

Omurgasız Hayvanlar Biyolojisi-I

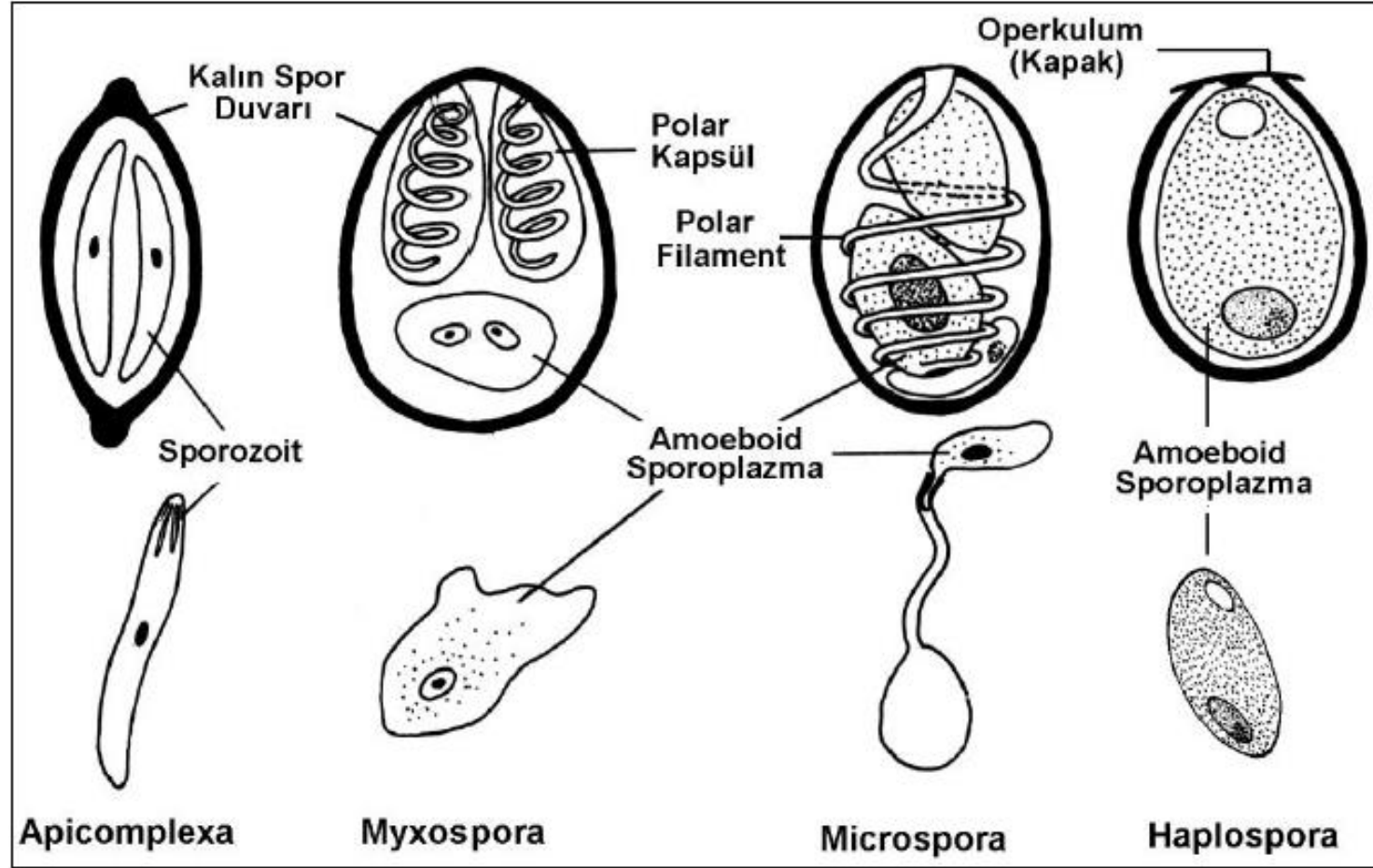
Dersi 3. Hafta Notları

Prof. Dr. Gözde Gürelli

Phylum 8: Apicomplexa (=Sporozoa) (Sporozoonlar)

- Yaşam döngülerinin bulaşıcı safhalarında (sporozoit ve merozoit=şizozoit) ve bazen de hareketli safhalarında (trofozoit) “apikal kompleks” olarak adlandırılan bir organel grubuna sahiptirler.
- Çoğu Apicomplexa grupları kamçılı erkek gametlere (mikrogamet) sahip olmakla birlikte, diğer spor şekillendiren şubelerde kamçılar yoktur. Microspora ve Myxospora şubeleri, sölenterelerden Cnidaria’da bulunan nematosistlere benzer, fırlatılıp geriye çekilebilen polar filamentler içerir.
- Her iki grupta da sporlar, amoeboid bir sporoplazma serbest bırakır. Ancak, Microspora’da kapsülsüz ve tek olan polar filament aracılığı ile tek bir sporoplazma serbest kalırken, Myxospora’da kapsüllü 2 veya daha fazla sayıda sporoplazma serbest kalır.

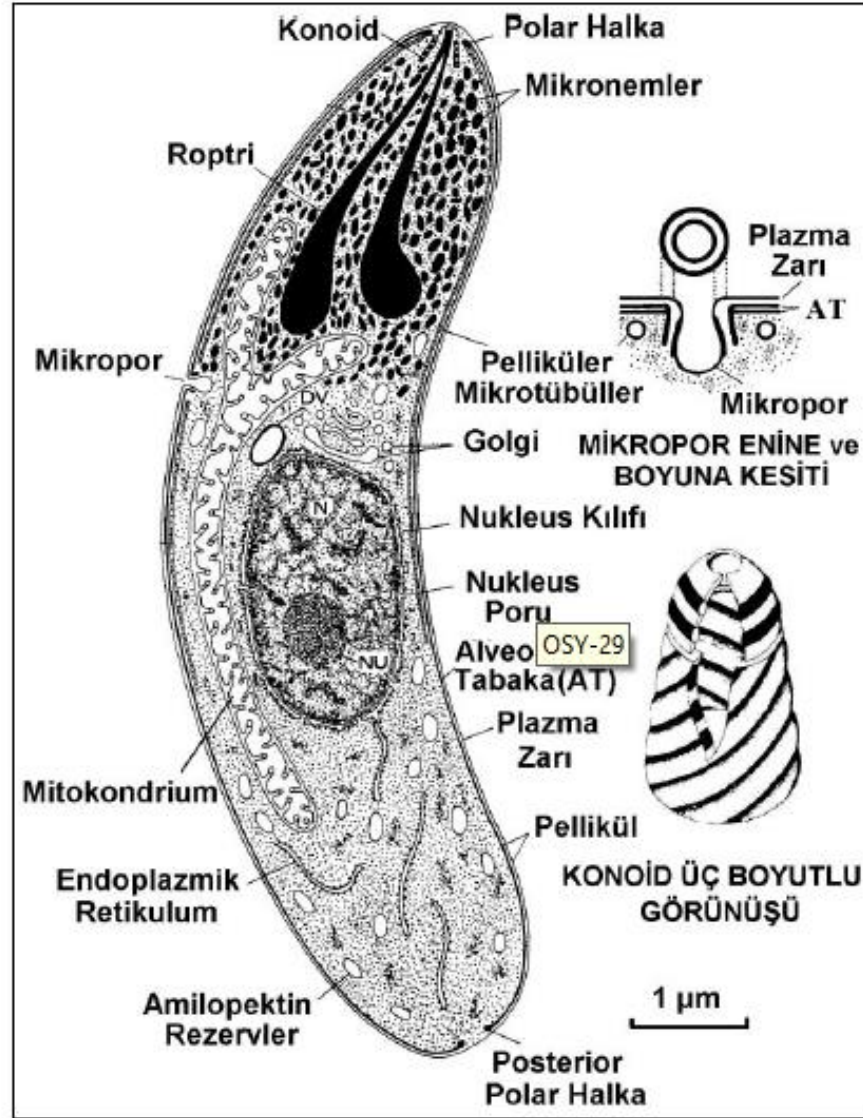
- Microspora tek hücreli sporlar meydana getiren ve mitokondriumu bulunmayan hücre içi parazitlerdir. Buna karşın Myxospora, mitokondrili geniş plazmodlar ve çok hücreli sporlar meydana getirir. Benzer şekilde mitokondrili bir plazmod içinde farklılaşan Haplospora sporları ise, bir apikal açıklık ve tek nukleuslu sporoplazmaya sahiptir. Polar kapsül ve polar filamentler bulunmaz. Sporları tek hücreli veya bazen çok hücrelidir.
- Apicomplexa üyeleri monoksen veya heteroksen endoparazitlerdir. Bulaşıcı sporozoit safhaları çoğunlukla spor (sporokist) içinde bulunmakla beraber, Hematozoa sınıfında sporozoitler çıplaktır.



Şekil 28: Spor şekillendirerek çoğalan protist şubelerinde görülen sporların karşılaştırılması. **Apicomplexa**, **Myxosporea** ve **Haplosporea** sporları genel olarak 10-25 μm uzunluğunda, **Microsporea** sporları ise 5 μm 'den daha küçüktür (Sleigh, 1989'dan değiştirilerek).

- En önemli diagnostik özellikleri: yaşam döngülerinin bulaşıcı ve hareketli formlarının ön kısmında apikal kompleks olarak adlandırılan bir organel grubuna sahip olmalarıdır.
- Konoid: Hücrenin ön ucunda, sarmal şekilde düzenlenmiş az sayıda mikrotübüllerden oluşur. Tepesi kesik bir koniyi andırır ve ileri doğru uzatılabilir. Konak hücreye tutunma veya bağlanmada iş görür.
- Roptriler: Hücrenin ön bölgesinden itibaren konoidin orta kısmından geçerek arka tarafa doğru uzanan tüpsü (tubular), torba (sakkular) veya sopa (pedunkulat) şekilli yoğun yapılardır. Litik özellikte salgıları ile parazitin konak hücreye girmesini sağlar.

- Apikal Halka (Polar Halka, Tepe Halkası): Konoidin etrafında, pelikül altında bulunan uzunlamasına mikrotübüllerin ön uçlarını birbirine bağlayan enine mikrotübüllerden oluşmuş halka şeklindeki yapıdır. Subpeliküler (pellikülaltı) mikrotübüller için mikrotübül organize edici merkez (MTOC) olarak iş görür.
- Mikronemler: Ön uçta bol olacak şekilde az çok hücrenin posterior ucuna kadar dağılmış kıvrıntılı kısa çubuk ve tüpçükler şeklindeki yoğun enklüzyonlardır. Bunlar golgi apareyinde sentezlenen litik salgıları taşıyan roptrilere ait gelişim safhalarıdır.

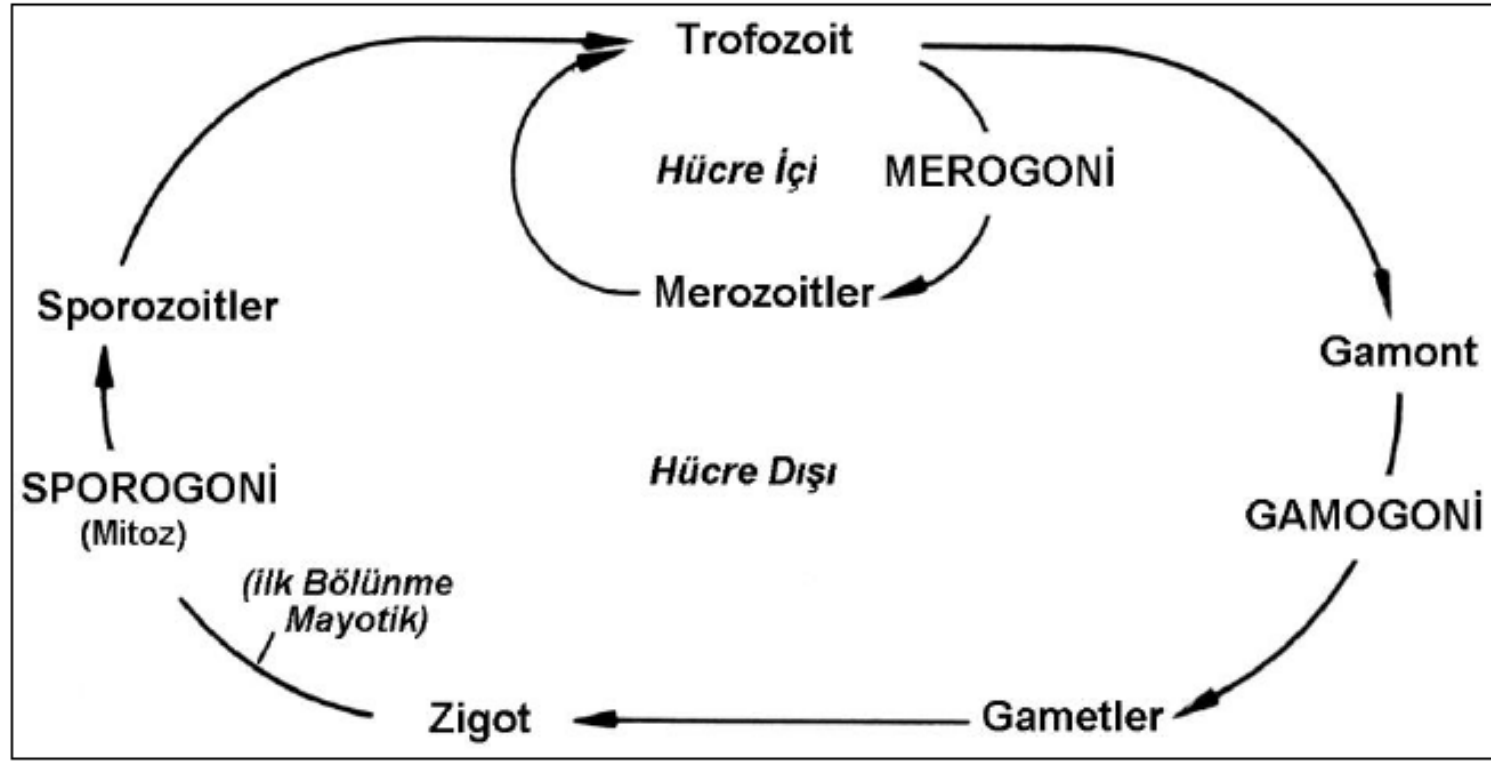


Şekil 29: Bir koksitid (Classis: Coccidea) merozoitinde Apicomplexa şubesini karakterize eden apikal kompleks elemanları ve diğer yapılar (Scholtyseck, 1979'dan değiştirilerek).

- Apicomplexa'nın hücre dışı safhalarında hücre zarı pellikülde bulunan alveollerin yassılaşıp tabaka halini almalarından şekillenen ikili bir zar tabakasından meydana gelir. Zarların kesintiye uğradığı yerlerde mikropor adı verilen açıklıklar meydana gelir. Bunlar endositotik sitostomal bölgelerdir.
- Nukleus bölünmesi sırasında, nukleus kılıfı kaybolmaz (kapalı pleurumitoz). Tamamı yaşam döngülerinin hepsi açısından haploid (tek kromozom seti taşıyan) organizmalardır. Mayoz ilk zigotik nukleus bölünmesinde, diğer bir deyişle döllenmeyi izleyen ilk bölünmede gerçekleşir (zigotik mayoz). Sadece zigot diploid'tir.

- Yaşam döngülerinde çoğunlukla döl değişimi (metagenez) görülür. Ardışık meydana gelen ve sayıca sürekli artmaları kapsayan eşeysiz çoğalmaya ilişkin çoğa bölünme olayları (şizogoni=merogoni ve sporogoni) ile eşeyli çoğalmaya ilişkin çoğa bölünme olayları (gamogoni=gametogoni) birbirini takip eder. 4 sınıf Blastogregarinea, Gregarinea, Coccidea, Hematozoa olarak incelenir.
- Eşeyli üreme, gruplara göre esas konağın kendisinde, dış ortamda veya bir omurgasız ara konakta (vektör) meydana gelir. Sonuçta oluşan sporlar (ookist, sporokist) eşeysiz çoğa bölünmeler (sporogoni) ile bulaşıcı safhalar olan haploid sporozoitleri oluştururlar. Oluşan ve konağa girerek serbest kalan sporozoitler gregarinlerin (Classis: Blastogregarinea ve Gregarinea) çoğunda olduğu gibi ya hücre dışı olarak veya kan sporozoonlarında (Classis: Hematozoa) olduğu gibi hücre içi durumda hareketli bir safha trofozoit olarak gelişir.

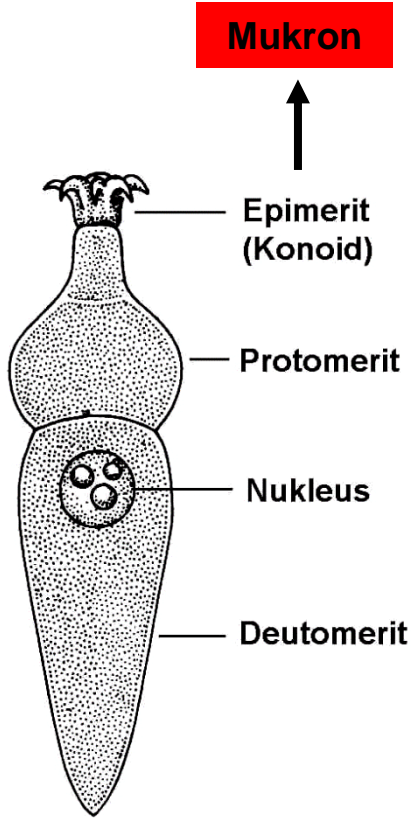
- Daha sonra çok sayıda merozoit meydana getiren bir eşeysiz çoğa bölünme (merogoni) geçirebilir. Merogoni çoğu kez tekrarlanır fakat gregarinlerin çoğunda merogoni hiç yoktur.
- Trofozoitler veya merozoitler çoğa bölünmenin bir başka fazı olan gamogoni (gametogoni) ile veya bu faz olmaksızın (Piroplasmida) gametleri şekillendiren gamontlara (gametositlere) dönüşürler. Çoğu gregarinde 2 gamont ortak bir kist duvarı salgırlar. Buna gamontokist (gametokist) denir. Bölünme çoğunlukla bazen kamçılı ve bazen de amoeboid olabilen erkek gametlerin (mikrogamet) ve daima amoeboid olan dişi gametlerin (makrogamet) şekillenmesi ile sonuçlanır. Gametlerin birleşmesi ile şekillenen zigot, gregarinlerin çoğunda ve koksidlerde (Classis: Coccidea) olduğu gibi hareketsizdir ve bir kılıf salgırlar (ookist), kan sporozoonlarında olduğu gibi amoeboid hareket sergiler ve bir kılıf oluşturmaz (ookinet).



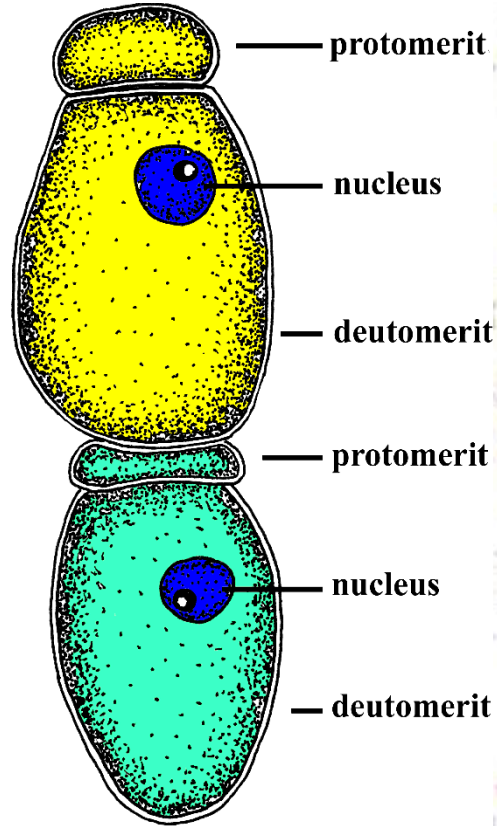
Şekil 30: Apicomplexa'da görülen genelleştirilmiş bir temel yaşam döngüsü.

- Zigot ilk bölünmede mayoz bölünme geçirir, daha sonra sporogoni meydana gelir. Sporozoitler gregarinlerin çoğunda çıplaktır, koksitlerin çoğunda ise bir spor kılıfı (sporokist) ile kuşatılır. Sporokistin oluşmadığı durumlarda ookist gelişmişse, ookist sporokist olarak kabul edilir. Hiç spor kılıfı taşımayan tek sınıf Hematozoa'dır.
- Apicomplexa'da eşeyli üreme çoğunlukla gametlerin veya nadiren gregarinlerde olduğu gibi, gametleri oluşturacak gamontların tam birleşmesini kapsayan singami şeklindedir. Erkek ve dişi gametler veya gamontlar birbirinden ayrılmayacak derecede benziyorsa buna isogami, birbirinden farklı bir görünüme sahipse anisogami denir. Anisogami durumunda erkek gamet mikrogamet, dişi gamet ise makrogamet, gametleri oluşturacak hücreler (gamont, gametosit sırasıyla mikrogamont veya makrogamont olarak adlandırılır.

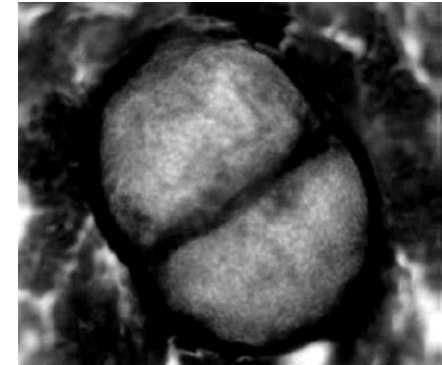
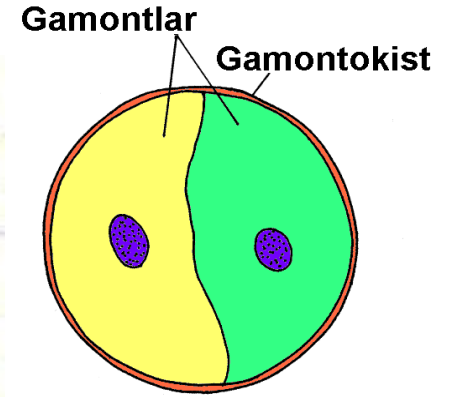
- Merogoni geçirmeyen gregarinlerde, bazen de merogoni geçiren Adeleida takımına dahil koksidlerde trofozoit veya merozoitlerin tamamı, gametleri şekillendirecek gamontlara dönüşür. Daha sonra 2 gamont yan yana (frontal) veya uç uca (caudal) gelerek birbirlerine yapışır. Karşıt eşeylere sahip olan gamontların bu birlikteliğine sizigi adı verilir. Uzun veya kısa bir süre sonra ortak bir kist duvarı salgılayarak kistleşirler. Buna da gamontokist denir. Sporozoonların bir kısmında ve özellikle gregarinlerin çoğunda, trofozoit veya bunlardan farklılaşan gamontlarda, vücut bir septum (bölme) ile ön tarafta protomerit ve arkada deutomerit olmak üzere 2 bölmeye ayrılır. Bundan başka, ön uçta vücudun geri kalan kısmından ya bir septum ile (epimerit) veya septum olmaksızın (mukron, konoid) farklılaşan ve konak hücreye bağlanmada iş gören bir tutunma organeli bulunabilir.



**Bölmeli (Septat)
Gregarin**



Kaudo-Frontal Sizigi

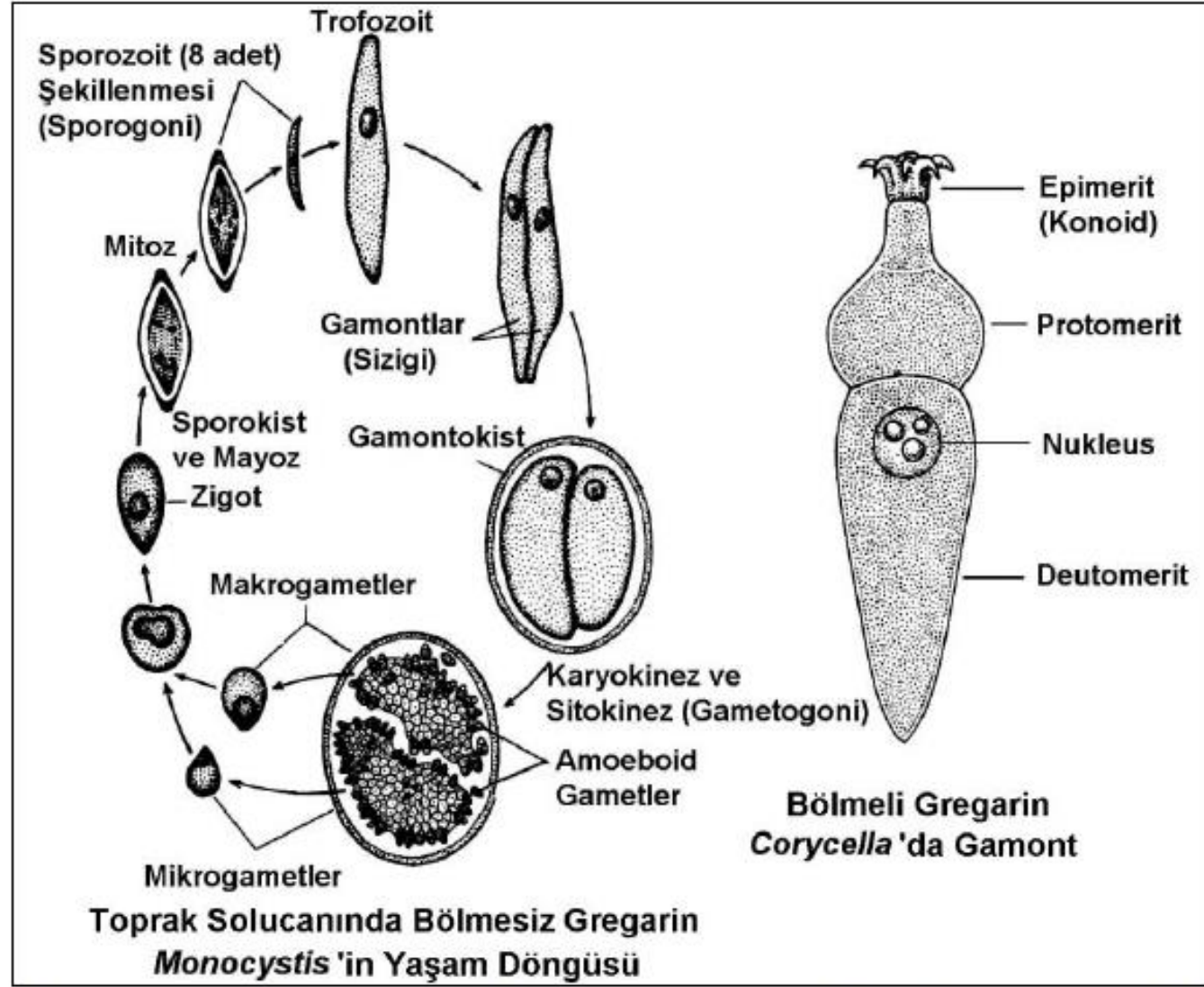


***Monocystis* sp.**

Frontal Sizigi

- **Classis 1: Blastogregarinea (Gamontokistsiz Gregarinler)**
- Denizel poliketlerin (Annelida, halkalı kurtlar) sindirim kanalı parazitleridir. Merogoni yoktur, gamogoni ve sporogoni bulunur.
- **Classis 2: Gregarina (gamontokistli Gregarinler)**
- Tamamı omurgasızların, esas olarak böceklerin ve nadiren aşağı kordalılardan (örneğin *Amphioxus*) sindirim, hemosöl ve diğer vücut boşluklarında yaşayan çoğunlukla hücre dışı (Ordo: Eugregarinida), bazen de hücre içi (Ordo: Archigregarinida ve Neogregarinida) parazitlerdir. Monoksendirler. Yaşam döngülerinde gamogoni ve sporogoni görülür. Merogoni sadece eski ve yeni gregarinlerde (Archigregarinida ve Neogregarinida) bulunur ve vücut bölmesizdir (aseptat, bölmesiz).

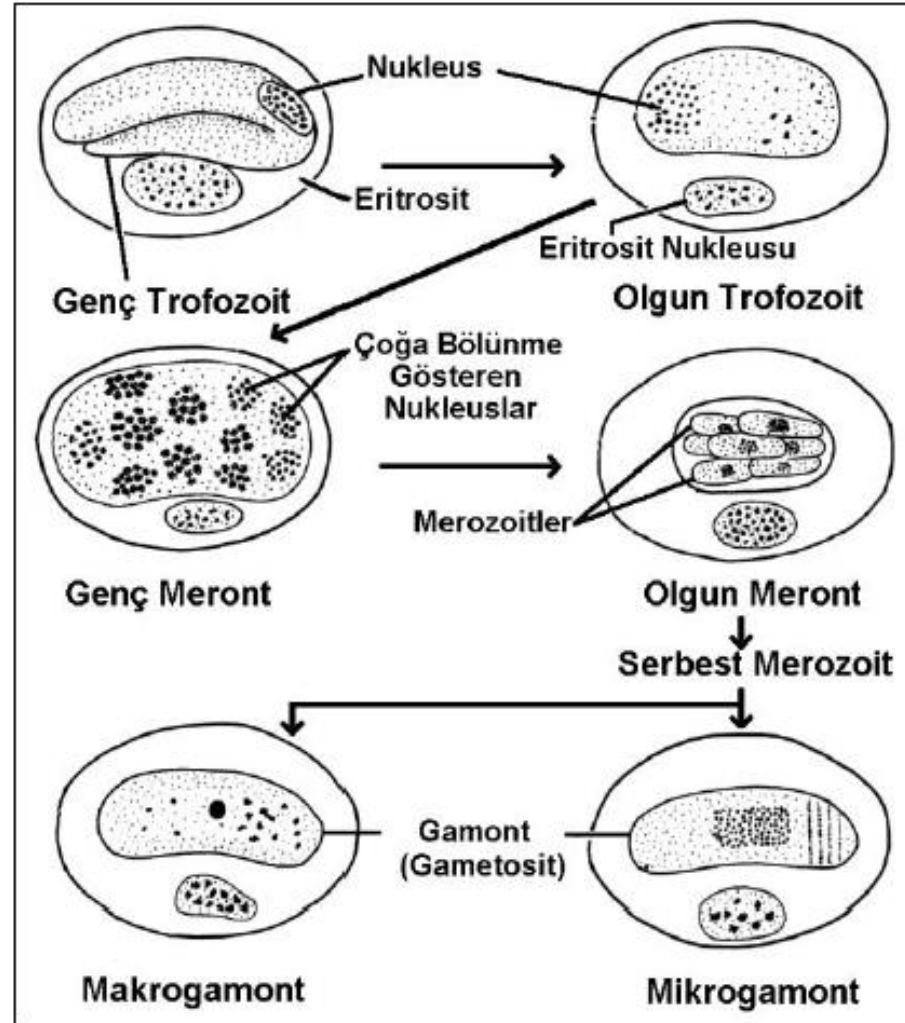
- Gerçek gregarinlerde (Eugregarinida) ise merogoni yoktur ve vücut ender olarak bölmesiz tek parça halindedir (Subordo: Aseptatina), çoğunda ise bölmeli olup farklı kısımlar ayırt edilir (Subordo: Septatina). Aseptat Gregarinlere örnek *Monocystis*, Gerçek gregarinlere örnek *Corycella* ve *Gregarina*.
- **Classis 3: Coccidea (Koksidler)**
- Arthropodlar, annelidler, mollusklar, hemikordat ve esas olarak omurgalıların parazitleridirler. Monoksen veya heteroksendirler. Gelişimlerinde gamont safhası çoğunlukla mevcuttur, ancak gamontokist görülmez. Sizigi bu sınıfta yoktur (Ordo: Adeleida) Yaşam döngüleri gerçek koksidlerde (Ordo: Adeleida ve Eimeriida) karakteristik şekilde merogoni, gamogoni ve sporogoniden oluşur. İlksel gruplarda merogoni ve bazen de gamogoni yoktur.



Şekil 31: Bazı gregarinidlere örnekler, gelişim evreleri ve yapı (Grell, 1968'den değiştirilerek).

- **Ordo 1: Adeleida (Hemogregarinler)**

- Monoksen veya diheteroksen parazitlerdir. Sizigi görülmesi nedeniyle diğer takımlardan ayrılırlar. Sporokist safhası mevcuttur. Endodiyogeni yoktur. Türlerin çoğu bütün omurgalı sınıflarında eritrositler ve bazen de diğer hücreler içinde yaşarlar. Bu nedenle hemogregarinler olarak adlandırılırlar. Bulaşma omurgasız vektör ile olur. Eşeyli çoğalma (gamogoni) ve eşeysiz çoğalma sporogoni omurgasız vektörde, eşeysiz çoğalma merogoni ise omurgalı konakta gerçekleşir. *Hepatozoon* cinsine dahil bazı türler (*H. muris*) hastalık oluşturabilir. Bazı adeleid türleri ise kan hücrelerinde yaşamazlar ve yaşam döngülerinin tek bir konakta (monoksen) tamamlarlar. Bulaşıcı sporozoitleri içeren ookistleri konağın dışkısı veya idrarıyla dışarı atılır. Örnek: *Haemogregarina*.

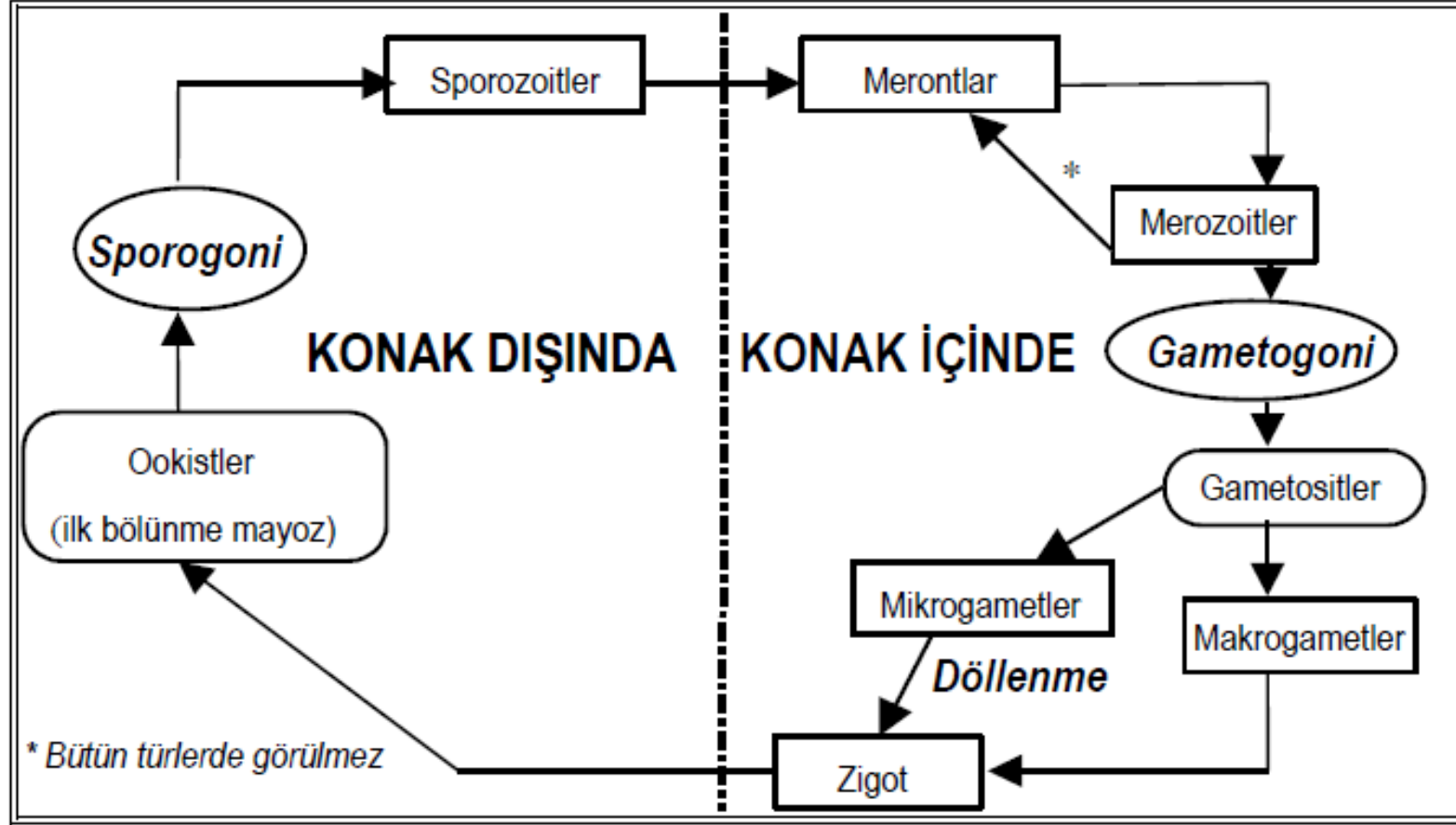


Şekil 32: Tatlısu kaplumbağalarında yaşayan adeleid, *Haemogregarina stepanovi*'nin eritrositlerdeki merogoni döngüsü (Olsen, 1974'den değiştirilerek).

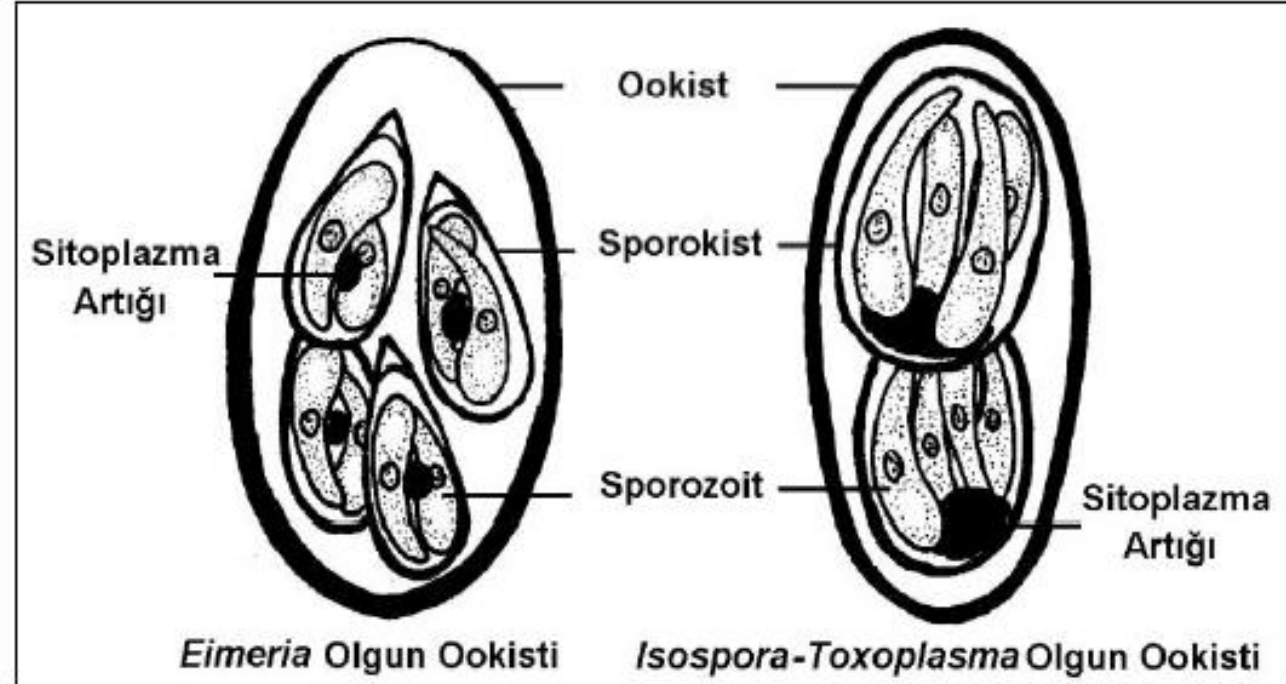
- **Ordo 2: Eimeriida (Eimeridler, Adi Koksidler)**

- Siziği görülmez. Zigot hareketsizdir ve kısa sürede kalınca bir ookist duvarı salgılar; ilk bölünme mayotik ve sonraki bölünmeler mitotik olmak üzere, önce cins veya türe göre değişik sayıda sporoblast hücresi şekillendirir. Bunların her biri ayrı birer sporokist duvarı salgılar ve yine cins veya türe göre değişik sayıda sporozoit oluşturur. Sporozoitler tipik bir şekilde ookist içinde bulunan sporokistler tarafından kuşatılmış olur.
- Monoksen yada zorunlu veya seçenekli heteroksen'dirler. Seçenekli heteroksen türlerde esas konak dışındaki diğer konaklarda hücre içinde (çoğunlukla monosit ve makrofaj) eşeysiz çoğalmanın özel bir tipi olan endodiyogeni (içten ikiye tomurcuklanma) ile ardışık çoğalırlar ve çeşitli dokularda pseudokistler oluştururlar.

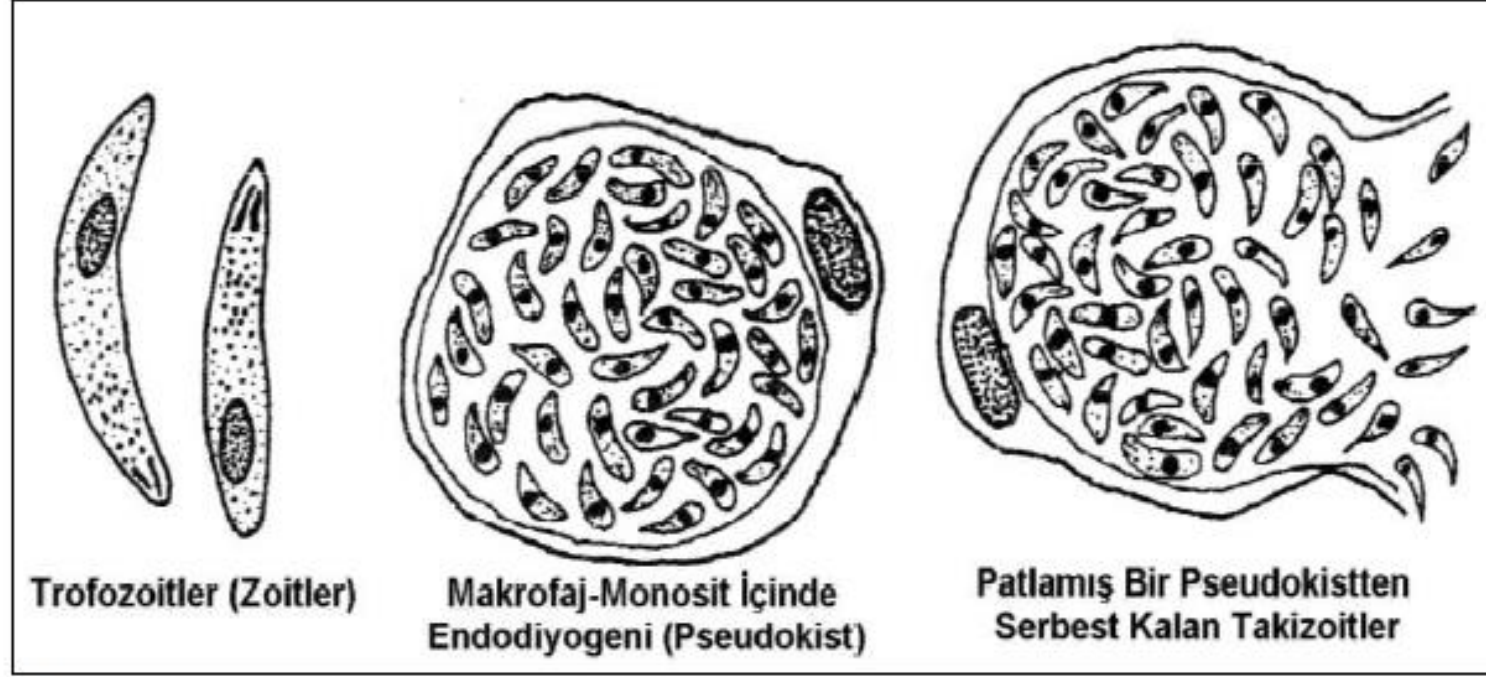
- Eimeria, eşeyli ve eşeysiz çoğalmanın gerçekleştiği sadece tek bir konağa sahiptir (monoksen). Buna zıt olarak diğer eimeriid cinsleri (*Isospora*, *Toxoplasma*, *Sarcocystis*) *Eimeria*'da olduğu gibi eşeyli ve eşeysiz çoğalmanın meydana geldiği bir son veya esas konak ve sadece eşeysiz çoğalmanın gerçekleştiği değişik ara konaklara sahiptirler (heteroksen).
- Bulaşma ya enfekte ara konak vücutlarının veya son konak tarafından atılan ookistlerin yenmesi ile olur. Örneğin *Isospora* türlerinin yaşam döngüsünde bu 2 konak tipinin birbirini takip etmesi zorunludur. Diğer eimeriidlerde bu zorunluluk yoktur.
- Bu takıma dahil türlerde eşeyli çoğalma, çoğunlukla bağırsak epitel hücrelerinde, bazı türlerde ise karaciğer veya böbreklerdeki kanalları döşeyen epitel içinde gerçekleşir.
- *Eimeria* türleri bağırsak dokularında ve karaciğerde yaşarlar. Örnek: *E. truncata*, *E. steidae*.
- *I. hominis* ve *I. belli* insanda zararsızdır.
- Önemli tür *Toxoplasma gondii*'dir. Esas konak kedidir. Oral veya solunum yolu ile bulaşması ile Toxoplasmosis denilen hastalığa neden olur. Parazit önce kandaki monosit ve makrofaj hücrelerine girer.



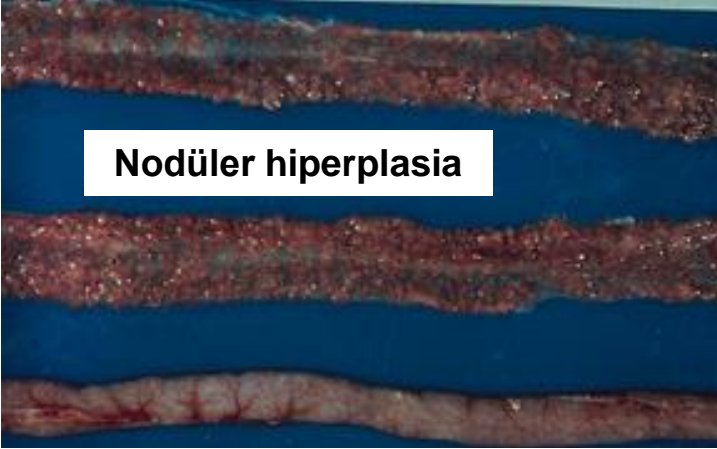
Şekil 33: Tipik bir monoksen eimeriidin yaşam döngüsü.



Şekil 34: Bazı eimeriid cinslerini karakterize eden olgun ookist yapıları (Sleigh, 1989'dan değiştirilerek).



Şekil 35: İnsan kanında *Toxoplasma gondii*'ye ait bazı gelişim evreleri (Sleigh, 1989'dan değiştirilerek).



Nodüler hiperplasia

Eimeria necatrix
(tavuk ince bağırsak-çekum)



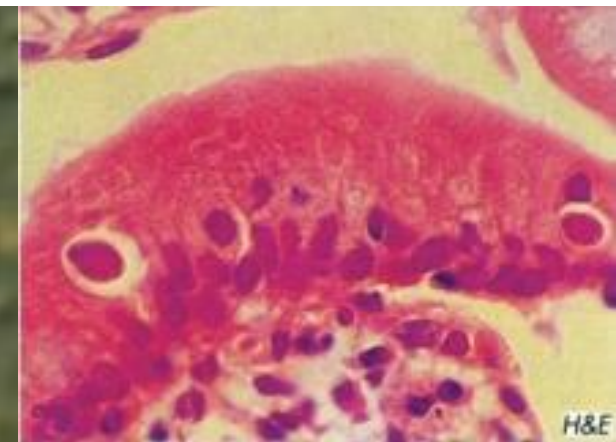
Eimeria tenella
Ookisti (tavuk çekum)



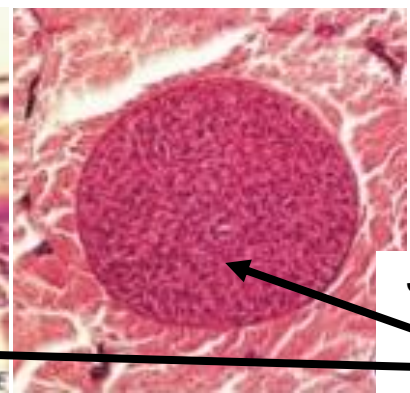
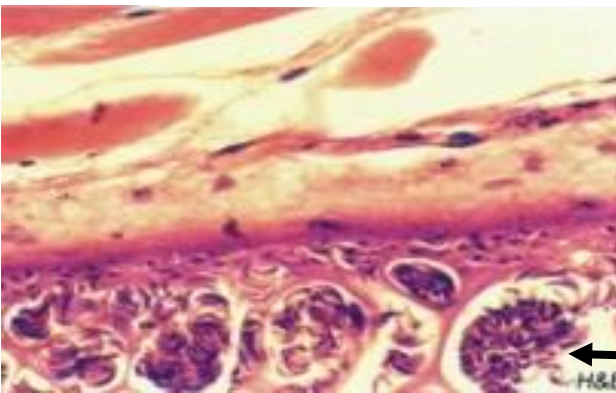
Eimeria truncata
Böbrek koksidiyozu (kazlarda)



Isospora belli ookistleri (insan bağırsağı)

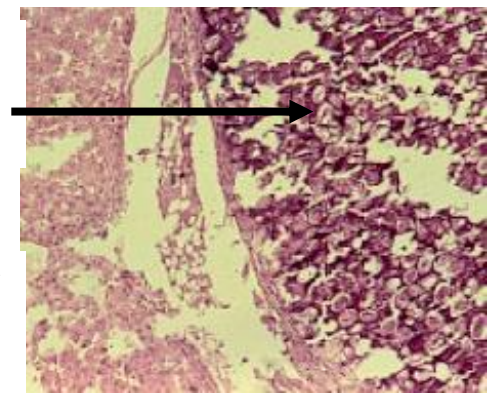


Isospora belli enterokolit

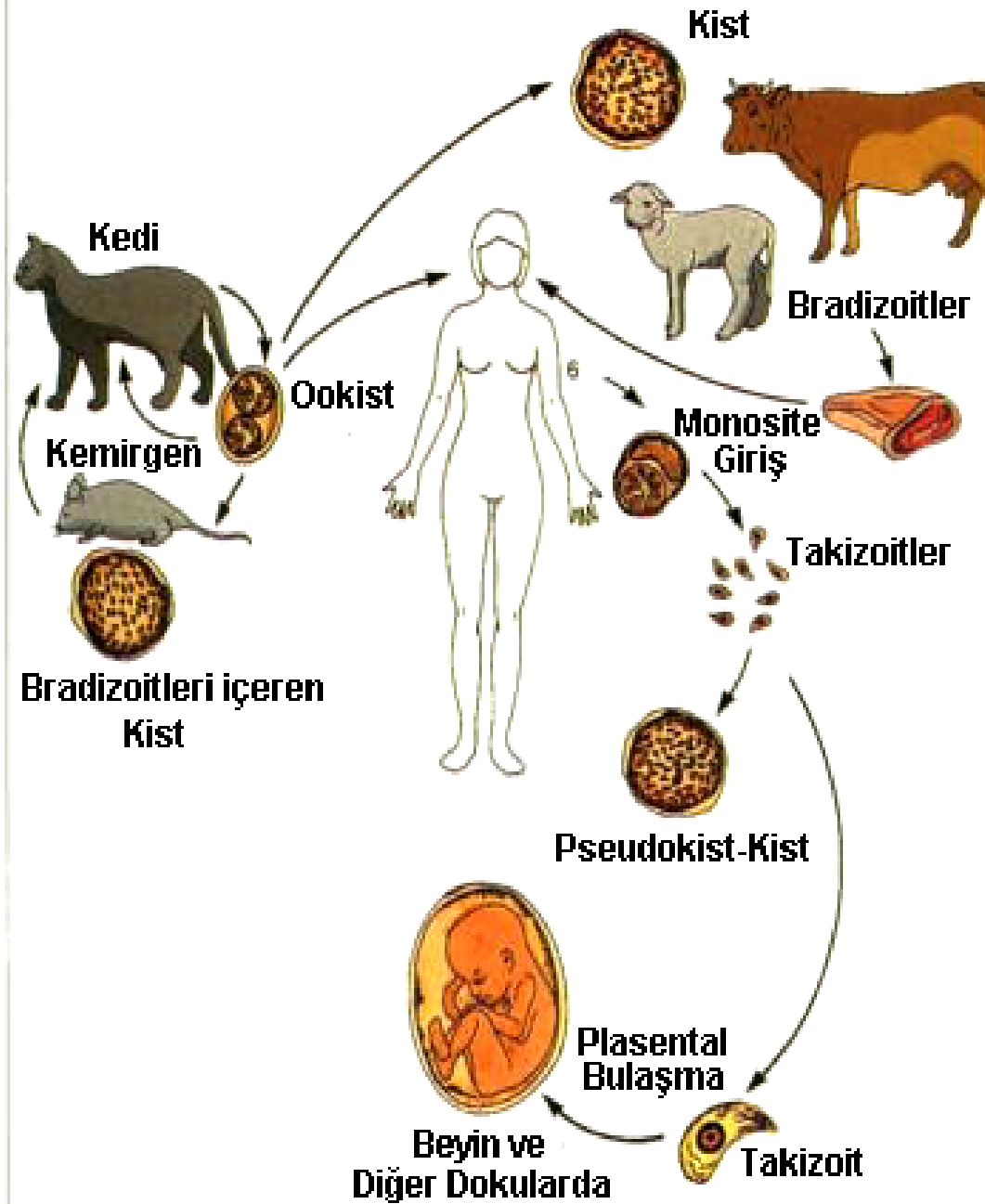


Eimeria steidae
Tavşan karaciğeri
Hepatitis

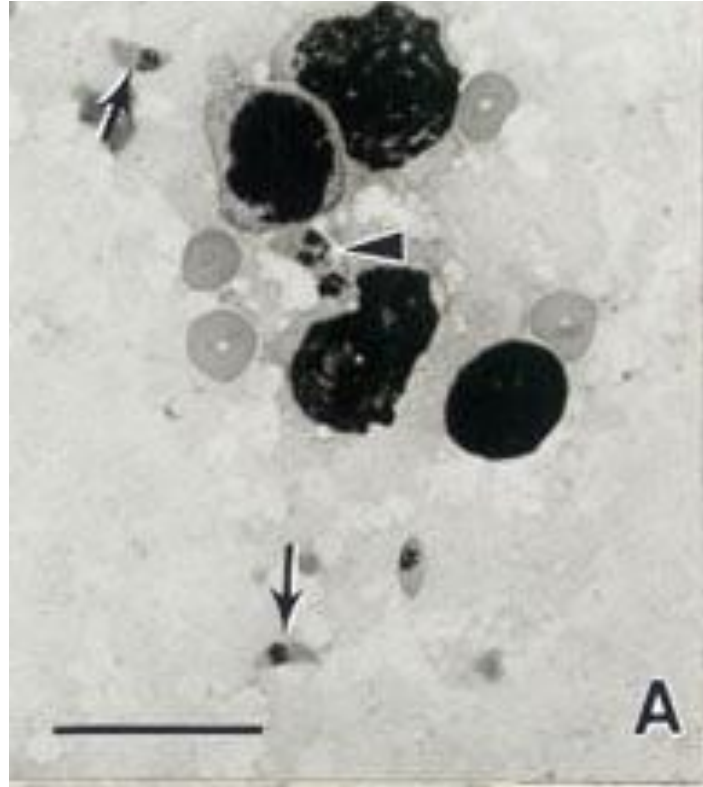
Sarcocystis hominis
insan kas dokusu
Pseudokist



Toxoplasma gondii yaşam döngüsü



İkincil Konaklarda Takizoitler



A

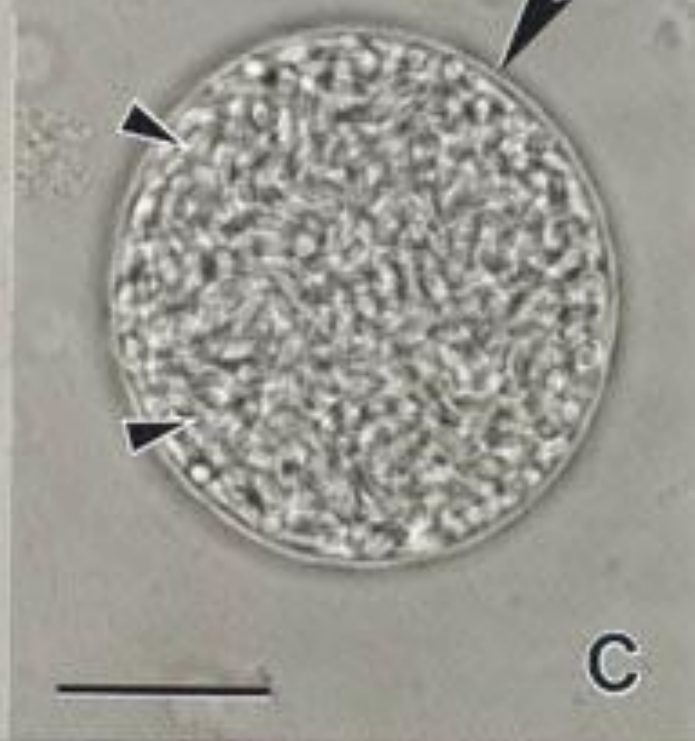
Kas kesitinde doku kisti



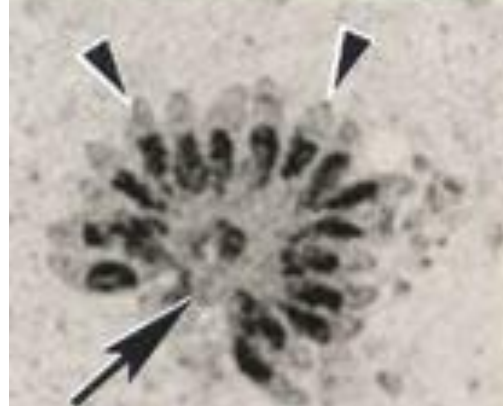
Bradizoitler

B

Beyinden homojenizasyonla ayrılmış doku kisti



C



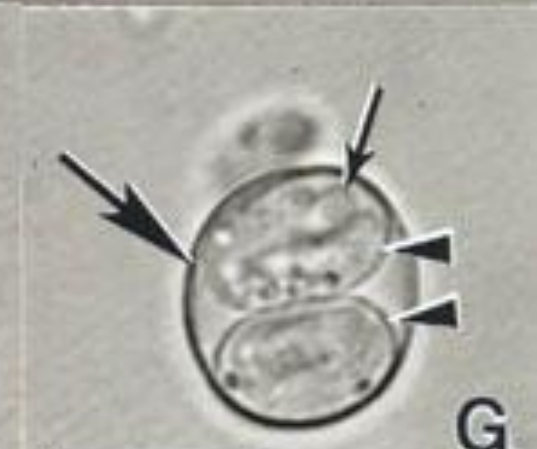
Enfekte kedi
bağırsağında olgun
meront-merozoitler



Enfekte kedi
bağırsağında
Mikrogamet



Kedi dışkısında
sporsuz Ookist

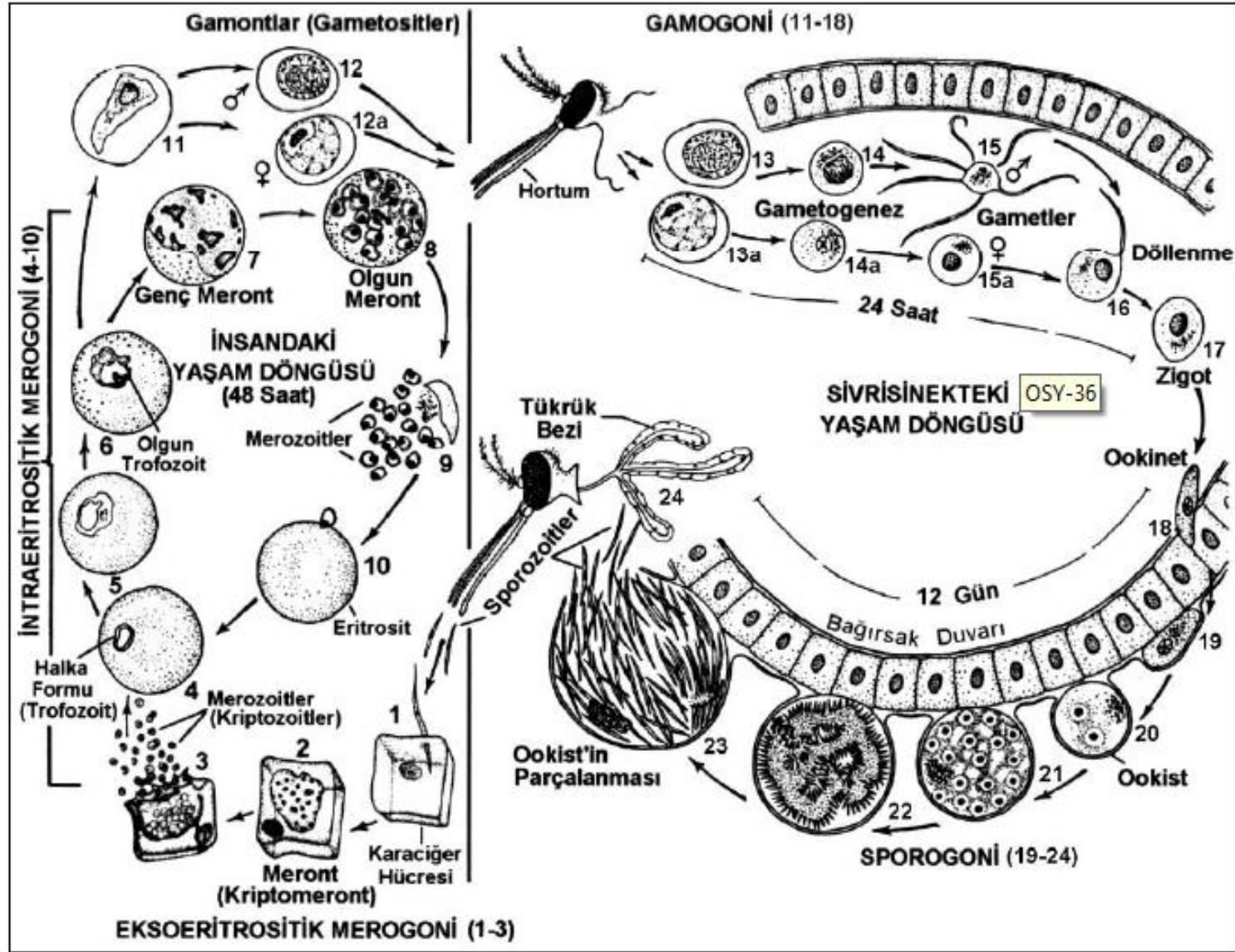


Dış ortamda
sporlu Ookist

- **Classis 4: Hematozoa (Kan Sporozoonları)**

- Yaşam döngülerinin hemen tamamında zorunlu hücre içi paraziti ve daima 2 tip konakları olan (diheteroksen) sporozoonlardır.
- Biri eşeysiz üreme, merogoninin (şizogoni) gerçekleştiği ve eşeyli çoğalmanın (gamogoni) başladığı bir omurgalı konak, diğeri ise döllenmenin gerçekleştiği, ayrıca ikinci bir eşeysiz çoğalmanın (sporogoni) meydana geldiği bir omurgasız ara konaktır.
- Ara konak böcek veya kene olabilir.
- Endodiyogeni, pseudokist, gamontokist gelişimi ve sizigi görülmez. Zigot hareketlidir buna ookinet denir.
- Bu sınıfa dahil 2 takım Haemosporida ve Piroplasmida bulunur.
- Piroplasmidler konak hücre sitoplazmasında doğrudan yer alırken, hemosporidler konak hücreni sitoplazmasında bir vakuolle kuşatılmış olarak bulunur. Piroplasmidler fagositoz yapmadan doğrudan absorpsiyon ile beslenirler, hemosporidler ise konak hücre sitoplazmasından endositozla beslenirler. Bu yüzden hemosporidlerin intraeritrositik formlarının, hemoglobini metabolize etmeleri ve sitoplazmadaki vakuoller içinde heme içeren bir bileşik olan sarı, kahverengi ve siyah renkli bir sıtma pigmenti (hemozoin) meydana getirmeleridir.

- Bu grup üyelerinin neden olduğu, insanda görülen yaygın hastalıklardan biri Malaria (sıtma, nöbet)'dir. Bu hastalığın etkeni, bir sivrisinek cinsi olan *Anopheles* dişilerinde ara konak evresini geçiren *Plasmodium* cinsidir. İnsan için 4 türü önemlidir.
- Kuartana sıtmasında her 72 saatte, diğerlerinde her 48 saatte bir hastada ateş yükselir. Tersiyana ılıman ve subtropik bölgelerde yaygındır.
- Piroplazmidler konaklarının eritrositleri içine bulunan keneler tarafından taşınan diheteroksen parazitlerdir. Hemoglobini fagosite etmezler ve sıtma pigmenti şekillendirmezler.



Şekil 36: *Plasmodium vivax*'ın insan ve vektör dişi anofel sineğindeki yaşam döngüsü (Storer ve ark., 1979'dan değiştirilerek).

P. vivax



ring form



mature ring form



trophozoite



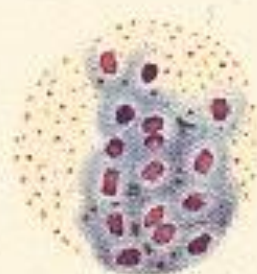
trophozoite



early schizont



schizont



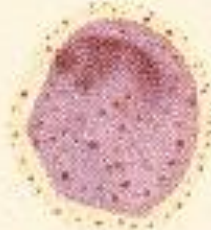
mature schizont



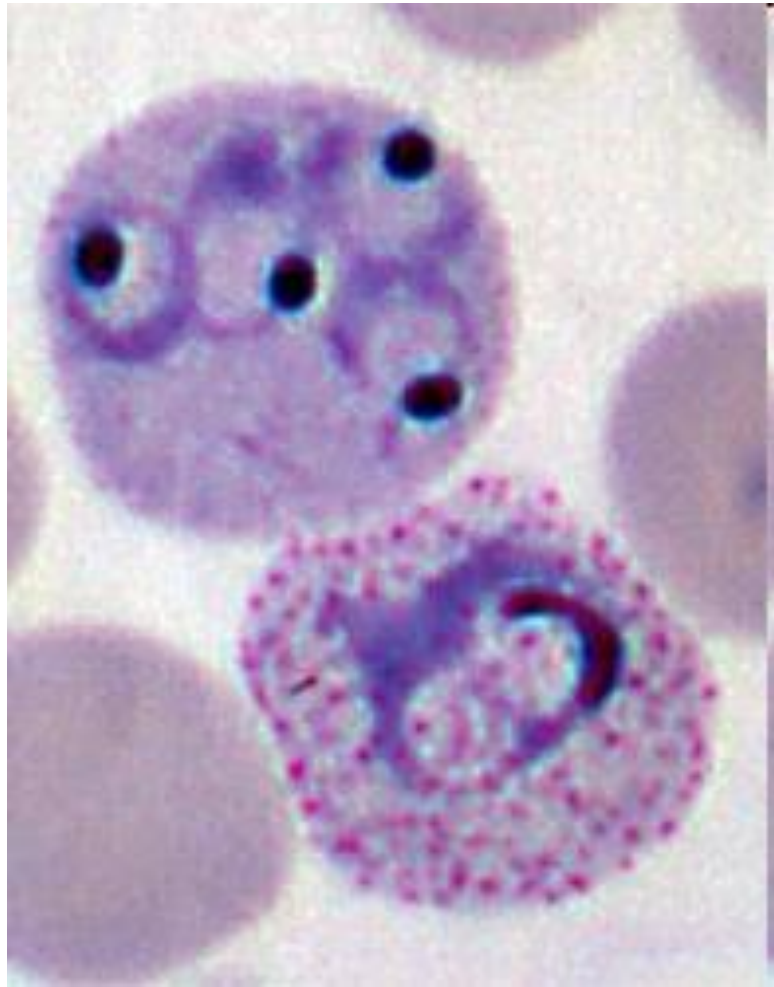
developing gametocyte

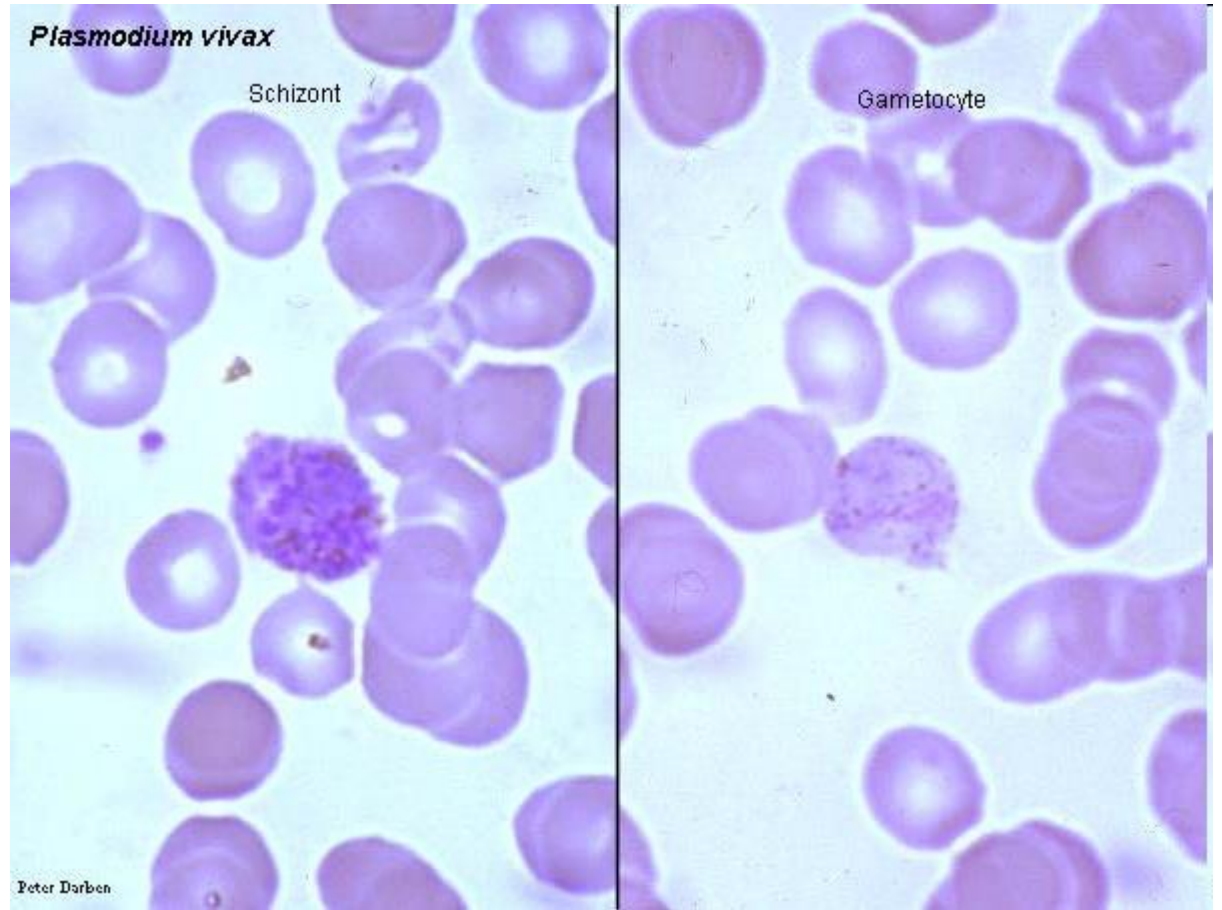


female gametocyte

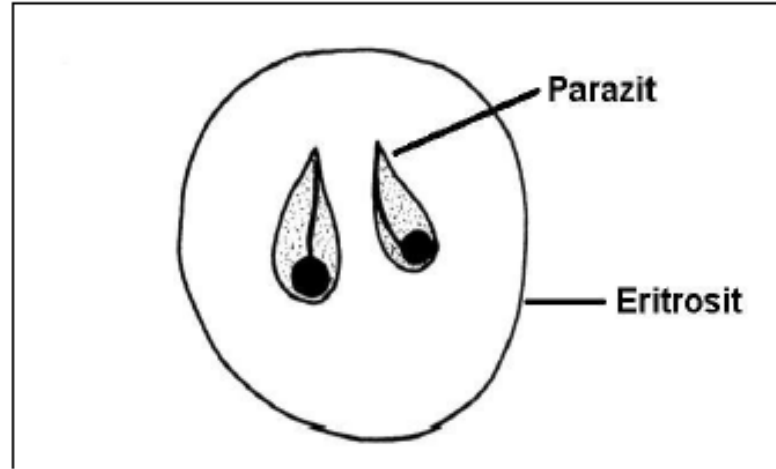


male gametocyte

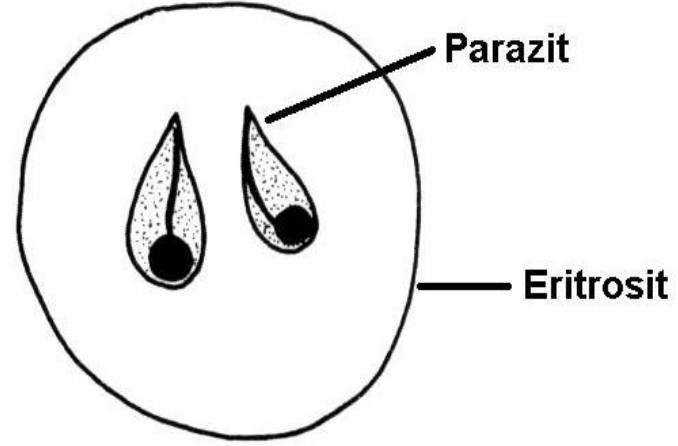
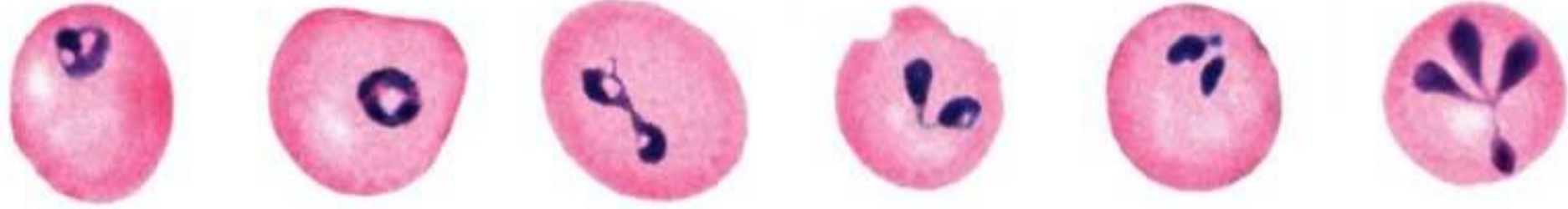




- *Babesia* ve *Theileria* cinslerine dahil bazı türler evcil hayvanlarda ve bilhassa sığırlar, mandalar ve köpeklerde parazitlenirler.
- Çoğunlukla çok sayıda eritrositin parçalanması sonucu ortaya çıkan bir anemi ve bununla eşleşecek şekilde serbest kalan hemoglobinin idrarla dışarı atılması ile sonuçlanan hastalıklara (kızıl su humması, kene humması) neden olurlar. İnsanda bulunmazlar.



Şekil 37: Sığırların kanında ikiye bölünmelerle çoğalan bir piroplazmid, *Babesia bigemina*'nın intraeritrositik meront safhası(Sleigh, 1989'dan değiştirilerek).



Sığırların kanında ikiye bölünmelerle çoğalan bir piroplazmid, **Babesia bigemina**'nın intraeritrositik meront safhası