Mikrobiológia- járványtan, általános kórtan

**Latinul is tudni a szakkifejezéseket!**

**1. Fertőzés fogalma, járványfolyamat mozgató erői**

**Fertőzés:** speciális kórélettani folyamat, a kórokozó

* behatolása,
* megtelepedése,
* elszaporodása a szervezetben
* és a szervezetet válaszadásra késztetése

két biológiai rendszer harca.

**Járványfolyamat mozgató erői:**

[Járványtan PDF](https://drive.google.com/file/d/1Bwce9KkHfHZmVseXN2Z2lWfwHo7Qp0dj/view?usp=sharing)

**2. Fertőző betegségek megelőzésére és leküzdésére irányuló tevékenységek**

<https://drive.google.com/file/d/1CHDVee13UUZ1ZImBP0OQVl8HywRYtg7k/view?usp=sharing>

**9. Mikrobák felosztása, baktériumok és vírusok szerkezete, jellemzői**

A **mikroorganizmusok** vagy **mikrobák** mikroszkopikus (szabad szemmel nem látható) élőlények. A mikrobiológia foglalkozik a mikroorganizmusok tudományos vizsgálatával. A mikroorganizmusok között akadnak baktériumok, gombák, archeák és protiszták, de a vírusokat és az élettelennek tekintett prionokat általában nem sorolják közéjük. A mikroorganizmusokra gyakran egysejtűekként hivatkoznak, bár akad olyan egysejtű protiszta, ami szabad szemmel is látható, valamint előfordulnak mikroszkopikus többsejtű élőlények is.

A mikroorganizmusok gyakorlatilag minden olyan helyen előfordulnak a Földön, ahol folyékony víz található, beleértve a mélytengeri hőforrásokat és a földkéreg mélyén található kőzetrétegeket is. A mikroorganizmusok alapvető szerepet játszanak a bioszféra anyagforgalmában, mint lebontó szervezetek. Néhány mikroorganizmus a nitrogénkörforgást működteti a légköri nitrogén megkötésével.

A patogén (kórokozó) mikrobák betegségeket okoznak.

A legújabb kutatások azt mutatják, hogy egyes mikroorganizmusok egyfajta mikrobiális intelligenciával rendelkeznek.

* A gombák (Fungi) eukarióta sejtekből álló, egy- vagy többsejtű, általában telepes felépítésű, fotoszintetizáló pigmenteket nem tartalmazó, kitintartalmú sejtfallal rendelkező élőlények, melyek az élővilág egy önálló országát alkotják, mert a gombák a növényekkel ellentétben, az állatokhoz hasonlóan heterotrófok, azaz szénszükségletüket szerves anyagokból, energiaszükségletüket pedig kémiai anyagokból fedezik. A gombák a szárazföldi körülményekhez alkalmazkodtak. Táplálkozásuk szerint vagy szaprofiták (azaz korhadékokat, az elpusztult élőlények maradványait fogyasztják), vagy mikorrhizásak (gyökérkolonizálóak, azaz a gyökerén keresztül szimbiózisban élnek egy gazdanövénnyel), vagy pedig az élő gazdaszervezetet lebontandó szerves anyagként hasznosító paraziták. Szaporodásuk rendszerint a széllel szállítódó spórákkal történik. Jelenleg kb. 120 000 fajukat ismerjük, de becslések szerint akár 2,2-3,8 millió eddig ismeretlen gombafaj is létezhet
* Az archeák (a görög αρχαία, „ősi eredetűek” kifejezésből), korábbi, elavult nevükön ősbaktériumok (Archaebacteria) az élő szervezetek egyik nagy csoportja. Bár még mindig van bizonytalanság a csoportok eredetét illetően, a baktériumok – archeák – eukarióták felosztás az alapja az ún. háromdoménes biológiai rendszerezésnek. A baktériumokhoz hasonlóan egysejtű, sejtmag nélküli, azaz prokarióta szervezetek. A Whittaker–Margulis-féle osztályozás öt birodalmának egyike, a Monera vált ketté a baktériumokra és az archeákra az új 3 doménes filogenetikus (molekuláris evolúciós) osztályozásban. Az archeákat eredetileg csak szélsőséges életkörülmények között találták meg, de azóta mindenféle élőhelyen nyomukra bukkantak, például a bélflórában is.
* A protiszták kifejezés korábban az eukarióták egy országát jelölte, minden olyan egy- vagy többsejtű eukarióta élőlényt magába foglalva, amelyet nem soroltak sem az állatok, sem a növények, sem a gombák országába. A csoport többszörösen is parafiletikus voltát viszonylag későn vették figyelembe. Ma rendszertani kategóriaként nem, de ugyanezen élőlények gyűjtőneveként még használatos. A korábban ide sorolt eukariótákat a modern rendszertanok a növények (Plantae), az amőbák (Amoebozoa), a Chromalveolata, a Rhizaria és az Excavata országok valamelyikébe vagy országba sorolatlan törzsekbe helyezik.

Ősi protisztáktól származnak a mai állatok, növények és gombák is.

**Baktériumok**

(A baktériumok (Bacteria) egysejtű, többnyire pár mikrométeres mikroorganizmusok. Változatos megjelenésűek: sejtjeik gömb, pálcika, csavart alakúak lehetnek. A mikrobiológia egyik ága, a bakteriológia foglalkozik a baktériumok tudományos és élettani vizsgálatával.

A Föld minden élőhelyén megtalálhatóak a baktériumok: vízben, szárazföldön vagy a levegőben, még mélytengeri hőforrásokban és nukleáris hulladékban is.Egy gramm talaj kb. 40 millió, egy milliliter felszíni víz egymillió baktériumsejtet tartalmaz. A Földön pedig összesen mintegy 5 kvintillió (5 × 1030) baktérium élhet. A baktériumok alapvető szerepet töltenek be a bioszféra anyagforgalmában, mint például a légköri nitrogén megkötésében. Ennek ellenére a baktériumfajok nagy részét nem ismerjük: a baktériumtörzsek fele rendelkezik csak olyan fajokkal, amelyek laboratóriumi körülmények között tenyészthetők.

Tízszer annyi baktérium van az emberi testben, mint emberi sejt. A legtöbb baktérium a bőr felszínén és az emésztőrendszerben található. A baktériumok nagy része ártalmatlan vagy hasznos, de akad néhány fertőző megbetegedést kiváltó patogén (kórokozó) baktérium is, mint például a kolera, szifilisz, lépfene, lepra vagy a pestis kórokozója. Gyakori és súlyos bakteriális megbetegedés a tuberkulózis (TBC), amely évente kétmillió embert öl meg nagyrészt Afrikában, a Szaharától délre eső területeken. A fejlett országokban antibiotikumokat használnak a fertőzések leküzdésére. Ezek túlzásba vitt használata, különösképpen pedig a baktériumok széles körére ható antibiotikumok kiterjedt használata eredményeként egyre több antibiotikumellenálló típus fejlődött ki. Ennek egy speciális esete figyelhető meg a Clostridium difficile baktériumnál. Az antibiotikum-ellenállás elterjedéséhez hozzájárult ezeknek a gyógyszereknek a helytelen használata, az orvosi előírás pontos betartásának elhanyagolása (lásd lejjebb).

Az iparban a szennyvíztisztításban, a tejtermékek gyártásában, az antibiotikumok és más szerves anyagok előállításában használnak baktériumokat.

A baktériumok prokarióta szervezetek, tehát szemben az állatokkal és más eukariótákkal, nincs sejtmagjuk és más membránnal határolt sejtszervecskéjük. Ámbár hagyományosan baktériumnak neveznek minden prokariótát, a tudományos nevezéktan az utóbbi pár évben megváltozott, miután molekuláris biológiai módszerekkel a prokariótákat sikerült két alapvetően eltérő felépítésű és származású csoportra különíteni. Ez a két domén az Archaea és a Bacteria.)

**Morfológia (alaktan)**

A baktériumok alakja és mérete nagyon változatos képet mutat. A baktériumsejtek az eukarióta sejteknél kb. 10-szer kisebbek, leggyakrabban 0,5–5 mikrométer a hosszúságuk. Azonban akad néhány faj, mint például a Thiomargarita namibiensis és a Epulopiscium fishelsoni, melyek akár a fél milliméteres nagyságot is elérik, és szabad szemmel is láthatóak. A legkisebb baktériumok a Mycoplasma nemzetségbe tartozó fajok; mindössze 0,3 mikrométeres méretük megegyezik a legnagyobb vírusok méretével.

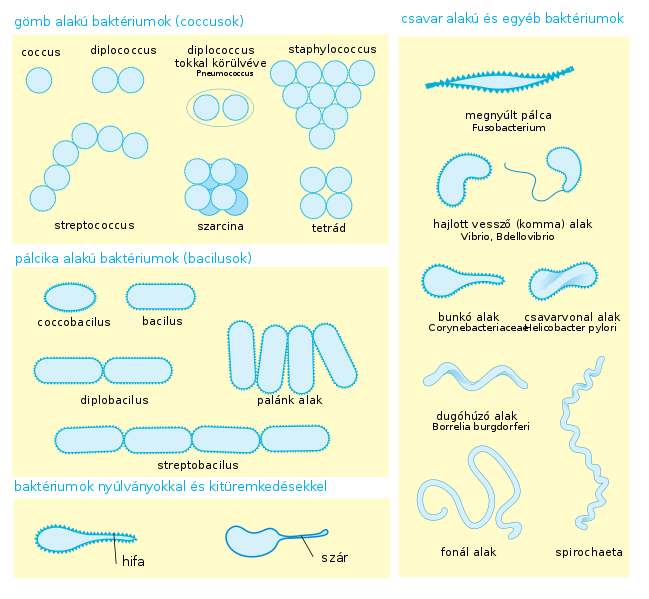
A legtöbb baktériumfaj gömb vagy pálcika alakú. A gömb alakúak másik neve coccus a görög kókkos szó után, mely magot jelent. A pálcika alakúak másik neve bacilus, a latin baculus, pálca szóból származtatva. Tipikus képviselőjük a kólibacilus (Escherichia coli). Néhány pálcika alakú baktérium hajlott vessző alakú (más néven komma vagy vibrio alak), mint a koleravibrio (Vibrio cholerae). A spirillumok merev csavar alakú baktériumok. A dugóhúzó alakú, hosszú és nagyon vékony spirochaeták sejtfala nem merev, ezért mozgás közben elhajolnak. Kevés tetraéder vagy kocka alakú fajt is ismernek. A baktériumok alakját a bakteriális sejtfal és a citoszkeleton (sejtváz) határozza meg. Az alak alapvetően befolyásolja, hogy a baktérium hogyan tud táplálékot szerezni, letapadni, folyadékban úszni, vagy támadói elől elmenekülni.A sejtfallal eredetileg rendelkező, de azt elveszített, L-forma baktériumegyedek ezért a kiindulási baktérium alakjától függetlenül gömb vagy szferoid alakúak.

Számos baktériumfaj egyetlen sejtként éli le életét, mások jellegzetes mintázatot alkotva társulnak és csoportokat vagy telepeket képeznek egymással: a Neisseria fajok párokat (diploidokat) képeznek, a Streptococcusok láncot alkotnak, a Staphylococcusok szőlőfürtszerűen csoportosulnak. A baktériumok fonalszerűen megnyúlhatnak, mint például az Actinobacteria (sugárgombák). A fonál alakú baktériumokat gyakran tok veszi körül, mely számos egyedülálló sejtet is tartalmaz. Bizonyos fajok, mint a Nocardia nemzetség, összetett elágazó fonalakat formáz, mely megjelenésre hasonlít a gombák micéliumára.

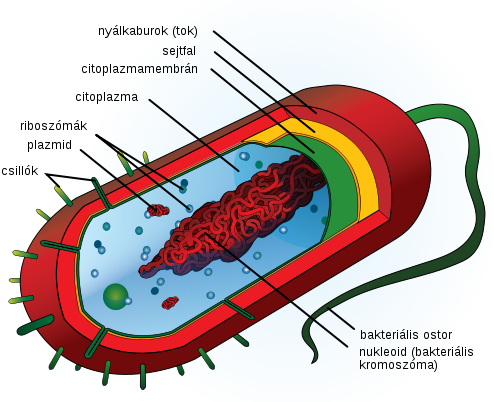
A prokarióta sejtek mérettartománya, a többi organizmushoz és biomolekulához viszonyítva

A baktériumok gyakran tapadnak különféle felületekhez és egybefüggő bevonatot, biohártyát (biofilm) vagy baktériumszőnyeget alkotnak. A bevonat vastagsága néhány mikrométertől a fél méterig terjedhet, és benne több baktériumfaj, valamint a Protista és az Archaea csoport képviselői is előfordulhatnak. A bevonatban élő baktériumok sejtjei és a sejten kívüli komponensek bonyolult módon rendeződnek el, másodlagos struktúrákat, például mikrokolóniákat hoznak létre, melyeken keresztül csatornák rendszere biztosítja, hogy a tápanyagok megfelelő módon jussanak el az egyes sejtekhez. Természetes körülmények között, mint például a földben és a növények felületén a baktériumok többsége bevonatot alkotva található meg. A biohártya fontos a krónikus bakteriális fertőzéseknél, vagy a beültetett orvosi eszközöknél fellépő fertőzéseknél, mert a baktériumokat megvédi, és így sokkal nehezebben pusztíthatók el, mint az egyedi sejtek.

Néha még összetettebb morfológiai változások is lehetségesek. Aminosavhiány esetén a myxobaktérium (Myxobacteria) fajok sejtjei egymás felé vándorolnak, összetapadnak és akár 500 mikrométer hosszú, fajra jellemző alakú és színű termőtestet formáznak, melyekben közel 100 000 baktériumsejt található. A termőtestben a baktériumok már külön feladatokat is végeznek a többsejtű szerveződés egyik egyszerű típusaként. Például kb. minden tizedik sejt a termőtest felszínére vándorol, és egy speciális állapotú sejtté, ún. myxospórává alakul. A myxospórák a kiszáradásnak és a káros környezeti feltételeknek jobban ellenállnak, mint a normális sejtek (kitartó képlet).



**Felépítése/szerkezete**



**Sejten belüli struktúrák**

A bakteriális sejtet lipidmembrán, más néven sejtmembrán burkolja, mely egyrészt határolja a sejttartalmat, másrészt akadályt képez, és a tápanyagokat, fehérjéket és a citoplazma egyéb életfontosságú alkotórészeit a sejten belül tartja. A sejtmembrán szoros kapcsolatban áll a sejtet kívülről határoló sejtfallal. A foszfolipidekből és fehérjékből álló kettős hártya szerepe sokrétű: a DNS a mezoszómához tapad a membránon; a légzési enzimek is a membrán lemezes betüremkedéseiben helyezkednek el, illetve a bioszintetikus, metabolikus reakciók egy része is a hártya mentén folyik.

Mivel prokarióta szervezetek, nincsenek membránnal borított sejtszervecskék (sejtorganellumok) a citoplazmában, és így kevés sejten belüli struktúrát tartalmaznak. Mindegyikükből hiányzik a sejtmag, a mitokondrium, a színtest és az eukarióta sejtekben megtalálható többi sejtszervecske, mint például a Golgi-készülék vagy az endoplazmatikus retikulum.

A baktériumok nem rendelkeznek membránnal borított sejtmaggal, örökítőanyaguk, a DNS rendszerint egy darab körkörös kromoszóma. Ez a citoplazmában levő szabálytalan formájú képletben, az ún. nukleoidban található, a hozzátapadt hisztonszerű fehérjékkel és az RNS-sel együtt. A 80%-os víztartalommal rendelkező sejtplazmában találhatók (mint minden élő organizmus esetében) a fehérjeszintézist végző riboszómák, de ezek felépítése egyrészt eltér az eukarióták és az archeák riboszómáinak felépítésétől, másrészt számuk jóval nagyobb, mint az eukariótákban. A Planctomycetes rend tagjai kivételesek abból a szempontból, hogy esetükben a nukleoidot membrán veszi körbe, és rendelkeznek egyéb membránnal borított sejtstruktúrákkal is.

A baktériumok egy része sejten belüli tápanyag-raktározó gömböket (granulumokat) képez, melyek glikogént, polifoszfátot, esetleg ként tartalmaznak. Ezek a granulumok lehetővé teszik, hogy a baktériumok ezeket az anyagokat későbbi használatra elraktározzák. Bizonyos baktériumfajok, mint például a fotoszintetizáló cianobaktérium-fajok gázvezikulumokat képeznek a sejten belül, melyekkel a sejtjeik felhajtóerejét szabályozzák annak érdekében, hogy optimális fény- és tápanyagviszonyok közé kerüljenek.

**Sejten kívüli struktúrák**

A sejtmembránon kívül helyezkedik el a bakteriális sejtfal, mely a baktériumot védi a környezeti hatásoktól és esetleg a gazdaszervezet immunrendszere ellen. A sejtfal emellett fontos szerepet játszik a sejt magas ozmózisnyomásának fenntartásában, ami akár a légköri nyomás tizenötszöröse is lehet. A sejtfal fő alkotórésze peptidoglikán, azaz olyan molekulák, amelyekben a peptidekhez poliszacharidláncok kapcsolódnak kovalens kötéssel. A bakteriális peptidoglikán (más néven murein) térhálós szerkezetű: poliszacharidláncai D-aminosavakat tartalmazó peptidekkel van keresztülkötve. A bakteriális sejtfal eltér a növények és a gombák sejtfalától, mivel azok cellulózból, illetve kitinből állnak. A baktériumok sejtfala az archeák sejtfalától is különbözik, mivel azok sejtfala nem tartalmaz peptidoglikánokat. A sejtfal alapvető fontossággal bír a túlélés szempontjából: a penicillinszármazékok éppen azáltal teszik lehetővé a baktériumok elpusztítását, hogy gátolják a peptidoglikán szintézisét.

Leegyszerűsítve két különböző típusú sejtfal található a baktériumokban, ezek alapján Gram-pozitív és Gram-negatív baktériumokra lehet felosztani a fajokat. A név a baktériumfajok osztályozására régóta használatos Gram-festés eredményére utal.

A Gram-pozitív baktériumok sejtfala vastag, sok peptidoglikán- és lipoteichnoinsav-réteget tartalmaz. A Gram-negatív baktériumok ezzel szemben viszonylag vékony sejtfallal rendelkeznek, mely csak néhány réteg peptidoglikánból áll, melyet lipopoliszacharidokat és lipoproteineket tartalmazó második lipidmembrán burkol. A legtöbb baktérium a Gram-negatív csoportba tartozik, csak a Firmicutes és Actinobacteria törzs tagjainak van Gram-pozitív sejtfala. A felépítésbeli különbségek eltérő érzékenységet eredményeznek az antibiotikumokkal szemben, például a vankomicin csak Gram-pozitív baktériumokat tud elpusztítani, és Gram-negatív patogénekkel, mint például a Haemophilus influenzae vagy a Pseudomonas aeruginosa fajokkal szemben hatástalan.

Számos baktérium esetében egy merev szerkezetű fehérjemolekulákból álló S-réteg borítja a sejtet. Ez a réteg kémiai és fizikai védelmet biztosít a sejtfelszínnek, és egyben a makromolekulák diffúzióját akadályozza. Az S-rétegnek más, még kevéssé ismert funkciói is vannak. Ismeretes például, hogy a Campylobacter fertőzőképességéhez hozzájárul, és a Bacillus stearothermophilus esetében felszíni enzimeket is tartalmaz.

Az ostorok kb. 20 nanométer átmérőjű, és akár 20 mikrométer hosszúságú merev fehérjeképződmények, melyek az aktív helyváltoztatást szolgálják. A mozgáshoz szükséges energiát az elektrokémiai gradienst követve a sejtmembránon áthaladó ionok szolgáltatják.

A csillók 2–10 nanométer átmérőjű és legfeljebb néhány mikrométer hosszú fehérjefonalak. A sejtfelszínt beborító csillók finom szőrzetre emlékeztetnek az elektronmikroszkópban. Mai ismereteink alapján a szilárd felületekhez vagy más sejtekhez történő tapadásban játszanak szerepet, és egyes patogén baktériumok fertőzőképességét is meghatározzák.

A pilusok az ostoroknál némileg nagyobb sejtfüggelékek, melyeken keresztül az összetapadt baktériumsejtek genetikai anyagot cserélnek egymással (konjugáció, l. később).

A baktériumok egy részét körülvevő tokok vagy nyálkaburkok szerkezetileg erősen eltérőek: megtalálható közöttük a sejten kívüli strukturálatlan polimertől kezdve a szigorúan strukturált tokig vagy glikokalix burokig minden. Ezek a struktúrák megvédhetik a sejteket más sejtek, például makrofágok által történő bekebelezéstől.[59] Antigénként szerepet játszhatnak abban, hogy az immunrendszer rajtuk keresztül felismeri a betolakodókat, de segítik a különböző felületekhez történő tapadást és a biohártyák képzését is.

Ezeknek a sejten kívüli struktúráknak az összeállítása a bakteriális kiválasztórendszerektől függ. Ezek a rendszerek juttatják ki a fehérjéket a citoplazmából a periplazmába vagy a sejt környezetébe. Számos ilyen rendszer ismert, és mivel a patogének fertőzőképességének szempontjából meghatározóak, intenzíven kutatják ezeket.

**Endospórák**

A Gram-pozitív baktériumok bizonyos nemzetségei, mint például a Bacillusok, Clostridiumok, például Clostridium difficile, Sporohalobacterek, Anaerobacterek vagy a Heliobacteriumok sejtjei nyugvó állapotú képletekké, ún. endospórákká alakulhatnak. Legtöbbször csak egyetlen endospóra képződik a baktériumsejtben, amely az eredeti sejt pusztulásával kerül a szabadba, így célja nem a szaporodás, hanem a kedvezőtlen körülmények átvészelése (kitartó képlet). Az Anaerobacter fajok képesek akár 7 endospórát képezni egyetlen sejtben (kitartó és szaporító képlet).[63] Az endospórák közepén található a citoplazma a DNS-sel és a riboszómákkal, ezeket veszi körbe egy külső réteg (kéreg), melyet egy át nem eresztő merev burok zár körbe.

Az endospóráknak nincs anyagcseréje. Szélsőséges fizikai és kémiai körülményeket képesek átvészelni, például erős UV- vagy gamma-sugárzást, oldószereket, fertőtlenítőszereket, hőséget, nyomást és kiszáradást.[64] Sőt évmilliókig életképesek maradhatnak a nyugvó állapotban.[65][66] Az endospóráknak köszönhetően a baktérium még az űrben található vákuumot és sugárzást is túlélheti.[67] Az endospórákat képező baktériumok között kórokozók is akadnak: például a lépfene elkapható a Bacillus anthracis endospóráinak belélegzésével, vagy a mély sebbe jutott Clostridium tetani endospóra tetanuszt okoz.

**Vírusok**

(A vírus szubmikroszkopikus biológiai organizmus, amely nem sejtes szerveződésű és csak parazitaként, más élőlények sejtjeiben képes szaporodni. Minden életformának, növényeknek, állatoknak, gombáknak, egysejtű eukariótáknak és baktériumoknak megvannak a vírusos fertőzéseik.

A sejteken kívül életjelenségeket nem mutató vírusrészecskeként, csak genetikai információt hordozó virion formában léteznek, amelyek a genomból (a vírusok többsége RNS-vírus), egy fehérjeburokból (kapszid) és egyes fajok esetén egy külső lipidburokból (peplon) állnak. Formájuk változatos, lehetnek rúd, fonál, ikozaéder vagy egyéb alakúak. Méretük 20-1500 nanométer között változik, döntő többségüket fénymikroszkóppal nem, csak elektronmikroszkóppal lehet megfigyelni.

Eredetük bizonytalan. Több elmélet is létezik származásuk magyarázására, van, amelyik szerint leegyszerűsödött parazitabaktériumok, vagy a sejtek citoplazmájában található plazmidok voltak őseik; van olyan vélemény is, hogy együtt alakultak ki a sejtes élettel. Az evolúcióban fontos szerepet játszanak, általuk lehetővé válik a fajok közötti génátadás. Élőlény mivoltuk vita tárgya; bár vannak génjeik és alkalmazkodnak környezetükhöz, önálló anyagcserét nem folytatnak.

Változatos módon terjednek; van, amelyiket rovarok viszik át egyik állatról vagy növényről a másikra, vannak, amelyek cseppfertőzéssel (tüsszentéssel, köhögéssel), a levegőbe kerülő aeroszollal, testnedvekkel, esetleg ürülékkel szennyezett tárgyakkal kerülnek új gazdaszervezetükbe. A legtöbb vírus csak egy vagy néhány fajt tud megfertőzni.

A vírusok ellen az élőlények immunrendszere védekezik, amelyet oltással fel lehet készíteni a fertőzés elleni még hatékonyabb válaszra. Vannak olyan vírusok is, amelyek képesek kikerülni az immunrendszert. Az antibiotikumok nem hatékonyak a vírusok ellen.)

**Szerkezetük**

A vírusok mérete és formája széles határokon belül változik. Legtöbbjük jóval kisebb a baktériumoknál, 20 és 300 nanométer között van. Egyes filovírusok elérik az 1400 nm-es hosszúságot, de vastagságuk csak 80 nm. A 2015-ben ismert legnagyobb vírus a kisebb baktériumok méretét meghaladó Pithovirus. Többségük túl kicsi ahhoz, hogy fénymikroszkóppal meg lehessen figyelni őket, és tanulmányozásukhoz elektronmikroszkópra van szükség. A vírusrészecske és a háttér kontrasztjának megnövelésére elektrodenz "festékeket", többnyire nehézfémek (például volfrám) sóit használják.

A sejten kívüli vírusrészecskét virionnak nevezik. A virion a valamilyen nukleinsavból (DNS vagy RNS) álló genomból és az azt körülvevő proteinköpenyből, a kapszidból áll. A kapszidot egyforma alegységek, úgynevezett kapszomerek építik fel. A kapszid szinte minden esetben a vírus génjei által kódolt fehérjékből áll, és alakja fontos támpontot jelent a víruscsaládok morfológiai elkülönítésében. Egyes vírusok a kapszidon kívül egy külső lipidburokkal is rendelkeznek, amelynek fehérjéi a gazdasejt sejtmembránjából származnak, és segíti a vírus kötődését a gazdasejthez. A kapszid és külső burok szerepet játszik a gazdasejthez való kapcsolódásban, a sejt belsejébe történő belépésben, a genom felszabadításában a sejten belül, az újonnan kialakult vírusrészecskék „összeszerelésében”, és a genetikai anyag egyik sejtből a másikba történő átvitelében is. Struktúrájuk meghatározza, hogy egy vírus mennyire stabil, például a kémiai vagy fizikai behatásokkal szemben mennyire ellenálló. Általában, a külső burokkal nem rendelkező vírusok stabilabbak és túlélő képességük hosszabb a gazdasejteken kívüli környezetben.

Az alegységek spontán, külső vezérlés nélkül állnak össze kapsziddá, de az összeszerelődéshez többnyire a vírusgenom jelenléte is szükséges. A bonyolultabb vírusok olyan fehérjéket is kódolnak, amelyek segítik a kapszidösszeszerelést; ezek közé tartoznak a genomhoz kapcsolódó nukleoproteinek. A vírusok általában öt nagyobb morfológiai csoportba sorolhatók:

**Helikális**

Ezekben a vírusokban egyfajta kapszomer egy központi tengely körül alkot szorosan csavart csigavonalszerű struktúrát, a középső üregben helyezkedik el a vírus-nukleinsav. A végső forma lehet viszonylag rövid és merev rúdforma, vagy hosszú, hajlékony filamentum. Genomjuk többnyire egyszálú RNS-ből, ritkábban egyszálú DNS-ből áll, és a negatív töltésű nukleinsavat a fehérjecső belső pozitív töltései kötik meg. A kapszidhélix hossza a nukleinsav méretével arányos, vastagsága pedig a kapszomerek nagyságának függvénye. Egyik legismertebb képviselőjük az egyik legrégebben tanulmányozott faj, a dohánymozaikvírus. (pl. ebola vírus)

**Ikozaéderes**

A legtöbb, állatokat fertőző vírus ikozaéder alakú vagy ilyen szimmetriájú, de gömbközeli formájú. Az ikozaéder az optimális forma, ha azonos alegységekből akarunk kihasználatlan sarok nélküli dobozt készíteni. A kapszomerek minimális száma tizenkettő, és öt egyforma alegységből állnak. Sok vírus (például a rotavírus) kapszidja tizenkettőnél több kapszomerből épül fel, és gömb alakúnak látszik, de alapvető szimmetriája az ikozaédert követi. A csúcsokon lévő kapszomereket öt másik veszi körbe, ezért nevük penton. A síkokat alkotó kapszomereknek hat szomszédja van, elnevezésük hexon. A hexonok laposak, míg a 12 csúcsot formáló pentonok kidomborodóak. A kétféle kapszomer felépülhet ugyanabból a fehérjéből, de lehet különböző is az összetételük.

**Nyújtott**

Ez az előző forma egyik alesete, amikor az ikozaéder egyik tengelye mentén megnyújtott; elsősorban bakteriofágok feje esetében találkozhatunk vele. A központi hengert mindkét végén egy szögletes forma zárja le.

**Lipidburok**

Egyes vírusok a fehérjekapszidjukat lipidmembránnal veszik körbe, amely többnyire a gazdasejt sejtmembránjából, esetleg az endoplazmatikus retikulumból, vagy a sejtmag hártyájából származik. A lipidrétegben megtalálhatók a sejt eredeti fehérjéi és szénhidrátjai, valamint a vírus saját proteinjei is. Utóbbiak alapvetőek a fertőzőképességhez, azért ha alkohollal szétbontjuk a lipidburkot, a vírus inaktívvá válik. Az influenzavírus, a HIV, a koronavírus is ebbe a csoportba tartozik.

**Összetett**

Vannak nehezen besorolható morfológiájú vírusok, amelyek nem egyszerűen helikálisak vagy ikozaéder alakúak, hanem különböző extra struktúrákkal rendelkeznek. Egyes bakteriofágok, pl. a T4 fág ikozaéderes fejjel és hozzá kapcsolódó helikális farokkal rendelkezik, amelynek hatszögletű alapjához további farokszálak kötődnek. A farokstruktúra egyfajta molekuláris injekcióként működik, a vége a gazdasejthez rögzül és rajta keresztül hatol be a vírus nukleinsavja a fejből a sejt belsejébe.

**Genom**

A virális genom szerveződését illetően elképesztő változatosság tűnik elő, diverzitásuk nagyobb, mint a növényeknél, az állatoknál és a baktériumoknál együttvéve.

A genetikai anyaga lehet DNS vagy RNS, ennek megfelelően lehet beszélni DNS- és RNS-vírusokról. A vírusok többsége RNS-vírus. A növények kórokozói inkább egyszálú RNS-t használnak, míg a bakteriofágok alapvetően kettős szálú DNS-genommal bírnak.

A genom lehet kör alakú, mint a poliómavírusok esetében vagy lineáris, mint az adenovírusoknál. Egyik alak sem függ attól, hogy DNS-ről vagy RNS-ről van-e szó. Sok RNS-vírus (és néhány DNS-vírus is) genomja szegmentált, több rövid szakaszból áll (hasonlóan az eukarióták kromoszómáihoz). Az RNS-vírusok esetében a szegmensek többnyire csak egy fehérjét kódolnak, de nem minden esetben van szükség valamennyi szegmensre ahhoz, hogy a vírus fertőzőképes legyen, ilyen például a rozsnokmozaikvírus.

A genom (függetlenül a nukleinsav fajtájától) lehet egyszálú vagy kétszálú. A kétszálú genom a jól ismert kettős hélix szerkezet, azzal a különbséggel, hogy nem csak DNS, hanem RNS is alkothatja. Az egyszálú genom ennek csak az egyik felét tartalmazza. Egyes vírusok – például a Hepadnaviridae család tagjai – genomjában egy- és kétszálú szakaszokat is találhatunk.

Az egyszálú genomok (akár az RNS vagy a DNS) variációt mutatnak a szenzitás szempontjából is, vagyis hogy közvetlenül, a fehérjeszintézisben azonnal használható módon vagy komplementer formában tartalmazzák-e a genetikai információt. A közvetlenül átírható (a sejt mRNS-ének megfelelő) kódot pozitív-szenznek (+) nevezik. A negatív-szenz (-) formát előbb egy RNS-függő RNS-polimerázzal át kell írni (+) alakba, mielőtt fehérjék készülhetnének róla. Az egyszálú DNS-ek esetében a genom (-) orientációjú (templátszál) és a róla készülő RNS-kópia (+) (kódoló szál). Több példa is van arra, hogy egy vírusgenom ambiszenz, azaz miután lemásolták, mindkét szála egyformán használható fehérjetranszlációra. Ilyenek a növényeket fertőző geminivírusok vagy az állatokat megbetegítő arénavírusok.

A genom mérete is igen tág határok között változhat. A legkisebbek a cirkovírusok, mindössze két proteint kódolnak és hosszuk alig kétezer bázis; míg az óriás pandoravírusok genomja 2500 gént tartalmaz és mérete eléri a kétmillió bázist.

Általánosságban az RNS-vírusok genomja rövidebb, mert az RNS-másolás hibarátája nagyobb és a biztonságosan másolható RNS-molekula mérete korlátozott. Efölött már túl sok mutáció keletkezik és a vírus életképessége lecsökken. Ezt kompenzálandó, sok RNS-vírusnak szegmentált genomja van, vagyis több darabból áll, és egyetlen rossz mutáció nem tudja tönkretenni az egész vírusrészecskét. A DNS másolásának hűsége jóval magasabb, ezért a genomok is nagyobbak lehetnek. A szabály alól az egyszálú DNS-vírusok a kivételek, ahol a mutációs ráta megközelíti az RNS-vírusokét.

**A vírusok genomjának variációi**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tulajdonság** | **Forma** |
| nukleinsav | * DNS * RNS * DNS és RNS (életciklusuk más fázisában) |
| alak | * lineáris * cirkuláris * szegmentált |
| szálak száma | * egyszálú * kétszálú * kétszálú, egyes régiókban egyszálú |
| szenzitás (használható-e transzlációra) | * pozitív (+) * negatív (-) * mindkettő (+/-) (egy szálon belül) |