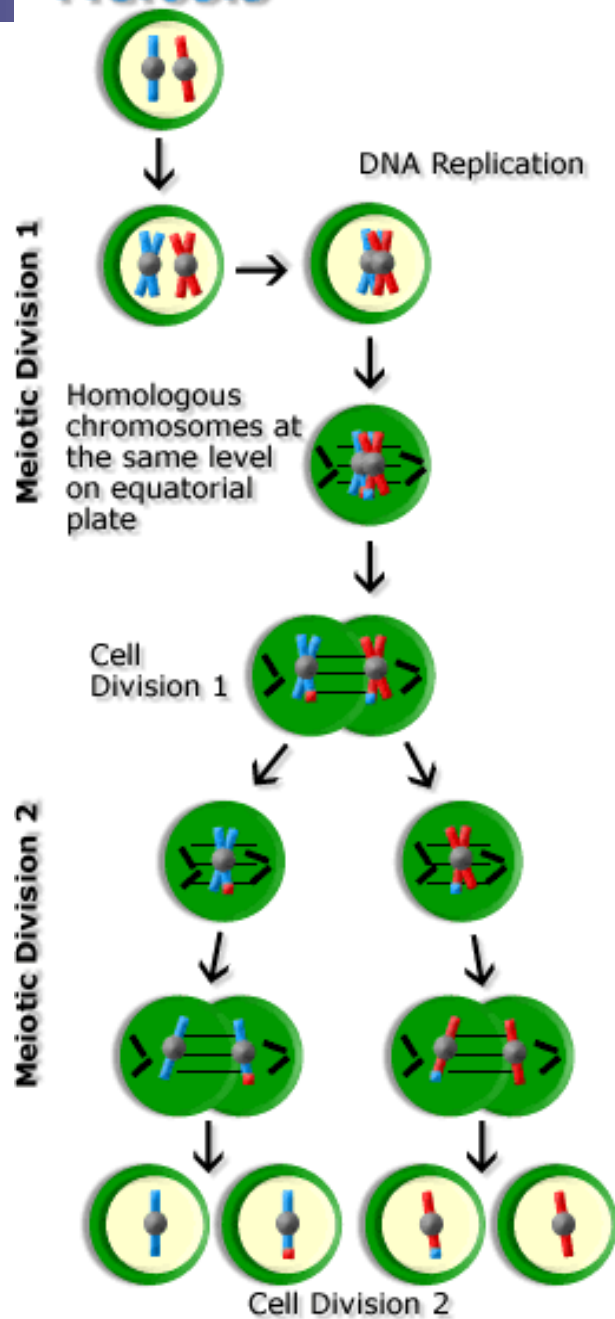


(o) The tetrad

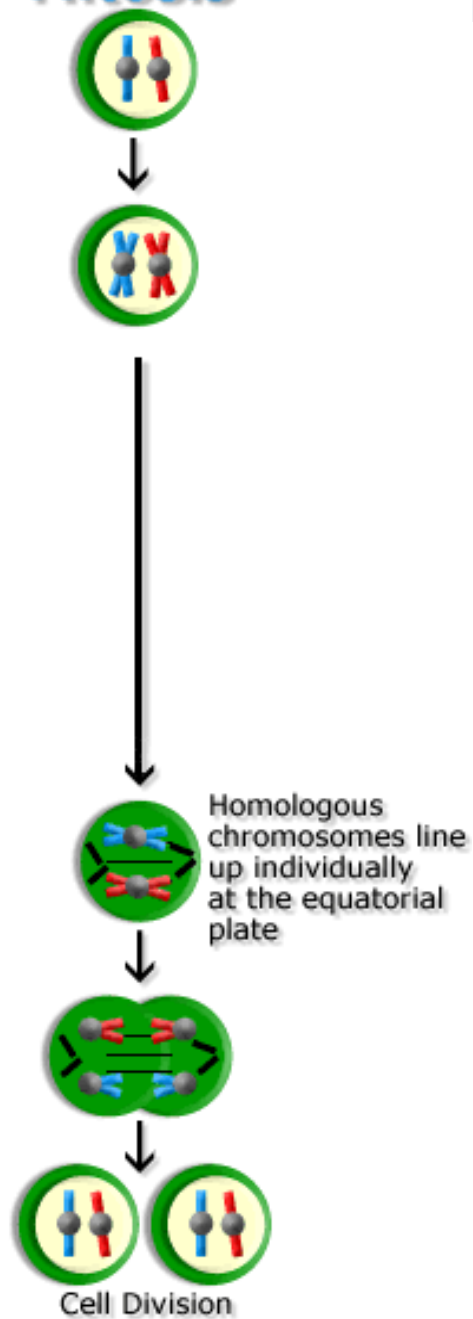


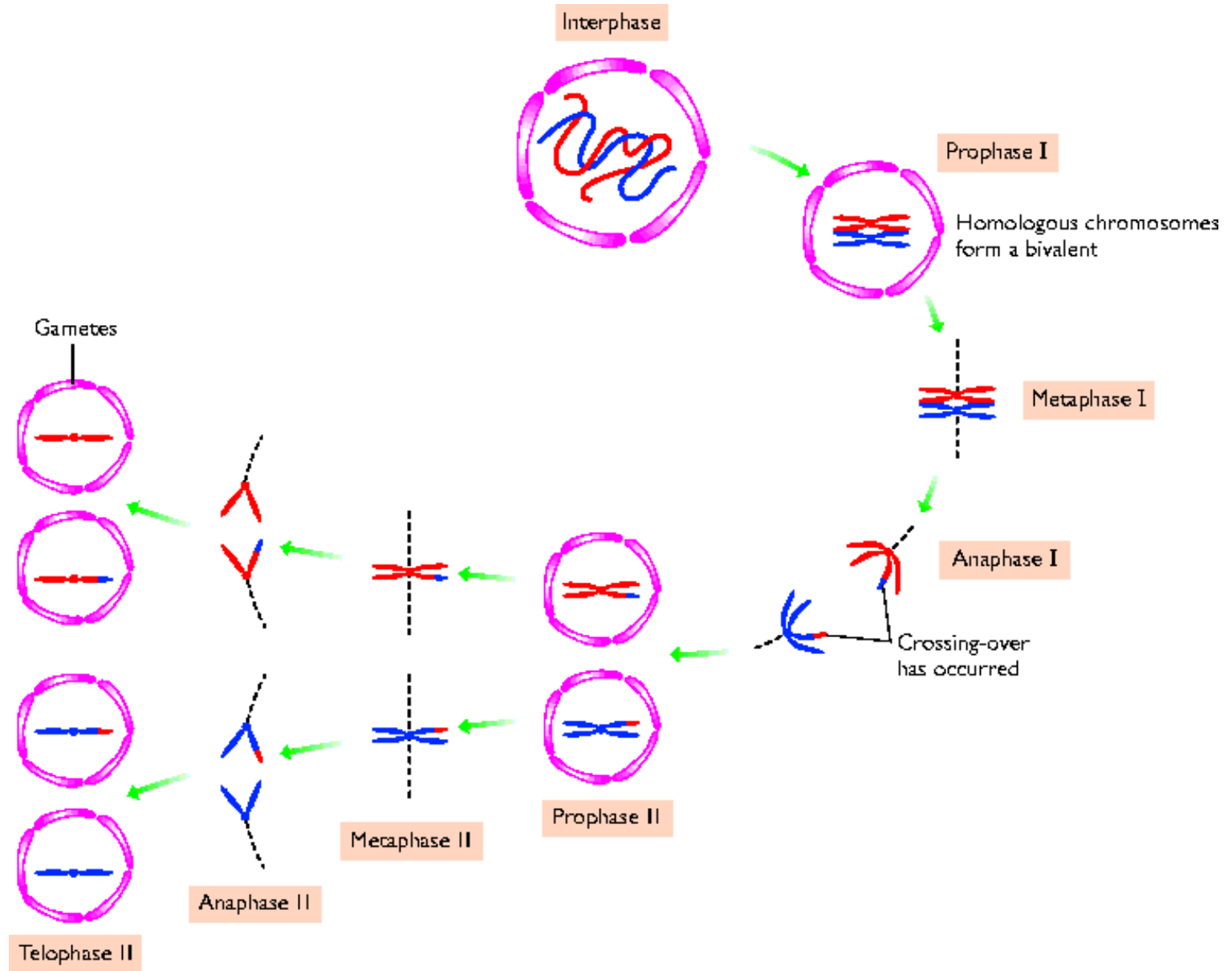
(p) Young pollen grains

Meiosis



Mitosis

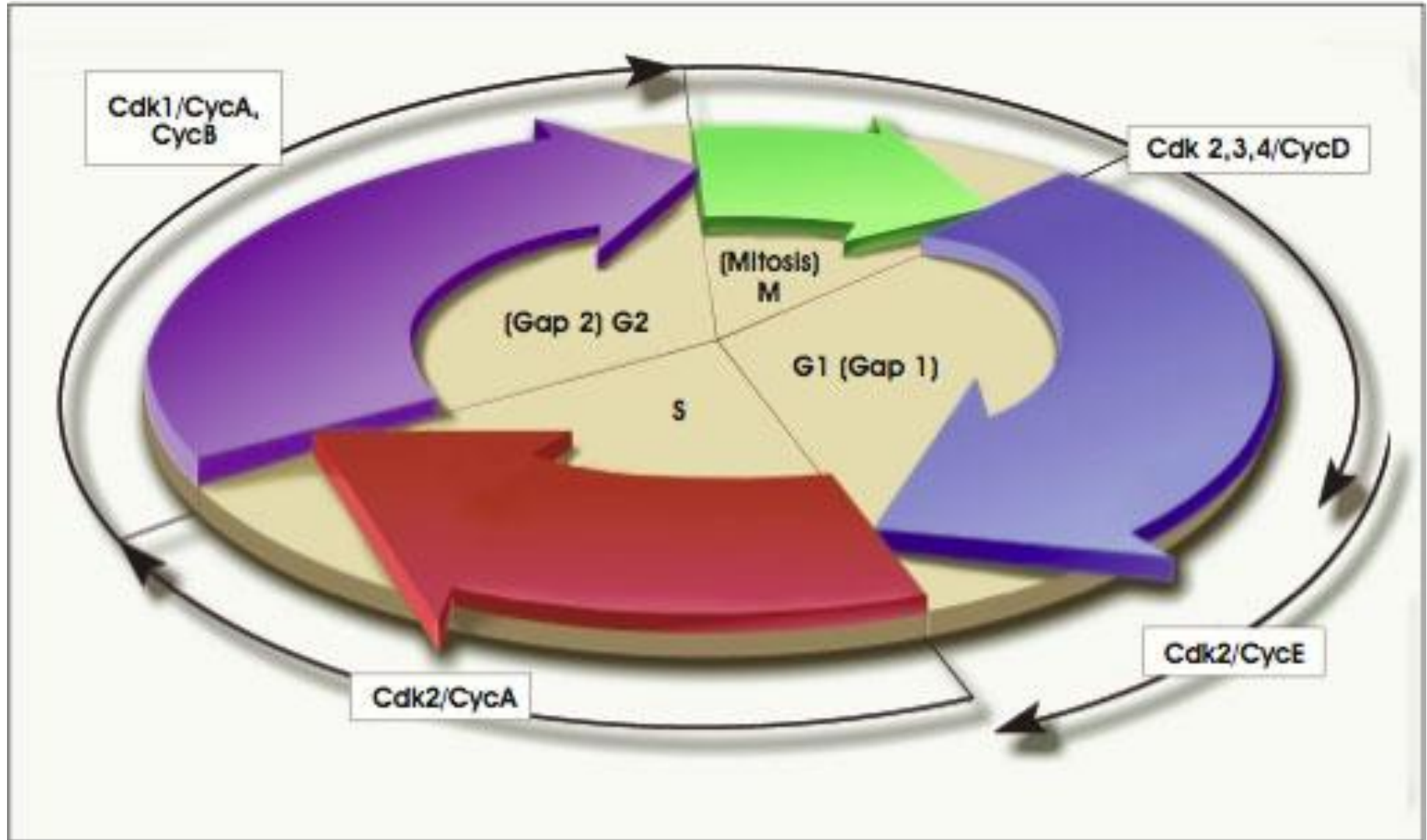




MAYOZ BÖLÜNME İLE MİTOZ BÖLÜNME ARASINDAKİ FARKLAR

1. Mitozda bir DNA replikasyonunu bir bölünme izler ve 2 adet diploid hücre meydana gelir. Mayozda ise bir replikasyonu peşpeşe 2 bölünme izler ve 4 adet haploid hücre şekillenir,
2. Mitoz sırasında kromozomlar bağımsız davranırlar. Mayozda ise homolog kromozomların eşleşmeleri söz konusudur.
3. Mitoz bölünme en çok 5 saatte –genelde 1-2 saat- tamamlandığı halde, mayoz bölünme uzun sürer (erkeklerde 1-2 gün, dişide yıllarca)
4. Mitozda genetik materyalde bir değişim olmadığı halde mayozda homolog kromozomlar arasında gen değişimi söz konusudur.

Hücre Siklusu



Hücre Siklusu

- ☐ Hücre siklusu, hücre büyümesi ve hücre bölünmesini kontrol eden olaylar dizisidir.
- ☐ Hücre siklusu '**interfaz**' ve '**M fazı**' olmak üzere iki ana evreden oluşur.
- ☐ Hızlı yenilenen hücrelerde hücre döngüsü 24 saatte tamamlanır.

İnterfaz Evresi:

- 1. G1 (gap 1) fazı**
- 2. S (sentez) fazı**
- 3. G2 (gap 2) fazı**

İnterfaz Evresi:

G1 Fazı

- Hücre siklusunun en uzun ve en değişken fazı olup M fazının sonunda başlar.
 - Bu faz sırasında hücre gerekli besinleri toplar ve RNA ile DNA replikasyonu için gerekli proteinleri sentezler.
 - Hücrenin durumu iki kontrol noktası tarafından izlenir
- 1) Kısıtlama Noktası:** Hücrenin ya S fazına ve bir sonraki hücre bölünmesine girmeye ya da hücre siklusunu terk etmeye karar vermeden önce kendi replikatif potansiyelini değerlendirdiği noktadır.

- 
- G1 fazında hücre siklusundan ayrılan bir hücre Go fazına girerek terminal farklılaşmasına başlar.
 - Bu nedenle, G1 fazı hızlı bölünen bir hücrede ortalama 9-12 sa sürebildiği halde, bölünmeyen hücrelerde ömür boyu sürebilir.

2) G1 DNA hasarı Kontrol Noktası: Yeni replike olan DNA'nın bütünlüğünü izleyen kontrol noktasıdır.

-Eğer DNA hasarı onarılamaz durumda ise bu ontrl noktası tümör baskılayıcı protein p53'ü belirler ve hücrenin S fazına girmesine engel olur . Bu hücre apoptoza uğrar.

İnterfaz Evresi:

S Fazı

- DNA'nın replike olduğu faz olup 7.5-10 sa sürer.
- S fazında hücre DNA sı iki katına çıkar ve mitoz bölünmenin profaz ve metefazında belirginleşecek olan yeni kromatidler şekillenir.
- G1 fazındaki translasyon esnasında sentezlenen nükleotidler ve histonlardan yararlanılarak DNA sentezlenir
- Protein sentezi devam eder.
- S DNA hasarı kontrol noktası replike olan DNA'nın kalitesini kontrol eder.

İnterfaz Evresi:

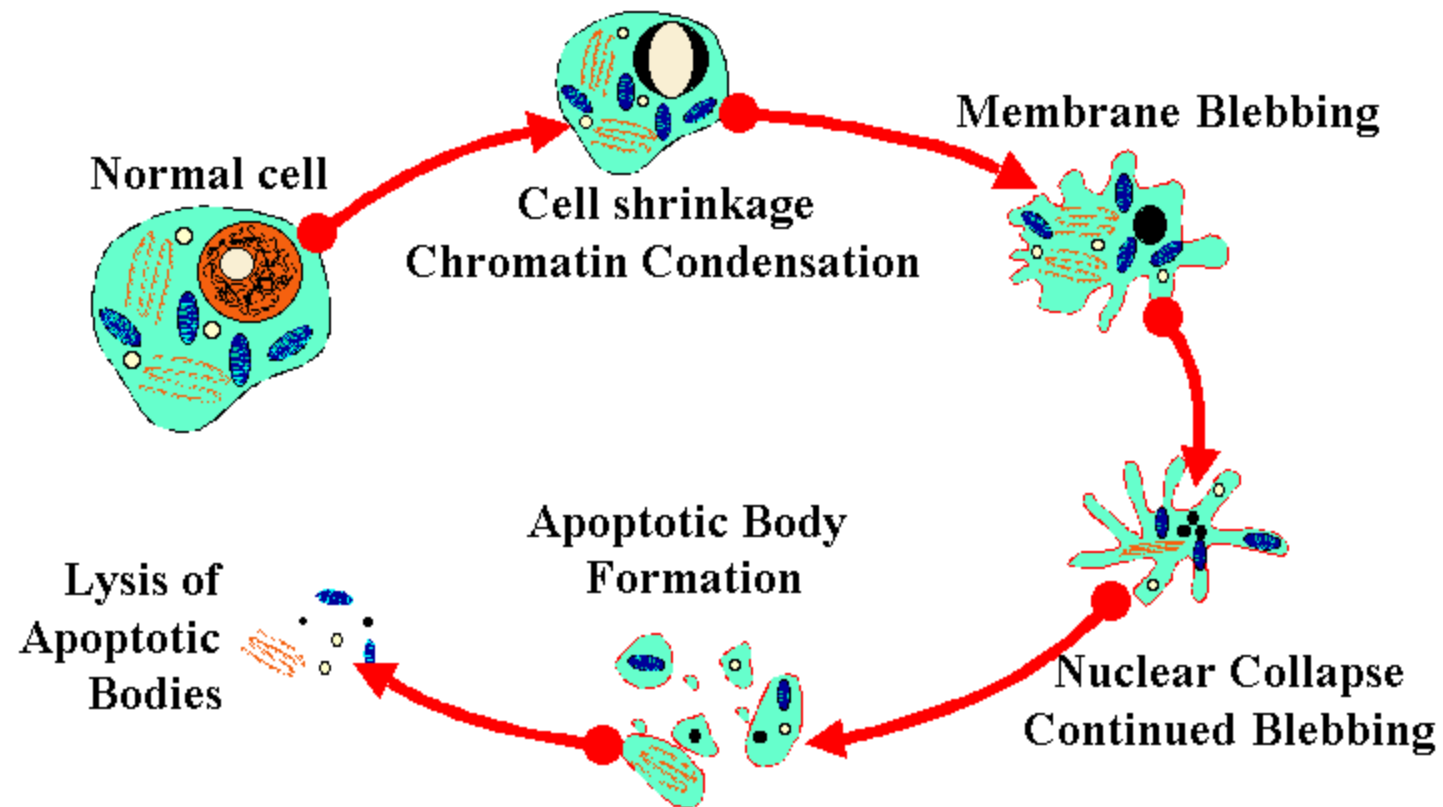
G2 Evresi

- Mitoza girmeden önce hücre büyümesinin ve sitoplazmik organellerin yeniden organize olduğu bölünmeye hazırlık evresidir.
- Transkripsiyon ve translasyon yeniden hızlanır
- Sentezlenen proteinler tubulin sentezi, yeni çekirdek ve hücre zarlarının oluşması için kullanılır.
- Dna'nın kalitesini izleyen 2 kontrol noktası vardır,
 - 1) **G2 DNA Hasarı Kontrol Noktası:** Hücrenin DNA sentezi tamamlanmadan önce M fazına girmesini önler.
 - 2) **Replik Olmamış DNA Kontrol Noktası**

G2 Evresi

- G2 fazı hızlı bölünen hücrelerde 1 saat sürer.
- Primer oosit gibi bazı hücreler ile poliploid hücrelerde ise süresi belirsizdir.
- Primer oositer G2 fazında tutuklu kalırlar

Apoptosis (Programmed Cell Death)



APOPTOZİS

- Nekroz: Patolojik hc ölümü
- Apoptozis: Programlı hücre ölümü
- Embriyonal gelişim sırasında hücre miktarının ayarlanması
- Organların biçimlendirilmesi
- Timus korteksindeki kitle şeklindeki hücre ölümü

Nekrozdan Farkı

- Hücre şişmez
- Çekirdek piknotiktir
- Kromatin nukleazlar tarafından parçalanır
- Makrofajlar tarafından fagosite edilir ancak apoptotik parçalar makrofajda yangı olayını başlatacak moleküller üretilmesine neden olmaz