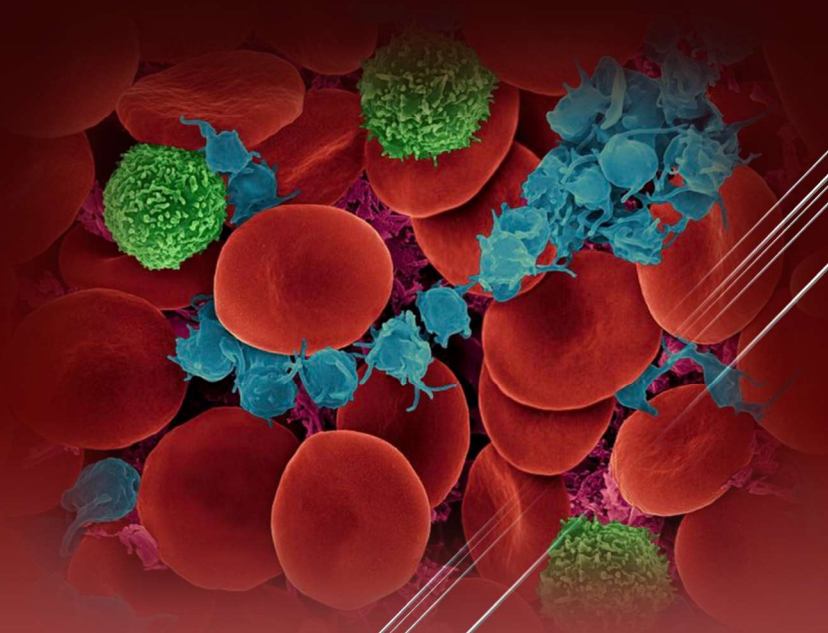
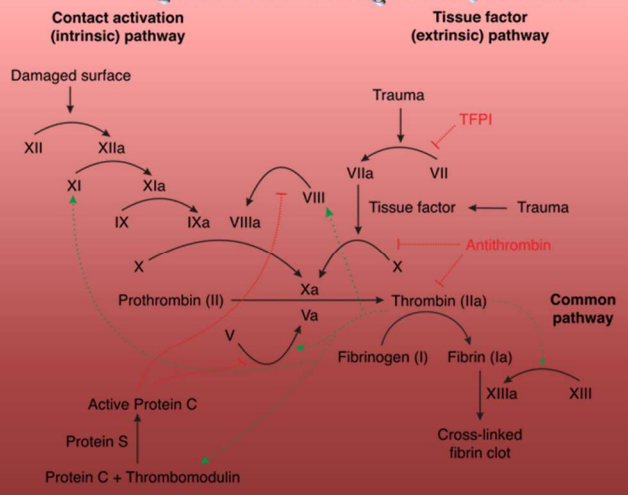
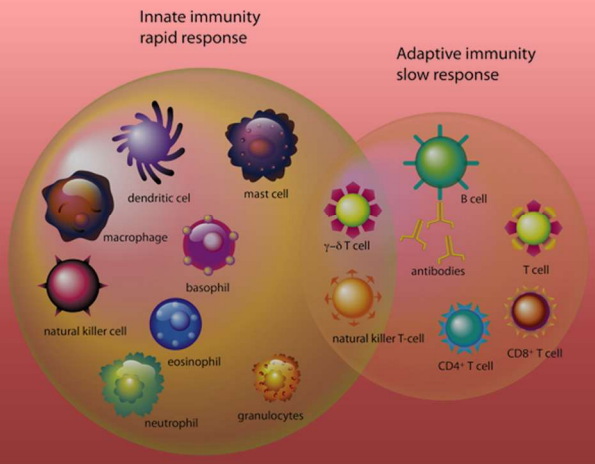
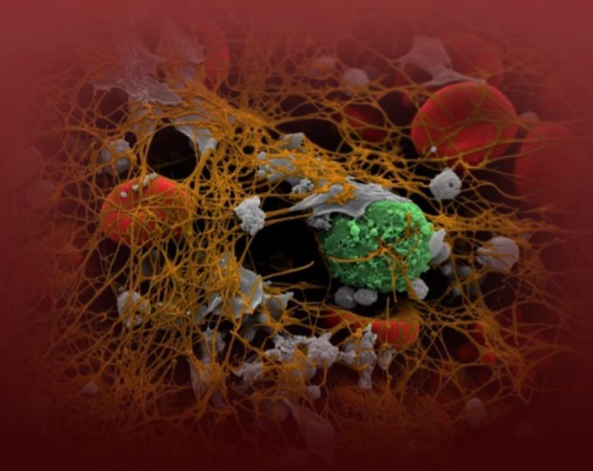


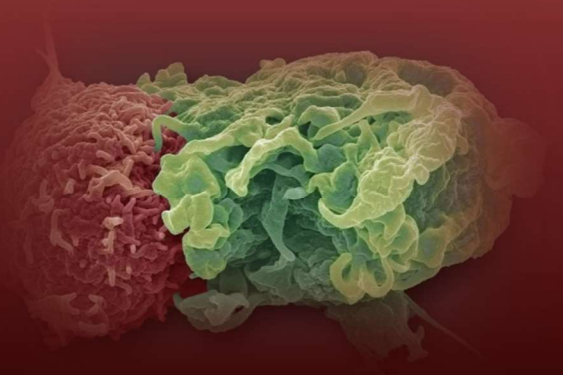
AZ ANYAGSZÁLLÍTÁS
A VÉR, AZ IMMUNITÁS

Készítette Vizkievicz András









Az anyagszállítás

Készítette: Vizkievicz András

A testfolyadékok

Bevezetés

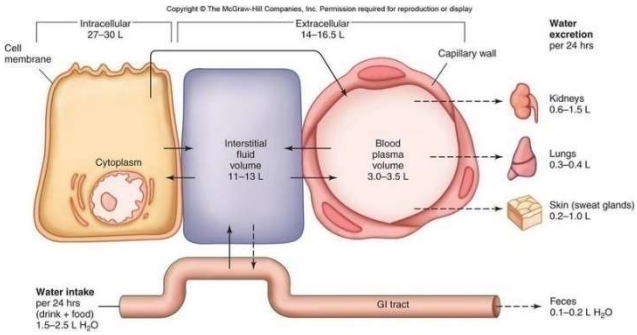
Az anyagszállító szervrendszer egyik alapvető feladata a különböző **szállítófunkciók** ellátása. Az emberi test igen sok, egymástól távol eső és eltérő működésű sejtből áll, továbbá a sejtek túlnyomó többsége a test belsejében található, s csak néhány szerv sejtjei - tüdő, bélcsatorna, vese, bőr - érintkeznek a külvilággal. A keringés alapfeladatát úgy látja el, hogy a szervezet egységes működésének az érdekében, **közvetít a különböző sejtek és a szövetek között**, ill. **összekapcsolja a belső sejteket a külső környezettel.**

A fentiek tükrében az anyagszállító szervrendszer **alapfeladatai** a következők:

1. **Tápanyagok szállítása** a bélcsatornából a szövetekhez, raktárakhoz (zsírszövetek, máj).
2. **Az anyagcsere bomlástermékeinek elszállítása** a szövetekből a kiválasztószervekhez.
3. **A légzési gázok szállítása** a tüdő és a szövetek között.
4. A sejtek működését szabályozó anyagok, **a hormonok szállítása** a belső elválasztású mirigyek felől a szövetek felé.
5. **Immunsejtek termelése és szállítása.**
6. **Az izomösszehúzódás során keletkezett hő elszállítása** az izmokból.

Az említett szállítófeladatokon túlmenően a keringési szervrendszer feladata a szervezet **belső védekezésének, az immunitásnak a biztosítása.**

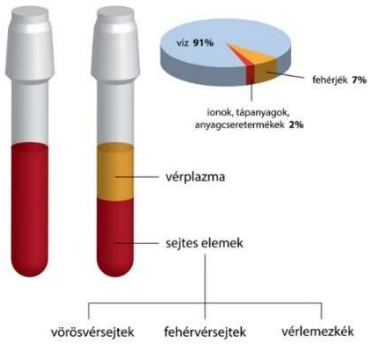
A zárt keringési rendszerrel rendelkező gerinces állatok és az emberi szervezet alapvetően **3 folyadékteret** foglal magába.



1. **Intravazális (vér)**
2. **Intersticiális (szövetnedv, nyirok)**
3. **Intracelluláris (sejten belüli tér)**

E tereket különféle **határoló hártyák** - érfal, sejthártya - választják el egymástól, melyeken keresztül élénk **anyagforgalom** zajlik a folyadékterek között, ugyanakkor az elkülönülés lehetőséget teremt a különféle biokémiai, élettani folyamatok térbeli elválasztására.

A vér



A vér a zárt keringési rendszerre jellemző, a vererekben keringő vörös színű folyadék.

Egy 70 kg-os testsúlyú ember átlagos **vértérfogata kb. 5 liter.**

A vér **folyékony kötőszövet**, s mint ilyen **sejtközötti és sejtes állományból áll.**

- A sejtközötti állomány a **vérplazma**, amely a teljes **vértérfogat** mintegy **56%-a**,
- a fennmaradó részt az ún. **alakos elemek** alkotják kb. **44%**-ban. Az alakos elemek térfogat-százalékos aránya a **hematokritérték**.

A vérplazma

A vérplazma **sárgás színű, átlátszó folyadék**. A vér centrifugálásakor a kémcső felső részén gyűlik össze, annak megfelelően, hogy a nagyobb tömegű alakos elemek a **centrifugális erő** - egy forgó rendszerben fellépő, sugárirányban kifelé irányuló tehetetlenségi erő – hatására a kémcső alján halmozódnak fel (lásd 1.1 fejezet). Összetétele:

- **víz, kb. 90%-ban,**
- **anorganikus sók, ionok: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, PO_4^{3-}, HCO_3^-,**
- **tápanyagok: glükóz, aminosavak, zsírsavak, lipoproteinek (LDL),**
- **bomlástermékek: karbamid, húgysav, tejsav, bilirubin, ammónia,**
- **oldott légzési gázok,**
- **hormonok,**
- **fehérjék kb. 7%-ban.**

A vérplazma fehérjéi

A vérplazmafehérjéket összetételük és feladatuk alapján **3 csoportba** soroljuk.

1. Albuminok

Egyszerű fehérjék, melyek az összes plazmafehérje kb. **60%-**át adják. A **májban termelődnek**. Alapvetően háromféle feladatot látnak el.

- **Transzportfehérjék,** melyek vízben rosszul oldódó anyagokat, **hormonokat, zsírokat szállítanak**. A kötődés egyben megakadályozza a vesén keresztüli gyors kiürülésüket.
- Kialakítják a **vérplazma optimális koncentrációját.**

2. Globulinok

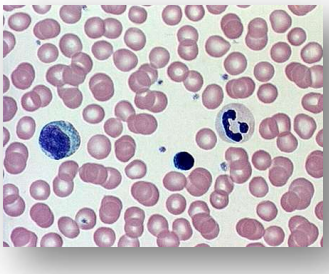
Szénhidráttartalmú **összetett fehérjék**. Feladatuk alapján két csoportjuk van:

- **az alfa- és a béta-globulinok transzportfeladatot** látnak el, mint pl. a vasat szállító **transzferin**. A **májban termelődnek**.
- **A gamma-globulinok** az ún. **immunoglobulinok (antitestek, ellenanyagok),** melyeket az immunrendszer sejtjei termelnek és az **immunitásban** játszanak szerepet.

3. Véralvadási faktorok, pl. fibrinogén, protrombin stb.

Többnyire a **májban termelődő fehérjék, amelyek a véralvadásban játszanak szerepet.**

A **vér összetétele** a szállítófeladatok miatt bizonyos értékhatárok között **változhat**.



Nagyobb ingadozás tapasztalható:

- a vérsejtek számában,
- a tápanyagok koncentrációjában,
- a plazmafehérjék koncentrációjában,
- a hormonok, vitaminok mennyiségében.

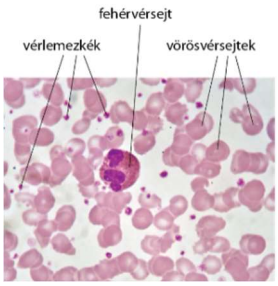
Azonban viszonylagos **állandóságot** mutat:

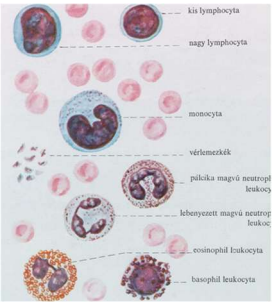
- **a pH,**
- **az ozmotikus koncentráció,**
- **az ionösszetétel,**
- **a vértérfogat.**

A vér alakos elemei

A vérben levő sejtes állományt, a sejtek felépítése és működése alapján 3 csoportba soroljuk.

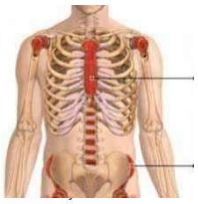
- **Vörösvértestek**
- **Vérlemezkék**
- **Fehérvérsejtek**





A vérplazmát alkotó sejtek számának és alakjának meghatározása céljából **vérkenetet** készítenek, melyet fénymikroszkópban tanulmányoznak.

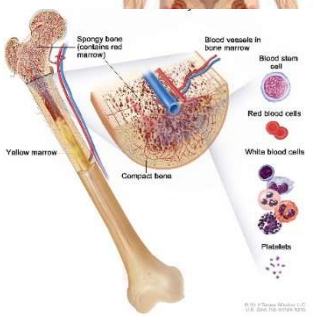
A **vérképzés embrionális** korban a **májban** történik, majd **posztembrionálisan** a vér alakos elemeinek a túlnyomó többsége a **vörös csontvelőben** termelődik.



A vörös csontvelő

Előfordulási helyei a következők.

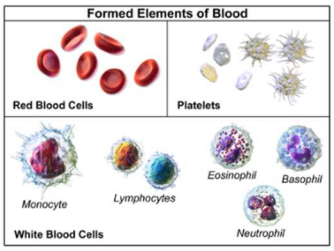
- A **lapos csontok** szivacsos állományának a hézagaiban, így pl. a **szegycsontban, a bordákban és a medencecsontban**.
- A csigolyák ún. **csigolyatesti** **részében, továbbá a hosszú csöves csontok végein**.
- **Fiatalabb korban** általában a **csöves csontok** kp.-i üregeiben.



Az életkor előrehaladtával a hosszú csontokban a **vörös csontvelő egy része átalakul sárga csontvelővé** és ezért előfordulása csak néhány csontra korlátozódik, pl. a combcsont és a felkarcsont kiszélesedő, a test felé eső végeire. Ugyanakkor **fokozott vérvesztés esetén a sárga csontvelő visszaalakulhat vörös csontvelővé,** segítve a vérképzést.

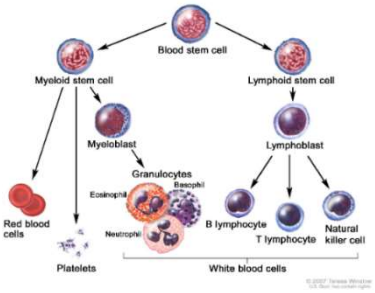
A vörös csontvelőben keletkeznek a:

- **vörösvértestek,**
- **vérlemezkék,**
- **granulociták,**
- **B limfociták,**
- **monociták.**



Mint látható a vörös csontvelőben igen eltérő alakú és működésű sejtek jönnek létre. Minden vérsejt képződése ún. multipotens **őssejtekből** indul ki.

Az **őssejtek korlátlan osztódóképességgel rendelkező differenciálatlan sejtek**. Az őssejtek osztódásukkal különböző **sejtvonalakat** hoznak létre. Egy-egy sejtvonalban az **eltérő génműködés következtében** a sejtek különböző **differenciálódási** folyamatokon mennek keresztül, melynek eredményeképpen az eltérő sejtvonalaknak megfelelő sejttípus jön létre.

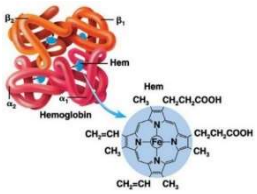


A vörösvértestek

A vörösvértestek **emlősökben sejtmag nélküli**, önálló mozgásra képtelen, középen **homorú, korong** (bikonkáv) alakú sejtek.

Számuk **férfiakban 5 millió/mm^3, nőkben 4.5 millió/mm^3**.

Mennyiségüket befolyásolja a tengerszint feletti magasság is, pl. hosszabb magashegyi tartózkodás következtében számuk elérheti akár a 6-8 milliót is köbmilliliterenként. Gyakran tartanak edzőtáborokat nagyobb tengerszint feletti magasságú területeken, tekintve, hogy a magas hegységekben az oxigén parciális nyomása alacsony, s emiatt a szervezet fokozza a vörösvértestek termelését. Majd az alacsonyabb szintre visszaérkezve a megemelkedett vörösvértest-szám hatékonyabb oxigénkötést, ill. szállítást biztosít, s így nagyobb teljesítményt tesz lehetővé.



A vörösvértestek szárazanyagának 95%-át a **hemoglobin** tölti ki.

A vörösvértestekben **sejtmag, belső membránrendszer, mitokondrium nincs**, s így szinte teljes tömegét a **hemoglobin** adja.

A vörösvértestek feladata az oxigén és részben a szén-dioxid szállítása.

A hemoglobin oxigénnel való telítettségének a mértékét elsősorban a **közeg oxigén koncentrációja** **határozza meg**.

A **hemoglobin** fontos tulajdonsága, hogy **oxigéntelítettsége pH függő. Minél savasabb a vér, úgy csökken az oxigénkötődés erőssége, azaz alacsonyabb pH-n a hemoglobin molekulák kevésbé kötik az oxigént.** Ez a jelenség biztosítja, hogy a működő szövetekben - ahol a keletkezett szén-dioxid savas kémhatást okoz - a hemoglobin könnyebben adja le az oxigént.

A **tüdőben fordított a helyzet**, ahol a magas oxigén koncentráció - és magasabb pH miatt - a hemoglobin újra oxigénnel telítődik.

A **magzati hemoglobin erősebben köti az oxigént, mint a felnőtt hemoglobin, aminek köszönhetően a magzat vére át tudja venni az oxigént az anyai vérből.**

A **vörösvértestek** átlagos **élettartalma 120 nap**, keletkezésük, pusztulásuk folyamatos. A képzés szabályozott folyamat. A vörösvértestek képződését **serkenti az oxigénhiány**, a **vérvesztés**.

A vörösvértestképzéshez szükséges még **B_{12} vitamin, folsav** és **vas**. Egy átlagos emberi szervezetnek naponta 1 mg vasra van szüksége, azonban várandós nők esetén ez akár meg is duplázódhat. Az emberi test kb. 4 g vasat képes **raktározni** a **májban, a lépben, a vörös csontvelőben** egy ferritin nevű fehérjéhez kötve. Sok vasat tartalmaz a tojás, a máj, a bab és a borsó.

A **vérszegénység** olyan állapot, amelyben a **vörösvértestek száma vagy a hemoglobin mennyisége túl alacsony** a vérben**.**

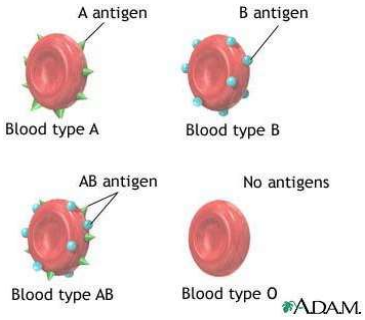
A hemoglobin egyik közismert rendellenessége a **sarlósejtes vérszegénység**. A betegség oka egy pontmutáció.

A rendellenes vörösvértestek citoplazmájában **a hemoglobin kicsapódik**, megváltoztatva a sejtek működését és az alakját. A beteg sejtek egyrészt már csak részben képesek az oxigén szállítására (kb. 50%-ban), másrészt **sarlóalakúvá válnak, összecsapódnak, vérrögöket képeznek,** melyek elzárhatnak kisebb ereket. A hibás sejteket a szervezet – a lép - 10-20 nap múlva kivonja a forgalomból, ill. mivel ezek a deformált sejtek törékenyek, a kisebb ereken való áthaladásuk során szétesnek, ezért a **vörösvértestszám lecsökken**, ami **vérszegénységhez** vezet. Az oxigénellátási zavarokon túl a betegség szövődményei pl. stroke, tüdőembólia, melyek többnyire az érelzáródásokkal hozhatók kapcsolatba.

Az emberi vércsoportok

A **vörösvértestek felszínét borító sejtköpenyben megtalálható glikoproteidek – vércsoportantigének** - alapján az emberi populációban többféle vörösvértest típus fordul elő. Ennek alapján több mint **40** egymástól független **vércsoportrendszert** különböztetünk meg, azonban a vérátömlesztés szempontjából, ebből csupán kettőnek van gyakorlati jelentősége, ez az **AB0-rendszer és az Rh-rendszer, melyek az emberszabású majmokban is előfordulnak** (ezenkívül MN, Langereis, Junior vércsoport stb.). Az emberi vércsoportokat a 20. század elején **Landsteiner** fedezte fel, amiért később Nobel-díjat kapott. A vörösvértestek sejthártyájának felszínén, a vércsoportok kialakításáért felelős glikoproteidek – **vércsoportantigének** - többnyire **transzportfehérjék**.

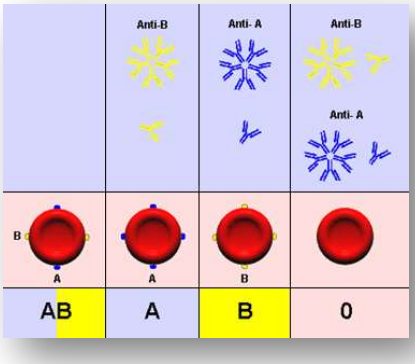
Az AB0 vércsoportrendszer



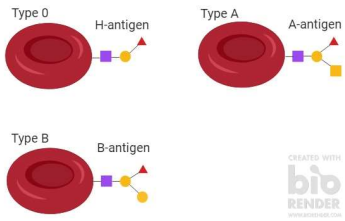
A **vércsoportantigének** elhelyezkedése és minősége alapján négy nagyobb vércsoportot különböztetünk meg. Az egyes típusokon belül még további altípusok ismertek pl. A_1, A_2, A_3, A_4, A_5.

Egy adott vércsoport **vérplazmájában** - az AB kivételével - a másik vércsoport vörösvértestei ellen termelődő **ellenanyagok, antitestek** vannak.

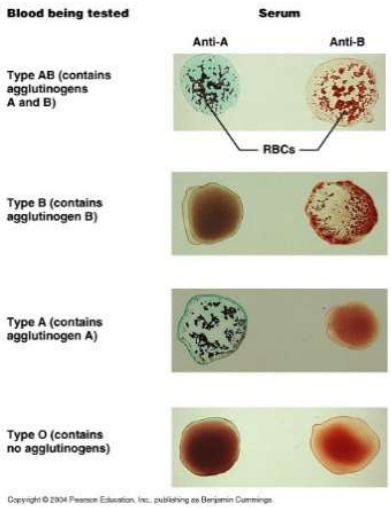
Vércsoporttípus	antigén-típus	Ellenanyag-típus
A	**A**	**B**
B	**B**	**A**
AB	**AB**	**nincs**
0	**nincs**	**AB**



Vérátömlesztésnél elsődlegesen **csoportazonos vért kell használni**, ha ez nem áll rendelkezésre, különösen kell vigyázni és betartani az alábbi szabályokat, mivel pl., ha egy **A vércsoportú ember B vért kap**, a vérplazmák keveredésével **egymás vörösvértesteit kicsapják**, ami a képződött vérrögök miatt súlyos, esetleg életveszélyes következményekkel járhat.

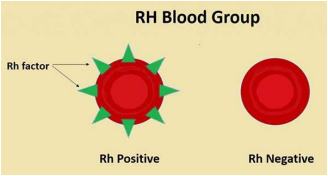


vércsoporttípus	kinek adhat	kitől kaphat
A	A, AB	A, 0
B	B, AB	B, 0
AB	AB	általános kapó
0	általános adó	0



A beadott **vérkészítmények vérplazmamentesek**, mivel azt előzőleg eltávolították és a vörösvértesteket fiziológiás sóoldatba vitték, így **csak arra kell ügyelni, hogy a beadott sejtek ne csapódjanak ki.**

Rh-vércsoportrendszer



A vércsoportrendszer nevét onnan kapta, hogy a Macacus **Rh**esus majomban fedezték fel.

Itt kétféle vércsoport van aszerint, hogy az **Rh-faktor (D-antigén) megtalálható-e vagy sem a vörösvértestek felületén.** Az első esetben **Rh+** a második esetben **Rh -** csoportról beszélünk.

Rh ellenanyag eredendően nincs a vérplazmában, csak abban az esetben termelődik, ha egy

Rh - ember Rh+ vért kap, hiszen az Rh+ vörösvértestek - az Rh faktor miatt - testidegen anyagként immunreakciót indítanak be.

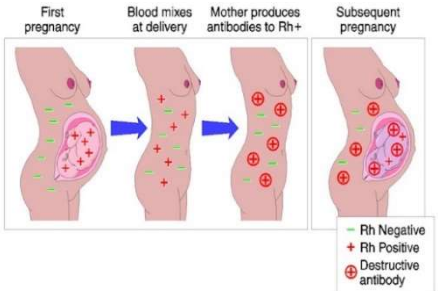
Vércsoporttípus	antigén-típus	ellenanyag-típus
Rh+	D-antigén	nincs
Rh –	nincs	nincs

Vércsoporttípus	kinek adhat	kitől kaphat
Rh+	Rh+	Rh+ Rh -
Rh -	Rh -, Rh+	Rh -

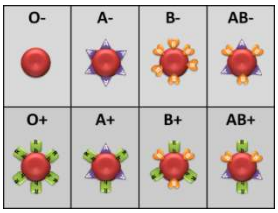
Régebben súlyos gondokat okozott az **Rh összeférhetetlenség** problémája. **Amikor egy Rh$^-$ nő Rh$^+$ gyereket szül, szülés közben** a kétféle vér érintkezésekor az anya vérében megindul az ellenanyag képződés. Ez az **első terhesség alatt** azért **nem okoz problémát**, mert az **anyai és a magzati vér nem keveredik egymással.**

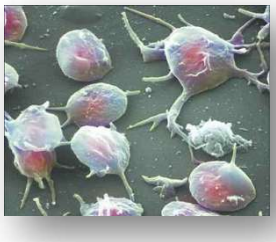
Azonban, ha a **második gyerek is Rh$^+$,** az anya vérében már jelenlevő **ellenanyag** átjutva a méhlepényen **kicsapja a magzat vörösvértesteit**, annak életét súlyosan veszélyeztetve.

A szülést követően **72 órán belül az anyának Rh+ ellenanyagot adva** megakadályozható az immunreakció kialakulása.



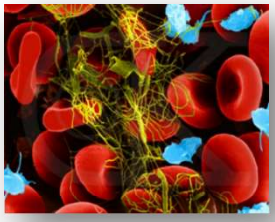
Vércsoport	AB0-vércsoportrendszer				Rh-vércsoportrendszer	
	A	B	AB	0	Rh-pozitív	Rh-negatív
Gyakoriság	40%	19%	9%	32%	85%	15%





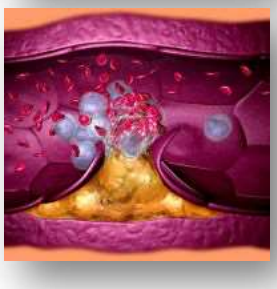
A vérlemezkék (trombociták)

A vér legkisebb alakos elemei, **számuk 300 000/mm^3**. Nevük arra utal, hogy emlősökben szabálytalan alakú, **sejtmag nélküli**, apró **sejttöredékek**, így **élettartalmuk 5-10 nap,** igen rövid.



A **vörös csontvelőben keletkeznek**. **A bennük található enzimek révén véralvadásban játszanak szerepet**.

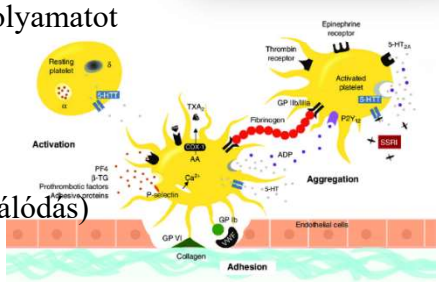
A vérzéscsillapítás, a véralvadás



A keringési rendszer **alapfeladata** a **szállítás**, a különböző anyagok eljuttatása a test egyik pontjáról a másikra. Az elmozdulás igénye szükségessé teszi, hogy ennek funkcionális közege folyékony legyen. A vér és a nyirok zárt rendszerben áramlik, azonban előfordulhat, hogy a csőrendszer fala kisebb-nagyobb sérüléseket szenved, így a benne lévő folyadék eltávozhat. Ennek megakadályozására a rendszerben keringő **folyadék kis részlete képes megszilárdulni**, ami tömítést képezve elzárja a nyílást. E meglehetősen komplikált folyamatot **vérzéscsillapításnak** nevezzük.

A **vérzéscsillapítás szakaszai**:

1. **érösszehúzódás**
2. **vérlemezke fázis** (kitapadás, összecsapódás, aktiválódás)
3. **véralvadási szakasz**
4. **fibrinolízis**

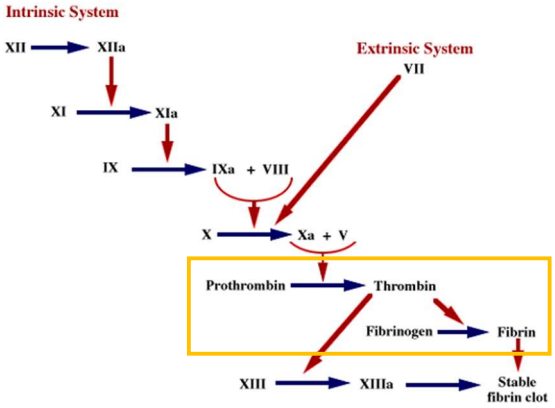


1. A sérült ér artériás részén az **érfal reflexesen összehúzódik**, csökkentve az átfolyó vér mennyiségét és nyomását.
2. Az érfalat bélelő hámréteg sérülésekor
   - a **vérlemezkék kitapadnak** a hámréteg alatti kötőszövet **kollagén rostjaihoz,** majd kifejlődő nyúlványaikkal összekapcsolódnak, melynek eredményeképpen egy vérlemezkékből álló tömítés, a **fehér trombus** jön létre.

Amennyiben a fenti folyamatok nem elegendők a vér elfolyásának a megakadályozására, **megindul** a **véralvadás** bonyolult, többlépcsős **biokémiai láncreakciója,** melyben a résztvevő anyagok láncreakciószerűen egymást aktiválják.

Összesen **13-féle összetevője** van a véralvadásnak, amelyeket I-XIII római számokkal jelzett **véralvadási faktoroknak** nevezzünk. Ilyenek pl.

1. **Fibrinogén**
2. **Protrombin**
3. **Szöveti faktor (tromboplasztin)**
4. **Kalcium** stb.



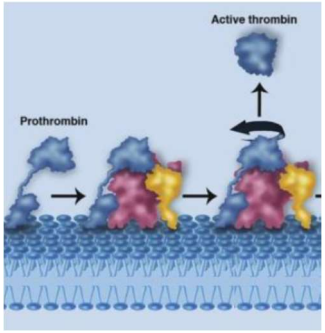
A véralvadási faktorok nagy részét a **máj** termeli.

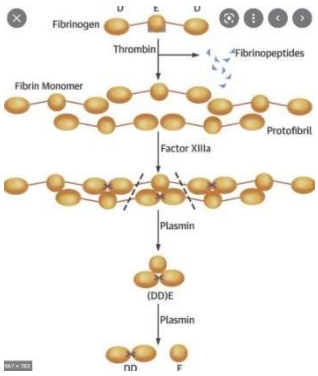
A véralvadási folyamat két – belső, külső - párhuzamos, egymást erősítő úton indul el, ahol a kezdő lépések különböznek, a további történések viszont azonosak.

A külső út (extrinsic)

3. A **kezdő lépést** az váltja ki, hogy a sérülés helyén a **vér érintkezésbe kerül** az érfal külső sejtjeinek a membránjában elhelyezkedő **szöveti faktornak** (régen tromboplasztin) **nevezett integráns membránfehérjével**. A **szöveti faktor** nem található meg a vérrel közvetlenül érintkező sejtek (érbelhártya sejtek, fehérvérsejtek, vörösvérsejtek) membránjában. Ezért a vérben található **VII. faktor csak az érsérülés helyén találkozik a szöveti faktorral**, ez a találkozás indítja meg véralvadás láncreakcióját.

- A **VII. faktor aktiválódásának** eredményeképpen, **Ca^{2+} jelenlétében** a vérplazmában megtalálható **inaktív protrombin** aktív **trombinná** alakul.
- A **trombin** egy **enzim**, amely az oldott **fibrinogénből** létrehozza a **fibrint**.
- Az oldhatatlan **fibrin térhálós szerkezetű**, amelybe **beletapadnak a vér alakos elemei**. Az így kialakult kocsonyás képződményt **vérlepénynek** vagy **vörös trombusnak** nevezzük, mely méretének növekedésével teljesen elzárja a nyílást.

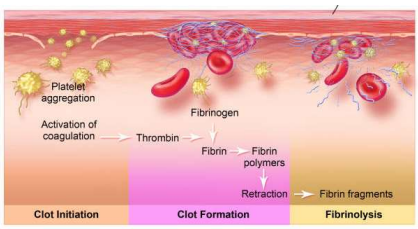




A vérzés csillapodásával a vérlepényen át, a nyomásviszonyok miatt, egy **sárgás áttetsző folyadék** szűrődik ki. Ez a **vérszérum (vérsavó)**, amely **fibrinogén mentes vérplazma**.

A véralvadás mechanizmusának öröklött hibája a **vérzékenység, hemofília.**

4. A véralvadást a **sebgyógyulás** követi. Olyan sejtek hálózzák be az alvadékot, melyek kötőszövetet építenek a seb helyén. A sérült sejtek elhalnak, alkotóelemeik lebomlanak. **A vérrög lebontásáért főként a plazmin** nevű enzim a **felelős**. A fibrin megjelenése aktiválja a plazmint, amely több darabra hasítja a fibrint.

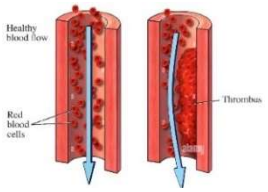


Laboratóriumi körülmények között, a levett vérben, **a Ca^{2+} eltávolításával**, megkötésével **megakadályozható a véralvadás**.

Műtétek során a nemkívánatos alvadás megakadályozására, az egyes **faktorok aktiválódását gátolják meg**, ugyanis fiziológiás körülmények között a kalcium-ion megkötése nem járható út, mivel a vérplazma Ca^{2+} koncentrációjának a csökkenése súlyos izomgörcsöket eredményez, ami fulladásos halált okozhat.

A trombózis, kóros véralvadási zavar **következtében létrejövő vérrögképződés, amely az érfalra kitapadva kisebb-nagyobb ereket akár el is zárhat**. A **vérrög** (vércsomó, trombus) **a véralvadási rendszer aktiválódása révén, a vérlemezkék összecsapódása által jön létre.** A **trombusok leggyakrabban a lábszár mélyvénáiban** alakulnak ki.

Embólia abban az esetben alakul ki, ha a trombus növekszik és egy **kisebb-nagyobb darabka leszakad** belőle. Ezt a **leszakadt vérrögöt** – **embolust** - a **véráram tovább sodorja** addig, amíg egy nála kisebb átmérőjű érszakaszhoz érkezik, ott megakad és elzárja a vér útját.



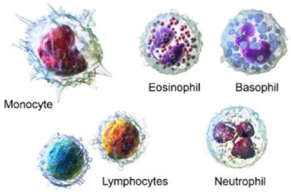
Amennyiben a véralvadás nem indul meg, vagy csak kórosan lassan megy végbe, **vérzékenységről** beszélünk.

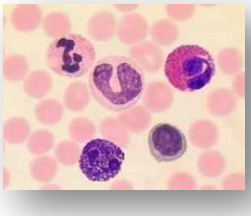
A fehérvérsejtek lásd még részletesen

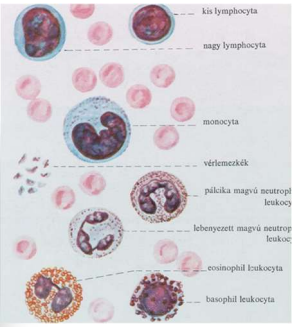
A fehérvérsejtek - szemben a vér alakos elemeinek másik két csoportjával - **sejtmaggal rendelkező, teljes értékű sejtek**. Számuk a szervezet állapotától függően széles határok között változhat, általában **4000 - 10 000/mm³**, fertőzés, gyulladás esetén számuk jelentősen emelkedhet. Élettartalmuk néhány naptól akár évtizedekig is terjedhet.

A fehérvérsejtek az **immunitásban** játszanak szerepet, felépítésük és további szerepük alapján a sejteket 3 csoportba osztjuk.

- **Granulociták**
- **Limfociták**
- **Monociták**







A granulociták

Nevüket a sejtplazmában megtalálható nagy mennyiségű **szemcséről** (granulum) kapták, melyek **antibakteriális anyagokat tárolnak**. A granulociták **amőboid mozgásra** **képesek**, **átlépnek a hajszálerek falán**, a szövetek közötti határfelületeken és a fertőzés irányába vándorolnak.

A **kórokozókat bekebelezik** – **kis falósejtek** - és a sejtekben levő szemcsék **segítségével elpusztítják őket**. Amikor a granulociták a kórokozókkal kapcsolatba kerülnek, belőlük is sok

elpusztul. A fertőzött sebek körül keletkező **genny** az ilyenkor **elhalt nagy tömegű granulocitától, kórokozótól és szétesett szövetelemektől** származik.

Viszonylag kis méretük és **fagocitáló** képességük miatt **mikrofágoknak** is nevezzük őket. A granulociták minden típusa a **vörös csontvelőben** termelődik.

A limfociták (nyiroksejtek)

Elnevezésük onnan származik, hogy a **sejtek képződése** részben vagy egészben, ill. elhelyezkedésük a **nyirokrendszerhez** kapcsolható (nyirok = lympha).

A sejteknek érési helyük és funkciójuk alapján **két nagy csoportjuk** van.

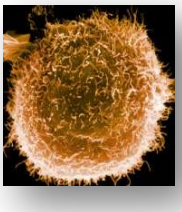
1. **Természetes ölősejtek** (NK).
2. **Kis limfociták**, melyeknek további 2 típusa ismert:

- **B limfociták, melyek a vörös csontvelőben termelődnek és az ún. szerzett (adaptív) humorális immunválasz kialakításában vesznek részt.**
- **T limfociták, amelyek szintén a vörös csontvelőből származnak, azonban a sejtek a fejlődésük során kivándorolnak a tímuszba (csecsemőmirigy) és érésüket ott fejezik be.**
  A T-sejtek az ún. szerzett sejtes, azaz celluláris immunválaszért felelősek.

A **vörös csontvelő és a tímusz ún. elsődleges nyirokszervek**, az itt **megért** – antigén felismerésére képes - limfociták a vér és a nyirokkeringés segítségével a **másodlagos nyirokszervekbe kerülnek, melyek a lép, a nyirokcsomók, a mandulák és a szervezetben elszórt további nyiroktüszők (pl. a vékonybél falában).**

A másodlagos nyirokszervekben az **érett** – antigén felismerésére képes - **nyiroksejtek készenlétben állnak** és **kapcsolatba lépnek a kórokozókkal**, miáltal **aktiválódnak**, megindítják az immunválaszt.

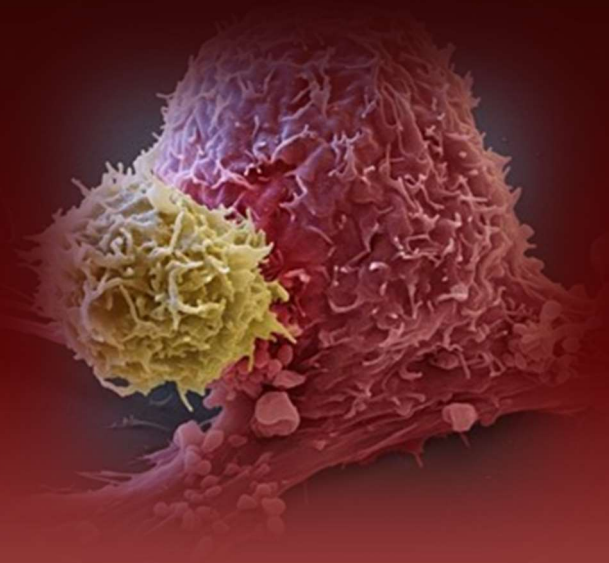
A monociták – makrofágok – antigénbemutató sejtek

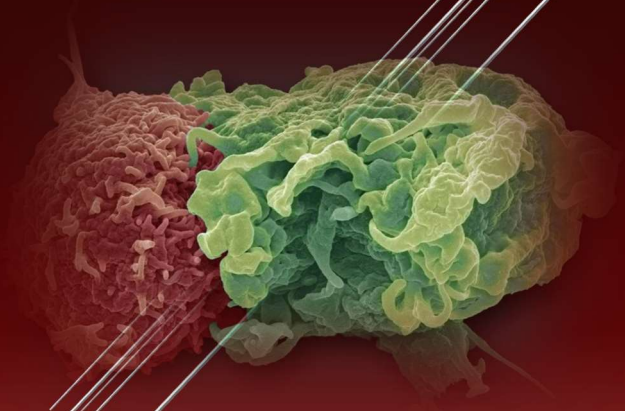


A monociták nagyméretű, fagocitáló, vándorló sejtek, azonban ezeket a képességüket nem a vérben fejtik ki, hanem átlépve a hajszálerek falán a szövetekben **makrofágokká** alakulva végzik működésüket.

Funkciójuk alapján hívjuk őket **antigénbemutató sejteknek** is, mivel bizonyos **T-limfociták számára ők teszik lehetővé az idegen anyagok (antigének) felismerését**.

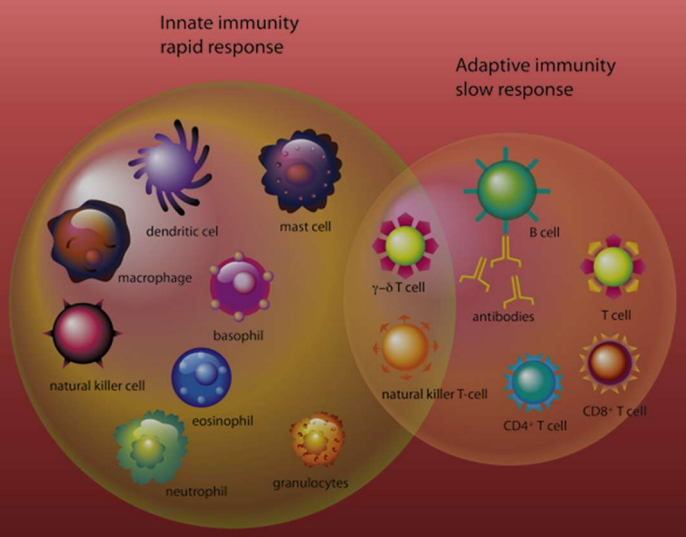
A **granulocitákat** és a **makrofágokat** szokták **falósejteknek** is nevezni.

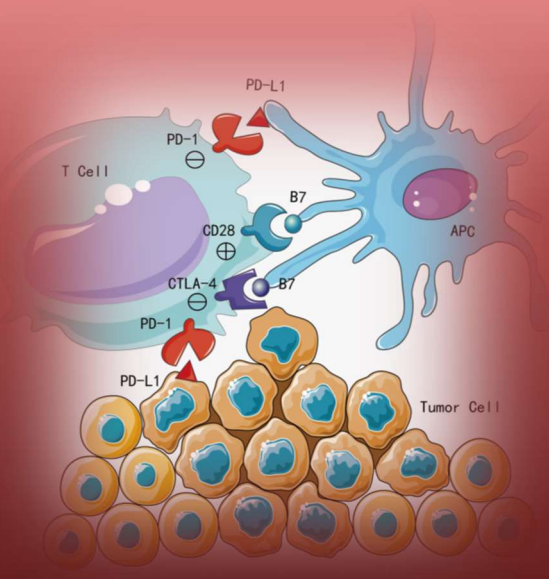




AZ ANYAGSZÁLLÍTÁS
A VÉR, AZ IMMUNITÁS

Készítette Vizkievicz András





Az immunrendszer

Szervezetünk fizikai, kémiai, biológiai védelme

A biológiai szabályozás egyik legkomplikáltabb formában az immunrendszer működésében nyilvánul meg. A szervezet egységes működésének feltétele többek között az is, hogy

- a testbe bekerült **idegen anyagokat**, **parazitákat**, **ill.**
- **a potenciális veszélyforrást jelentő megváltozott saját sejteket - vírussal fertőzött sejteket és a képződött tumorsejteket - felismerje és eltávolítsa, megsemmisítse**.

Ezt a fontos feladatot rendkívül sokféle típusú sejt bonyolult együttműködése révén létrejövő **biológiai védekezőrendszer**, az **immunrendszer** látja el. A **külső környezetből származó veszélyforrásokkal** – paraziták, kórokozók - **szemben** a biológiai védelem mellett **léteznek fizikai akadályok és kémiai védelmi mechanizmusok.**

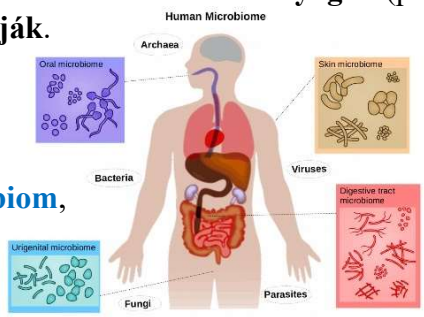
Fizikai védelem

- Szervezetünk **elsődleges fizikai védelmi vonalát** a **bőr és a nyálkahártya** szövetei képezik. Ezek a jól záródó határrétegek megakadályozzák a káros anyagok, a baktériumok és a vírusok bejutását a testbe.
- Továbbá a **légutak nyálkahártyáinak felületén található csillók** folyamatosan eltávolítják a nyákba beletapadt kórokozókat, ill. idegen anyagokat pl. port, pollent.
- **A gyomor erősen savas kémhatása** fizikai-kémiai védelmet nyújt a táplálékkal bekerült kórokozókkal szemben. A savas kémhatás többnyire megakadályozza ezeknek szervezeteknek a túlélését és szaporodását.
- A **nők hüvelyében szimbiózisban élő tejsavat termelő baktériumok** savas kémhatás kialakításával védik a női ivarutakat, elsősorban a különféle gombás fertőzésektől.

Kémiai védelem

Szervezetünk kémiai védelmét

- leginkább **az immunrendszer sejtjei által termelt különféle vegyületek** – antitestek -
- a légző- és emésztőrendszeri váladékokban megtalálható **antibakteriális anyagok** (pl. lizozim, mely a baktériumok sejtfalát bontja) **biztosítják**.



Biológiai védelem

A biológiai védelmet

- egyrészt az emberi szervezettel együtt élő ún. **mikrobiom**,
- másfelől a **saját immunrendszerük** teszi lehetővé.

Mikrobiom

Az **emberi szervezetben élő, sajátos ökológiai rendszert alkotó mikrobák összességét, genetikai állományukat, kölcsönhatásaikat mikrobiomnak nevezzük**. Ide tartoznak a bélrendszerünkben és különféle testfelületeinken megtalálható szimbióta, parazita **baktériumok**, **gombák**, **vírusok**, egyéb **mikroorganizmusok**, mint pl. egysejtűek. A **mikrobiom** optimális összetétele **nélkülözhetetlen az emberi szervezet egészséges működése szempontjából.**

A mikrobiom alkotói

- **segítenek az emésztésben**, az emészthetetlen növényi rostokat a **vastagbélben** erjedéssel bontják és rövid láncú zsírsavakat termelnek, amelyek segítik a bélhámsejtek egészségének fenntartását, csökkentik a vastagbélrák kialakulásának a kockázatát,
- **szintén a vastagbélben B- és K-vitaminokat termelnek,**
- antibiotikumok termelésével, tápanyagokért történő versengéssel, ill. helyfoglalással **távol tartják a káros mikroorganizmusokat,**
- **erősítik az immunrendszerünket**,
- befolyásolják az anyagcserét, részt vesznek a testtömeg-szabályozásban.
- A **bőr faggyúrétegében** szimbióta **baktériumok** tapadnak meg, **savas váladékot (pH 5.5) termelve védik a bőrt** a gombás fertőzésektől. Ebből is látszik, hogy sok esetben a fizika-kémiai védelem nem különíthető el élesen a biológiai védekezéstől.
- Jelentős szerepet játszanak az **idegrendszer működésében** is, **fontos szabályozóanyagokat termelnek** pl. adrenalint.

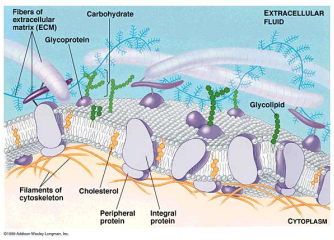
A **mikrobiom** összetétele földrajzi területenként, egyéneként különböző, **összetétele** egyedekben az aktuális viszonyoknak megfelelően **dinamikusan változó.**

A mikrobiom részét képezik különféle **kórokozók** is (pl. bélcsatornában, légutakban), de ezek egészséges szervezetben nem tudnak elszaporodni és ezáltal nem alakítanak ki betegséget, mivel egyrészt az immunrendszer sejtjei, másrészt a szimbiózisban velünk élő mikroorganizmusok féken tartják osztódásukat. Betegséget akkor okozhatnak, ha az immunrendszer gyengül, ill. a mikrobiom optimális összetétele megváltozik.

A mikrobiom egyensúlyának megváltozása bizonyos betegségek kialakulását eredményezheti, mint pl. **bélproblémák**, elhízás, cukorbetegség, **bőrproblémák**, szorongás, **depresszió**. A Crohn-betegséget (gyulladásos bélbetegség), mely ma még ismeretlen eredetű autoimmun betegség, összefüggésbe hozzák a bélflóra összetételének kóros megváltozásával.

Immunitás

Komplex immunrendszerről csak gerincesektől kezdve beszélhetünk, ahol az immunsejtek sokfélesége miatt kialakul a **specifikus – adaptív - immunválasz,** amely a **különböző antigénekkel szemben eltérő – specifikus - védekezést jelent.**



Az **immunrendszer** működésének az alapja, hogy a kivitelezésben résztvevő immunsejtek **megtudják különböztetni a szervezet saját anyagait a testidegen anyagoktól.** A **sejtek felismerése** a **sejtköpenyben levő fehérje-szénhidrát láncok – jelölő fehérjék, markerek** - alapján történik, melyek **az adott szervezetre specifikusak**, genetikailag meghatározottak.

Azokat az anyagokat, melyeket az **immunrendszer sejtjei receptoraik segítségével felismernek,** összefoglalóan **antigéneknek** nevezzük, leggyakrabban fehérjék, poliszacharidok, nukleinsavak.

- Az **immunogén** olyan **antigén**, **mellyel szemben immunválasz indul meg**.
- A **tolerogének** olyan **antigének**, mely természetes módon **saját sejtjeink felületén találhatók meg**, ezeket az immunrendszer **sajátként ismeri fel**, normálisan **nem indul immunválasz ellenük.**

A saját - nem saját struktúrák felismerésében van szerepe az ún. **MHC** molekuláknak (Major Histocompatibility Complex, fő szövetösszeférhetőségi komplex).

Tehát a már megismert anyagokat – tolerogének - az immunrendszer eltűri, tolerálja, azonban **azokkal az objektumokkal – immunogének - szemben, amelyeket az immunrendszer nem ismer fel, megindul az immunválasz.** Amennyiben az immunogén

- a szervezeten kívülről származik **heteroantigénről**,
- ha a saját szervezetből származik **autoantigénről** beszélünk.

Az **autoantigénnel szemben** ún. **autoimmunfolyamat** indul be, amely **kedvező**, ha a saját sejtek valamilyen oknál fogva rendellenesen jönnek létre, pl. **daganatos sejtek** esetén.

Abban az esetben, ha az immunreakció normális anyagokkal szemben indul meg, a **folyamat kóros** és különböző **autoimmun-betegségeket** eredményez, mint pl. az **I. típusú cukorbetegség, a sclerozis multiplex, gluténérzékenység,** a Basedow-kór, egyes **ízületi gyulladások**, vérlemezke hiányos vérzékenység stb.

A **heteroantigéneket** a következőképpen lehet csoportosítani.

- **Vírusok** burokfehérjéi.
- **Baktériumok**, egysejtű kórokozók sejtfelszíni molekulái.
- Baktériumok, **gombák citoplazmatikus toxinjai**, melyek kikerülve a sejtekből válnak antigénné.
- **Szervezetidegen makromolekulák,** elsősorban fehérjék, szénhidrátok.
- **Szervátültetésnél** a szervezetbe került idegen sejtek felszíni molekulái. Az ún. **transzplantációs antigének** miatt a beültetett szerv általában kilökődik, amit úgy próbálnak lassítani vagy megakadályozni, hogy a befogadó szervezet immunrendszerének működését gyógyszeresen korlátozzák.
- **Vérátömlesztésnél** a vörösvértestek felületén található ún. **vércsoport antigének**, melyek a különféle vércsoportok kialakításáért felelősek.

Az immunválasz fajtái

Az immunválasz lehet:

- **nem specifikus** (**veleszületett vagy természetes**), amely az antigén fajtájától függetlenül hasonlóan játszódik le.
- **specifikus** (**adaptív vagy szerzett**).

Mindkét esetben lehet:

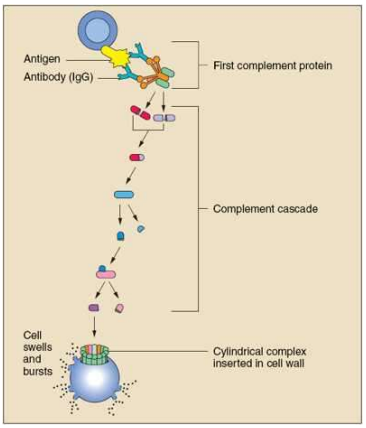
- különböző **vegyületekhez kötött humorális** (humor = folyadék)
- és az igen sokféle **immunsejttel kapcsolatos sejtes (celluláris)** immunválasz.

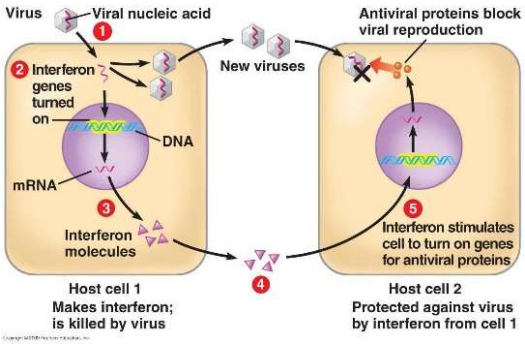
I. A nem specifikus – veleszületett - immunválasz

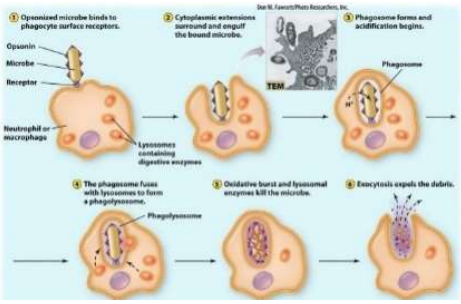
A **természetes, avagy veleszületett** immunitás elemei már jóval a születést megelőzően megjelennek a szervezetben, **gyors**, az **antigén fajtájától független** (nem antigén specifikus), **általános védekezést nyújt** a kórokozókkal és más káros anyagokkal szemben. Folyamatosan jelenlévő elemekből áll, ezért **megindulása azonnali, ugyanakkor nem alakít ki immunmemóriát.**

a) **A nem specifikus humorális immunválaszt** különféle **vegyületek alakítják** ki.

1. Az **interferonokat** a **vírussal fertőzött sejtek bocsátják ki**. A még egészséges sejtek megkötik, bennük olyan enzimek képződését váltják ki, amelyek akkor keletkeznek, mikor bekövetkezik a fertőzés. Ezek az enzimek pl. bontják a vírus mRNS-t, gátolják a fehérjeszintézist stb.







b) **A nem specifikus sejtes védekezésben** a **szervezet**

- **fagocitái** a **mikrofágok és a makrofágok**
- **és a természetes ölősejtek (NK)** vesznek részt.

Hogyan semmisítik meg az immunogéneket a veleszületett immunválasz sejtjei?

A **falósejtek bekebelezik** az antigéneket, majd sejten belül elpusztítják őket.

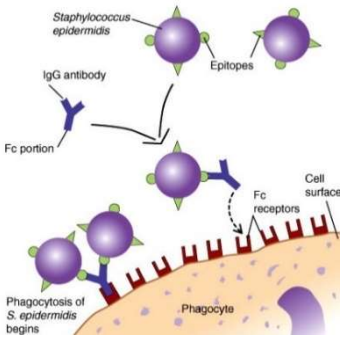
A **természetes ölősejtek**

- a **sejthártyán lyukakat „fúrnak”**, ami **sejthalált eredményez**,
- ill. a patogének számára egyéb mérgező vegyületeket termelnek és ürítenek,
- vagy a sejtekben **programozott sejthalál (apoptózis) beindításával** fejtik ki védő hatásukat.

Hogyan ismerik fel a természetes immunválasz sejtjei az immunogéneket?

A veleszületett immunrendszer sejtjei

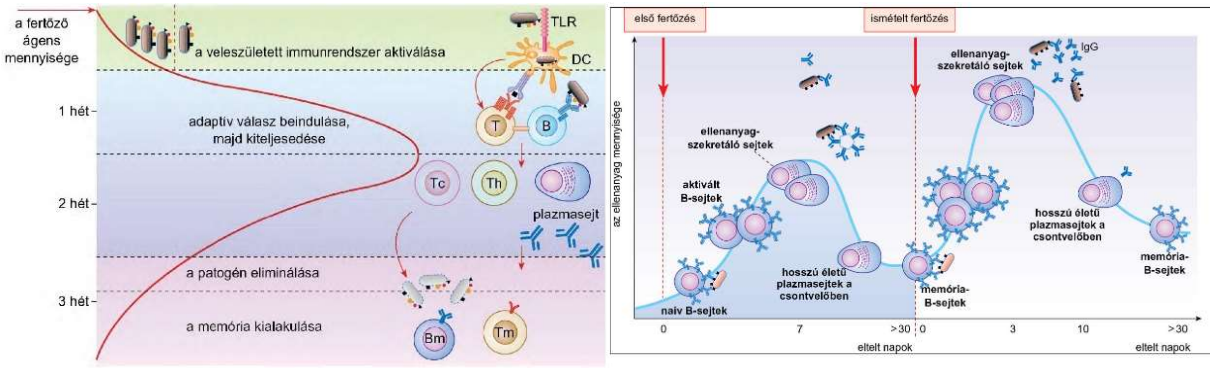
- vagy olyan **molekuláris mintázatokat** – pl. baktériumok felületén előforduló lipopoliszacharidokat **- ismernek fel receptoraik segítségével, amelyek tipikusan patogének felszínén jelennek meg**, de a saját sejtekre nem jellemzőek,
- vagy az **antigénekhez kapcsolódott antitestek bizonyos jellemző részeit azonosítják, ami beindítja a bekebelezést**.



A vérben keringő és a szövetekbe vándorló **természetes ölősejtek** (NK) a **szervezet egészséges sejtjeinek felszínén meglévő MHC-t ismerik fel**. Az **MHC felismerése egy tiltó jelet vált ki az NK-sejtekből**, megakadályozva a saját sejtek megölését, ezért a saját MHC-I hiánya, módosulása az NK-sejtek ölő- (citotoxikus) mechanizmusát indítja be. A **sejtek daganatos elfajulása az MHC hiányát okozza**, ami főleg az NK-sejtek révén kiküszöbölésüket jelenti.

II. A specifikus vagy adaptív vagy szerzett immunválasz

A specifikus immunválasz **adott típusú antigénre irányul**, antigénenként **különféle módon**. Az adaptív immunitás az újszülöttekben gyakorlatilag még nincsen jelen. Az adaptív immunrendszer kis mértékben folyamatosan termel igen sokféle (kb. 1 milliárd!) antigén specificitású limfocitát. Ha egy adott antigén a szervezetbe kerül, az a néhány sejt, ami felismeri, intenzív osztódásba kezd, végrehajtó, ún. **effektor sejteket** hozva létre. Tehát az immunválasz idomul (adaptálódik) az aktuális fertőzésekhez. Az immunválasz során **hosszú életű memóriasejtek jönnek létre**, melyek **védettséget biztosítanak** a fertőzésen átesett szervezet számára. Az adott antigénnel való legközelebbi találkozáskor az immunrendszer már készen áll az antigén elleni specifikus immunválasszal, gyorsabban, intenzívebben és hatékonyabban reagál rá.



Mivel a sejtosztódások időigényesek, az **elsődleges immunválasz lebonyolításához** az antigénnel való találkozást követően akár **egy-két hét is szükséges lehet**. A későbbi újabb találkozások esetében azonban a **másodlagos válaszreakció** a **memóriasejtek jelenléte következtében lerövidülhet néhány napra** (3-5 nap).

A **specifikus immunválasz kialakításáért** a specifikus antigénreceptorral rendelkező **limfociták felelősek**.

- A **B-limfociták a humorális**,
- **a T-limfociták a sejtes** (celluláris) immunfolyamatokat bonyolítják le.

	Veleszületett immunitás	Adaptív/szerzett immunitás
tulajdonságai	• azonnali reakció • nem antigén-specifikus • nincs memória	• több nap alatt alakul ki • antigén-specifikus • van memória
sejtjei	monociták/makrofágok dendritikus sejtek granulociták hízósejtek NK sejtek	B sejtek T sejtek

A limfociták érése

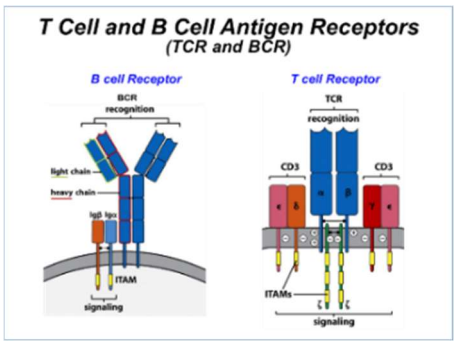
Az érési folyamatok során **tanulják meg a nyiroksejtek megkülönböztetni a sajátot az idegentől.** A **steril közegű elsődleges nyirokszervek – vörös csontvelő, tímusz - a limfociták érésének színtere**, itt jön létre a csak limfocitákra jellemző antigénfelismerő receptorok (10^9 nagyságrendű) nagyfokú sokfélesége.

A B-limfociták antitesteket termelnek. A vörös csontvelőben érnek be, mely érés során a sejtek sejthártyáján antigénreceptorok jelennek meg, melyek megegyeznek azzal az ellenanyaggal (antitest), melyet az illető sejtpopuláció elő tud állítani.

Tehát a B-limfociták az antigént a felszínükön található receptorként működő antitestekkel ismerik fel.

A **T-limfociták** előalakjai a vörös csontvelőben fejlődnek, majd a sejtek a vérárammal a **tímuszba** – csecsemőmirigybe - kerülnek, ahol **befejezik érésüket**.

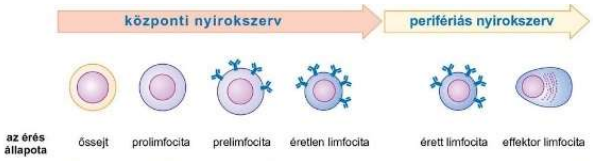
A **T-sejtek érésük során „megismerkednek" a szervezet saját anyagaival mielőtt a keringésbe kerülnek**. A T-sejtek érése során jönnek létre a sejtek felszínén az idegen antigének felismerésére alkalmas T-sejt receptorok, a **TCR** molekulák.



A **T-sejt receptora** (TCR), igen sokféle szerkezetű lehet. A sokféle T-sejt receptorai közül előbb-utóbb valamelyik illeszkedni tud majd a bemutatott antigénnel. Ezek a **bekötődött T-sejtek** a kötődés hatására **aktiválódnak,** azaz **osztódnak** és így számbelileg felszaporodnak.

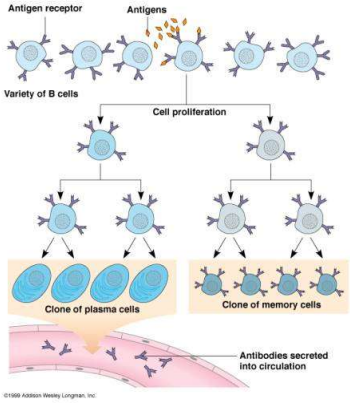
A limfociták aktiválódása

A megért – speciális antigénfelismerő receptorokkal rendelkező - T- és B-limfociták az elsődleges nyirokszervekből a keringés útján **átkerülnek a másodlagos vagy perifériás nyirokszervekbe** – nyirokcsomók, lép -, melyek a kórokozók lehetséges behatolási kapuinak megfelelően helyezkednek el a szervezetben. A **limfociták a perifériás nyirokszervekben találkoznak** a vér és nyirokkeringés révén odajutó **kórokozókkal**, illetőleg azok jellegzetes molekuláival, **aminek következtében aktiválódnak**.



Az antigént felismerő, **aktiválódott B-limfociták** élénk **osztódásba** kezdenek és **kétféle sejtpopulációt hoznak létre**:

- **plazmasejtekké** alakulnak, melyek nagy mennyiségben **állítanak elő ellenanyagot**, amit a kibocsájtanak a sejten kívüli térbe, ill.
- **hosszú életű memóriasejtté** differenciálódnak, melyek egy **későbbi fertőzés során azonnali másodlagos immunválaszt tesznek lehetővé**. Az **immunmemória** alapját képezik.



A **nem aktiválódott sejtek rövidesen elpusztulnak** (apoptózis).

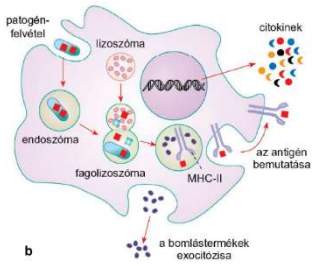
Az **aktiválódott T-sejtek** többféle sejtpopulációt hoznak létre.

- A **segítő (helper) sejtek (Th) szabályozóanyagokat** ún. **citokineket termelnek**, amelyek **osztódásra késztetik a már aktiválódott B-limfocitákat, makrofágokat, és egyéb T-sejteket**. A citokinek felelősek többek között a gyulladás és a láz kialakulásáért.
- A **memória T-sejtek** hosszú ideig élnek és tartós **védettséget biztosítanak**.
- A **citotoxikus T-sejtek** (Tc)
  - egyfelől a célsejt membránjára egy perforin nevű fehérjét (toxint) juttatnak, amely beépülve a membránba lyukat képez, amin keresztül kifolyik a megtámadott sejt citoplazmája.
- Az **elnyomó, szupresszor T-sejtek** (Treg) visszaállítják a fertőzés előtti állapotot úgy, hogy gátolják az immunsejtek osztódását.

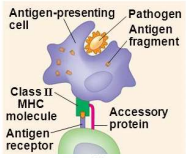
Hogyan ismerik fel az adaptív immunválasz sejtjei az immunogéneket?

T-limfociták kettős felismerése

Az adaptív immunválasz beindításában – **az antigének felismerésében** - nélkülözhetetlenek a **makrofágok, mint antigénbemutató sejtek.** Az **antigén bemutatásában** alapvető szerepük van a már említett **MHC** molekuláknak.

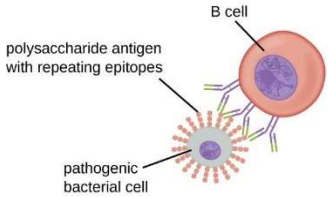


A **makrofágok** molekuláris mintázataik alapján, ill. az MHC hiánya miatt felismerik, bekebelezik, majd **részben lebontják az antigéneket**, majd valamilyen **jellemző részletüket kijuttatják a sejthártya felszínére**, pontosan az MHC struktúrákkal együtt. Ennek a komplexnek **– az antigén-MHC** - a **kettős felismerése** aktiválja az adaptív immunrendszer T-limfocitáit.



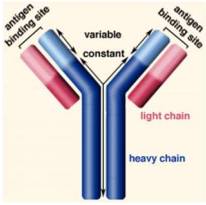
B-limfociták

A B-limfociták az antigént a saját maguk által termelt, felszínükön megtalálható, receptorként működő antitestekkel ismerik fel.



Az antitestek (ellenanyagok, immunoglobulinok)

A **B-nyiroksejtek által termelt antitestek molekulái Y alakúak.** A molekulán belül vannak állandó és változékony aminosavsorrendű **szakaszok**. A **variábilis szakaszok**, amelyek az Y két ágának végein találhatók, **felelősek a specifikus antigénhez való kötődésért.**

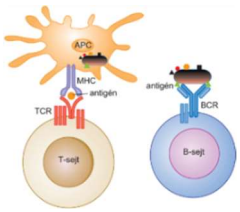


Szervezetünk kb. 10^9 különböző antitest előállítására képes. Ezt az óriási mennyiségű információt néhány száz DNS szakasz véletlenszerű újrarendeződése kódolja.

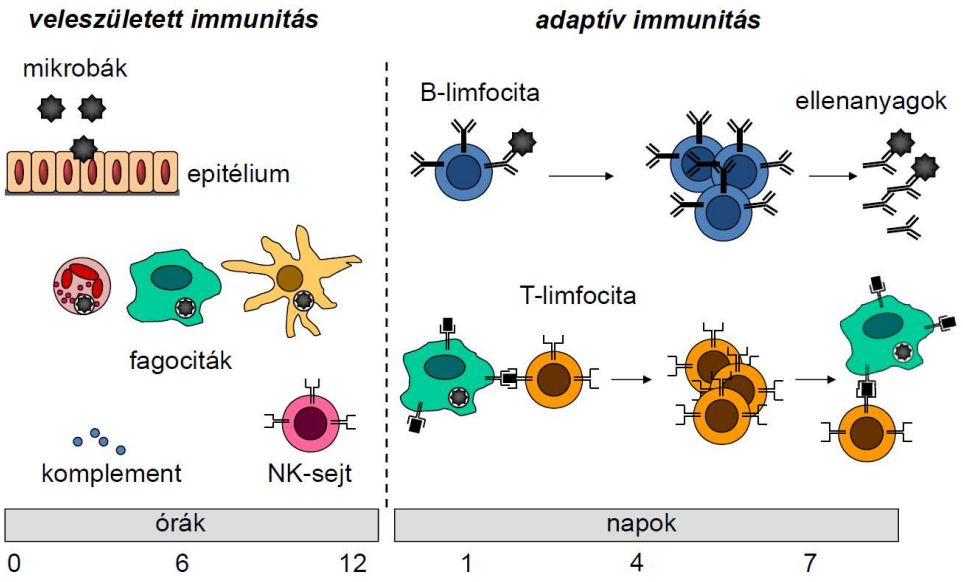
Az **antitest**:

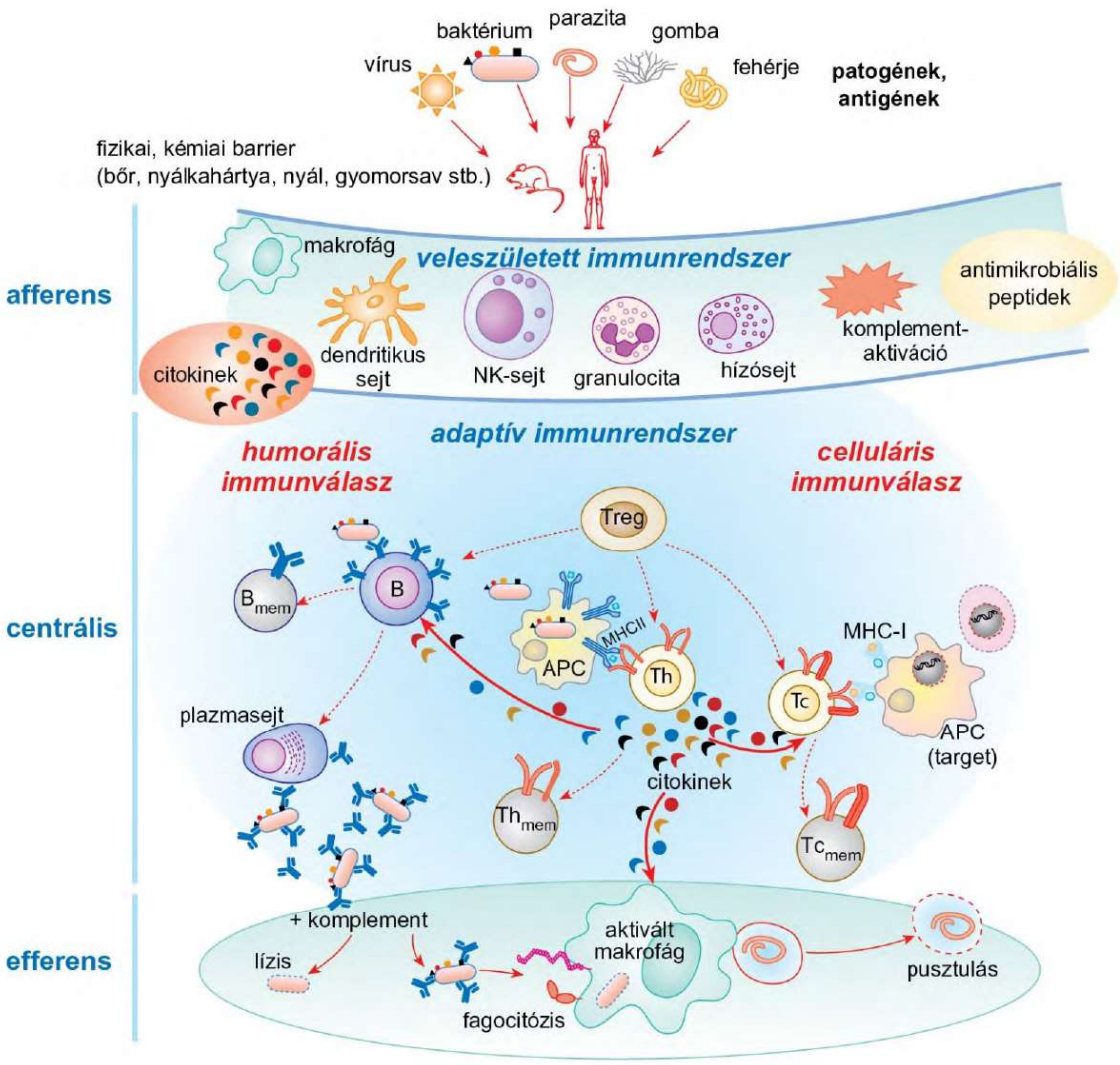
- A **testnedvekben** – pl. vérben, nyirokban - szabadon keringve **hozzákötődhet a neki megfelelő antigénhez kicsapva, ill. megjelölve azt.**
- Az **antigénhez kötődve fagocitózisra készteti a falósejteket, pl. a makrofágokat.**

Az ellenanyagok termeléséért felelős **B-limfociták** és a sejtes immunitást hordozó **T-sejtek eltérően ismerik fel az antigéneket**.



- A B-sejtek felszíni antigénreceptorai (az antitestek) az eredeti antigén térszerkezetét érzékelik, azaz a **baktérium** sejtfalán található **molekulák** minden **változás nélkül maguk az antigének**.
- A T-limfociták a makrofágok által **feldarabolt** és **"bemutatott"** peptideket ismerik fel, méghozzá a bemutató sejt MHC molekuláinak kíséretében. Más szóval, a T-sejtek egy módosított ("saját nyelvükre lefordított") formában képesek csak az antigén felismerésére.


veleszületett immunitás
adaptív immunitás
mikrobák
epitélium
fagociták
komplement
NK-sejt
B-limfocita
ellenanyagok
T-limfocita
órák
napok
0
6
12
1
4
7

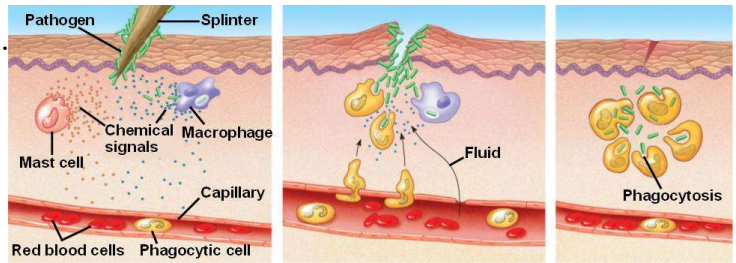

baktérium
parazita
gomba
vírus
fehérje
patogének, antigének
fizikai, kémiai barrier
(bőr, nyálkahártya, nyál, gyomorsav stb.)
afferens
makrofág
veleszületett immunrendszer
antimikrobiális peptidek
citokinek
dendritikus sejt
NK-sejt
granulocita
hízósejt
komplement-aktiváció
adaptív immunrendszer
humorális immunválasz
celluláris immunválasz
centrális
Treg
B
Bmem
APC
MHCII
Th
Tc
MHC-I
APC (target)
plazmasejt
citokinek
Thmem
Tcmem
efferens
+ komplement
lízis
aktivált makrofág
fagocitózis
pusztulás

A gyulladás

A gyulladás a szervezetnek a különféle okok által kiváltott helyi szövetkárosodásra adott válaszreakciója. Célja a szövetkárosodások okainak és következményeinek felszámolása.

Kiváltó okai lehetnek:

- **Kórokozók.**
- **Mechanikai, vegyi-, hőhatás.**
- Sugárzás.



Tünetei:

- **Duzzanat,**
- **vörösség, melegség,**
- **fájdalom,**
- **fehérvérsejtszám emelkedés,**
- **ellenanyag termelés,**
- **láz.**

Formái

- **A valódi gyulladás** kórokozótól,
- **a steril gyulladás** szövetkárosodástól, pl. autoimmun eredetű **ízületi gyulladástól**, izomsérüléstől, ízületek sérülésétől stb. alakulhat ki.

Gyulladás mechanizmusa

- Sejtek, szövetek esnek szét,
- gyulladásos tüneteket kiváltó vegyületek szabadulnak fel a **hízósejtekből** (hisztamin, citokinek) amelyek
  - **fokozzák az erek áteresztőképességét**, **szövetnedv felszaporodását**,
  - **tágítják az ereket**, növelik a gyulladt területek vérellátását, hőmérsékletét.
- **Helper T-sejtekből szabályozó anyagok (**citokinek) **szabadulnak fel**, melyek szabályozzák az értónust, fokozzák a T-sejtek osztódását, valamint a falósejtek migrációját.
- **Falósejtek vándorolnak** a fertőzött gócok felé (kemotaxis).
- A széteső szövetekből felszabaduló vegyületek a szabad idegvégződéseket ingerlik, kiváltják a **fájdalmat**.
- **Immunanyagok hatására kialakulhat a láz**. A lázat az adaptív immunválasz során a T-helper sejtek által termelt szabályozó anyagok (citokinek) alakítják ki. **A magasabb testhőmérséklet kedvez az immunfolyamatoknak, ugyanakkor a patogének szaporodása szempontjából kedvezőtlen** (lásd még köztiagy jegyzet).

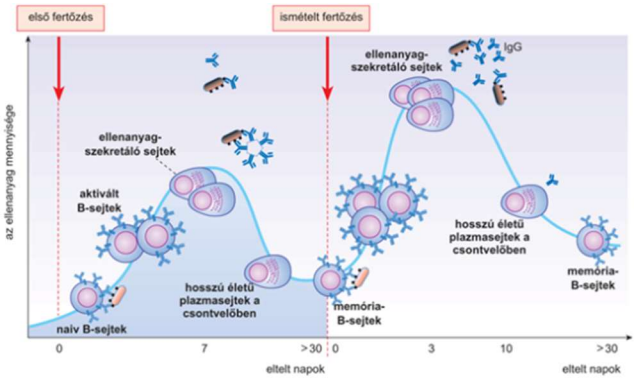
Immunizálás

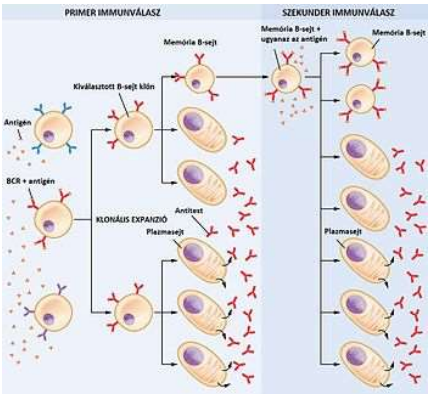
Immunizálás a fertőző betegségek megelőzésére, leküzdésére alkalmazott eljárás, melynek több formája ismert, **lehet aktív vagy passzív, természetes, ill. mesterséges.**

Az aktív immunizálás hátterében az immunmemória jelensége áll, mely a specifikus immunválasz során létrejött T és B memóriasejteknek köszönhető.

A memóriasejtek hosszúéletű limfociták, melyek megtalálhatók egyrészt az elsődleges nyirokszervekben, másrészt a periférián, a szövetekben, másodlagos nyirokszervekben, keringési rendszerben.

Egy korábban már megismert antigén ismételt megjelenésekor intenzív osztódásba kezdenek és létrehozzák a különféle végrehajtó B és T sejteket, melyek gyorsan **lebonyolítják a másodlagos immunválaszt**.



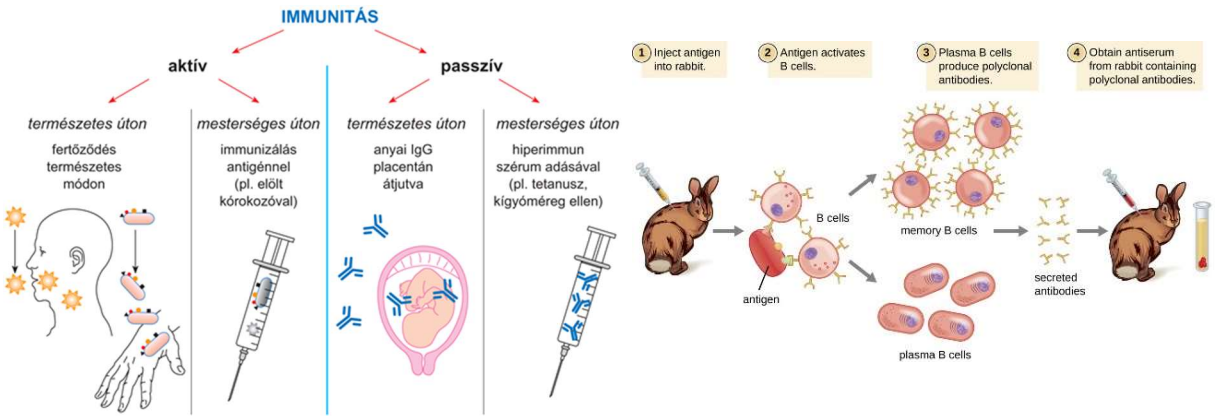


Mesterséges aktív immunizáláskor a **kórokozó egy ártalmatlan**, de ugyanakkor **jellemző darabját juttatjuk be a szervezetbe** oltóanyag formájában (ún. **legyengített kórokozót**), ezt az immunrendszer megjegyzi, kialakítja ellene a megfelelő immunválaszt, pl. **ellenanyagot termel** vele szemben, és amikor legközelebb a patogén megjelenik a testben, gyorsan lezajlik a kórokozót megsemmisítő immunfolyamat a kialakult **immunmemóriának** köszönhetően. Ezt a védőoltást gyakran kísérheti enyhe betegségtünet, láz, ami az immunrendszer működésének köszönhető. Ilyen pl. az **influenza, hepatitis B** elleni oltás. **Hosszútávú védettséget biztosít, mint pl. BCG oltás**.

Természetes aktív immunizáláson esünk át, mikor **természetes úton megfertőződünk**, majd az immunrendszerünk leküzdi a betegséget és **kialakul az immunmemória**, ilyen pl. a **bárányhimlő** ellen gyerekkorban megszerzett védettség.

Passzív mesterséges immunizálásról akkor beszélünk, ha **más állatból kivont ellenanyagot juttatunk a szervezetbe**, ilyen pl. tetanusz baktériumok elleni oltás, vérzéssel járó mélyebb sebek keletkezésekor. Ebben az esetben, mivel a saját immunrendszerünk nem játszik szerepet a védettség kialakításában (azaz passzív), **nem alakul ki immunmemória**, aminek következtében a **hatás csupán néhány hétre korlátozódik**, amig a beadott ellenanyagok a vérben le nem bomlanak. Ilyen továbbá az **Rh-összeférhetetlenség** esetén beadott vakcina.

Passzív természetes immunizálás folyamata során, **természetes úton ellenanyag jut be a szervezetbe**, pl. az anyatejjel csecsemőkorban, ill. méhlepényen keresztül a magzati korban.

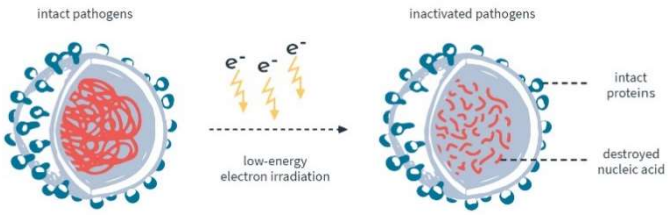


Első, másod- és harmadgenerációs vakcinák

Első generációs vakcinák: inaktivált kórokozó alapú vakcinák

Hagyományos, régi módszer, mely szerint **inaktivált, ún. legyengített kórokozót juttatnak a szervezetbe**, melynek felületén megtalálható **molekulák beindítják az immunválaszt**.

Az inaktivált kórokozók lehetnek genetikai **anyagukban károsított patogének**, melyek **szaporodni nem képesek, de immunválaszt ki tudnak váltani. Ilyen pl. a veszettség elleni védőoltás.**



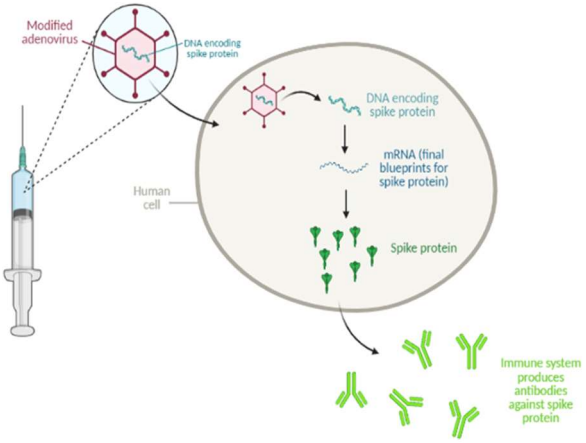
Második generációs vakcinák

Ebben az esetben a kórokozó pl. **vírus genetikai anyaga nélküli**, immunválaszt kiváltó hatásos **burokfehérjéket használnak**. Erre példa a **Hepatitis B** elleni vakcina.

Harmadik generációs vakcinák

Ennek lényege, az **immunválaszt kiváltó fehérjét a saját szervezetünk állítja elő**, mivel csak a fehérje előállításához szükséges **nukleinsav-molekulát juttatják be** a szervezetbe.

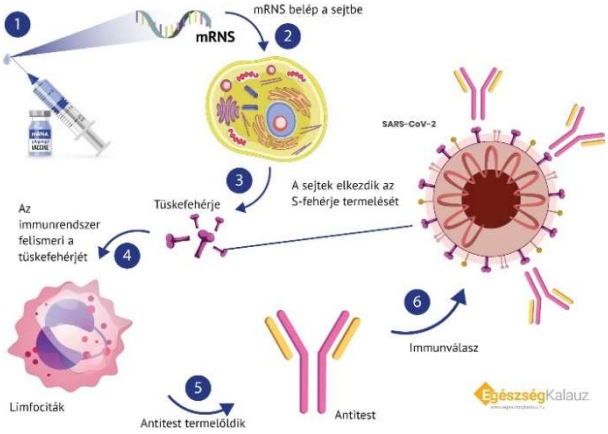
Vektor alapú vakcinák



A **vektorok** – hordozók - olyan genetikai elemek, melyek **képesek idegen DNS-t élő sejtbe juttatni**. Vektoroknak kiválóan alkalmasak különféle vírusok, mint pl. az adenovírusok, melyek meghűléses tünetekkel járó, többnyire enyhe lefolyású légzőszervi megbetegedéseket okoznak.

Ebben az esetben a humán sejtekbe **a vírus egyik burokfehérje génjét egy** genetikailag módosított – ártalmatlanított – **adenovírus közvetítésével juttatják be**. A bejutatott vírus DNS szakasznak köszönhetően sejtek tehát legyártják a burokfehérjét, amely a fent említett módon immunizálja a szervezetet.

mRNS alapú vakcinák



A **vírus egyik burokfehérjéjének genetikai információját egy lipidburokban található mRNS molekulával juttatják be** emberi sejtekbe, melyek legyártják a burokfehérjét. A termelődött fehérje – mint idegen anyag - megjelenve a szervezetben immunválaszt vált ki, aminek részeként pl. a B-limfociták nagy mennyiségben termelnek az idegen fehérje elleni antitesteket (ellenanyagokat), így amikor az igazi vírus megjelenik a szervezetben az immunrendszer már azonnal felismerni a vírus tüskéjét és gyorsan megindítja a fertőzés és a betegség elleni védekezést.

Az immunrendszer egészségtana

Allergia

Allergia az a jelenség, amikor a szervezet immunrendszere kórosan reagál általában ártalmatlan anyagokra (allergénekre). Az allergia korunk civilizációs betegsége.

Leggyakoribb allergének

- **a poratka ürüléke,**
- **különböző pollenek,**
- **élelmiszerek, ill. annak összetevői**, pl. földimogyoró, tejtermékek, tojás, glutén,
- egyes **rovarok csípése**,
- egyes **gyógyszerek**.

Az allergiás tünetek attól függően alakulnak ki, hogy az allergén a szervezet melyik részével érintkezett.

- Így a **pollenek** okozta **szénanátha** szem- és orrtüneteket - többek között orrfolyást, szemviszketést, könnyezést, torokirritációt, orrdugulást - vált ki.
- **Allergiás kontakt dermatitisz** (**bőrgyulladás**, melyet a bőr és az allergén - pl. nikkel - érintkezése vált ki) esetén **bőrvörösség**, **hámlás**, **viszketés** alakulhat ki azon a ponton, ahol a bőr és az allergén érintkezett.
- **rovarcsípéssel** szembeni allergia esetén **csalánkiütés** (**viszkető hólyagok** és bőrvörösödés) jelentkezhet,
- **élelmiszerek összetevőivel szembeni allergia emésztőrendszeri tünetekkel jár, pl. gluténérzékenység.**

A nagyon súlyos allergiás reakciót **anafilaxiás sokknak** nevezzük; ennek során kiterjedt bőrvörösödés, légzési nehézség, jelentős **vérnyomásesés**, végső stádiumban pedig eszméletvesztés, ill. halál is bekövetkezhet.

Az allergiás megbetegedések száma folyamatosan emelkedik. Ebben nagy szerepet játszanak egyrészt környezeti, másrészt genetikai tényezők.

A növekedő környezetszennyezésnek köszönhetően az emberi környezetben egyre több allergén anyag halmozódik fel, ami jelentősen növeli az allergiás megbetegedések kockázatát.
Ilyenek pl.

- a **szennyezett levegőben** található nehézfémek, dieselkorom, fokozódó pollenkoncentráció, ózon,
- **természetes vizekben** szintén a különféle nehézfémsók (ólom, kadmium, higany stb.)
- az **élelmiszerekben található** színezékek, tartósítószerek, és egyéb adalékanyagok.

Szervátültetés (transzplantáció)

A transzplantáció során egy szervet, szervrészt vagy szövetet ültetnek át egyik személyből – donorból - egy másik személybe - recipiensbe. A leggyakrabban átültetett szervek a vesék, a máj, a szív, a tüdő és a hasnyálmirigy, szövetek lehetnek csontvelő, bőr.

A szervátültetés komplikált műtéti eljárás, számos szövődménnyel járhat, mint pl. vérzés, vérrögök képződése vagy a környező szövetek károsodása. Azonban a **legtöbb nehézséget az**

átültetett szerv befogadása jelenti a recipiens szervezet részéről. Mint tudjuk a sejtek külső felszínén, ún. **transzplantációs antigének** találhatók, melyek minden szervezetre nézve **specifikusak**. Beültetés esetén a **befogadó szervezet immunrendszere felismeri az idegen szerv antigénjeit** és immunválaszt indít meg, ami a **beültetett szervek kilökődését** eredményezi. Ennek a veszélynek a mérséklésére a műtétet követően ún. **immunszupresszív terápiát alkalmaznak**, mely során **csökkentik az immunrendszer aktivitását**. Ugyanakkor ez az eljárás számos mellékhatással jár, mivel a **csökkentett immunválasz miatt a betegek hajlamosabbak lehetnek fertőzésekre és más betegségekre**. Kisebb a kilökődés veszélye, ha az átültetett szerv családtagtól, vagy közeli rokontól származik a hasonló genetikai környezetnek köszönhetően.

Egyéb alapfogalmak

Fertőzésről (infekció) akkor beszélünk, ha a **kórokozó behatol a szervezetbe és ott megtelepedve elszaporodik.** A **megfertőződés történhet**

- **cseppfertőzéssel** a levegőben páracseppek közvetítésével (influenza, koronavírus),
- **testváladékokkal** pl. nyállal, vérrel, ondóval, hüvelyváladékkal (HPV, HIV, hepatitis),
- **fertőzött széklettel** (rotavírus, hepatitis A és E).

Járványról (epidémia, pandémia) akkor beszélünk, ha **ugyanazon betegség sokszoros, egyidejű fellépését tapasztaljuk**, bizonyos terület lakói között.

A **betegség** a test fiziológiai állapotának kóros megváltozása, homeosztázisának felborulása.

Magyarországon 2019-ben a következő **oltási rend** volt érvényben:

- **BCG:** 0-4 hetes korban
- **DTP:** 2, 3, 4, 18 hónapos, majd pedig 6 és 11 éves korban.
- **Hepatitis B:** 12 éves korban.
- **Bárányhimlő:** 13 és 16 hónapos korban.

A védőoltás – az esetlegesen kialakuló mellékhatások ellenére - a lehető leghatékonyabb mód, hogy az egyes fertőző betegségeket megelőzzük, illetve a súlyos lefolyást megakadályozzuk. A védőoltásokkal megelőzhető fertőző betegségek ritkábban fordulnak elő, mert hosszú ideje nagy tömegeket oltanak ellenük. Az immunizálást mindaddig folytatni kell, amíg a betegségeket fel nem számoljuk. A védőoltásokkal kivédhető fertőző betegségek kórokozói állandóan jelen vannak a környezetünkben, és csak az oltás következtében kialakult védettség miatt nem tudnak betegséget okozni.

Nyájimmunitás akkor alakul ki egy népességben, ha a védett személyek száma elér egy ún. **kritikus tömeg** értéket, azaz azt **az egyedszámot**, ami %-osan **megmutatja**, hogy a **populáció mekkora hányadának kell védettnek lennie** a kórokozóval szemben, **hogy a fertőzés ne terjedjen**.

A nyájimmunitás kialakulására két lehetőség adódik,

- a **népesség** megfelelően **magas átoltottsága**,
- ill. a korábbi járványok során megszerzett **nagyszámú védettség**.

A **fertőző betegségek kialakulását, terjedését** különféle **fertőtlenítési (higiénizálási), sterilizálási eljárásokkal** is megelőzhetjük.

Fertőtlenítés (higiénizálás): minden olyan **eljárás**, amely a **kórokozók számának csökkentésére irányul**.

Sterilizálás: az az **eljárás**, melynek során a csíramentesítésre kerülő anyagban teljesen **elpusztítjuk a mikroorganizmusokat, valamint ezek összes nyugvó formáit**.

A fertőtlenítés és a sterilizálás között különbség van.

- A **sterilizálás célja a teljes csíramentesítés,** a **sterilezés megöli az összes életképes mikroorganizmust**.
- A **fertőtlenítés csak csökkenti az életképes mikroorganizmusok számát**, fertőzőképességét, az eljárás során a **mikrobák spórái életben maradnak** és a hatás megszűnte után szaporodni képesek.

A **fertőtlenítésnek** **két alapvető módja** ismert.

1. A **fizikai** eljárások során vagy **hővel,** vagy különféle **sugárzásokkal pusztítjuk el a kórokozókat**. A fertőtlenítés hatékonyságát jelentősen befolyásolja, hogy nedves vagy száraz hővel történik–e. A mikroorganizmusok a száraz hőnek jobban ellenállnak, mint a nedvesnek.
2. A **kémiai** eljárások során a **fertőtlenítőszerek** (baktericid, sporocid, virucid, fungicid) hatásukat annak köszönhetik, hogy pl.:
   - roncsolják a sejthártyákat, vagy
   - a sejtek **fehérjéit kicsapják**, inaktiválják létfontosságú enzimjeit.
   - Ilyenek a **klór**, **jód, formalin**, **hidrogén-peroxid**, **alkohol**.

A **sterilizálási módok** hasonlóak az egyes fertőtlenítési eljárásokhoz, azaz hővel, gázzal (formaldehid), ionizáló sugárzással történik.