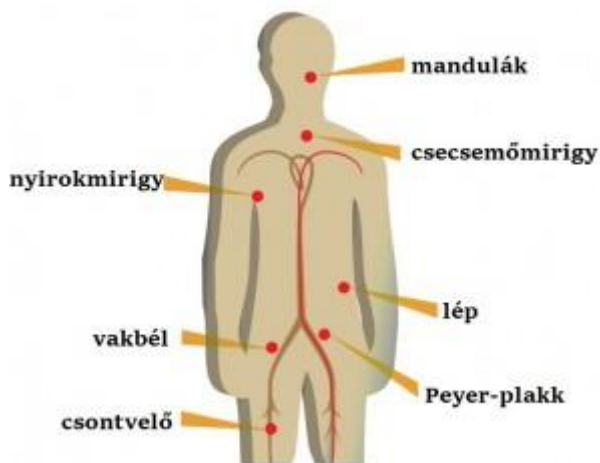


Immunrendszer

Az **immunrendszer** a szervezet védekező mechanizmusa, egy adott antigén hatására kialakuló, az esetleges fertőzés elleni védekezésben részt vevő sejtek, szövetek és szervek együttese. Ennek a szervrendszernek a működése az immunitásban nyilvánul meg. Ennek a szónak jelentése: védettség, mentesség. Az immunrendszer fő feladata, hogy megkülönböztesse a saját és nem saját, vagyis idegen anyagokat. Valamint, ha idegen anyaggal találkozik, akkor azt eltávolítsa, megsemmisítse. Immunitásunk lehet **velünk született** vagy **szerezett** immunitás.

AZ IMMUNRENDSZER FŐBB PONTJAI A TESTBEN:



A **velünk született védettség** embrionális korban alakul ki. Az egyed megszületésekor négy genetikusan meghatározott immunológiai adottságot hordoz:

- a leukociták (fehérvérsejtek) fagocitáló képessége,
- a gyomornedv sósavtartalmának baktericid (baktériumölő) hatása,
- a bőr, a tápcsatorna, a légutak és a húgyutak nyálkahártyája, mint elsődleges védelmi vonal, véd a behatoló kórokozók ellen,
- a szervezetben képződő baktericid kémiai anyagok (pl. a nyálban található lizozim enzim, vagy a nyálkahártyákat védő properdin fehérjekomplex).

Nem igényel „tanulást”, vagyis a kórokozóval való előzetes találkozást. Ez azt jelenti, hogy nem specifikus a kórokozóval szemben. A természetes immunitást a leukociták fagocita csoportjába tartozó sejtek és a testnedvekben jelenlévő komplementrendszerek alkotják. (A **komplementrendszer** alatt azt a vérplazma globulinfehérjéinek összességét értjük, amely tagjai képesek átalakulni anyagok hatására olyan termékekké,

amelyek oda vonzzák a falósejteket, valamint a vékonyabb membránnal rendelkező baktériumokba furakodnak és kilyukasztják őket.)

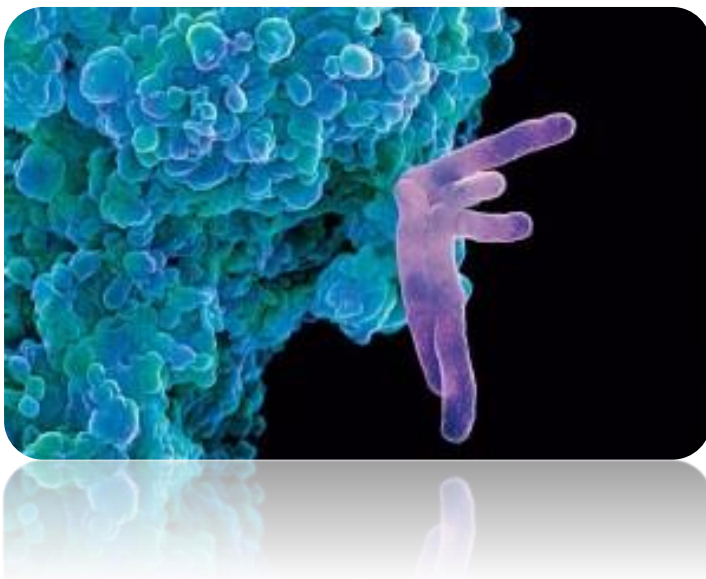
A **falósejtek** a RES rendszer (Reticulo Endothelialis Systema, vagy MPS - Mononuclear Phagocyte System) tagjai: behálózzák az egész szervezetet, a szervezet első védelmi rendszerébe tartoznak, nem tömörülnek szövetekbe. Megtalálhatók a vérben, májban, bekebelezik a kórokozókat, majd maguk is elpusztulnak.

Ide tartoznak:

- **granulociták** - a vörös csontvelőben termelődnek, amőboid mozgásra képesek, a védekezés során elpusztulnak és genny jön létre. Nevüket a citoplazmájukban található festékszémcsékről, granulátumokról kapták. Nagyon érzékenyek a limfocitákból és az antigénekből felszabaduló kémiai anyagokra. Kemotaxissal „utaznak” az anyag felszabadulási helyére. Feladatuk a bekebelezés.
- **monociták (makrofágok)** - Ezek is a vörös csontvelőben termelődnek. A szövetekben kiszűrlik az idegen anyagokat, feladatuk felismerni és elpusztítani az adott anyagot. Az anyag lizoszómájába bejutva hidrogén-peroxidot, majd hipoklorid-aniont képez, s ezzel elpusztítja a baktériumot.

HARCRA KÉSZ FALÓSEJT:

A szervezetet védő makrofág (*kékeszöld*) támadásra készül a tuberkulózis közeledő baktériuma (*lila*) ellen.



A falósejtek legtöbbször makrofág (a szó jelentése: „nagyevő”). A vándorló makrofágok fertőzések után nyomoznak, mikrobákkal és sejtörmelékkel táplálkoznak. A helyhez kötött makrofágok szövetekben, például az agyban és a májban lakoznak. A makrofágok után szervezetünk legfontosabb falósejtjei a leggyakoribb fehérvérsejtek, a neutrofil granulociták. Az eozinofil granulociták kevésbé

falánkak, de így is fontos szerepet játszanak a férgek és egyéb élősködők elpusztításában.

A limfociták 5–15 százaléka természetes ölősejt (*Natural Killer=NK sejt*). Az NK sejtek a fagocitákhoz hasonlóan a lépben, a nyirokcsomókban és a vörös csontvelőben fordulnak elő. Nagyon sokféle mikroorganizmust, sőt daganatsejteket is képesek elpusztítani. Azokat a sejteket veszik célba, amelyek felszínén gyanús fehérjéket vesznek észre.

Az NK sejtek szó szerint kilyuggatják a megtámadott mikrobákat. Speciális anyagukkal, a perforinnal lyukat ütnek rajtuk, így a sejt tartalom kifolyik, a mikroba elpusztul. Az NK sejtek olyan anyagokat is kiválasztanak, amelyek programozott sejthalált váltanak ki.

A szerzett immunitásra születésünk után teszünk szert természetes vagy mesterséges úton.

Természetesen szerzett immunitás:

Ha egy kórokozó megfertőz minket, az immunrendszerünk aktiválódik. Ha legyőzi a betegséget, akkor az azt okozó anyagot, illetve az ellene felhasználható antitestet megjegyzi. Így, ha újbóli fertőzés történik az adott anyaggal, már egy felkészült immunrendszerrel találkozik, s a betegség lefolyása szinte tünetmentes lesz.

Mesterségesen szerzett immunitás:

Vannak olyan betegségek, amik kijátsszák az immunrendszer működését, vagy olyan súlyosak, hogy a szervezet képtelen megbirkózni velük. Ilyenkor mesterséges immunitás kialakítása szükséges. Ennek eszköze a védőoltás. A védőoltás során vagy kész antitesteket juttatnak a szervezetbe, vagy legyengített kórokozókat, melyeket az immunrendszer könnyen legyőz; így a betegség tünetmentesen játszódik le, viszont a szervezet megjegyzi a kórokozókat, és később "erős" példányaik ellen is tud védekezni. A kész ellenanyagot akkor használják, amikor az egyén már megfertőződött, de még nem rendelkezik a betegség elleni immunitással. Az ellenanyagot egyszerű és jól bevált módszerrel készítik: az adott immunogénnel megfertőznek egy nagyobb testű állatot, általában szarvasmarhát. Az állatban lejátszódik a védekezés, de nagy tömege miatt nem produkál tüneteket. A védekezési folyamat végén vért vesznek a fertőzött állattól, s ez a vér tartalmazza az ellenanyagot.

Antibiotikumok hatása:

Az **antibiotikumok** olyan gyógyszerek, melyek az állati (illetve emberi) szervezetben megtelepedett baktériumokat elpusztítják (*baktericid hatás*) vagy szaporodásukat gátolják (*bakteriosztatikus hatás*). Ebből kifolyólag bakteriális fertőzések kezelésére vagy megelőzésére használják őket. Eredetileg csak azokat a vegyületeket nevezték antibiotikumoknak, melyeket valamilyen élőlény (gomba, baktérium) termelt, míg a mesterségesen előállított szereket *kemoterapeutikumokként* említették. Ma már minden baktériumellenes gyógyszert antibiotikumnak neveznek, ami téves leegyszerűsítés, az antibiózis fogalmának félreértésén alapul. Joggal nevezhető viszont mindkét csoport *antibakteriális* gyógyszernek.

A passzív védőoltások (például *Tetanus antitoxin, Anti-D*) a szervezet saját védelmi rendszerének "végrehajtó elemeit" mozgósítják, ezzel szemben az antibiotikumok az emberi szervezet segítségével is elpusztítják a rájuk érzékeny kórokozókat (például egy Petri-csészében lévő táptalajon).

A legismertebb antibiotikum a penicillin, a *Penicillium notatum* penészgomba terméke, amelynek baktériumölő hatását Alexander Fleming fedezte fel 1928-ban; bár már korábban is használtak kemoterapeutikumokat a bakteriális fertőzések kezelésére.

Összefoglalva az immunrendszer működése az idegen anyagok ellen az immunválasz, ami a következő:

- behatol a szervezetbe egy **antigén** anyag;
- a **T-limfociták felismerik és beindítják** a védekezési folyamatot;
- a **B-limfociták antitesteket** termelnek;
- az antitestek kapcsolatba lépnek az antigénnel, s **antigén-antitest-komplexet** alkotnak;
- a limfociták hatására felszabaduló anyagokat érzékelő **falósejtek aktiválódnak**;
- a falósejtek **bekebelezik** a képződött komplexet és **elpusztítják** azt;
- a **granulociták elpusztulnak** és **genny** keletkezik;
- a **T-memória** megjegyzi az **antigénre** jellemző tulajdonságokat;
- a **B-memória** megjegyzi az adott antigén elleni **antitestre** jellemző **aminosav sorrendet**.

Antigén

A védekezési folyamatot kiváltó anyagok az antigének, más néven immunogének. Tipikusan erős immunogén hatással rendelkezhetnek:

- a vírusok,
- az idegen sejtek, mint például a baktériumok, szövetek és parazita gombák,
- a nagy molekulák (10.000 g/molnál nagyobb a moláris tömegük), fehérjék, szénhidrátok, és akár lipidek is.

Az antigének felépítésében elsősorban fehérjék, állati, növényi vagy szintetikus eredetű polipeptidek vesznek részt. Erős immunogenitású anyagok a baktériumok toxinjai is. Antigének lehetnek egyes poliszacharidok, mukopoliszacharidok (pl.: a baktériumok sejtfa, vagy tok antigénjei), de más, változatos felépítésű struktúrák (pl.: por, pollen), esetleg elfajult szövetek (daganatsejtek) is. Az antigének jellemzője a specificitás, ezért a tulajdonságért nem a teljes molekula, hanem annak egy kis területén elhelyezkedő ún. antigéndetermináns csoportok (epitopok) a felelősek. A legtöbb antigén több determináns csoporttal is rendelkezik s ezek mindegyike ellenanyag termelést indíthat be. Vannak olyan anyagok, amelyek önmagukban nem váltanak ki immunválaszt (általában kisebb molekulák), de carrier-fehérjéhez (hordozó részhez) kapcsolódva immunogénné válnak. Ez a haptén vagy félantigén.

Az immunaktív szervezet számára három antigéncsoportot különböztetünk meg:

- Autoantigén: mindazok az anyagok, amelyek egyébként a szervezet saját testanyagai, de amelyeket kóros körülmények között az immunrendszer idegenként regisztrál, és ellenük ellenanyagképzést indít meg.
- Izoantigének: azonos faj különböző egyedeinek egymástól eltérő antigénjei.
- Heteroantigének: különböző fajú egyedek antigénhatású anyagai.

Limfociták

A védekezésben a főszerep a limfocitáknak jut. A limfociták a leukociták immunocita csoportjába tartoznak. A vörös csontvelőben termelődnek, de érésük során átkerülnek a nyirokszervekbe, s ott "várják" az aktiválódást. A vérben valójában kevés limfocita található, de a szervezet minden területén vannak. Úgy képzeljük el, mintha a szervezetünk egy ország lenne, a limfociták pedig a védelmező katonák, s a nyirokszervek a bázisaik, állomáshelyük.

A nyirokszervek

A nyirokszerveknél megkülönböztetünk elsődleges és másodlagos nyirokszerveket. Az elsődleges nyirokszerv a csontokban található vörös csontvelő, valamint a csecsemőmirigy, ami a szegycsont alatt helyezkedik el. A vörös csontvelőben jönnek létre a limfociták őssejtjei. A tímusz (csecsemőmirigy) pedig a T-limfociták termeléséért felelős. A másodlagos nyirokszervek: lép, máj, mandulák, nyirokcsomók. Valójában itt válnak antigén-specifikussá a limfociták, s itt történik az idegen anyagok kiszűrése. A limfocitáknak két típusát különböztetjük meg: a T- és a B-limfocitát.

T-limfocita

A vörös csontvelőben termelődő őssejtek egy csoportja a csecsemőmirigybe vándorol, és T-limfocita lesz belőlük (a "T" a tímuszt jelöli). Ezek antigénérzékeny sejtek, amelyek beérésük után lépnek a vérbe, valamint a nyirokrendszerbe. A T-limfocitákat szubpopulációkra lehet osztani, főleg funkcionális tulajdonságuk miatt:

- T-helper (TH) - limfocinokat termel, ezzel elősegítve a többi limfocita érését.
- T-iniciátor (Ti) - érzékeli a prezentált antigént (a monociták a bekebelezett és lebontott kórokozók antigéntermészetű részeit egy speciális hordozófehérjéhez (MHC II) kapcsolva a saját felszínükre kihelyezik), és beindítja az immunválaszt.
- T-suppressor (Ts) - az immuntoleranciáért felelős, bizonyos idő eltelte után gátolja az immunválaszt.
- T-cytotoxicus (Tc) - aktiválódás után képes a sejtes antigént felismerni és elpusztítani.
- T-killer (TK, NK) – a működésükhöz nincs szükség a prezentált antigénekre. Az olyan sejteket támadják meg, amelyek felszínéről hiányoznak az I. osztályú hisztokompatibilitási fehérjék.
- T-memória (TM) - hosszú életidejű limfociták. Ha a szervezet már megküzdött egy adott fertőzéssel, annak antigénjét prezentálni tudják azt az immunitásban résztvevőknek. *(A T-limfocita felelős a szerv beültetését követően annak esetleges kilökődéséért is.)*

B-limfocita

A nyiroksejtek másik csoportja, amely a bél mentén található nyirokcsomókba és szervekbe vándorolva alakul át B-limfocitákká. Azonban míg a T-limfociták hatásukat közvetlenül fejtik ki (enzimekkel felbontják az antigént), addig a B-limfociták védekezése nem közvetlen. Visszakerülnek a nyirokszervekbe és ott másolódnak. A keletkezett sejtek citoplazmáján belül olyan endoplazmatikus háló jön létre, ami antitesteket fog termelni. A B-limfocitáknak is vannak szubpopulációi:

- B-iniciátor (Bi) - feladata az antigén felismerése és az antitest termelése.
- B-memória (BM) - ezek nem vesznek részt nagy mennyiségű antitesttermelésben, hanem megjegyzik az antitestre jellemző aminosavcsoport-sorrendet. A működésük megegyezik a T-memória sejtével, csak nem az antigénre emlékeznek, hanem az adott antigén ellenanyagára (antitestére).

Antitest

Az antigének ellen a már említett B-limfociták termelnek ellenanyagot. Az antitestek vagy immunglobulinok összekapcsolódnak az antigénnel, és antigén-antitest komplexet alkotnak. Az ellenanyagok kémiaiilag glikoproteinek, melyek 4 polipeptid láncból épülnek fel. A láncok pedig diszulfidhidakkal kapcsolódnak egymáshoz (-S-S-). Az antitesteknek 5 típusát különböztetjük meg:

- IgG - Az újszülöttet IgG-típusú immunglobulinok védik a mikroorganizmusoktól élete első heteiben. Antibakteriális és antivirális hatású. Ide tartoznak az antitoxinok.
- IgA - a nyál, a könny, az orrváladék, a légúti váladék illetve a gyomor- és bélrendszer váladékának az ellenanyaga.
- IgM - Immunológiai aktivitása nagy, mert felületén számos antigénkötőhely található.
- IgD - A legkisebb mennyiségben termelődő immunglobulin. Szerepe egyelőre nem ismert.
- IgE - allergénnel kapcsolódva allergiás reakciót okoz: az általa aktivált anyagokból ilyenkor különböző mediátorok szabadulnak fel, amelyek a tüneteket okozzák.

Immunrendszeri betegségek

- **Autoimmun betegség:**

Ilyen esetben az immunrendszer saját struktúrákkal szemben kialakult toleranciája megszűnik, különböző okok miatt a szervezet anyagait tekinti idegennek, és a saját sejteket, szerveket támadja meg. Ezek a folyamatok vezetnek az ún. autoimmun betegségek kialakulásához. Egyik ilyen kórkép, a sclerosis multiplex esetében az idegrostokat védő fehérje(*myelin*)-hüvely károsodik a saját anyagokat megtámadó T-limfociták, makrofágok, ellenanyag-molekulák és a komplementrendszer működése következtében.

- **Súlyos immunhiányos állapotok:**

Az immunhiányos betegségek lehetnek kombinált eredetűek (veleszületett + káros környezeti hatások), de hátterük rendszerint már gyermekkorban kiderül. Nemritkán kerül miattuk csontvelő-átültetésre sor. A probléma megnyilvánulhat gyakori, visszatérő fertőzésekben (arcüreg-, tüdőgyulladás). Ilyenkor kb. havonta immunglobulin-infúziós kezelésben részesül a

beteg, s így megelőzhető a potenciálisan életveszélyes fertőzések jelentkezése. Világszerte rendkívül elterjedt egy másik immunhiányos betegség, az AIDS (szerzett immunhiányos tünetegyüttes) melyet a HIV (human immunodeficientia virus) okoz. Jelenleg még nem tudjuk sikeresen gyógyítani.

- **Immunrendszeri túlérzékenység:**

Az immunrendszer fokozott (és „kisiklott”) működése okozza az allergiás reakciók kialakulását. Az allergia kialakulásában az adott egyén genetikai adottságai mellett a környezeti tényezők és az immunrendszer szabályozó működésének zavarai is szerepet játszanak. Az allergiás reakció kulcsszereplői a vérben található basophil leukociták és az elszórtan a test minden részében jelen lévő úgynevezett hízósejtek, valamint az allergén hatására termelődő jellegzetes IgE-típusú ellenanyag molekulák. Az allergén hatására az IgE ellenanyag közvetítésével aktiválódnak a sejtek, ami az allergiás reakció jellemző tüneteit okozó anyagok kiszabadulását eredményezi a sejtekből.

Fogalmak

- *immunitás*: a szervezet olyan válaszképessége valamely kórokozóval vagy toxinnal szemben, amely azt a károsodástól megvédeni képes
- *antigén* vagy *immunogén*: idegen anyag, olyan idegen szerves molekula mely a szervezetben immunválaszt vált ki
- *antitest* vagy *ellenanyag*: a szervezet által termelt molekula (immunglobulin, Ig), mely specifikusan képes kötődni antigén(ek) bizonyos jellegzetes részeihez
- *epitóp*: az antigén-molekula azon része, melyhez az antitest kötődik
- *keresztreakció*: az a jelenség, amikor egy antitest több különböző antigénhez képes kötődni (vagyis nem teljesen specifikus); keresztreakció okoz egyes immunológiai mechanizmusú betegségeket, például a reumás lázat

FELHASZNÁLT IRODALOM:

- <http://www.ng.hu/Tudomany/2016/03/09/Gyilkos-sejtek>
- <https://hu.wikipedia.org/wiki/Immunrendszer>