

Genel Protozooloji

Zafer KARAER¹, Nazir DUMANLI²

¹Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Ankara

²Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Parazitoloji Anabilim Dalı, Elazığ

Protozoonların Tanımı ve Tanımı

Yeryüzünde canlılar Monerea, Protista, Fungi, Animalia ve Phyta olmak üzere 5 alemde toplanır, bunlardan sadece Monerea aleminin canlıları prokaryot olup, diğer alemlerin canlıları ökaryottur.

Protozoonlar, tek hücreli algler, civık mantarlar ve küf mantarları ile birlikte protista aleminde yer alırlar ve ökaryot mikroorganizmalardır. Protozoon kelimesi, protos (=ilkel, tek, basit) ve zoon (=hayvan, yaratık) kelimelerinden türetilmiş olup, tek hücreli canlı anlamını ifade eder. Bununla birlikte gerçek anlamda tanımlanacak olursa; protozoon, tek bir hücreden ibaret; ancak farklılaşmış ve organize olmuş vücut yapıları ile yaşam için gerekli hareket, beslenme, üreme gibi tüm hayati fonksiyonları; metazoalar kadar yerine getirebilen mükemmel canlılardır. Bugün dünyada yaklaşık 65.000 kadar protozoon türünün bulunduğu kabul edilmektedir. Protozoonların büyük çoğunluğu serbest olarak tatlı ve tuzlu sular ile rutubetli alanlarda, ekosistemin birer parçası olarak yaşamlarını sürdürürler. Bununla birlikte diğer canlılar üzerinde yaşayan parazitik protozoon türlerinin sayısı da (yaklaşık 17.000) az değildir.

Protozoon türlerinin büyüklükleri 1-300 µm arasında değişmektedir. Bunlardan parazitik yaşayan türler, çok küçük olup (0.5-20 µm) sadece mikroskopta tanınırlar ve birlikte yaşadığı canlıların biyotoplarında yaşamlarını sürdürürler. Bu tek hücrelilerle ilgilenen bilim dalına Protozooloji adı verilir. Bu bilim alanının konuları protozoon türlerinin sınıflandırma-daki yeri, vücut yapıları, yaşam döngüleri, çevreyle ilişkileri olarak özetlenebilir. Protozooloji bir bilim dalı olarak dünyada yaşayan protozoonların tümü ile ilgilenmekte olup, bu hali ile zoolojinin bir alt dalı konumundadır. Buna karşın İnsan ve hayvanlarda parazitler hayat süren protozoonlarla ilgilenen bilim dallarına Tıbbi ve Veteriner Protozooloji adı verilir. Bu bilim dallarının konuları; İnsan ve hayvanlarda hastalıklara sebep olan protozoon türleri; bu türlerin sınıflandırmada ki yerleri, vücut yapıları, yaşam döngüleri, çevre ile ilişkileri, oluşturdıkları hastalıkların belirtileri, patolojik bozukluklar, prognoz, teşhis, tedavi ve korunma yolları teşkil eder.

Protozoonların Önemi

Protozoonların önemini belirtirken bilhassa serbest yaşayan yaklaşık 50 bin protozoon türünün ekosistemin değişmez üyelerinden, yani dünyamızın vazgeçilmezlerinden olduğunu, öncelikle vurgulamak gerekir. Diğer taraftan canlıların en önemli göstergesi hayatın, yaşamın, o muazzam ve mükemmel mekanizmasının işleyişini diğer canlılara göre protozoonlarda görmek, izlemek, incelemek daha kolaydır. Bu yüzden protozoonlar hayata dair bazı sırları öğrenmek ve çözmek için; yani gerçek anlamda hayatın, yaşamın tanımını, tarifini yapmak için ideal canlılardır.

Bunların dışında parazit protozoonların gelişmelerini sürdürdüğü konaklar ile ilişkilerindeki özelliklere bağlı olarak, aynı protozoon türlerinin bulunduğu konakların akrabalık derecelerinin saptanmasında rolleri vardır.

Ayrıca okyanus ve deniz sularında yaşamlarını sürdüren bazı protozoonlara (Foraminifera, Radiolaria, Heliozoa) ait fosillerin yer altı zenginliklerini oluşturmaları ve yine bu fosillerden yararlanarak o yerin jeolojik zaman devirleri hakkında bilgi edinilmesi gibi önemleri vardır.

Protozoon türlerinin yaşamımızda yukarıda belirtilen olumlu katkılarının yanında; bazı protozoon türleri insanlarda, bazıları hayvanlarda, bazıları ise hem insanlarda ve hem de hayvanlarda hastalıklara sebep olurlar. Bu yüzden İnsan ve Veteriner Hekimliğinde önem kazanırlar.

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre, İnsan ölümlerine en çok neden olan hastalıklar sıralamasında AIDS ve tüberkülozdan sonra üçüncü sırayı parazitler hastalıkları almaktadır. Parazitler hastalıkları her yıl 2-3 milyon insanın ve milyarlarca hayvanın ölümüne yol açmaktadır. Bu grubun önemli üyesi olan protozoon hastalıkları ise, özellikle az gelişmiş, tropikal ve subtropikal bölge ülkeleri başta olmak üzere, dünya genelinde her yıl bir milyardan fazla insanı ve birkaç milyar hayvanı etkilemekte, buna bağlı olarak İnsan ve hayvanlarda ölümler ile birlikte önemli sağlık sorunlarına ve ağır ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

İnsanlarda sıtma ve trypanosomiasis önemli bir halk sağlığı problemi olup, her yıl milyonlarca insan bu hastalıklara yakalanmakta, bu yüzyılda bile milyonlarca insanın ölümüne sebep olmaktadır. Bu hastalıkların yanında leishmaniasis, giardiasis, amoebiosis, cryptosporidiosis ve toxoplasmosis gibi protozoon hastalıklar da insanlar için tehlikeli ve dünyada yaygın protozoer enfeksiyonlar olarak sıralanabilir.

Aynı şekilde hayvanlarda trypanosomiasis, coccidiosis, theileriosis, babesiosis, cryptosporidiosis gibi hastalıklar öldürücü salgınlara ve ağır ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

Hem insanlarda, hem de hayvanlarda enfeksiyona sebep olan giardiasis, leishmaniasis, amoebiosis, cryptosporidiosis, toxoplasmosis ve babesiosis ise veteriner ve tıbbi öneme sahip hastalık örnekleri olarak verilebilir.

Protozoonların Tarihçesi

Protozoonlar genellikle gözle görülemeyecek kadar küçük yaratıklar olduğu için, bu canlıların bilimsel manada tarihi Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) tarafından merceğin keşfiyle başlar. Bu sayede Leeuwenhoek 1674 yılında ilk defa bir tavşanda parazit protozoonlardan *Eimeria stiedae*'yi bulmuştur.

İlk protozoonun tespitinden günümüze kadar takip eden yaklaşık 4 asırlık süreçte, teknolojik gelişmelere paralel olarak protozoon türlerinin tanımı, tanımları ve dolayısıyla sınıflandırılmaları da sürekli geliştirilmiştir. Bu suretle bilinen protozoon türlerinin yapısal ve fonksiyonel özellikleri hakkında daha detaylı bilgiler ortaya konmuş ve aynı zamanda birçok yeni protozoon türünün varlığı bildirilmiştir. Bütün bu gelişimler, sınıflandırmalarda da sürekli bir değişime yol açmıştır.

Protozoonlarda tarihi gelişim içerisinde özellikler sistematik açılarından elde edilen en önemli bulgu, 1970'li yıllarda apikal kompleksin keşfi olmuştur. Elektron mikroskopta apikal kompleksin ortaya konması ile protozoonların sınıflandırılması yeniden yapılmış ve yeni bir ata, yeni bir kök olarak Apicomplexa bu sınıflandırmada yerini almıştır. O güne kadar sınıflandırmalarda göz önünde bulundurulmayan bu yapıya sahip protozoonlar, Apicomplexa, kökünde sınıflandırılmıştır. Hatta sınıflandırmadaki yeri belli olmayan protozoonlar olarak kitapların son kısmına eklenen *Sarcocystis* ve *Toxoplasma* gibi türlerde Apikomplexa kökü içerisinde alt oldukları yere dahil edilmiştir.

Yine 2000'li yılların başında parazitoloji alanında da yaygın olarak kullanılmaya başlanan teşhis-teki moleküler genetik yöntemler (PCR ile DNA ve protein sekans analiz çalışmaları) protozoonların tek bir atadan geldiklerini ve her biri aynı atadan olmak üzere 5'i yeni olmak üzere 7 kökten geldiklerini (bu köklerden halen *Microspora* tartışmalıdır) ortaya koymuştur. Ayrıca apikal kompleksin ortaya konduğu yıllardan itibaren kök olarak kabul edilen Apikomplexa'nın, günümüz sınıflandırmasında Alveolata kökü içerisinde kök altı olarak yer alması gerektiği anlaşılmıştır (Bkz. Sistematik).

Bugün bile canlıları içine alan diğer alemlerde olduğu gibi protozoonlar hakkında da birçok bilinmeyen mevcuttur. Edinilen yeni veya yenilenmiş bilgiler, son 30 yılda sistematikte önemli değişikliklere yol açmış, kök sayısı 5'ten 7'ye, tür sayısı da 30.000'lerden, 70.000'lere ulaşmıştır. Öyleki; bir parazitoloji kitabının 2005 baskısında 14.000 olarak bildirilen parazitik protozoon sayısı, 2008'deki baskısında 17.000 olarak ifade edilmiştir. Diğer taraftan protozoon sınıflandırmalarında bir kök olarak kabul edilen Myxozoa'nın son yıllarda çok hücreli olduğu anlaşılmış ve bu yüzden protozoon sınıflandırmalarında yer almamaktadır. Keza *Microspora*'ların da mantar olduğu ileri sürülmektedir. Bu konuda elde edilecek yeni bilgiler belki ileride bu kökün de protozoon sınıflandırılmalarından çıkarılmasını gerektirecek, belki de elde edilecek yeni bilgiler ışığında sistematikte çok daha köklü değişiklikler de söz konusu olabilecektir.

Protozoonların Yapısal Özellikleri

Protozoonların çoğunda vücut belli bir şekle sahip olup; yuvarlak, oval, armut, lanset, mekik şeklinde olabilir. Bununla birlikte bazı protozoonlarda hücre zarının özelliğine ve protozoonun bulunduğu ortama bağlı olarak vücut şekilleri değişebilir. Ayrıca gelişim döneminde farklı morfolojik yapıda gösterebilirler (örneğin trofozoid, sporozoid, merozoid, kinet, ookinet, oocyst, vejatatif veya kist gibi). Protozoonların vücutları genellikle simetrik, bazı türler asimettiktir.

Her şeye rağmen protozoon bir hücredir. Dolayısı ile vücut çekirdek, sitoplazma ve sitoplazmayı dıştan saran hücre zarından ibarettir (Şekil 1). Bu vücut kısımlarının, protozoonun yapı taşı olan protoplazma kitlesinin, dünyanın oluşumundaki büyük patlama benzeri bir dizi patlama ve bunu takiben farklılaşma süreci sonrası oluştuğuna inanılmaktadır.



Şekil 1. Ökaryotik bir hücrenin yapısı: 1) Çekirdek-çik 2) Çekirdek 3) Ribozom 4) Vezikül 5) Granüllü (ribozomlu) endoplazmik retikulum 6) Golgi aygıtı 7) Sitoskelet 8) Granülsüz (düz) endoplazmik retikulum 9) Mitokondriler 10) Vakuol 11) Sitoplazma 12) Lizozom 13) Sentrilyoller (sentrozom)

Hücre Zarı

Hücre zarı protozoona şekil verir, onu dış ortamdan ayırır ve ortama karşı korur. Aynı zamanda o ortamla olan ilişkisini de sağlar. Zaman zaman protozoonun cevabını ortama aktarır. Ayrıca pek çok biyolojik etkinlik bu zar sayesinde gerçekleştirilir.

Protozoonlarda zar sitoplazma içerisinde yer alan hyaloplazmanın modifikasyonu ile oluşur. Hücre zarı, genellikle lipid yüzeyleri birbirine bakan iki katlı fosfolipid yapıda olup, bu tür zara "pellikula" adı verilir. Protozoonların çoğu pellikula ile çevrilmiştir. Ancak bazı protozoonlarda tek katlı bir zar söz konusudur. Bu zar esnek olup, protozoona sabit bir şekil veremez. Sarcodina türlerinde görülen bu zar "Plasmalemma" olarak isimlendirilir.

Hücre zarındaki lipid yapı içerisine, farklı karakter ve işlevselliği olan proteinler de katılarak, hücre zarının yapısının tamamlanır. Hücre zarında işlevlerine göre 3 grup protein saptanmıştır. Bunlar **kanal**, **algılama** (reseptör) ve **tanıtım** (kimlik) proteinleridir.

Kanal Proteinleri: Zar içerisinde oluşan kanalcıkların teşkilinde yer alırlar. Bu kanallar seçici özellikte olup zarın "seçici geçirgen" karakterinin oluşumunda rol oynarlar. Buradaki seçicilik hem hücre içine alınması gerekli maddeler, hem de hücreden atılacak artık maddeler için söz konusudur. Bu yüzden protozoonlarda zarın geçirgenliği kısmi geçirgen, yani geçirgen (=semipermeabl) gibi gelişmiş güzel bir şekilde ifade edilmemelidir. Burada esas olan yani geçirgenlik değil, seçici geçirgenliktir. Protozo-

onlar zarın bu özellikleri sayesinde tüm zar yüzeyi ile kendisi için gerekli maddeleri alıp, artık maddeleri de dışarı atmakla birlikte, bazı gelişmiş protozoon türlerinde (*Balantidium coli*), ağız (sitostom ve sitopharinks) ve anüs (sitopig) gibi madde alış-verişinin yapıldığı özelleşmiş organeller de vardır.

Algılama (Reseptör) Proteinleri: Bunlar protozoonun çevreyle olan ilişkisini düzenler. Parazit protozoonların konakla ilişkisinde önemleri vardır. Protozoonun konakta özellikle yerleşeceği, gelişmesini sürdürebileceği yerin seçiminde rol oynarlar. Bu proteinler bazı protozoonlarda vücudun belirli yerlerinde toplandığı halde, bazılarında tüm vücut yüzeyine yayılmış olarak bulunurlar.

Tanıtım (Kimlik) Proteinleri: Bu proteinler özellikle ileri düzey ökaryotlarda ve bazı iyi gelişmiş protozoonlarda yer alır.

Hücre Zarı ile İlişkili Yapılar

Protozoonlarda zarın hemen üzerinde, protozoonun türüne ve gelişme dönemlerine göre değişen kalınlıkta, gliko-protein tabiatında bir "yüzey örtüsü" (surface coat) mevcuttur. Hücre zarının gliko-protein yapısının, proteinini oluşturan aminoasitlerin polipeptid zincirlerinin gevşek bağlı ve değişken özelliğe sahip olması sayesinde hücre zarı yüzey örtüsü rahatlıkla kimlik değiştirebilir. Böylece protozoonun bulunduğu ortamda kendisine karşı gelişecek yok etme girişimlerinden kendini gizlemesine olanak sağlar ve bulunduğu ortamda varlığını ve canlılığını sürdürür. Bu sayede bulunduğu ortamda karşılaşacağı antikor, ilaç gibi maddelerden mevcut protein yapısını, yani antijenik yapısını değiştirerek kurtulabilir. Bu özellik protozoonun virulansını, yani hastalık yapma gücü de artırır. Hücre zarı yüzey örtü tabakası, doku sıvılarında yaşayan ve konak direncine, hücre içi türlere göre daha fazla maruz kalan protozoonlarda (*Trypanosoma* türlerinde) oldukça kalın ve iyi gelişmiştir.

Hücre zarı ile ilişkili bir başka oluşumda, bazı protozoonların kist, ookist adı verilen dayanıklı gelişme şekillerindeki kist duvarıdır. Bazı protozoon türleri bulunduğu ortamda besin maddesinin azalması ve ortamın kimyasının bozulması (pH) durumunda, yeterince beslenemez ve üreyemezler. Bulunduğu ortamı terkedip, yaşamını farklı bir ortamda devam ettirmek zorunda kalabilirler. Bu durumda protozoon kendini farklı ortamın olumsuz zor şartlarına karşı koyabilecek dirençli bir forma dönüştür. Bu olaya "kistlenme" denir. Kistlenen protozoonun zarı üzerinde daha kalın ve sağlam, olumsuzluklara dayanıklı ikinci bir, tabaka oluşur.

Bunların dışında serbest yaşayan protozoonlarda, yine bulunduğu ortamda ki olumsuz şartlardan kendini korumak için, zarın dışında ortamdaki kalsiyum-karbonatın vücut salgısıyla birleşip çökmesiyle oldukça sert, silis ve kalkerden yapılmış kabuklar (Foraminifera) olabilir. Bunlardan bazılarının kabuğu delikli olup, buralardan yalancı ayak vs. çıkar. Kabuk oldukça sert olup protozoonu olumsuz çevre şartlarına karşı korur.

Hücre zarı ile ilişkili bir diğer yapı ise apikal komplekstir. Protozoonların elektron mikroskopla incelenmesi ile birlikte 1970'li yıllarda ortaya konmuş olan bu yapı, adından da anlaşılacağı gibi vücudun ön tarafında çeşitli organellerden teşekkül etmiş kompleks bir yapıdır. Bu yapının saptanması ile birlikte protozoolojide sınıflandırmalar değişmiş, apikal komplekse sahip türler önceleri kök olarak, günümüzde ise kök altı olarak "Apicomplexa" adı altında sınıflandırmadaki yerini almıştır.

Apikal kompleks genellikle Alveolata kökü, Apicomplexa kök altında bulunan ve insan ve hayvanlarda birçok hastalık etkenini içinde barındıran Sporozoa sınıfına dahil parazitik protozoonlarda görülür. Bu sınıfın üyeleri hücre içi gelişirler, bu organeller özellikle hücreyi bulmada, hücreye girmede ve hücreye adapte olmada görev üstlenirler. Örneğin dolaşım kanında *Babesia* etkenlerinin eritrositleri, *Theileria* türlerinin lenfositleri bulması; tavuk *Coccidia* türlerinin bağırsaklarda yerleşeceği bölüm ve hücreleri bulması gibi hedef hücrelere kilitlenmesi apikal kompleks yapı sayesinde olur.

Protozoon hücreye girmeden önce ön ucu sivri, arka ucu daha yuvarlak, türe ve gelişme dönemlerine göre değişen boyutlarda, bir havuç şeklini alır (Şekil 2). Bu yüzden protozoon hücreye giderken ön ucunda apikal kompleks organelleri ile birlikte, nükleer başlıklı bir füze şeklinde ve donanımında olup, gelişme dönemini geçireceği hücreyi bu şekli ve donanımı sayesinde kolaylıkla bulur ve hücreye dahil olur. Hücre içine girdikten sonra görevi sona eren apikal kompleks organelleri genellikle rezorbe olurlar.

Apikal Kompleks Organelleri

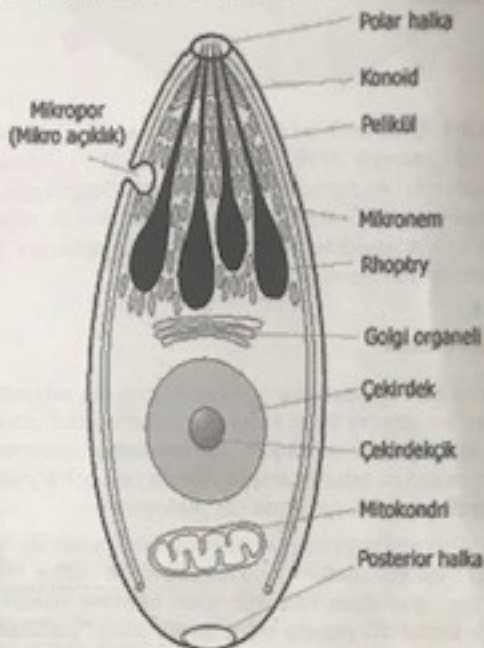
Konoid: Hücreye giderken füze şeklini alan protozoonun uç kısmında konik tarzda bir çıkıntı olarak gelişen oluşumdur. Bu yapı hücreye girişte yardımcı olur.

Kutup Halkası (Polar Ring): Burada konak doku ve hücrelerin seçiminde işe yarayan reseptörler yer alır.

Rhoptri: Bir çift kese şeklinde olup enzim içerir. Bu enzim sayesinde protozoon hücreyi irkiltmeden

içeri girer ve içeride gelişmesini sürdürür. Bu salgı hücreye ait algaçları inaktive eder ve hücreye ait savunma mekanizmalarını kırar.

Apikal kompleks içerisinde zarla ilişkili olan bu üç yapı dışında, kayarak hareket etmeye yarayan kassal oluşumlar (mikronem) ve pellicula altında çok sayıda yer alan destek ve boşaltı organelleri (subpellicular mikrotubuller) bulunur.



Şekil 2. Apikal kompleks yapının şematik görünümü.

Sitoplazma

Sitoplazmanın, homojen, granüllü, vakuollü, kolloidal, peltemsi ve yapışkan bir yapısı vardır. Genellikle şeffaftır, ancak bazı protozoonlarda pigmentlerden dolayı renkli olabilir. Sitoplazma sıvı ve şekilli organellerden ibarettir. Sitoplazmanın sıvı kısmına "hyaloplazma" (temel plazma) adı verilir. Hyaloplazma; su, protein, vitamin, karbonhidrat, yağ, hormon içerir ve bir doğal yaşam vasatıdır. Hyaloplazma içinde yer alan hücrenin şekilli elemanları, organeller ise polipeptid ve yağ zincirlerinden oluşan unit membran ile çevrilidir.

Diğer protozoonlara göre Sarcodina'larda sitoplazmanın ekto ve endoplazma olarak iki kısmı açıkça farkedilir.

Ektoplazma, hücre zarının hemen altında ince, daha şeffaf ve hareketsiz bir yapı arzeder, ektoplazma yaptığı salgı ile protozoonun dışında bir kabuk oluşturarak onu dış etkilere karşı korur, protozoonu

belli bir şekil verir, ayrıca hareket organelleri de buradan çıkar. Endoplazma daha granülü ve aktiftir. Endoplasmada beslenme ve üreme fonksiyonları icra edilir. Endoplasmada çekirdekten başka çeşitli sitoplasmik organeller bulunur. Bu organeller içerisinde en önemlileri endoplazmik retikulum, golgi aygıtı, lizozomlar, vakuoller, mitokondria, perokri-zomlar, ribozomlar ve destek yapılarıdır. Ekto ve endoplazma ayırımı özellikle amiplerde belirgindir.

Sitoplazmada Yer Alan Organeller

Endoplazmik Retikulum: Bu organel çekirdek zarı ile hücre zarı arasında uzanan kanallardan ibarettir. İki farklı işlevsel yapıda endoplazmik retikulum vardır; Bunlardan biri üzerinde ribozomlar bulunan "granülü veya kaba endoplazmik retikulum", diğeri ribozom bulunmayan "agranüler veya düz endoplazmik retikulum"dur. Granüler endoplazmik retikuluma ribozomlar protein sentezinde görev alır ve primer proteinleri kompleks hale getirir. Oluşan kompleks proteinler, granüler endoplazmik retikuluma özelikle golgi aygıtına taşınırlar. Agranüler endoplazmik retikuluma ise glikojen ve lipid sentezi yapılır ve bunların gerekli yerlere taşınması gerçekleştirilir.

Golgi Aygıtı: Keselerden oluşmuştur. Çekirdeğin hemen civarında disk şeklinde üstüste dizilmiş olarak görülen bu yapı bazı Ciliata türleri hariç her protozoonda vardır. Özellikle sindirim enzimlerinin salgılanmasında ve bu enzimlerin lizozoma taşınip toplanmasında rol alır.

Lizozomlar: Golgi aygıtından köken alırlar, içerisinde sindirim enzimleri mevcuttur. Burası metabolizmanın gerçekleştiği yerdir. Normalde sahip olduğu enzimler inaktiftir. Enzimler, besin alındıktan sonra meydana gelen pH değişimi ile aktive olur.

Vakuol: Sitoplazmada yer alan diğer bir önemli oluşumda vakuollerdir. Gıda, kontraktıl ve konkroment vakuol olmak üzere üç farklı işlevsel vakuol vardır.

Gıda Vakuölü (Endozom): Beslenme sırasında gıdaların sindirilmek üzere içine alındıkları etrafı zarla çevrili oluşumlardır.

Bunlar iki tiptir. Fagozom, büyük katı partikülleri, pinozom sıvı veya küçük partikülleri içeren vakuollerdir.

Kontraktıl Vakuol: Gerek osmoz ile girmiş olan gerekse gıdalarla vücuda alınmış olan fazla suyu dışarı atmak için oluşturulur. Bunlara genelde serbest, tatlı sularda yaşayan protozoonlarda rastlanır.

Konkroment Vakuoller: Bazı Ciliata gruplarında vücudun ön 1/3'ünde yuvarlak veya oval katı maddeler ihtiva eden bir vakuoldür. Bu vakuol peliküller bir başlığı, kalıcı bir cidan, konkroment tanecikleri ve iki fibril sistemi ile komplike bir yapı gösterir. Bazı araştırmacılar bunun bir denge organelli olduğu kanaatinde idirler.

Mitochondria: Mitokondria bir çift unit zardan oluşmuştur. Bunlardan dıştaki zar düz, içteki ise girintili çıkıntılıdır. Dış zarın endoplazmik retikuluma köken aldığı sanılmaktadır. İçteki zar girintilerine krista denir. Serbest yaşayanlar ile aerobik ortamda yaşayanlarda mitokondria iyi gelişmiştir. Mitokondriumların içinde küçük bir DNA molekülü ve ayrıca bu DNA'dan kopyalanan küçük bir RNA bulunmaktadır, bunların protein sentezinde görev aldığı tahmin edilmektedir. Mitokondride enerji oksidasyon ile elde edilir.

Peroksizom: Sitoplazmada endoplazmik retikuluma köken alan ve protozoona zararlı yapıların detoksifiye edildiği "kese yapısındaki oluşumlardır.

Ribozomlar: Sitoplazmada serbest olarak bulunurlar. Bunlar tarafından üretilen proteinler hücre içi kullanılırlar. rRNA sentezinde görev alırlar.

Destek Yapılar: Bütün ökaryotik hücrelerde sitoplazma içinde hücre iskeletini oluşturan protein iplikcikleri bulunur. Bunlar hücrenin şeklini ve hücre içi organellerin belli bir konumda kalmasını sağlarlar. Işık mikroskopunda görmek mümkün değildir, elektron mikroskopta saptanabilir, sürekli olarak polimerizasyonla oluşur ve tekrar parçalanırlar. Parçalanmış kısımlar yeni oluşan iplikciklerin yapılarına iştirak ederler. Bu iplikcikler; aktin flamenler (Uzun protein iplikcikleri), mikrotubüller (protein yapısında, içi boş tüp ve borucuklar) ve ara bağlantı iplikcikleri olmak üzere üç çeşittir. Gerek tubüller gerekse iplikcikler hücre zarı ile ilişki halindedirler.

Sitoplazmada Protozoonlara Özgü Organeller

Apikal Kompleks: Bu kompleks yapıya bağlı olarak sınıflandırmada Apicomplexa kök altı oluşturulmuştur. "Hücre Zarı ile İlgili Yapılar" bölümünde detayları ile anlatılan apikal kompleks yapı; konoid, kutup halkası, rhoptri, mikronem ve subpeliküler mikrotubüllerden oluşmuş, birbirini tamamlayan, organize organeller topluluğudur.

Kinetoplast: Bu organelle ile ilgili olarak da sınıflandırmada Kinetoplasta kök altı oluşturulmuştur. Kinetoplast vücutta kamçının çıkış yerine, yani kamçının köken aldığı bazal cisimciğe yakın olarak

yerleşmiştir. Bu organel mitokondria benzeri çift zarlı olup, içerdği DNA nedeniyle ek enerji üretim merkezidir. Bu organelle sahip protozoonlarda bölünme genellikle kinetoplasttan başlar. Ayrıca kendisi çekirdekten bağımsız bölünebilme yeteneğine sahiptir.

Bazal Cisimcik: Kamçı ve ciliumun köken aldığı, tubuler yapıda bir organeldir. Buna kinetozom veya blefaroblast gibi isimlerle verilmektedir. Sitoplazma içinde yer alır. Sentrionel yapısındadır. Daire şeklinde dizilmiş 9 adet üçüzlü mikrotübülden oluşmuştur.

Flagellum (Kamçı): Metamonada, Parabasala, Euglenozoa köklerine ait türlerde bulunur. Sayısı ve seyri türlere göre değişir. Basal cisimden köken alır. Çoğalma esnasında bölünmezler. Hareket ve beslenmede görev alırlar. Mikrotubuler yapıda olup, vücut dışına çıkan kısmına "aksonem" denir. Aksonem ortada bir çift, kenarda dokuz çift mikrotübülden ve civarında pellicula kökenli bir kılıftan oluşur.

Flagellum genellikle vücutun önünden çıkarak serbest olarak uzanır. Sayıları bir veya daha fazla olabilir. Bazı türlerde flagellum vücutla kendisi arasında temas noktaları oluşturarak dalgali zar meydana getirebilir. Trypanosomatidae türlerinde tek flagellum vardır ve bu flagellum dalgali zar oluşturur. Aynı zamanda bu flagellum, diğer bütün protozoonlarda görülenin aksine vücutun arkasından çıkarak öne doğru uzanır (trypomastigot formu). Trichomonadidae ailesindeki türlerde hem dalgali zar oluşturan ve hem de serbest flagellumlar vardır. Serbest flagellum sayısı birden fazladır. Diplomonadidae'lerde sadece serbest flagellumlar bulunur.

Silium: Ciliophora köküne mensup protozoonlarda görülür, yapı ve fonksiyonel özellikleri kamçıya benzer. Ancak kamçıya göre sayısı fazla olup, daha ince ve daha kısadır. Bazı Ciliata türlerinde siliumlar birleşerek sirus, membranella ve dalgali zar gibi özel hareket organelleri teşkil ederler. Siruslar marginal, ventral, frontal, oral ve anal bölgelerde yer alabilirler. Membranella ağız etrafında şekillenen üçgen biçiminde silium demetidir. Dalgali zar uzunlamasına seyreden bir veya daha çok silium dizilerinin birleşmesi ile meydana gelir. Etkenin ağız oluğunda bulunur.

Yalancı Ayaklar (Pseudopoda): Protozoonlarda vücutun dışına uzanan kamçı ve ciliumun dışında, hareket ve beslenmede rol alan diğer bir organelde yalancı ayaklardır (pseudopodium). Bunlar protozoonun dışı doğru şekillendirdiği geçici oluşumlardır. Yalancı ayaklara plasmalemma karak-

terinde hücre zarına sahip Amoebozoa kökü protozoonlarında rastlanır. Yapısal özelliklerine göre 4 tip pseudopoda vardır.

Lobopodium: Parmak şeklinde, geniş pseudopodlardır. Çabuk şekillenir ve aynı hızla geri çekilebilir. Özellikle simbiyotik yaşayan amiplerde gözlenir.

Filopodium: Uca doğru giderek incelen, ince, uzun, hyalini, sıvısal bir yapı arzeden, yer yer birbiriyle bağlantılar kuran pseudopodlardır. Yine amiplerde gözlenebilir.

Retikulopodium (Rizopodium): İnce, uzun, birbiriyle ağ tarzında bağlantılar kuran oluşumlardır.

Axopodium: İçinde çomak şeklinde destekleyici bir aksone bulunur. Dallanmaz ve Anastomoz, yapmazlar.

Parabazal Cisimcik: Trichomonadidea dizisindeki protozoonlarda bulunan çomak şeklinde bir oluşumdur. İşlev olarak golgi aparatının görevini gördüğü bildirilmiştir. Özellikle polisakaritlerin yapımı ve pelliculaya taşınmasında rolleri vardır.

Aksostil: Trichomonadidea dizisinde yer alan türlerde bulunur. Destek organelidir.

Kosta: Trichomonadidea dizisinde yer alan türlerde bulunur. Blefarolasttan çıkar, sitoplazma içinde dalgali zara paralel olarak arkaya doğru uzanır. Dalgali zarın desteği olan bir yapıdır.

Dalgali Zar: Kamçı ile pellicula arasında şekillenen zarsal bir oluşumdur. Protozoonun hareketine katkı yapar. Protozoon dalgali zarın, zarsal kısmı ile kendi etrafında dönmeyi, serbest kamçı ile de ileri ve geri hareket etmeyi gerçekleştirir.

Hidrogenosom: Anaerob protozoonlarda membranla çevrili bir organel olup, enerji metabolizmasında mitokondriaların solunum organı olarak görev yapar. Trichomonadidea dizisi üyelerinin hidrogen, karbon dioksit ve ATP üretim merkezleridir.

Glikosom: Membranla çevrili bir organel olup, glikolitik enzim ihtiva ettiği tespit edilmiştir. Trypanosoma ve Leishmania türlerinin kandaki gelişme şekillerinde bulunur. Enerji organelidir.

Mitosom: Mitokondria kökenli enerji organelidir. Entamoeba ve Giardia türlerinde bulunur.

Çekirdek (Nucleus)

Çekirdek genetik materyalin toplandığı kısımdır. Sitoplasmadan çekirdek zarı ile ayrılmış, belli bir şekle

sahiptir. Çekirdeğin şekli genellikle yuvarlak, oval ve benzeri yapıda olup, protozoonun şekline uyar. Çekirdek; dışta zar, içte ise kromatinler, çekirdekcik ve çekirdek sıvısından ibarettir. Protozoonun her türlü faaliyetinin sevk ve idare edildiği merkezdir, çekirdeği alınmış protozoon yaşamını sürdüremez. Her protozoonda en az bir çekirdek bulunur. Bununla birlikte *Giardia spp.* de aralarında iletişim bulunan, ancak fonksiyonları tam açıklanamayan iki çekirdek vardır. Ciliophoralarda ise fonksiyonları farklı bir büyük, diğeri küçük iki çekirdek vardır (makronükleus ve mikronükleus). Makronükleus metabolik faaliyetleri, mikronükleus ise bölünmeyi yönetir. Bununla birlikte bazı protozoonların gelişme dönemlerine göre çekirdek sayılarında değişme olduğu görülür. Özellikle kist oluşturan protozoonların kist dönemlerinde çekirdek sayılarının arttığı görülür. *Entamoeba histolytica* kistinde 4, *E. coli* kistlerinde 8, *Giardia* kistlerinde 4 çekirdek bulunur. Birçok protozoon türünün farklı gelişme dönemlerinde çok çekirdekli yapıya sahip oldukları görülmektedir. Sporozoa türlerinde aseksüel merogoni döneminde tek çekirdekli trofozoitten, çok çekirdekli meront (şizont) oluşur.

Çekirdek Zarı: Tüm ökaryot canlılarda olduğu gibi genetik materyali sitoplazmadan ayırır. Lipoprotein yapısında ve çift katlıdır. Lipid tabakası üzerinde spesifik proteinlerin yerleştiği göküntüler vardır. Bunlar zardan sitoplazmaya ya da sitoplazmadan çekirdek içine geçişleri kontrol ederler ve hücre zarında olduğu gibi seçici bir geçirgenlik söz konusudur. Çekirdek zarı, endoplazmik retikulumun devamı şeklinde olup endoplazmik retikulum zarı ile bağlantılıdır. Dış kısmı üzerinde ribozomlar bulunur. Porlar, hücre zarı porlarından daha büyüktür ve çekirdek sıvısı ile sitoplazma sıvısı arasında madde alışverişine imkan sağlar. Özellikle çekirdekte sentezlenen RNA'lar bu porlardan sitoplazmaya geçerken, sitoplazmada sentezlenen bazı proteinlerde çekirdek içine alınır. Hücre bölünmesi sırasında zar eriyerek kaybolur, sonra tekrar yapılır.

Çekirdek Plazması: Çekirdek sıvısı da denir. Bileşiminde DNA, RNA, mineraller, çeşitli enzimler, proteinler ve su bulunur.

Çekirdekcik: Hücre çekirdeğinde bir veya daha fazla sayıda bulunabilen zarsız yapıdır. Ribozom sentezinde aktif rol oynar. Yapısında DNA, RNA ve proteinler bulunur. Çekirdekcikteki RNA daha çok rRNA özelliğinde olup, bu rRNA'lar burada proteinlerle birleşerek ribozomun alt birimlerini oluşturur. Ribozom alt birimleri porlardan sitoplazmaya geçerek protein sentezinde görev alır. Genellikle protein sentezinin hızlı olduğu hücrelerde çekirdek-

çik büyüktür. Hücre bölünmesi sırasında tamamen kaybolur ve telofaz evresinin sonuna doğru yeniden oluşur.

Kromatin: Çekirdekte DNA, proteinlerle birlikte bulunur, DNA'nın proteinlerle oluşturduğu kompleks kromatin olarak isimlendirilir. Hücre, bölünme evresinde (İnterfaz = hazırlık evresi) değilse, bu yapılar çekirdek sıvısı içerisinde iplik şeklinde görülür. İşte bu ipliklerin oluşturduğu yapıya kromatin adı verilir. Kromatin iplikler hücre bölünmesi başladığında (profaz safhası) kısalıp kalınlaşarak kromozomları oluşturur. Biçimlenmiş ve yoğunlaşmış kromatin materyaline kromozom denir. Mitoz ve mayoz bölünmelerinin profaz evresi başlangıcında görünmeye başlayan, kromozomlar bölünme ilerledikçe iyice görünür duruma geçer. Bölünmenin telofaz evresinde ise kromozomlar yavaş yavaş bu özelliklerini kaybederek yeniden kromatin ağı haline döner.

Protozoonlarda kromatin maddesi ile çekirdek sıvısının bulunma oranına göre iki tip çekirdek vardır.

Vesiküler Çekirdek: Çekirdek sıvısına göre kromatin daha az yoğunluktadır. Ciliophora dışında bütün protozoonlar bu gruptadır. Vesiküler çekirdeğin iki değişik tipi bulunmaktadır. Birinci tip veziküler çekirdeğin merkezinde DNA'dan yoksun endozom yer alır. Dolayısı ile fulgen negatiftir. Fulgen pozitif olan ve kromozomları oluşturan kromatin iplikcikleri endozom ile nükleus zarı arasında dağılmış vaziyettedir. Daha çok *Trypanosoma* ve parazit amiplerde bulunur. İkinci tip veziküler çekirdekte endozom bulunmaz. Bunun yerine bir veya daha fazla fulgen pozitif nükleolus bulunur. Apicomplexa'da görülür.

Kompakt Çekirdek: Kromatin kitlesi daha yoğunudur. Ciliophora'larda gözlenir.

Protozoonlarda Fizyoloji

Protozoonlarda Hareket

Bütün canlılarda olduğu gibi protozoonlarda da hareketin nedeni besin kaynağına; yerleşeceği konak dokuya, hücreye ulaşmaktır. Aktif ve pasif olmak üzere iki tip hareket vardır:

Aktif Hareket

Bu hareket şekli özelleşmiş belli organellerle gerçekleştirilir. Aktif hareket, Flagellumlarla Hareket, Siliyumlarla Hareket, Yalancı Ayaklarla Hareket ve Kayma-Kontraksiyon Yolu ile Hareket olarak sıralanabilir.

Flagellumla Hareket: Kamçı hareket için özelleşmiş organellerden biridir. Kamçının protozoonun vücudundaki seyri, sayısı, dalgalı zar yapıp yapmaması türe göre, hatta gelişme dönemlerine göre değişebilmektedir. Kamçı; protozoonun ileri-geri gitmesini ve kendi etrafında dönmelerini sağlar. Metamonada, Parabasala, Euglenozoa köklerinde bulunan protozoonlarda hareket genellikle kamçılarla gerçekleşir. Flagellum harekete yardım ettiği gibi, hareket yönünü tayinde de hizmet görür.

Siliumla Hareket: Diğer bir hareket organeli de siliumlardır. Ciliumların sayısı, uzunluğu, vücuttaki yerleşme yerleri türe ve yaşa göre değişir, sabit değildir. Ciliophora kök altında ki türlerde hareket ciliumlarla gerçekleşir.

Yalancı Ayakla Hareket (Amöboid Hareket, Psödyopoda ile Hareket): Aktif hareket organellerinden bir diğeri de pseudopodlardır. Bu oluşumların sayısı ve şekli türe ve gelişme dönemlerine göre değişir. Amöboid hareket ortamın pH'sı, osmotik basınç, tuz yoğunluğu ve ısı gibi dış faktörlere bağlı olarak meydana gelir. Sitoplazma granüllerinin yuvarlanması ve bir kısım sitoplazmayı bir veya birkaç yöne doğru akıtmak suretiyle yalancı ayaklar ve hareket meydana gelir. Percolozoa, Ameobozoa köklerindeki türlerde genellikle hareket yalancı ayaklarla yapılır.

Kayma-Kontraksiyon Yolu ile Hareket: Bazı protozoonlar kayma ve kontraksiyon tarzında aktif hareket ederler. Bu hareket hücre içi mikronemler, aktin flamenler, iplikçikler ve mikrotubüller sayesinde gerçekleşir. Kayma-kontraksiyon tipinde hareket özellikle Alveolata kökü, Apicomplexa kök altındaki türlerde görülür.

Pasif Hareket

Bu hareket şekli için herhangi bir organa ihtiyaç duyulmaz. Burada protozoonun bulunduğu ortamda ortamın hareketiyle birlikte hareket etmesi durumu söz konusudur. Kan protozoonları kanın akışıyla hareket ederler.

Ayrıca sulara yaşayan protozoonlarda kontraktıl vakuolün su ile doldurularak dibe inmesi, vakuolün birden boşaltılarak veya su yerine CO₂ ile doldurularak suda yükselmesi şeklinde izledikleri bir hareket tarzı da vardır.

Protozoonlarda Beslenme

Beslenme canlılarda yaşamın sürdürülebilmesi ve takiben de neslin devam ettirilmesi için gerekli fizyolojik bir olaydır. Yaşamın en temel ihtiyacı besin

maddeleri ve beslenmedir. Beslenme olmadan diğer fizyolojik olayların; hareket, üreme, solunum, enerji kazanımı v.b. hiçbir gerçekleşmez, yani hayat biter.

Protozoonlarda uygun besin maddeleri hücre zarının seçici özelliği sayesinde, sızarak pasif (difüzyon, osmoz) veya aktif transport, ya da endositoz (pinositoz, fagositoz) yolla hücre içine alınır. Bu maddeler bazı protozoonlarda özelleşmiş (Trypanosoma türlerinde kamçı kesesi; Sporozoe türlerinde mikroporlar; Ciliophora türlerinde cytostom gibi) organellerle sitoplasmaya alınır. Hareket organelleri de (kamçı, cilium ve yalancı ayak) besinlerin yakalanması ve içeri alınmasında rol alırlar.

Parazit protozoonlar heterotrof yolla beslenirler.

Heterotrof Beslenme

Medikal önemi olan parazitik protozoonlar heterotrof beslenirler. Protozoon bulunduğu ortamda hazır olan organik besinleri, yukarıda belirtilen mekanizmalarla vücuda alır. Bu tür beslenmenin iki şekli vardır:

Holozoik Beslenme: Sindirim işlemi, gıdanın alınmasından sonra vücut içinde gerçekleştirilir. Gıda, besin vakuolüne alınır, sonra lizozomal enzimler sayesinde sindirim işlemi gerçekleştirilir. Parazitik protozoonların çoğu bu şekilde beslenir.

Saprozoik Beslenme: Sindirim enzimleri dış ortamdaki besin üzerine salgılanır ve sindirim işlemi dışarıda gerçekleşir. Daha sonra sindirilmiş besin vücut içine alınır. Genellikle bakterilerde ve bazı protozoonlarda gözlenir.

Diğer bir beslenme şekli de **ototrof** beslenmedir. Genellikle serbest yaşayan veya balıklar üzerinde yaşayan protozoonlarda (özellikle Ciliophora'larda) gözlenir. Bu beslenme şeklinde inorganik maddelerden ihtiyaç olan organik maddeler sentezlenir. Bunun için enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Kaynak olarak kimyasal enerji kullanılıyorsa, gerçekleştirilen beslenmeye kemototrof beslenme denir. Bu genelde bakterilerde gözlenir. Kaynak olarak güneş ışığı kullanılıyorsa fototrof beslenme adını alır ki bu tür beslenme de bağı bakteriler olmak üzere, bazı protozoonlarda da görülebilir.

Protozoonlar aldıkları gıdaları protein, yağ, karbohidrat ve enerjiye dönüştürürler. İhtiyaçları doğrultusunda ya hemen kullanırlar, ya da ilerde kullanılmak üzere depo ederler. Özellikle aktif oldukları kistik dönemlerde depoladıkları besinler sayesinde canlılıklarını korur ve hatta üreyebilirler.

Depo besin maddesi olarak kolay enerjiye dönüş-
türülebilecek, karbon hidratlardan yararlanırlar. Bu
bağlamda bağırsakta yaşayan bazı kamçıllar (*Gi-
ardia*, *Entamoeba* türleri gibi) kistlerinde glikojen,
Eimeria türleri ise ookistlerinde amilopektin depo
ederler. Kistlenebilme özelliğine sahip *Entamoeba*
histolytica bol nişastalı bir vasata alındığında aktif
olan tüm faaliyetlerini durdurur ve hemen kistlenir.
Bu tür gıdaları depolayan protozoonlar kist veya oo-
kist halinde yaşamını ve çoğalma faaliyetlerini sür-
dürebilirler.

Solunum ve Enerji Kazanımı

Protozoonlar da her canlı gibi yaşamlarını sürdür-
ebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Enerjiye giden
yol beslenmeden geçer. Protozoonlar besin maddelerinden enerji kazanımları için gerekli, mitokond-
rium, hidrogenosom, glikosom, mitosom gibi geliş-
miş metabolizma organelleri ve solunum merkezle-
rine sahiptir.

Bazı protozoon türleri obligat aerob, bazıları
mikroaerofilik (oksijen ihtiyacı az), bazı türler ise
obligat veya fakültatif anaerobdur. Yaşam yerlerine
göre enerji kazanımları da farklıdır. Aerobik ortamda
bulunanlar karbon hidrattların tam oksidasyonu su-
retiyle açığa çıkan enerjiden yararlanırlar. Anaerob
ortamdaki birçok parazitik protozoonun enerji kaza-
nımı oksidasyon ara ürünü (asetat, piruvat, succi-
nat v. b.) glikoliz vasıtasıyla olur.

Parazit protozoonların oksijenle ilişkisi enfeksi-
yonun yeri ile değişir. Kan ve diğer dokularda ya-
şayanlar belli kendilerini çevreleyen doku hücreleri
kadar oksijen tüketirler. Bunlar aerob protozoonlar-
dır. *Eimeria* türlerinin ookistleri anaerob şartlarda
sporlanamazlar. Omurgalıların bağırsak protozo-
onları anaerobdur. Rumende yaşayan Ciliata türle-
ri obligat anaerobdur. *Trichomonas vaginalis* en iyi
tam anaerob ortamda gelişir. Oksijen miktarı arttık-
ça gelişmesi yavaşlar.

Protozoonlarda Kistlenme

Parazitik protozoonların organizmada hareket ede-
bilen, beslenebilen, çoğalabilen, aktif haldeki formu-
na **trofozoit** veya **vegetatif form** denir. Bu formların,
organizma dışındaki ortamlarda, uzun süreli canlı
kalma şansları yoktur. Genellikle 1-2 saat içinde ya-
şamları sona erer.

Canlı organizma dışında yaşamak zorunda olan
protozoon türleri, dışarıya çıkmadan önce, olumsuz
dış şartlara karşı dayanıklı forma girmek zorundadır.

Parazitik protozoon için yaşam şartlarının bozulma-
sı, besin maddelerinin azalması, ortamın kirlenmesi
ve buna bağlı olarak kimyasının değişmesi, konakta
kendisine karşı direnç gelişmesi sebebi ile yaşamını
sürdürme şansının azalması gibi sebepler, protozo-
onun bulunduğu ortamı terk etmesine sebep olur.
Bu durumda protozoon daha dayanıklı bir forma gir-
mesi gerektiğine karar vererek, kistlenme işlemini
gerçekleştirir. Kistlenme sonucu oluşan bu dayanıklı
yapıya Metamonada, Amoebozoa, ve Ciliophora kök
ve kök altı türlerinde **kist**, Apicomplexa kök altında
ookist, Microspora kökündeki türlerde ise **spor** adı
verilir. Genel anlamda zor şartlara karşı geliştirilmiş
bu dirençli formlar hareket etmezler, beslenmezler,
ancak üreyebilir ve aynı zamanda protozoonun bir
konaktan diğer konağa geçişini sağlarlar. Yeni ko-
nakta kist açılır, içerisinden trofozoit veya vegetatif
formlar ortaya çıkarak üreme ve gelişmesine devam
eder, Öreme için gerekli enerji sitoplasmadaki besin
depolarından karşılanır.

Protozoon kistlenmeye başladığında, önce be-
sin vakuolleri ve hareket organelleri rezorbe olarak
ortadan kalkar. Yuvarlak ve kompakt bir yapı kaza-
nır. Kolay enerjiye çevrilebilecek karbon hidrattlar
(glikojen v.b.) depolanır, böylece prehistik aşama
tamamlanır. Sonra hücre zarı üzerine bir salgı salı-
narak geçirgen olmayan bir duvar oluşur. Bu haliyle
her türlü zor şartlara dayanıklı kist şekillenmiş olur.
Kiste üremeye bağlı olarak çekirdek sayısı artabilir.
Olgun *Entamoeba histolytica* ve *Giardia* kistinde 4,
E. coli kistinde 8, çekirdek vardır.

Ayrıca bazı protozoonlar dokularda kistlenebi-
lir. Bu kistler yükselen vücut direnci karşısında kas,
beyin, retina gibi dokularda oluşur. Organizma kist
oluşumunu engelleyemez, ancak kistin etrafını fib-
röz bir doku ile kapatarak hapseder. Böylece çift ci-
darlı bir kist şekillenmiş olur. Burada da protozoon
çoğalmasına devam edebilir. Neticede, kist içinde
çok sayıda etken birikir. Bunların başka bir konağa
geçiş i ise genellikle kistli dokunun yenilmesi ile olur
(Örnek: Apicomplexa kök altından *Toxoplasma gon-
dii*, *Sarcocystis* spp.).

Koloni Oluşumu

Protozoonlar, bilinen şekliyle bireyler arasında her
şeyin paylaşılması amacıyla biraraya gelip, koloni
oluşturmazlar. Ancak bazen çoğalması esnasında
bölünen protozoonlar tesadüfen koloni benzeri ba-
sıt yığınlar halinde görülebilirler. Bu yığınlardaki her
protozoon bireyi bağımsızdır.

Protozoonlarda Üreme

Protozoonlarda eşeysiz ve eşeyli üreme şekilleri gözlenir.

Eşeysiz Üreme Şekilleri

Protozoonlar genellikle eşeysiz olarak ikiye ve çoğa bölünme ile ürerler. Bölünme sürecinin başlama-sına yol açan olay, hücre zarı yüzeyinin beslenen protozoonun hacim artışına karşılık verememesidir. Ancak protozoonun çoğalmasında esas unsur çekirdektir.

Çekirdek bölünmesini sitoplazma bölünmesi izler. Kinetoplast bulunan protozoonlarda bazen kinetoplast çekirdekten önce bölünebilir. Bölünen hücreye ana hücre, oluşan yavru veya yavru-lara ise kız hücreler denir. Bölünme mitoz veya amitoz olabilir. Mitoz bölünmede çekirdekteki kromatin iplikcikleri kromozoma dönüşür ve ondan sonra bölünme olurken, amitoz bölünmede kromatin yumağı direkt ikiye bölünür. Örneğin, *Ciliophora* kökünde makronükleus amitoz, mikronükleus mitoz yolla bölünür. Protozoonlar genellikle *Trypanosoma* türlerinde olduğu gibi uzun eksenli boyunca bölünürken, *Ciliophora*'lar, bakterilerde olduğu gibi enine bölünür. Kamçı ve siliuma sahip protozoonlarda bu organeller kesinlikle bölünmez; ana hücrede kalır. Diğer bireyde ise mevcut basal cisimcikten yeniden oluşur.

İkiye Bölünme (Tomurcuklanma): Çekirdeğin bölünme esnasında içe veya dışa doğru buğumlanmasına (tomurcuklanma) göre endogen ve eksogen bölünen türler vardır. Çekirdek genel anlamda amitoz yolla bölünür. Bölünme sonucu türlere göre değişen şekilde, bir ana hücreden iki kız hücre oluşur.

Protozoonlarda ikiye bölünme genelde içe doğru buğumlanma şeklinde olup, bu olaya iç tomurcuklanma (endodiyogeni) denir. Bu bölünmede bir ana hücreden, birbirine eşit iki kız hücre oluşur (*Toxoplasma gondii*'nin omurgalıların tüm çekirdekli hücrelerdeki çoğalması). Bazı protozoonlarda çekirdek bir tarafa pseudopod şeklinde bir tomurcuk çıkarır ve buğumlanır, daha sonra sitoplazmanın da katılımı ile bölünerek iki kız hücre oluşur (*Babesia* ve *Theileria* türlerinin omurgalılarıdaki kan hücrelerinde çoğalması).

Çoğa Bölünme: Farklı protozoon türlerinde değişik şekillerde çoğa bölünme söz konusu olabilir.

İkiden fazla kız hücrenin meydana geldiği çoklu bölünmelerde ikiye bölünmekte olan protozoon henüz tam bölünmeden kız hücreler tekrar bölünür. Çok sayıda protozoon oluşur (*Trypanosoma lewisi*'de görülür).

Bir diğer çoğa bölünme şeklinde ise; çekirdekte çok sayıda içe doğru invaginasyon gelişir. Endopigini olarak isimlendirilen bu olay sonucunda çok sayıda tomurcuk ve neticede kız hücreler oluşur (*Babesia* ve *Theileria* türlerinin kenetlenen tükürük bezlerindeki ve *Sarcocystis* türlerinin ara konağın damar endotel hücrelerindeki çoğalması).

Şizogoni (=merogoni)'de protozoonlarda sıkça görülen bir çoğa bölünmedir. Çekirdek ya ikiye ikiye (süksesif bölünme) veya birden bire (simultane bölünme) çoğa bölünür. Bu bölünme olayına şizogoni veya merogoni, oluşan çok çekirdekli hücreye de şizont veya meront adı verilir. Çekirdek bölünmesini takiben sitoplazma da bölünmeye iştirak eder ve çekirdek sayısı kadar, kız hücre oluşur. Bunlara merozoit veya şizozoit denir. Bu bölünme tarzı özellikle Apicomplexa kök altı, Sporozoea sınıfında yer alan protozoonlarda gözlenir. Protozoon türüne göre şizogonik nesil adedi 2-12 arasında değişir.

Eşeyli Üreme Şekilleri

Protozoonlarda görülen eşeyli çoğalma, eşeysiz üremelerin ardından, türlerin dejenerasyondan kurtulması amacıyla gerekli olan genetik madde değişimidir. Protozoonlarda görülen en önemli eşeyli üreme şekilleri singami ve konjugasyondur.

Singami: Apicomplexa kök altı, Sporozoea sınıfının türlerinde görülür. Yukarıda bahsedilen eşeysiz üreme şekillerinden ikiye veya çoğa bölünmeyi takiben seksüel singami şekillenir. Eşeysiz bölünmenin sonunda oluşan etkenlerden erkek hücre mikrogamont (mikrogametosit) ve dişi hücre makrogamont (makrogametosit) gelişir. Zamanla bunlardan olgun gametler yani mikrogamet ve makrogamet oluşur. Bir mikrogametositten çok sayıda, hatta binlerce mikrogamet oluşabilir. Mikrogametler küçük, çekirdek sitoplazmaya göre büyük, sitoplazması şeffaf görünümde; aktif hareketli, bazısı kamçıdır. Mikrogametositin aksine bir makrogametositten sadece bir makrogamet gelişir. Makrogametlerde çekirdek sitoplazmaya göre küçük ve sitoplazma granülüldür. Aseksüel bölünmeyi takiben gametlerin teşekkülü olayı gametogoni olarak adlandırılır.

Gametogoni sonucu oluşan makro ve mikrogametler çoğunlukla birbirine benzemez (*Theileria* ve *Eimeria* türleri gibi). Bu duruma anizogami denir. Bazı türlerde ise (*Babesia* spp.) gametler birbirine benzer; bu duruma ise izogami denir. Gametler genelde ayrı konak hücrelerinde gelişir. Çok ender olarak makro ve mikrogametlerin aynı hücre içinde geliştiği de gözlenebilir. Bu duruma da sizigi (syzygy) adı verilir.

Kamçılı ve oldukça hareketli olan mikrogametlerden her biri aktif olarak gidip yalnızca bir makrogameti döller (*Eimeria* spp. deki gibi). Sonuçta haploid kromozomlu eşey hücrelerinin birleşmesi ile diploid kromozomlu zigot oluşur. Bu olaya da singami adı verilir.

Bazı türlerde zigot dışarı atılır. Bunlarda zigotun dış ortama karşı dirençli bir hal alması lazımdır. O nedenle zigot içerisinde kolay enerjiye dönüşebilecek maddeler (amyopectin) depo edilir, dış cıdını ikinci bir kabukla çevrenir, kist benzeri bir yapı oluşturur. Buna ookist adı verilir. Aseksüel yolla her ookist içinde türe göre değişen sayıda (1-4-8 hatta yüzlerce) yavru gelişir ve bu yavrular sporozoit olarak isimlendirilir.

Özellikle endirek gelişen türlerde zigot ara konakta teşekkül eder. Son konak bünyesinde gametogoni sonucu meydana gelen gametosit veya gametler özellikle bir omurgasız vektör (artropod türleri) tarafından alınır, zigot vektörde şekillenir. Bu zigot dış ortama çıkmayacağından kalın bir kabukla çevrilmeye ihtiyaç duymaz, aktif hareketli, dışarıdan beslenen bir yapı arz eder. Buna da ookinet adı verilir. Ookistlerde olduğu gibi ookinet içinde de çok sayıda yavru hücre (sporozoit) gelişir.

Sporogoni: Apicomplexa kök altı, Sporozoea sınıfının türlerinde singamiyi (eşeyli çoğalma) takip eden, eşeysiz bir üreme şeklidir. Sporogoni mayoz, mitoz ve amitozu içeren kompleks bir çoğalmadır. Seksüel çoğalma (singami) sonucunda oluşan ookist veya ookinet içerisindeki protoplasma kitlesinden sporogoni sürecinde sırası ile sporoblast, sporokist ve nihayet sporozoitler oluşur. Bu sporozoitler, sporogonik gelişme esnasında geçirmiş olduğu mayoz bölünme sebebiyle haploid karakterdedir. Ookist ve ookinetler, sporogoni safhasını tamamlayıp, sporozoitler oluşuktan sonra enfektif hale geçerler. Sporogonik gelişmenin tamamlanabilmesi için uygun koşullar (nem, ısı ve oksijen gibi) gereklidir. Dış ortamda sporlanmış ookistin gıda veya su ile alınmasıyla veya sporozoitleri taşıyan vektörlerin kan emerken bu sporozoitleri uygun konağa vermesiyle bulaşma şekillenir. Vücuda giren sporozoitler hedef organ ve doku hücrelerine girerek merogoniyi başlatırlar.

Apicomplexa kökünün Sporozoea sınıfına mensup türlerde gözlenen ve eşeysiz şizogoni ile başlayıp, eşeyli singami ile devam eden ve eşeysiz sporogoni ile tamamlanan biyolojik sıklusa metagenesis denir. Düzenli ve yukarıda verilen sırayla devam eden bu biyolojik siklusun şizogoni, singami ve sporogoni gelişme dönemlerinin, her sporozoea türü

için farklı özellikler içerdiği de bir gerçektir. Zaten bu farklılıklar tür olma özelliğinin doğal sonucudur. Metagenesise Sporozoea türlerinin dışında bazı Ciliata türlerinde de rastlanmış, ancak Ciliata'daki metagenesisin düzensiz olduğu görülmüştür.

Konjugasyon: Ciliophora kökündeki protozoonlarda gözlenen eşeyli bir üreme şeklidir. Ciliophora da yer alan protozoonlar genelde ikiye bölünerek çoğalır. Ancak uzun süre, aynı genetik materyal üzerinden ikiye bölünerek çoğalma, bireylerde dejenerasyona neden olabilmektedir. İşte protozoon bunu önlemek için yer yer konjugasyon ile kendini yeniler.

Konjugasyon için aynı türün iki ferdi uzun eksenleri boyunca karşı karşıya gelir. Birbirlerine temas noktalarında zar erir ve iki protozoon arasında köprü kurulur. Makro nükleusları resorbe edilir. Mikro nükleusları ise arka arkaya iki kere ikiye bölünür ve dörder mikro nükleus şekillenir. Bu bölünmeden biri redüksiyon bölünme olup, çekirdekteki kromozom sayısı haploide iner. Nükleuslardan 3'ü tekrar resorbe edilir ve hücrelerde birer mikronükleus kalır. Kalan mikronükleuslar ise tekrar ikiye bölünür, böylece hücrelerde ikişer mikronükleus meydana gelir. Bunlara gamet çekirdekleri veya pronükleus da denir. Pronükleuslardan biri kalıcı (dişi çekirdek), diğeri ise gezici konumda (erkek çekirdek) olup, her iki ferdin gezici pronükleusları yer değiştirerek, birininki diğer ferdin sabit pronükleusu ile birleşir. Kromozom sayısı tekrar diploid hale gelir. Neticede fertler birbirinden ayrılır. Arkasından protozoonun içindeki bölünmüş çekirdek üç kere arka arkaya ikiye bölünür ve 8 çekirdek oluşur. Sonra bunlar bir mikro, birde makro nükleus olmak üzere eşleşirler, çekirdek bölünmesini sitoplasma bölünmesi takibeder ve neticede bir hücreden 4 yavru hücre meydana gelmiş olur.

Protozoon- Konak İlişkisi

Protozoer Enfeksiyonların Oluşumu: İnsan ve hayvanlarda parazit hayat süren protozoon türlerinin spesifik konakları söz konusudur. Bu sebeple protozoer enfeksiyonların oluşabilmesi için etkenin uygun konak veya konaklar tarafından alınması gerekir.

Enfeksiyonların şekillenmesinde protozoon türünün uygun konak tarafından alınmış olması yeterlidir. Ancak akut ve öldürücü enfeksiyonların oluşması enfeksiyonu oluşturan türe ve konağa bağlı faktörler önemli rol oynar.

Konağa ait faktörleri yaş, beslenme durumu, hassasiyet veya direnç ve genetik yapı; parazite ait faktörleri ise protozoonun büyüklüğü, sayısı, patojenitesi, hareketi, gelişme tarzı olarak sıralamak mümkündür.

Konağın direnci ve immün sistemi yaşı ve genetik yapısı ile, türün patojenitesi enfeksiyonun seyriyi belirlemede çok büyük önem arz eder. Yine bir protozoon türünün hastalık meydana getirebilmesi için konak tarafından belli oranda alınması ve konakta belli oranda çoğalabilmesi gerekir, etkenin bulunduğu doku veya organa göre de hastalık bulguları değişiklikler arz eder. Hastalık oluşumunda etkeninin uygun yolla alınması da önemlidir. Protozoonun uygun giriş yolu genellikle o protozoonun organizmadaki yerleştiği organa göre değişir. Örneğin sindirim sisteminde yaşayanlar ağızdan (*Entamoeba histolytica*, *Giardia spp.*, *Eimeria spp.*), genital sisteme yerleşenler koitus ile (*Trypanosoma equiperdum*, *Trichomonas vaginalis*, *Tritrichomonas foetus* vs.), kanda yaşayanlar ise (*Plasmodium spp.*, *Theileria spp.*, *Babesia spp.*) vektörler aracılığıyla direk kana inokule edilerek ya da gelişme yerinden aktif hareketle kana geçerek konağa intikal etmiş olur.

Parazit Protozoonların Gelişme, Bulaşma ve Yayılması: Parazit protozoonlar gelişmelerinde bir veya birden fazla konağa ihtiyaç duyarlar. Tek konaklı protozoonlarda gelişme direk, diğerlerinde ise indirektir. Gelişmelerini tek konakta tamamlayan türlere monokslen, iki konakta tamamlayanlara da heterokslen türler adı verilir.

Monokslen türlere örnek olarak *Eimeria spp.*, *Giardia spp.*, *Entamoeba spp.*, verilebilir. Bunların bir gelişme safhası konak vücudunda, diğer safhası ise doğada geçer. Genellikle konağın sindirim sisteminde yaşarlar. Dayanıklı formlarının (Kist veya ookist) yem-gıda ve sularla alınması, yani ağız yolu ile vücuda girerler. Sindirim kanalında belli gelişme dönemlerini geçirdikten sonra kist ya da ookist halinde konağı terk ederler.

Trichomonas vaginalis, *Tritrichomonas foetus* ve *Trypanosoma equiperdum* gibi protozoonlar da direk gelişen türlerdir. Konaklarının genital organlarına yerleşirler. Bir konaktan diğerine çiftleşme (koitus) yolu ile geçerler.

İki konaklı olup endirek (Heterokslen) gelişen türlerde; ya zorunlu (obligat heterokslen) veya şartlara göre şekillenen (fakültatif heterokslen) endirek gelişme söz konusudur. Obligat heterokslen türlere örnek olarak *Trypanosoma*, *Leishmania*, *Theileria*, *Babesia* ve *Plasmodium* türleri verilebilir. *Plasmodium* türleri insan, kanatlı ve maymunlarda görülür. Ara konakları *Culicidae* familyasına bağlı sivrisineklerdir. Omurgalı konaklarının başta eritrositler olmak üzere değişik organ ve dokularında bulunurlar. *Trypanosoma* türlerinin taşıyıcıları *Glossina* soyuna bağlı çeçe sinekleridir. Omurgalı konakları ise insan ve çeşitli memelilerdir. Omurgalı konaklarda başta

kan dolaşımı olmak üzere çeşitli organ ve dokularda bulunurlar. *Leishmania* türlerinin taşıyıcıları *Phlebotomus* soyuna bağlı yakarca sinekleridir. Omurgalı konakları ise insan, köpek ve yabani kemiricilerdir. Omurgalı konakta deri, mukoza ve iç organlarda bulunurlar. *Theileria* ve *Babesia* türleri evcil hayvanlarda bulunurlar. Taşıyıcıları *Ixodidae* ailesine bağlı çeşitli kene türleridir. Omurgalı konakta *Babesia* türleri eritrositlerde, *Theileria* türleri ise eritrosit ve lenfositlerde gelişir.

Bütün bu türler taşıyıcıların kan emmek amacı ile omurgalı konağı sokmaları neticesinde taşıyıcı konağa intikal ederler. Etkenler taşıyıcı konakta bir gelişme dönemi geçirdikten sonra omurgalı konağa nakledilirler.

Fakültatif heterokslen türlere en iyi örnek *Toxoplasma gondii*'dir. *T.gondii*'de son konak (*Sporozoa* sınıfı protozoonların konaklarının her ikisi de omurgalı ise gelişmenin gametogoni ve singami aşamalarının geçtiği konak) kedigiller, ara konak ise bütün memeliler, kanatlılar ve sürüngenler olabilir. Ancak kedi ve kedigiller aynı zamanda ara konak olarak da rol alabilirler.

Parazit protozoonların bir konaktan diğerine geçişini sağlayan taşıyıcı eklem bacaklılara vektör adı verilir. Şayet protozoon eklem bacaklıda (vektör) herhangi bir gelişme dönemi geçirmeden konağa taşıyorsa, buna mekanik vektör adı verilir. Bu tür taşınmanın gerçekleşebilmesi için, vektörün, enfekte konaktan aldığı etkenleri 24 saat içerisinde hassas konağa vermesi gerekir. *Trypanosoma* soyuna bağlı *T.evansi* ve *T.equinum*, *Tabanus* ve *Stomoxys* soylarına bağlı sokucu sineklerle mekanik olarak nakledilirler.

Şayet protozoon eklem bacaklıda (vektör) belli bir gelişme dönemi geçirdikten sonra hassas konağa naklediliyorsa, bu çeşit vektörlere de biyolojik vektör adı verilir. *Culicidae*'ler *Plasmodium*'ların, *Phlebotomus*'lar *Leishmania*'ların, *Glossina*'lar *Trypanosoma*'ların ve *Ixodidae* ailesine bağlı çeşitli kene türleri de *Theileria* ve *Babesia*'ların biyolojik vektörüdür.

Biyolojik vektör ile parazit protozoon arasında çok sıkı ve hayati bir ilişki söz konusudur. Protozoon varlığını sürdürebilmek için vektördeki gelişme sürecine mutlak surette ihtiyaç duyar. Yani hastalık ile vektör birlikte anılır. Örneğin Türkiye'de de sığırlarda yaygın olarak görülen tropikal theileriosis'e Kuzey Avrupa'da rastlanmaz. Çünkü bu bölgenin iklimi vektör *Hyalomma* soyuna bağlı kene türleri için uygun değildir. Yine *Rhipicephalus appendiculatus* kenesi Türkiye'de gelişemediği için *Theileria parva*'nın

oluşturduğu şark sahil humması Türkiye'de görülmez.

Vektör, ara ve son konaktan başka birde rezervuar konak vardır. Bazı protozoon türlerini vücudunda bulundurduğu halde, hastalık belirtisi göstermeyen konaklara rezervuar konak adı verilir. Örneğin Afrika'da birçok yabani memeli *Trypanosoma* türlerinin, Amerika'da vahşi hayvanlar *Trypanosoma cruzi*'nin rezervuar konağıdır.

Parazit Protozoonlara Karşı Bağışıklık

Canlılar arası ilişkilerde, devamlılık açısından gerekli olan en önemli şart, tarafların kendilerini ve birbirlerini korumalarıdır. Bu durum protozoon-konak ilişkisinde de esastır. Doğal bir ortamda mevcut dengeler çerçevesinde konağına ulaşan protozoon, belli bir eşiğe kadar konakta üremekte; söz konusu üreme hem konakta aktif bir bağışıklığın oluşumunu tetiklemekte, hem de protozoonun yaşamını devam ettirebilmek için ihtiyaç duyduğu sayıya ulaşabilmesini sağlamaktadır. Kaldı ki, parazit aşırı derecede üreyerek konağın ölümüne neden olur ise, bu durum kendisinin de sonu anlamına gelecektir. Bundan dolayıdır ki, bir parazitin yaşamsal başarısı, konağı öldürmesi ile değil, onda gösterdiği adaptasyonun seviyesi ile ölçülebilmektedir. Örneğin *Trypanosoma theileri*, vektör sineğin olduğu bölgelerde sığırların %100'ünü enfekte edebilmekte ve konağın bağışıklık sistemine de fazla bulaşmamaktadır. Daha virulent olan *Trypanosoma congolense* ve *Trypanosoma vivax* gibi türler ise, immun sistemi daha çok uyardıklarından dolayı daha az sayıda sığın enfekte edebilmektedirler.

Protozoonun konağına adaptasyonu, esasında, tek başına protozoona ait, basit kurallarla açıklanabilecek bir yetenek olmaktan öte, konak ve protozoon arasında, bilinen tarihin başlangıcından beri süregelen ve günümüzde bile bazı yönleriyle halen açıklanamamış ilişkinin evrimsel bir sonucudur. Bu durum aynı zamanda, hem parazitin hem de konağın, birbirlerini karşılıklı müsamahaya, kabullenmeye zorlayan savunma taktiklerine sahip olduklarını da göstermektedir. Karşılıklı bu ilişkide; parazit ve konak arasında denge sağlandığında klinik enfeksiyon oluşmaz ve birlikte yaşam devam eder. Konak üstünlük sağladığında (bağışıklık) parazit vücuttan atılır. Protozoon üstünlük sağlarsa, protozoonun hastalık yapma gücüne ve konağın direncine bağlı olarak değişik şiddette hastalık, ya da ölüm olayları görülebilir.

Konak Savunma ve Hücum Güçleri

Protozoonun gerek savunma ağırlıklı, gerekse hücum taktikleri ile konak üzerinde oluşturduğu bas-

kıya konak, genellikle savunma taktikleri ile karşılık verir. Hücum taktik güçleri savunma ürünleri olarak ortaya çıkar. Burada doğal savunma mekanizmaları önceliklidir. Daha sonra aktif savunma mekanizmaları devreye girer. Yani her türlü hastalık etkeni veya yabancı cisme olduğu gibi protozoona karşı da, ilk engel konak doğal savunma sistemidir. Bu sistem aşırsa aktif savunma gücü yani immunité devreye girer.

Doğal Savunma Mekanizmaları: İlk sırayı, protozoona özgü konak seçiciliği alır. Her parazit türü her hayvanda hastalık oluşturmamakta, birçok parazit soy, tür hatta varyete düzeyinde konak seçiciliği göstermektedir. Örneğin, *Trypanosoma congolense* ve *T. vivax* yabani ruminantlarda hastalık oluşturmazken, evcil sığırlarda oldukça virulentir. Yine, kanatlılarda coccidiosis'e neden olan *Eimeria* türleri diğer hayvanlarda ve insanlarda enfeksiyona neden olamazlar. Adı geçen direncin nedeni, tür farklılığı gibi görünüyorsa da, aslında bu durum daha kompleks evrimsel genetik faktörlerin kontrolündedir ve çoğunlukla da moleküler bir takım faktörlerle (MHC haplotiplerindeki farklılıklar gibi) ilişkilidir. Doğal savunmada, ikinci sıradaki savunma gücü, henüz parazitin vücuda girmesi aşamasında kendini gösterir. Örneğin deri ve mukozalar, birçok parazitin vücuda girişini engelleyebilmektedir. Ancak, kan emen artropodları vektör olarak kullanan bazı kan ve benzeri doku protozoonları, bu bariyerleri vektörü yardımıyla aşmaktadırlar.

İmmunolojik Savunma Mekanizmaları: Konağın doğal bariyerlerini bir şekilde aşabilen parazit, bu sefer aktif savunma gücü, yani immun sistem savunması ile karşı karşıya gelir. Protozoon enfeksiyonlarında şekillenen immunité oldukça kompleks bir özellik taşır. Konakta protozoona karşı, immun sisteme ait mekanizmaların hemen hepsi az çok devreye girmekte, hem humoral hem de hücrel bağışıklık şekillenmekte, ancak oluşan tepkinin etki şekli ve derecesi konağı ve parazite bağlı olarak değişmektedir. Enfeksiyona yönelik olarak şekillenen aktif bağışıklık, temelde T lenfosit aracılı hücrel immunité tipindedir. Yine, parazite yönelik olarak, spesifik antikor üretimi ile karakterize olan humoral immunité de devreye girebilmekte ve kalıcı etkinliğe sahip olmayan bu antikorlar, hücrel immunité kadar olmasa da, savunmada rol alabilmektedirler. Kan dolaşımı veya doku sıvılarındaki parazitleri belli derecede baskı altına alabilen humoral immunité, bilhassa hücre içi protozoonlara karşı yetersiz kalmakta, hücrel immunité ise özellikle hücre içi protozoonlara karşı savaşta rol almaktadır. Yine, ilk enfeksiyonun eliminasyonunda, genellikle başarısız

kalan humoral immünite, vücudun protozoonlara yönelik uzun süreli bellek oluşturmaması sebebi ile reenfeksiyonlara (leishmaniasis hariç; Bkz. Köpeklerde Leishmaniasis) karşı da kalıcı bir koruma sağlayamamaktadır.

Humoral Bağışıklık: Protozoonların yüzey antijenlerine karşı oluşan antikorlar tek başlarına veya diğer efektör mekanizmaları birlikte çalışabilirler. Antikorlar, protozoonların çeşitli yüzey antijenlerine bağlanarak, konağın hücrelerine tutunmaları veya hücre içine girişlerini engelleyebilirler. Bazı antikorlar protozoon enzimlerine bağlanarak, bölünmelerini engelleyebilir. Böyle antikörlere ablazin de denir. Antikörlar ayrıca komplement, makrofaj ve sitotoksik hücrelerin fonksiyonlarına da aracılık ederler.

Antikörlar genellikle hücre dışı protozoonlara karşı etkilidirler. *Trypanosoma* yüzey antijenlerine karşı oluşan antikorlar komplement ile parazitin direkt lizisini sağlarlar. Hücre içinde yaşayan protozoonlar (*Plasmodium* ve *Babesia* türleri gibi) diğer hücreleri enfekte etmek üzere hücre dışında serbest bir dönem geçirirler. Antikörların bu formlara da etkili olduğu tespit edilmiştir. *Toxoplasma gondii* trofozoitleri hücre içinde çoğalır. Bunlar makrofajlar içinde dahi yaşayabilirler. Hücre içindeki bu dönemde antikörların veya komplementin etkilerinden korunurlar. Ancak sayıları çoğaldığında hücreyi parçalayıp serbest hale geçince antikörlar, komplementle birlikte hücre sıvılarındaki serbest parazitleri tahrip edebilir ve diğer hücreleri enfekte etmelerini önleyebilirler.

Antikörlar, komplement, makrofajlar veya sitotoksik hücreler ile birlikte hücre içi protozoonların direkt olarak öldürülmesini de sağlayabilirler. Babesioseste etkenler eritrositler enfekte eder. *Babesia* antijenleri eritrosit yüzeyine entegre olur. Bu antijenlere karşı oluşan antikörlar eritrosit yüzeyine yapışır. Eritrosit yüzeyindeki *Babesia* antijenleri ile antikörların oluşturduğu kompleksler makrofajlar ve sitotoksik lenfositler tarafından tanınır. Böylece enfekte eritrositler makrofajlar tarafından fagosite edilir veya sitotoksik hücreler tarafından öldürülür.

Mukozal yüzeylerdeki protozoon enfeksiyonlarında genellikle lokal olarak IgE üretilir. IgE aracılığı ile başlatılan lokal yangısal reaksiyon damar geçirgenliğinin artmasına, bu da yangı bölgesine IgG'lerin geçişine neden olur. IgG'lerde protozoonları yukarıdaki mekanizmalarla etkisiz hale getirir.

Hücreyel Bağışıklık: Makrofajlar hücre içi tahribe dirençli protozoonlara karşı en etkili savunma mekanizmasıdır. Birçok protozoon makrofajlar tarafından fagosite edilebilmesine karşı öldürülemezler. Böyle etkenler hücre içi öldürme aşamalarından bi-

risini engelleyebilirler. Örneğin *Toxoplasma gondii* makrofaj içinde lizozomların fagozomla birleşmesine engel olur. Ancak *Toxoplasma gondii* antijenlerine spesifik T hücreleri etkenle karşılaştığında IFN-gama salgılarlar. IFN-gama makrofajları aktive eder ve makrofajların öldürme gücü artar. Aktive olan makrofajlardaki en öldürücü mekanizma argininden nitrik oksit üretimidir. Nitrikoksit ve reaktif oksijen radikallerinin reaksiyonu ile ortaya çıkan, nitrojen radikalleri, birçok protozoon üzerinde etkili bulunmuştur.

Hücre içinde üreyen protozoonlar sitotoksik T lenfositlerini de uyabilirler. Sitotoksik T hücreleri enfekte hücreyi öldürerek, parazitleri etkisiz hale getirir. Bu mekanizmaya insanların sıtma ve sığırının *Theileria parva* enfeksiyonu örnek olarak verilebilir. *T. parva* sporozoitleri özellikle lenfositleri istila eder. Sporozoitler, lenfositlerin sinyal iletim mekanizmasını bozarak sürekli IL-2 üretmelerine, bu da lenfositlerin kontrolsüz çoğalmasına neden olur. Ancak bu aşamada sitotoksik T lenfositleri, enfekte hücrelerin üzerinde MHC sınıf I molekülleri ile sunulan parazit antijenlerini tanıyarak enfekte hücreleri öldürürler. Aynı mekanizma ile sitotoksik T hücreleri *Toxoplasma* trofozoitlerini ve enfekte hücreleri öldürebilirler.

Premunisyon: Protozoon hastalıklarında görülen en önemli bağışıklık şekli, enfeksiyon immünitesi ve ya aktif kısmi bağışıklık olarak da adlandırılan premunisyonudur. Esasında premunisyon, parazit var olduğu sürece devam eden, parazitin tamamen elemine olması durumunda, bir süre sonra ortadan kalkan, hücreyel immünite esaslı, lokal bir bağışıklık tipidir. Klinik boyuta ulaşsın veya ulaşmasın, vücutta belli bir süre üremesini gerçekleştiren parazit, takip eden dönemde sayısal olarak en aza inmekte ve o şekilde uzun yıllar, kimi parazitler için ömür boyu varlığını sürdürmektedir. Söz konusu devamlılık, konak ile parazit arasında şekillenen belli bir dengein ürünüdür ki bu dengede, hem parazit belli oranda üremesini sürdürür, hem de konak daimi olarak bağışık kalır. Bu tip hayvanlarda, aynı etken ile takip eden dönemde gelişecek bir enfeksiyon ya klinik boyuta ulaşmaz veya hafif bulgularla atlatılır. O nedenle, protozoon hastalıklarının epidemiolojisinde, süregelen enfeksiyonlarla oluşan premunisyon kaynaklı endemik stabil bölgeler özel önem taşırlar.

Protozoonların Savunma ve Hücum Güçleri (İmmün Yanıttan Kurtulma Yolları)

Protozoonları konak açısından önemli sorun haline getiren temel faktörler, bu parazitlerin konağın immün mekanizmalarını, fizyolojik aktivitelerini veya

ürünlerini kendi lehlerine kullanabilmeleri, immüno-
lojik denetimden kaçabilmeleri, immüno-supresyona
yol açabilmeleri, kompleks hayat siklusuna sahip
olmaları, konakta bir çok farklı doku, organ veya
hücre tipine yerleşebilmeleri ve önemli derecede
kompleks antijenik varyasyona sahip olmalarıdır.
Protozoonların konak ile uyumu ve patojenitesi, ko-
nak savunma mekanizmalarını aldatma ve atlama
ölçüsünde ortaya çıkar. Protozoon, ya yabancı ola-
rak algılanamayacak şekilde, konağın kendi kimliği-
ne bürünerek onu aldatır, ya da her defasında çok
farklı kimliklere dönüşerek onu atlatır.

Protozoonlarda Savunma Gücü: Protozoon-
ların en önemli savunma güçleri hücre içi yerleşim
ve moleküler düzeydeki aktif değişimdir.

İmmünojenik Denetimden Kaçma: Özellikle
hücre içi parazitler başta olmak üzere bazı proto-
zoonlar, immün sistemin aktif bir şekilde müdahale
edemediği dokulara yerleşirler. Diğer taraftan, para-
zitin hücre içi yerleşiyor olması durumu bile, tek ba-
şına immün sistemden kaçmaya yardımcı olan bir
eylemdir. Bazı protozoonlar ise, saklanmak yerine
antijenik yapılarını değiştirerek immün denetimden
kurtulma yolunu seçerler. Örneğin, *T.gondii* bradi-
zoitleri antijenik olmayan bir kistin içinde toplanarak
immün sistemden kendini soyutlarken, siğir kanın-
da yaşayan *Trypanosoma theileri*, konağın serum
proteinleri ile yüzeyini kaplamakta ve immün sistem
tarafından fark edilmeden varlığını devam ettirebil-
mektedir.

Antijenik Varyasyon: Protozoonların birçoğu,
yaşam döngülerinde, antijenik olarak birbirinden
çok farklı gelişme formlarına (trofozoit, gizont, me-
razoit, sporozoit, gamet, kist gibi) sahip olabilirler.
Söz konusu farklılığın esasını glikoprotein yapısın-
daki vücut yüzey örtüsü oluşturur. Yüzey örtüsü,
hem tür veya genotip bazında, hem de aynı türün
değişik formlarında, birbirinden farklı amino asit di-
ziliimine sahip olabilmektedir. Böylece parazitin belli
bir aşamasına karşı şekillenen immünite, bir sonraki
aşamaya etki edemediği gibi, gösterilen boşa çaba,
konak için ek bir yük olmaktan öteye de gideme-
mektedir.

Bazı protozoonlar ise, aynı formda sürekli
olarak yüzey antijenlerini değiştirebilmekte ve ge-
nomun önemli bir kısmı sırf bu işle meşgul olabili-
mektedir. Bu değişim özellikle, parazitin bir antijenik
tipine karşı gelişen immün yanıt etkili düzeye ulaş-
tığında gerçekleşmektedir. Söz konusu son yaklaşı-
ma, özellikle immünite ile direkt olarak karşı karşıya
kalmakta olan hücre dışı etkenlerde daha çok rast-
lanmaktadır.

Protozoonlarda Hücum Gücü: Protozoonların
hücum güçleri immüno-supresyon ve immün sistemi
kullanma olarak özetlenebilir.

İmmüno-supresyon: Hücum gücü olarak; bazı
protozoonlar, immüno-supresif bir takım madde sal-
gılamak suretiyle konak bağışıklığını spesifik olarak
baskılayabilmekte; sitokin üretimini, T hücre aktivas-
yonunu ve makrofajların öldürme mekanizmalarını
nonspesifik olarak sekteye uğratabilmektedirler.

Yine birçok parazit antijeni, mitojen etki ile B
hücre klonlarını aktive edebilmektedir ki bu yakla-
şım, parazite karşı etkisi olmayan antikorların üreti-
mi ile sonuçlanmakta, vücudun bu tip etkisiz eylem-
lere yoğunlaşmasını fırsat bilen parazit ise üremesi-
ni başarıyla gerçekleştirebilmektedir.

İmmün Sistemi Kullanma: Yine bazı protozo-
onlar konağın fizyolojik aktivitesini ve ürünlerini ken-
di yararına kullanabilme yetisine sahip olabilmekte-
dir. Konak tarafından üretilen epitel büyüme faktörü
ve IFN-gama *Trypanosoma brucei*'nin yüzeyine
tutunmakta, immün sistemin bu tepkisi, parazitin
baskılanması yerine üremesini aktive etmektedir.
Eritrositlere girebilmek için komplement reseptörle-
rini kullanan *Babesia* türleri, bu hedefe ulaşabilmek
için konağın komplement sisteminin aktivasyonuna
ihtiyaç duymaktadırlar.

Protozoonlarda immün yanıtın kurtulmanın
diğer bir yolu da hücreye giren parazitin, zarfa in-
vagine olarak, konak hücrenin direkt kendi zarından
oluşan bir kese içerisinde sitoplazmaya girmesi du-
rumudur. Bu konumdaki bir parazit konak hücre ta-
rafından fark edilememekte, fark edilse bile duruma
göre belli bir strateji kullanarak kendini kaçırmakta-
dır.

Protozoon Hastalıkları ile Mücadelede Karşılaşılan Zorluklar ve Aşı

Parazit protozoonlara karşı bugüne kadar yürütülen
tedavi ve korunma stratejilerinden beklenen başarı
sağlanmadığı için, insan ve evcil hayvanlarda bir-
çok protozoer enfeksiyon günümüzde hala sorun
olarak devam etmektedir. Protozoer enfeksiyonlar-
da tedavi amacıyla kullanılan pek çok preparat bu-
lunmaktadır. Uzun yıllardan beri yaygın olarak kul-
lanılan bu preparatların prospektüsleri, her ne kadar
güvenirlilik, etki gücü ve spektrumu konusunda ciddi
iddiaları barındırıyor olsa da, mücadeleden elde edi-
len sonuçlar aynı iddiaları kanıtlar nitelikte değildir.
Ne yaygınlıkta kullanılırsa kullanılsın, tek başına ke-
materapötik uygulaması, hemen dalma, enfeksiyonu
tümünden eradike etmekte yetersiz kalmaktadır. İlave

ilaç giderleri, hayvan veya insanlarda oluşturduğu kimyasal baskı ve özellikle besin zinciri geçişli çevresel kalıntı gibi bir seri dezavantajlarına ek olarak, yoğun kematerapötik kullanım stratejisi ile ilgili karşılaşılabilecek en önemli sorunlardan biri de direnç gelişimidir. Örneğin, *Trypanosoma*, *Babesia*, *Plasmodium* ve *Eimeria* türlerinin tedavi ve kontrolünde yaygın olarak kullanılan bazı kematerapötiklere karşı direnç geliştiği bilinmektedir. Protozoonlarda direnç gelişiminin, ilaç etkisine bağlı olarak parazitte şekillenen adaptif mutasyonlardan mı, yoksa bu ilacın kullanımı ile ilk popülasyonda yer alan doğal dirençli suşların seleksiyonundan mı kaynaklandığı henüz tam olarak anlaşılabilmiş değildir.

Protozoer enfeksiyonlarla mücadelede, tedaviden ziyade enfeksiyonlara karşı korunma tedbirlerinin geliştirilmesinin daha gerçekçi olacağı aşikardır. Bu durum bilim adamlarının korunma noktasında çözüm üretmeye itmiştir. Bu bağlamda aşının, diğer birçok enfeksiyonda olduğu gibi protozoon hastalıklarıyla mücadelede de en ideal korunma yöntemi olabileceği düşüncesi giderek ağırlık kazanmıştır. Protozoer enfeksiyonlara karşı aşı çalışmaları önemli bir ivme kazanmış olmakla birlikte, gerek parazitin genetik yapısı ve gerekse parazit-konak ilişkisi bağlamında çözülmesi gerekli önemli problemler söz konusudur. Bu sebeple protozoer enfeksiyonların kontrolü amacı ile sahada kullanıma sunulmuş aşı sayısı çok yetersizdir.

Protozoonlara karşı etkili aşı üretiminde istenen düzeye ulaşılamamış olmasının birçok nedeni vardır. Bunları, parazitin konak immunitesinden korunmak üzere kullandığı ve hala çözülmemeyen taktikleri, sahip olduğu karmaşık yaşam döngüsü, kompleks antijenik yapıları, aşı için kullanılacak suşun tipinin seçimi, aşı üretimdeki yüksek maliyet, dağıtım ve saklamada soğuk zincire duyulan ihtiyaç, raf ömürlerinin kısalığı pazarının sınırlı olması, tüketicilerin günübirlik perspektiften daha ucuz görünen kimyasalları tercih etmesi olarak özetlemek mümkündür.

Kompleks yapıya sahip olan protozoon antijenlerinin karakterleri, dolayısıyla da aşı üretimi için seçilebilecek hedef molekülün belirlenmesi oldukça zordur. Binlerce farklı amino asit diziliminden oluşabilen protein yapısındaki antijenlerin, karbohidratlarla bağlantılı oldukları kısımların önemli derecede antijenik oldukları saptanmıştır. Ancak, bu bölgelerin analizi ve saf olarak elde edilmeleri çok zordur. Antijenik yapıların total olarak uygulanması alternatif de düşünülebilir. Ancak, birçok immunojenik proteinin birlikte aşı olarak verilmesi, gereksiz birçok

antikor üretimine sebep olacak ve bunların sadece az bir kısmı işe yarayacaktır.

Aşı çalışmalarında kullanılabilecek potansiyel antijenlerin belirlenmesi amacıyla genellikle Western Blotting tekniğinden yararlanılmaktadır. Ancak, bu teknikte ortaya çıkan antijen fraksiyonlarının birçoğu internal nitelikte olup, parazitin ancak ölüp parçalanmasını takiben açığa çıkan ve konak dokusuna dağılan antijenlerdendir. Dolayısıyla, bunlara karşı oluşacak bir immunité, canlı, bütün bir protozoonla karşı etkili olamamaktadır.

Protozoonun yerleştiği doku, konakta gelişen immunitenin etkinliğini, belirlemede önemli bir faktördür. Örneğin, sindirim kanalında yerleşen protozoonlar genellikle invazif özellikte değildir ve konak ile yüz yüze geldikleri tek nokta, kanal lumenine bakan epitel hücreleridir. Konağa ait immün efektör mekanizmalar hakkında çok fazla bilgi bulunmadığından dolayı, bu konumdaki bir protozoonla karşı etkili aşı üretiminde kullanılabilecek antijenin seçiminde sorunlar yaşanmaktadır.

Aşı çalışmalarında genellikle protozoonların laboratuvar suşlarından yararlanılmaktadır. Ancak, laboratuvar pasajları etkenin belirli fenotipik özelliklerinin kaybolmasına yol açabilmektedir. Neticede morfolojik, biyolojik ve antijenik karakterleri bozulabilmekte, atipik bir form kazanmakta ve doğal ortamda sahip oldukları polimorfizm özelliklerini yitirmektedirler. Örneğin, kültürde uzun yıllar tutulan *Trypanosoma* türlerinin çeçe sineklerinde gelişebilme yeteneklerini yitirdikleri görülmüştür.

Parazite karşı konakta oluşan immün yanıt genellikle kompleks bir yapı arz eder ve birçok farklı mekanizmayı kapsar. Parazitin immün sistemde uyandırdığı farklı birçok yolun bilinmesi ve uygulanacak aşı ile bunlardan mümkün olduğunca fazlasının aktive edilmesi gerekir. Yine, belli bir parazite karşı konakta oluşan savunmanın antikor aracılığı mı, hücre aracılığı mı, yoksa doğal direnç kaynaklı mı olduğu kesin olarak bilinmeli ve böylece aşı üretiminin bir sonraki aşamalarına geçilmelidir. Parazitin hayat siklusu çok iyi anlaşılmalı ve aşı için hangi gelişim evresinin hedeflenmesi gerektiği bilinmelidir. Örneğin, sıtma hastalığına karşı anti-sporozoit aşılardan çok etkili olabilmektedir; ancak, anti-gametosit aşısı önemli düzeyde bir immunité şekillendirememekte, sadece parazitin naklini belli derecede bloke edebilmektedir.

Pratikte denenmiş olan veya kullanılan protozoon aşılannın (coccidiosis, cryptosporidiosis, toxoplasmosis, neosporosis, babesiosis, sıtma, leishmaniasis, trypanosomiasis, giardiasis, pneumo-

cystosis aşısı gibi) hemen hepsi attenüe canlı aşı karakterindedir. Bu tip aşının kullanımında belli derecede de olsa başarı elde edilebilmiş; ancak ideal düzeye ulaşılamamıştır.

Moleküler çalışmaların parazitoloji alanına girmesi ile 1980'lerden itibaren moleküler düzeyde yapılan araştırmalar, birçok protozoonun DNA bazında tanımlanmasını sağlamış, bu bulgular bilim adamlarını sub-unit aşı arayışına yöneltmiştir. Bu çalışmalarda, seçilen uygun antijenler konağa uygun şekillerde verilerek koruyucu immün cevabın oluşturulması hedeflenmektedir. Ancak, ilgili alanda üretilen aşı denemelerinden beklenen başarı henüz elde edilebilmiş değildir.

Moleküler parazitoloji alanında görülen ivme, gelecekte farklı teknolojilerin ürünü birçok aşının ortaya konabileceği yönünde cesaret vericidir. Aşı çalışmalarında modern paradigma, protozoon genlerinin anlaşılması, işe yarar antijenlerin tanımlanması ve takibinde de bu antijenlerin rekombinant teknoloji yardımı ile üretilmesi konularında yoğunlaşmaktadır.

Protozoon Enfeksiyonlarına Karşı Kullanılan Aşılar

İnaktif Aşılar: Yaygın bir kullanıma sahip olmakla birlikte, tamamen inaktive edilmiş protozoonlar direkt aşı olarak kullanılabilir. Örneğin, ölü *Neospora caninum* takizoitlerinden elde edilen aşı uygulamalarının, parazite bağlı abort olgularını azalttığı bilinmiştir.

Atenüe-Canlı Aşılar: Bu aşı tipi, protozoonların hücre kültüründe, embriyolu tavuk yumurtasında, dalağı alınmış hayvanda pasajlayarak veya radyasyon uygulayarak ya da parazitin biyolojik döngüsünde değişiklikler yaparak elde edilebilir.

Protein Subunit Aşılar: Bu aşılar protozoonun saflaştırılmış proteinlerinden ya da rekombinant proteinlerinden elde edilir.

Rekombinant Vektör Aşıları: Hücresel immün yanıtla özellikle MHC sınıf 1 proteinlerinin yüzeyinde işlenen ve sunulan hücre içi antijenlere karşı oluşmaktadır. Bu MHC 1 yolu genellikle hücre içi bakteri ve viruslar tarafından aktive edilir. Hücre dışı uygulanan aşı antijenleri normalde hücreye girmez ve bu nedenle MHC 1 yoluna da giremez ve hücresel immüniteden ziyade antikor üretimine yol açarlar.

DNA Aşıları: DNA aşı çalışmalarına 1990 yılında plasmid DNA'sının myositler içine kas içi enjeksiyonu ile protein ekspresyonunun indüklenmesinin kanıtlanması ile başlamıştır. DNA aşıları sub-unit aşılardan yeni tipi olup seçili koruyucu antijen içeren plasmid yada rekombinant viral vektörlerin memeli hücrelerine verilmesi ardından, hücrelerde proteinin ekspresyonuna yol açarlar. DNA aşıları güçlü humoral ve hücresel immünite oluşumuna yol açar, vektör de yapılan modifikasyonlar ya da adjuvant benzeri sitokin genlerinin katılması ile immünojeniteyi artırır.

Adjuvantlar: Adjuvantlar aşılarla karşı olabilecek immün reaksiyonları güçlendirmek ve aşıya karşı oluşacak yanıtı müdahale ederek, cevabın Th1-hücresel cevaba yönlendirilmesi amacıyla kullanılırlar. Bugün adjuvantların en az aşı kadar önemli olduğu, sadece aşının çok işlevsel olmadığı durumlarda aşının yerini alarak, koruyucu olabileceği düşüncesi ile son yıllarda aşı çalışmaları ile birlikte artan bir şekilde değer kazandığı anlaşılmıştır.

SİSTEMATİK

Protozoonların sınıflandırılmasında soy ağacı oluştururken izlenmesi gereken esasları ve alması gereken ekleri *Trypanosoma* türlerinin soy ağacı örneği ile aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

| | |
|--------------------------------|--|
| Alem (Regnum) | Protista (Eukaryota) |
| Kök (Anaç, Phylum) | Özel adı vardır. (Euglenozoa) |
| Kök Altı (Anaçaltı, Subphylum) | Özel adı vardır. (Kinetoplasta) |
| Sınıf (Classis) | "ea" son eki gelir. (Trypanosomatidea) |
| Dizi (Takım, Ordo) | "ida" son eki gelir. (Trypanosomatida) |
| Alt Dizi | "ina" son eki gelir. |
| Üst Aile | "idea" son eki gelir. |
| Aile (Familia) | "idae" son eki gelir. (Trypanosomatidae) |
| Alt Aile (Subfamilia) | "inae" son eki gelir. |
| Soy (Cins, Genus) | Özel adı vardır (Trypanosoma) |
| Tür | Özel adı vardır (Trypanosoma brucei brucei, T.b. equinum, T.vivax) |

Soy ağacı yukarıda *Trypanosoma*'da olduğu gibi her türde tam olmayabilir. Soy ismi daima büyük harfle, tür ismi küçük harfle başlar ve italik yazılır (Örnek: *Trypanosoma brucei brucei*). Bir makale içinde tür ismi ilk geçtiği yerde soy ismi ile birlikte açık yazıldıktan sonra, takip eden metin içinde tekrarlar da ya da aynı soya bağlı türlerin yazımında soy ismi sadece baş harfi büyük kalarak yazılır (*Trypanosoma brucei brucei*, *T.b. equinum*, *T.vivax*, *T.congolense*)

Türe bağlı hastalıklar genellikle soy ismin sonuna, ses uyumuna göre *osis* veya *asis* eki getirilerek isimlendirilir. Trypanosomiasis, Trypanasomiasis, Leishmaniasis, Leishmaniasis, Giardiasis gibi (Almanca'da hastalıklar soy adının sonuna "ose" eki getirilerek isimlendirilir. Örneğin Giardiose, Leishmaniose gibi). Bazı ülke veya bölgelerde olduğu gibi hastalıkların uyku hastalığı, şarkı çabarı, sıtma gibi özel hastalık isimleri de kullanılmaktadır.

Bugüne kadar mevcut sınıflandırmalar türlerin bilinen morfolojik, biyolojik ve fizyolojik özelliklerinin incelenmesi gibi filogenetik (evrim) akrabalık ilişkilerine göre yapılmıştır. Son yıllarda protozoonların DNA ve protein sekans analizleri sonucunda gruplar arası akrabalık ilişkileri hakkında yeni edinilen bilgilerle birlikte, sistematikte değişim yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Buna göre protozoonların tek atadan köken almadıkları anlaşılmış ve sınıflandırmada, evrim aşamalarına göre akrabalıklar dikkate alınmamıştır. Yani tek atadan köken alan canlılarda olduğu gibi alemde alt tür kadar bir sınıflandırmaya doğru olmadığı, bunun yerine; çok atalı olmalarına bağlı olarak bugün bilinen köklerin herbiri, ayrı ayrı ökaryot olarak, "Protozoa" alanında toplanmıştır.

Bugün yapılan (2010) sınıflandırmalarda Myxozoa üyelerinin çok hücreli, Microspora üyelerinin de Fungi=Mantar olduğu anlaşılmış üzerine, protozoon sınıflandırmalarından çıkarılmışlardır. Ancak bu kitapta; geçmişte protozoon sınıflandırmasında yer aldıkları ve bazı önemli hastalıkları kapsadıkları için her iki kök ile ilgili bilgiler de verilmiştir (Tablo 1).

Bu yeni oluşturulan sistematik verilerine göre; protozoonların 7 kök, 15 sınıf, 7 sınıf altı, 26 dizi, 6 dizi altı, 72 aile, 202 soy, 70 bin civarında tür olduğu bildirilmiştir.

PROTOZOONLARIN SINIFLANDIRMA

Alem: Protista (Eukaryota)

Kök: Euglenozoa

Kökaltı: Kinetoplasta

Sınıf: Trypanosomatidea

Dizi: Trypanosomatida

Aile: Trypanosomatidae

Soy: *Trypanosoma*, *Leishmania*, *Bodonida*

Dizi: Bodonida

Aile: Bodonidae

Soy: *Cryptobia*, *Ichthyobodo*, *Trypanoplasma*

Kök: Metamonada

Sınıf: Diplomonadea (=Trepomonodea)

Dizi: Diplomonadida

Aile: Hexamitidae

Soy: *Hexamita*, *Giardia*, *Octomits*, *Spironucleus*

Dizi: Enteromonadida

Aile: Entoromonadidae

Soy: *Enteromonas*

Sınıf: Retortamonadea

Dizi: Retortamonadida

Aile: Retortamonadidae

Soy: *Chilomastix*, *Retortamonas*

Kök: Parabasala

Dizi: Trichomonadida

Aile: Monocercomonadidae

Soy: *Cercomonas*, *Dientamoeba*, *Histomonas*, *Monocercomonas*, *Parahistomonas*

Aile: Trichomonadidae

Soy: *Pentatrichomonas*, *Tetratrichomonas*, *Trichomitus*, *Trichomonas*, *Trinrichomonas*

Aile: *Cochlosomatidae*,

Soy: *Cochlosoma*

Kök: Amoebozoa

Sınıf: Lobosea

Dizi: Entomobida

Aile: Entamoebidae

Soy: *Endolimax*, *Entamoeba*, *Iodamoeba*, *Malpighamoeba*

Dizi: Euamoebida

Aile: Hartmannellidae

Soy: *Hartmannella*

Aile: Thecamoebidae

Soy: *Thecamoeba*

Aile: Leptomyxidae

Soy: *Balamuthia*

Dizi: Centramoebida

Aile: Acanthamoebidae

Soy: *Acanthamoeba*

Kök: Percolozoa

Sınıf: Schizopyrenidea

Dizi: Schizopyrenida

Aile: Vahlkampfiidae

Soy: *Naegleria*, *Tetramitus*, *Vahlkampfi*

Kök: Alveolata

Kökaltı: Apicomplexa (Syn. Sporozoa)

Sınıf: Coccidea

Dizi: Adeleida

Aile: Haemogregarinidae

Soy: *Haemogregarina*

Aile: Karyolysidae

Soy: *Karyolysis*

Aile: Hepatozoidae

Soy: *Hepatozoon*

Aile: Klossiellidae

Soy: *Klossiella*

Dizi: Eimeriida

Aile: Eimeriidae

Soy: *Caryospora*, *Cyclospora*, *Eimeria*, *Goussia*, *Isospora*, *Tyzzera*, *Wernyonella*

Aile: Toxoplasmatidae

Soy: *Besnoitia*, *Hammondia*, *Neospora*, *Toxoplasma*

Aile: Sarcocystidae

Soy: *Freinkelia*, *Sarcocystis*

Dizi: Cryptosporiida

Aile: Cryptosporidiidae

Soy: *Cryptosporidium*

Sınıf: Haematozoa

Dizi: Haemosporida

Aile: Plasmodiidae

Soy: *Haemoproteus*, *Hepatocystis*, *Leucocytozoon*, *Plasmodium*

Sınıf: Piroplasmae

Dizi: Piroplasmida

Aile: Babesiidae

Soy: *Babesia*

Aile: Theileriidae

Soy: *Theileria*, *Cytauxzoon*

Kökaltı: Dinoflagellata

Sınıf: Dinoflagellida

Kökaltı: Ciliophora

Sınıf: Litostomatea

Dizi: Vestibuliferida

Aile: Balantidiidae

Soy: *Balantidium*

Dizi: Entodiniomorphida

Aile: Buetschliidae

Soy: *Buetschlia*

Aile: Pycnotrichidae

Soy: *Buxtonella*

Sınıf: Phyllopharygea

Dizi: Chlamydodontia

Aile: Chilodonellidae

Soy: Chilodonella

Sınıf: Oligohymenophorea

Dizi: Hymenostomatida

Aile: Ichthyophthiridae

Soy: Ichthyophthirius

Dizi: Sessilida

Aile: Epistylidae

Soy: Epistylis, Aplosoma, Ambiphyra

Dizi: Mobilida

Aile: Trichodinidae

Soy: Trichodina, Trichodinella, Tripartiella

Kök: Microspora (protozoon sınıflandırmasında yer almamaktadır)

Sınıf: Microsporea

Dizi: Microsporidia

Aile: Nosematidae

Soy: Brachiola, Encephalitozoon, Nosema, Enterocytozoon, Thelohania

Aile: Pleistophoridae

Soy: Loma, Pleistophora, Glugea

Kök: Myxozoa (protozoon sınıflandırmasında yer almamaktadır)

Sınıf: Myxosporea

Dizi: Bivalvulida

Aile: Myxobolidae

Soy: Henneguya, Myxobolus

Dizi: Multivalvulida

Aile: Kudoidae

Soy: Kudoa

Dizi: Malacovalvulida

Aile: ???

Soy: Tetracapsula

Kaynaklar

- Bishop YM, 1996, The Veterinary Formulary Handbook of Medicine Used in Veterinary Practice. 3. Edition., London Royal Pharmaceutical Society of Great Britain and British Veterinary Association, 512.
- Bowman DD, Lynn RC, Eberhard ML, 2003, Georgia Parasitology for Veterinarians. Eighth Edition. Saunders, An Imprint of Elsevier Science, St. Louis, Missouri, 422.
- Dumanlı N, 2002, Veteriner Protozooloji Ders Notları, TC First Üniversitesi Veteriner Fakültesi Ders Tekniği No:54, 139-149.
- Eckert J, Friedhoff KT, Zahner H, Deplazes P, 2005, Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin. Enke Verlag, Stuttgart, 575.
- Eckert J, Friedhoff KT, Zahner H, Deplazes P, 2006, Lehrbuch der Parasitologie für die Tiermedizin. Enke Verlag Stuttgart, 632.
- Gülendame S, 2009, Parazitler Hastalıklar ve Parazitler Esform Ofset Ltd.Şti. Göztepe, İzmir, 725.
- Hiepe T, Jungmann R, 1983, Veterinärmedizinische Protozoologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 231.
- Karaer Z, Güven E, Kar S, 2009, Protozoon Hastalıklarında Ağız, eds. Özcel, M. A., Tanyüksel, M., Eren, H. Moleküler Parazitoloji, 747-760.
- Kaufmann J, 1996, Parasitic Infections of Domestic Animals. A Diagnostic Manual. Birkhäuser Verlag, Basel, 423.
- Kaya S, Piriççi İ, 2002, Protozoonları etkileyen ilaçlar. Kaya S, Piriççi İ, Ünsal A, Karaer Z, Traş B, Bilgili A, Akar F, Doğan A. ed. Veteriner Hekimliğinde Farmakoloji. Cilt 2, Baskı: 3, Medisan, Ankara, 479-506.
- Krauss H, Weber A, Apple M, Enders B, Graevenitz AV, Isenberg HD, Schiefer HG, Sienczka W, Zahner H, 2004, Zoonosen. Von Tier zu Mensch übertragbare Infektionskrankheiten, 3.vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Deutscher Ärzte-Verlag, 605.
- Knox DP, Redmond DL, 2006, Parasite vaccines – recent progress and problems associated with their development. Parasitology, 133, 1-8.
- Kutzer E, 2000, Arthropodenbefall bei Wiederkäuern. Rommel M., Eckert J., Kutzer E., Körtig W., Schneider T. Veterinärmedizinische Parasitologie. Parey Buchverlag, Berlin, 296-337.
- Levine ND, 1985, Veterinary Protozoology. Iowa State University Press, Ames, 413.
- Lucius R, Loos-Frank B, 1997, Parasitologie: Grundlagen für Biologen, Mediziner und Veterinärmediziner. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 25-141.
- Lucius R, Loos-Frank B, 2008, Biologie Von Parasiten. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- 17-Mehlhorn H, Düwel D, Raether W, 1986, Diagnose und Therapie der Parasiten von Haus-, Nutz- und Heimtieren. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 456.
- Matthews JB, 2006, Veterinary parasite immunology (special issue). Parasite Immunology, 28, 271-273.
- Mimoğlu M, Göksoy K, Sayın F, 1968, Veteriner ve Tıbbi Protozooloji I. Ankara Üniv Vet Fak Yay No: 232. Ankara Üniv Basımevi, Ankara, 590.