

ERDEI ANNA

Hogyan véd és mikor árt immunrendszerünk?



*Erdei Anna
immunológus
egyetemi tanár*

1951-ben született. Az ELTE Természettudományi Karának biológia-kémia szakán végzett 1974-ben. 1984-ben a biológiai tudomány kandidátusa, 1992-ben akadémiai doktora lett.

Pályáját az ELTE Immunológiai Tanszékén kezdte, 1993-tól tanszékvezető egyetemi tanár. Az évek során vendégkutató, illetve vendégprofesszor volt az oxfordi egyetemen, a bázeli Immunológiai Intézetben, a berlini Robert Koch Intézetben és az izraeli Weizmann Intézetben; 2002-től állandó vendégprofesszor az innsbrucki egyetemen. Számos tudományos tisztségben visel tisztséget, többek között elnöke az MTA Általános Immunológiai Bizottságának (1997–2002-ig), a Magyar Immunológiai Társaságnak (1995–1998); az ELTE TTK Biológiai Doktori Iskola vezetője, a European Federation of Immunological Societies főtiktára.

Főbb kutatási területe: az immunválasz kialakulásának mechanizmusa, a természetes immunitás szerepe és az adaptív immunitással való kapcsolódása, az immunfolyamatok szabályozása.

Az immunrendszer legfontosabb szerepe, hogy védelmet nyújt a különböző kórokozók – vírusok, baktériumok, gombák, paraziták – ellen. E bonyolult biológiai folyamatokban számos vér- és nyiroksejt, illetve molekula vesz részt, melyek között az immunreakciók során többrétű és többirányú kapcsolat alakul ki. Az így létrejövő immunválasz vezet a szervezet számára idegen és káros anyag elpusztításához. Bizonyos környezeti, öröklött és egyéb tényezők hatására azonban az immunrendszer működése károsodhat, és ilyenkor – például túlzott működése vagy a test saját anyagai ellen megindított reakciója – a szervezetre ártalmas is lehet.

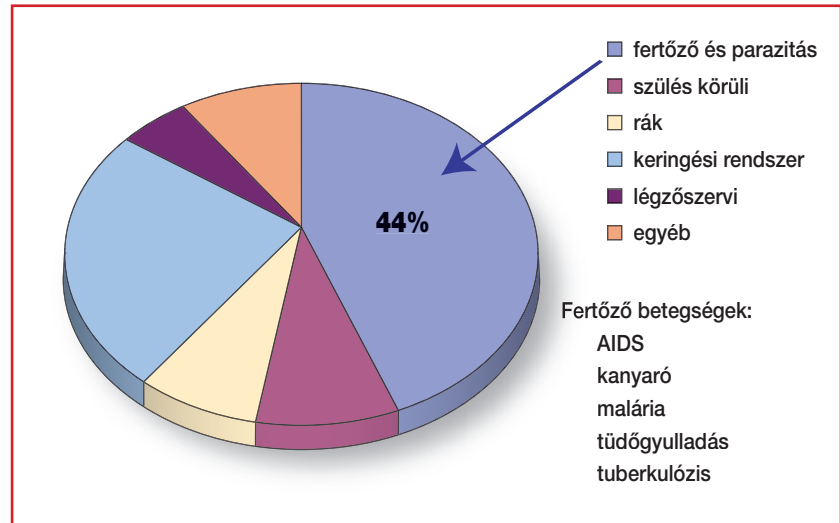
Az immunrendszer feladata

Az egészséges emberek valószínűleg csupán az ún. „immunrendszert erősítő” szerek hirdetéseiből értesülnek róla, milyen fontos immunrendszerünk kielégítő működése. Ilyenkor elsősorban a különböző kórokozók leküzdésének fontosságára gondolnak: arra, hogy szervezetük minél gyorsabban és hatékonyabban megszabaduljon a betegséget okozó baktériumtól, vírustól,



gombától vagy a különböző parazitáktól. Sajnos a halálozási okok között – a Föld teljes népességére vonatkoztatva – első helyen a különböző kórokozók által előidézett fertőző megbetegedések állnak.

*Halálozási okok statisztikája,
WHO 1998*



Gyulladás:

szöveti sérülés, trauma vagy fertőzés után a gazdaszervezetben a szöveti ártalom elszigetelése, a fertőző ágens elpusztítása és a szöveti károsodások helyreállítása érdekében meginduló biológiai eseménysorozat.

Természetes immunitás (veleszületett immunitás):

alacsonyabb és magasabb rendű fajok nem adaptív védekezőképessége, amely a szervezetbe jutó idegen anyag hatására azonnal működik. A folyamat során immunológiai memória nem alakul ki. Gerincesekben a természetes immunitás a szerzett immunitással összefonódva biztosítja az immunrendszer hatékony működését.

Dendritikus sejtek (Dendritic Cells – DC):

csontvelői előalakból származó nyúlványos sejtek, melyek a fajlagos immunválasz indukálásában játszanak fontos szerepet. Az idegen anyagok, kórokozók felvétele után a nyirokcsomókba, illetve a lépbe vándorolnak, ahol a feldolgozott antigént a T-limfociták számára mutatják be.

Az immunrendszer legfőbb feladata szervezetünk védelme és integritásának biztosítása. Mindez bonyolult folyamatok révén valósul meg, melyek során számos sejtféleség és különböző molekulák kölcsönhatása alakítja ki a megfelelő immunválaszt.

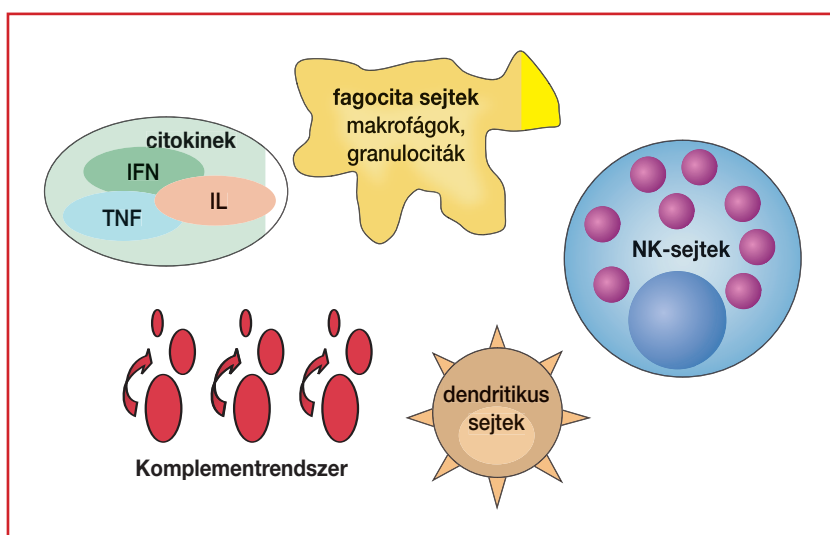
Tudjuk jól, hogy testünk számos pontján érhet „támadás” bennünket: sok vírus cseppfertőzéssel, a légzőrendszer útján, bizonyos betegségeket okozó baktériumok a táplálékkal jutnak a szervezetbe, más kórokozók pedig sérülések kapcsán – például a bőrön át behatolva – fejtik ki káros hatásukat. Mindezek alapján nyilvánvaló: ahhoz, hogy az immunrendszer kellő hatékonysággal és gyorsasággal tudja felvenni a harcot az idegen behatolók ellen, az egész testet behálózó és ellenőrző „hadsereget” kell működtetnie. E „hadsereg” katonái szervezetünk szinte bármelyik pontján harcra készen állnak, és képesek az idegen behatoló felismerésére. A katonai hasonlatot folytatva azt mondhatjuk, hogy különböző feladatra szakosodott, más és más „fegyverrel” felszerelt egységek veszik fel a küzdelmet a kórokozók különböző fajtái ellen – így a vírusok, a baktériumok, a különböző gombák és paraziták ellen. Erre azért van szükség, mert a kórokozóknak is eltérő, nagyon változatos eszközeik, és kifinomult, ravasz módszereik vannak a gazdaszervezet károsítására, fertőzésére és az élősködésre. Nagyon fontos tehát, hogy megfelelő gyorsasággal és a megfelelő helyen alakuljon ki a válaszreakció.

Természetes immunitás

Az élővilág evolúciója során számos olyan mechanizmus alakult ki, amely az idegen behatolók nagyon gyors elpusztítását vagy hatástalanítását biztosítja, így akadályozza meg a kórokozó elterjedését, illetve nagymértékű el-

szaporodását a megtámadott szervezetben. Ismerve a káros mikrobák gyors szaporodási ütemét (például sok baktérium tömege húszpercenként megduplázódhat – persze ez a ráta függ a környezeti tényezőktől is: a hőmérséklettől, a különböző tápanyagok jelenlététől, illetve hiányától stb.), a hatékony azonnali reakció a gazdaszervezet túlélése szempontjából alapvető fontosságú.

A kórokozó mikrobák (patogének) azonnali elpusztításában döntő szerepe van az ún. **természetes** vagy **veleszületett immunrendszernek**, amely a szervezetbe jutó kórokozót rögtön felismeri és elpusztítja. Ennek köszönhető, hogy sokszor észre sem vesszük a káros mikrobák támadását. A szervezet minden pontján állandóan készenlétben álló természetes immunrendszer komponensei: a különböző falósejtek (*makrofágok, granulociták*), a nyúlványos **dendritikus sejtek**, az ún. *természetes ölüsejtek* (*natural killer; NK*), valamint a különböző testnedvekben jelen lévő **komplementrendszer**.



Komplementrendszer:

a vérben (testnedvekben) inaktív állapotban jelen lévő, aktiválás hatására egymással láncreakcióban reagáló fehérjekomponensek összessége. Fontos szerepet játszik a természetes immunitásban, de részt vesz az adaptív immunvédekezés effektorfázisában és különböző szabályozó folyamataiban is.

A természetes immunrendszer elemei



Ép, és komplement által elpusztított *E. coli* baktérium

A testben mindenütt előforduló falósejtek bekebelezik és lebontják az „útjukba kerülő” idegen anyagot, kórokozót, míg a természetes ölüsejtek a test szinte bármely pontján képesek megfelelő jelfogóik (*receptoraik*) segítségével felismerni, és ezt követően elpusztítani a gazdaszervezet vírussal fertőzött vagy daganatsejtjeit. A legtöbb gazdaszervezet számára idegen anyag szinte azonnal aktiválja az enzimaktivitású fehérjékből álló komplementrendszert. E folyamat eredményeként apró lyukak keletkeznek a vírusok vagy baktériumok felszínén, és ez a kórokozó oldódás (*lízis*) útján történő pusztulásához vezet.

Az immunrendszer evolúciójával kapcsolatos kutatások eredményeként ma már tudjuk, hogy az alacsonyabb rendű állatfajok, sőt a növények is rendelkeznek a természetes immunrendszer egyes eszközeivel. Ismert, hogy a rovarokban, a puhatestűekben, a szivacsokban, a csalánozóknak is léteznek olyan sejtek és molekulák, amelyek elpusztítják, illetve elszigetelik a kórokozókat, továbbá olyan mechanizmusok is működnek, amelyek segítségével ezek a fajok is képesek arra, hogy megkülönböztessék és megvédjék saját struktúráikat az idegentől. Az evolúció során tehát a természetes im-



Adaptív immunitás (szerzett, fajlagos immunitás):

a szervezet fajlagos védekezőképessége, melyet egy adott antigén indukál. Az antigénspecifikus limfociták klónszelekció alapján választ adnak az adott antigénre. A folyamat során immunológiai memória alakul ki.

munitás először az alacsonyabb rendű szervezetekben jelent meg, de szerepe a később kifejlődő, magasabb rendű szervezetekben is igen jelentős. A gerinces fajok megjelenésével egy időben pedig – a természetes immunrendszerre épülve – kialakult az adaptív immunrendszer.

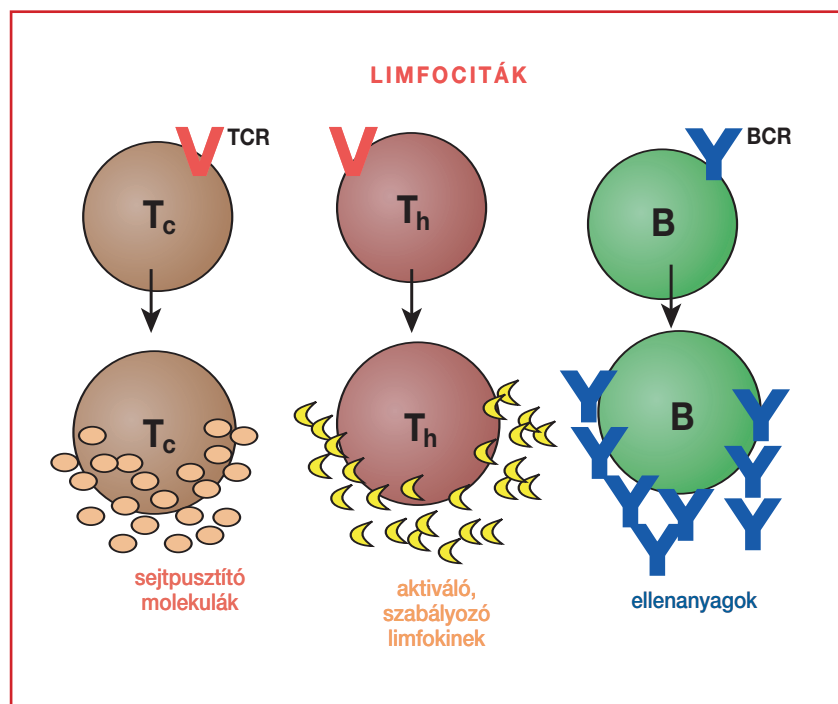
Adaptív immunitás

Mi történik akkor, amikor valaki ránk tüszent a villamoson, és a beszívott levegővel, cseppfertőzés útján influenzavírusok jutnak a tüdőnkbe? Tapasztalatból tudjuk, hogy nem minden esetben betegszünk meg egy ilyen „találkozás” után. Ez annak köszönhető, hogy a korábban ismertetett, állandóan készenlétben álló sejtek és molekulák megakadályozzák a vírus nagymértékű elszaporodását, megátolják a betegség kialakulását.

Vannak azonban esetek, amikor a szervezetünkbe jutó kórokozó hatására másnapra-harmadnapra belázasodunk, és kialakulnak az influenzavírus okozta tünetek. Ennek leggyakoribb oka, hogy olyan nagy mennyiségű vírus jut a szervezetünkbe, amelynek leküzdésére a természetes immunrendszer elemei már nem képesek. Ekkor válik szükségessé a jóval bonyolultabb, de nagyon hatékony rendszer, az ún. **adaptív** vagy **szerzett immunrendszer** aktiválása.

A korábban számunkra észrevétlenül működő immunrendszerünk ilyenkor érzékelhetővé válik, fájdalmas nyirokcsomó-duzzanat, levertség, láz figyelmeztet létezésére. A már említett dendritikus sejtek és a makrofágok bekebelezik a kórokozókat, enzimeikkel lebontják, és ezt követően azok jellemző molekuláris részeit, fehérjészekaszeit bemutatják („prezentál-

Az adaptív immunrendszer elemei



ják”) az adaptív immunrendszernek. Ez utóbbi kulcsszereplői a nyiroksejtek, melyeknek két fő típusa ismert: az ún. T- és B-limfociták.

Ezek a nyiroksejtek milliárdnyi, azaz: 1 000 000 000 különféle célpont felismerésére képes jelfogót (*receptort*) tudnak elkészíteni. Ez a hatalmas készlet, ez a „fegyverezény” nem csupán a környezetünkben hasonlóan nagy számban előforduló kórokozó felismerését teszi lehetővé. Az immunrendszer fantasztikus képlékenységét bizonyítja, hogy ez a repertoár olyan struktúrákat is képes felismerni, amelyek elő sem fordulnak természetes környezetünkben – ilyenek például a különböző, mesterséges úton előállított (szintetikus) anyagok. A kutatók nagyon sokáig nem találtak magyarázatot arra, hogyan alakulhat ki az immunrendszernek ez a „mindent felismerő” képessége. Nem véletlen tehát, hogy a 20. század közepétől az immunológiai vonatkozású Nobel-díjak többségét e sokféleség eredetének feltárásáért és az immunológiai felismerés molekuláris mechanizmusának megismeréséért adományozták.

A milliárdnyi idegen anyag felismerésére képes limfocitakészlet kialakulása

Az adaptív immunrendszer a gerinces fajokban alakult ki, ugyanis csak ezekben a szervezetekben jöhetett létre a nagyszámú idegen anyag felismerését biztosító limfocitakészlet. Az evolúció során a halak kifejlődésével egy időben jelentek meg a limfociták, amelyek felszínén olyan, több fehérjeláncból álló jelfogó molekulák vannak, amelyek felismerik a legkülönbözőbb idegen struktúrákat, az ún. **antigén**eket. Ezt a képességet az biztosítja, hogy a milliárdos nagyságrendben keletkező *limfocitaklonokon* megjelenő receptorok más és más struktúra felismerésére képesek, vagyis *különböző a fajlagosságuk*.

A sokféleség kialakulásának alapjait – azokat az elegáns genetikai mechanizmusokat, amelyek ezt létrehozzák – a 20. század utolsó negyedében fedték fel. Kiderült, hogy a receptorláncokat kódoló gének a csírvonalban találhatóak (vagyis abban a genetikai állományban, mely az ivarsejtekkel nemzedékről nemzedékre továbbadódik). Kiderült továbbá az is, hogy az antigénkötésért felelős ún. *variábilis* részeket számos génszegmentum kódolja, amelyek véletlenszerűen átrendeződnek (*rekombinálódnak*) a limfociták egyedfejlődése során.

(Ma már tudjuk, hogy az embernek „mindössze” harminc-negyvenezer génje van; ebből következik, hogy a milliárdnyi variábilis fehérjeszekvenciát nem kódolódhatják a csírvonal génjei, hiszen ehhez egy sokkal nagyobb méretű genomra lenne szükség.) A limfociták antigénkötő receptorának variabilitását elsősorban ezek az ún. *szomatikus géntrendezőési* folyamatok biztosítják. Így például a B-limfociták aktiválódása eredménye-

Antigén:

az érett immunrendszer T- és B-limfocitái által felismert struktúrák gyűjtőneve. A kifejezést a magyar Detre László alkotta az *antisomatogen* (ellenanyag-termelést kiváltó) szó rövidített formájaként.

Immunkomplex:

az antigén és ellenanyag kölcsönhatásának eredményeképpen képződő (esetleg komplexmentfehérjét is tartalmazó) makromolekuláris komplex.



Az ellenanyag-molekulák sokféleségének genetikai alapja

Ellenanyag (antitest):

antigén hatására B-sejtekben, illetve plazmasejtekben termelődő, az adott antigénnel fajszerűen kapcsolódó immunglobulin (Ig). Négy fehérjeláncból álló, ellenanyag-aktivitását molekulák. Membránhoz kötött formájuk a B-sejt receptor antigénfelismerő egysége. Emberekben az alábbi típusait különböztetjük meg: IgA, IgE, IgG, IgM és IgD.

B-sejt:

antigénfelismerő B-sejt receptort (BCR) hordozó limfocita, mely aktiválása után ellenanyagtermelő plazmasejtté alakul.

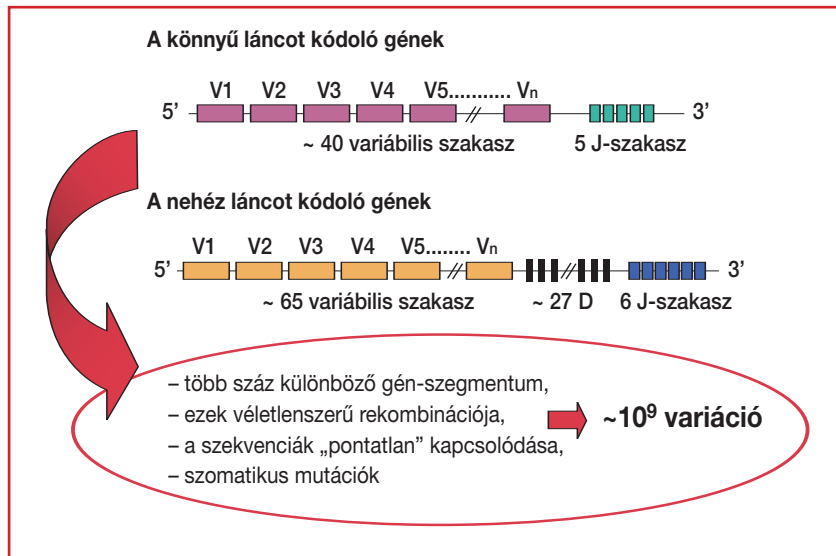
T-sejt:

antigénfelismerő T-sejt receptort (TCR) hordozó limfocita, melynek két alpopulációját a segítő (helper, Th) és a citotoxikus (Tc) sejtek alkotják. A Th-sejtek más sejtek működését szabályozó citokineket termelnek, míg a Tc-sejtek – aktiválás után – vírussal fertőzött és daganatsejtek pusztítására képesek.

Klón:

egy adott sejtől ivartalan szaporodással származó sejtek populációja.

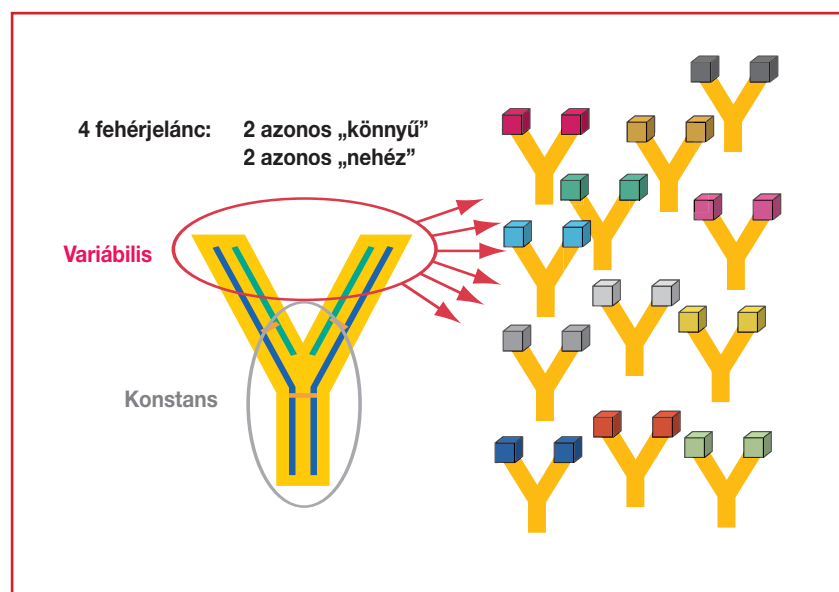
Az ellenanyag-molekula felépítése



ként keletkező, négy polipeptid-láncból felépülő **ellenanyag**-molekulák variábilis szakaszainak változatossága milliárdnyi különböző anyag felismerését teszi lehetővé.

Hangsúlyoznunk kell, hogy az antigén-felismerő receptorok kialakulása kizárólag a limfocitákban, azok fejlődésének egy bizonyos szakaszában zajlik le; **B-sejtek** esetében a csontvelőben, **T-sejtek** esetében a másik központi nyirokszervben, a csecsemőmirigyben (*timuszban*).

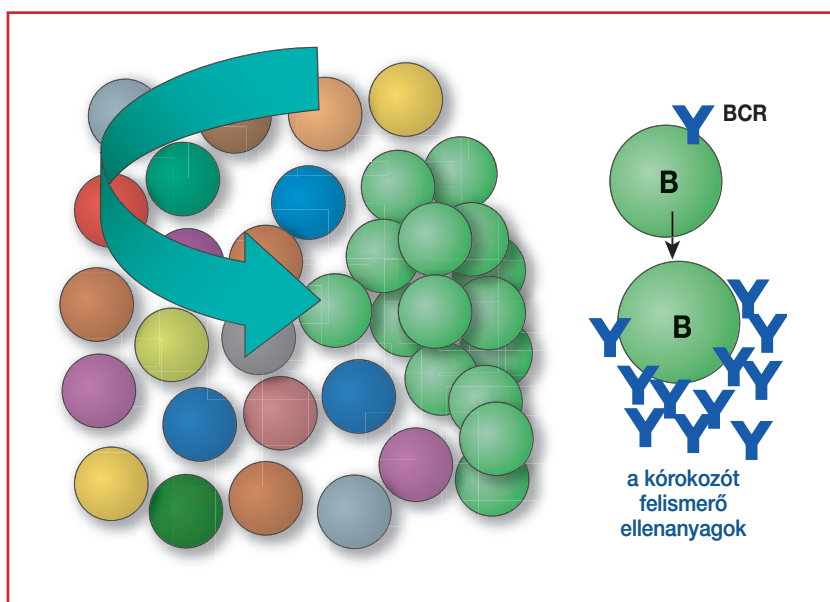
Bár antigén-dús környezetben élünk, nyilvánvaló, hogy a nagyméretű limfocitakészlet jelentős része „használatlan” marad, vagyis a sejtek többsége nem találkozik a „neki megfelelő” antigénnel. Ezek a sejtek egy-két hétig keringenek a szervezetben, azután elpusztulnak. Mivel az immunrendszernek biztosítani kell az állandó védelmet – hiszen ez a feladata –, a repertoár mérete nem változhat. Ezért immunrendszerünk nap mint nap előállítja a szükséges készletet.



Találkozás a kórokozóval – a pozitív klónszelekció

Ha kórokozó kerül a szervezetbe, akkor az adott patogént fajlagosan felismerő limfocitaklónok (csupán néhány a milliárdból) felismerik az idegen anyagot, és aktiválódnak. Ez az ún. **pozitív klónszelekció** folyamata.

Ennek eredményeként ellenanyagot (immunglobulint, rövidítve: Ig) termelő sejtek, citotoxikus aktivitású vagy más, az immunválasz során fontos molekulákat (ún. **citokineket**) termelő limfociták alakulnak ki, amelyek mind közreműködnek a kórokozó eltávolításában.



Klónszelekció:

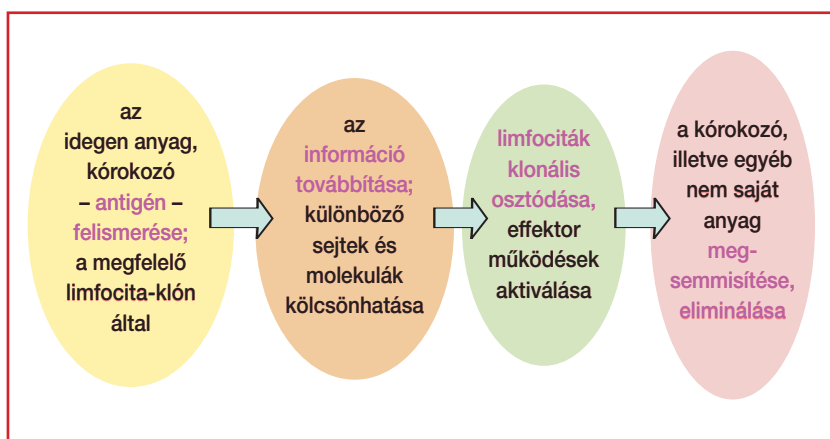
a szervezetbe jutó antigének a milliárdnyi, különböző antigénfelismerő receptort hordozó T- és B-limfocita klón közül azt választják ki, amelyek a megfelelő fajlagosságú receptorral rendelkeznek. Ezt a folyamatot a szervezet limfocitáinak állandó „örjárata” teszi lehetővé.

Citokinek:

az immunrendszer sejtjei által (de más sejtek által is) termelt, nem ellenanyag-természetű molekulák, melyek különböző sejtek osztódását, differenciálódását, valamint számos funkcióját befolyásolják. Receptorhoz kötődve fejtik ki hatásukat (pl. interferonok: IFN, interleukinok: IL).

Az antigén-specifikus B-sejt klónszelekciójának eredménye: specifikus ellenanyag termelődése

Az adaptív immunválasz egyik fontos jellemzője tehát a nagyfokú fajlagosság (ezt a nagyméretű receptorkészlet biztosítja), a másik pedig az, hogy a szelekció során kiválasztott klónokból hosszú életű *memóriasejtek* is keletkeznek. Ez a mechanizmus biztosítja, hogy a kórokozó ismételt támadása



Az adaptív immunválasz kialakulásának lépései



Immunszérum (antiszérum, immunsavó):

fajlagos ellenanyago(ka)t tartalmazó vérsavó.

Immunizálás, immunizáció:

immunitást eredményező folyamat kiváltása; például fertőző betegségekkel szembeni védettség kialakítása védőoltás segítségével.

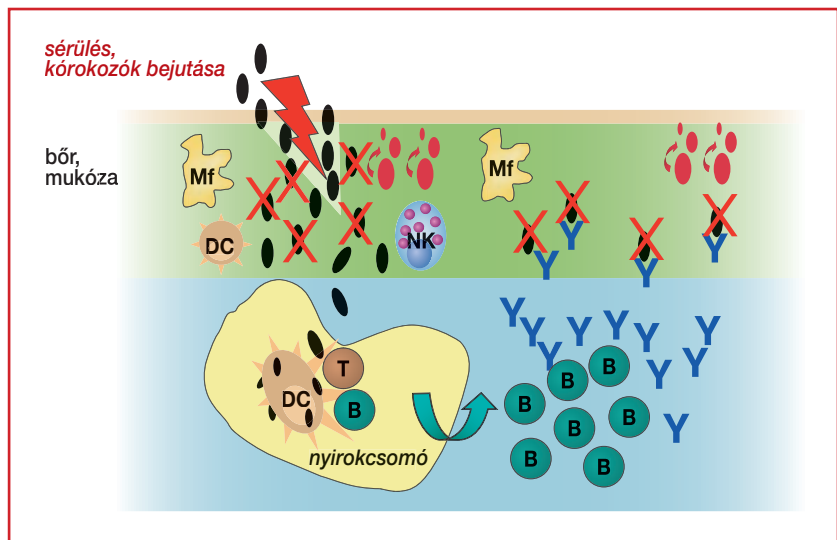
Passzív immunitás:

nem antigénnel, hanem egy, már immunizált egyed ellenanyagainak (szérumának) és/vagy immunológiailag kompetens sejteinek a recipiens szervezetbe juttatása által kiváltott immunitás.

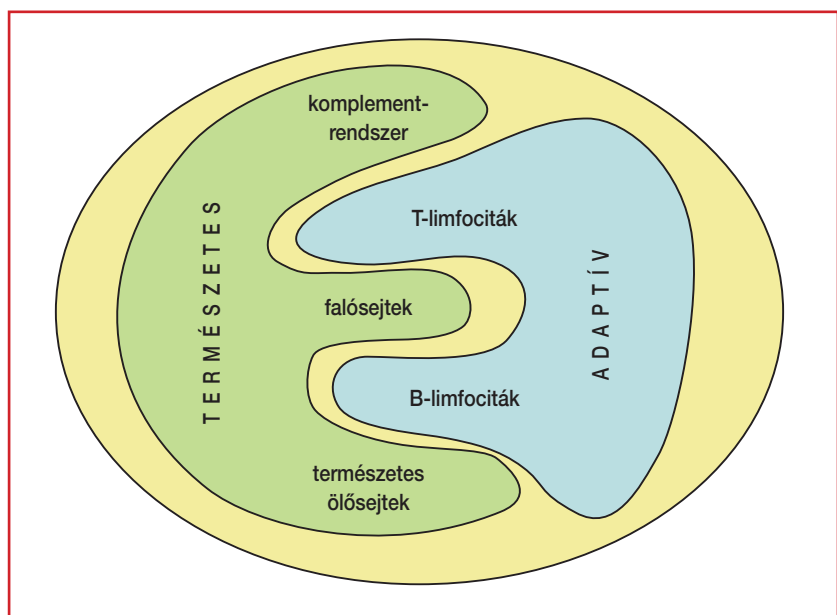
esetén szervezetünk gyors és hatékony immunválaszt alakít ki. Gondoljunk például a gyermekkorban kapott védőoltásokra, amelyek egész életre szóló védelmet nyújtanak.

A természetes és az adaptív immunrendszer egymásra épülése

Hangsúlyoznunk kell, hogy a limfociták aktiválódása nem jöhet létre a természetes immunitás résztvevői, vagyis a szervezetbe jutó idegen anyagot azonnal bekebelező és feldolgozó makrofágok és dendritikus sejtek segítségével nélkül. Ezek a sejtek „mutatják be” a kórokozók bizonyos részeit a



A szervezetbe jutó kórokozó „sorsa”



Az egyensúlyban levő immunrendszer

limfocitáknak, vagyis közvetítik az idegenről szóló információt az adaptív immunrendszer számára. A különböző sejtek kölcsönhatása az ún. másodlagos nyirokszervekben – például a nyirokcsomókban, mandulákban – zajlik le. Ennek a folyamatnak az eredménye a fajlagos ellenanyag-molekulák nagy mennyiségű termelése, amelyek a szervezetet megtámadó kórokozóhoz kötődnek. Ez azért fontos, mert az így „megjelölt” vírust vagy baktériumot könnyen elpusztítják a természetes immunrendszer elemei: az aktiválódó komplement-láncreakció és a falósejtek.

Szervezetünk immunológiai egyensúlyát tehát a természetes és az adaptív immunrendszer összefonódó, egymást kiegészítő működése biztosítja, melyben oldékony (*humorális*) és sejtjes (*celluláris*) tényezők egyaránt részt vesznek.

Az immunrendszer kisiklása: kóros immunfolyamatok kialakulása

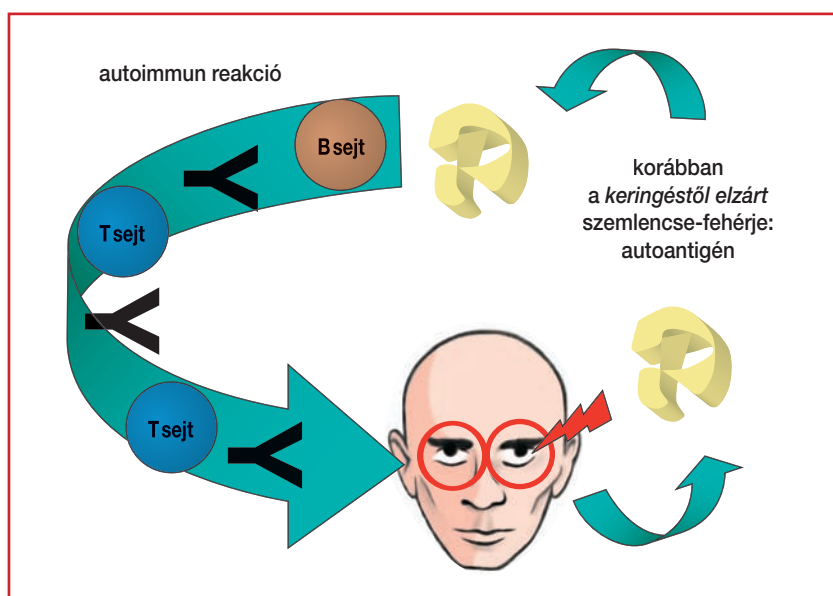
Talán az eddigiekből is jól látszik, hogy mennyire bonyolult immunrendszerünk működése, és érthető, hogy kisiklása kóros folyamatok kialakulásához vezethet. Ilyen eset például, amikor az immunrendszernek a saját struktúrákkal szemben kialakult toleranciája megszűnik, különböző okok miatt a szervezet anyagait tekinti idegennek, és a saját sejteket, szerveket támadja meg. Ezek a folyamatok vezetnek az ún. *autoimmun betegségek* kialakulásához, amelyek a lakosság hat-hét százalékát érintik. A szervezet alkotóelemei ellen irányuló immunreakciók többnyire ugyanúgy zajlanak le, mint amikor káros anyag – például kórokozó mikroba – leküzdése a cél. Az autoantigének azonban nem távolíthatók el, ennek következtében a folyamatos „támadások” a sejtek, a szövetek roncsolásához vezetnek.



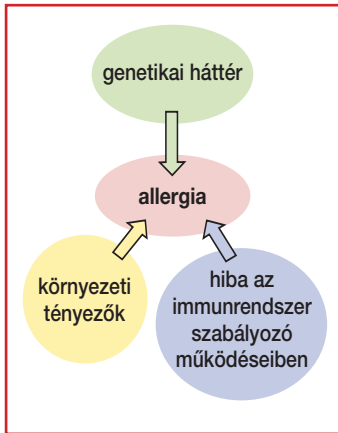
Védőoltás a 19. században

Autoimmunitás:

a szervezet saját struktúrái ellen irányuló immunfolyamat.



A sympathias ophthalmia kialakulása



Az allergia multifaktorális betegség

Allergia:

a gazdaszervezet immunrendszerének megváltozott reakcióképessége egy adott allergénnel való második (vagy többszöri) találkozás következtében.

Allergén:

allergiás (azonnali hiperszenzitív) reakciót kiváltó, fertőzést nem okozó antigén.

Hisztamin:

hízósejtek és bazofil granulociták granulumaiban található kis molekula, amely a sejtek aktivációját követően felszabadulva helyi értágulatot, a simaizmok összehúzódását, allergiás/anafilaxiás reakciót vált ki.

Allergének

Az egyik ilyen kórkép – a *sclerosis multiplex* – esetében az idegrostokat védő fehérje- (*mielin*-)hüvely károsodik a saját anyagot megtámadó T-limfociták, makrofágok, ellenanyag-molekulák és a komplementrendszer működése folytán.

Az ún. *sympathiás ophthalmia* esetében az egyik szemet ért sérülés következtében a keringésbe jutott szemlencse-fehérje tölti be az autoantigén szerepét. Ez a molekula az egészséges egyénben a keringési rendszertől elzártan található – és ezért az immunrendszerrel korábban nem találkozhatott. Így – ellentétben a szervezet többi anyagával, amit az immunrendszer sajátjának fogad el és nem támad meg – nem alakulhat ki tolerancia ezzel a fehérjével szemben. A sérülés következtében létrejövő immunválasz során a saját fehérje ellen termelődő ellenanyag károsítja az ép szemet is.

Az immunrendszer túlzott működése okozza az *allergiás reakciók* kialakulását. Ma már népbetegségnek is nevezhetjük ezt a túlérzékenységi reakciót, mert minden ötödik embert érint. Az **allergia** kialakulásában az adott egyén genetikai adottságai mellett a környezeti tényezők és az immunrendszer szabályozó működésének zavarai is szerepet játszanak.

Az azonnal kialakuló túlérzékenységi reakciót kiváltó anyagok legtöbbször növényi vagy állati eredetűek.

A reakció létrejöttében kulcsszerepet játszanak a vérben található *bazofil leukociták* és az elszórtan, de a test minden részében jelen levő ún. *hízósejtek*, valamint az **allergén** hatására termelődő jellegzetes ellenanyag-molekulák (IgE típusúak). Az allergén hatására – az IgE ellenanyag közvetítésével – a sejtek aktiválódnak, ennek következtében az allergiás reakció jellemző tüneteit okozó anyagok (*mediátorok*) kiszabadulnak a sejtekből.

Ezek az anyagok – köztük például a széles körben ismert **hisztamin** – okozzák az allergiás reakció jól ismert és kellemetlen tüneteit: viszketés, tüsszögés, ödémás duzzanat, fokozott mirigyelválasztás stb. A reakció kialakulásának megakadályozására elvileg több lehetőség is kínálkozik: (a) az allergén elkerülése – ha lehetséges (ez a leghatékonyabb módszer); (b) az al-



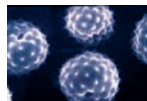
Házipor-atka



Pollenek



Mogyoró



Parlagfű

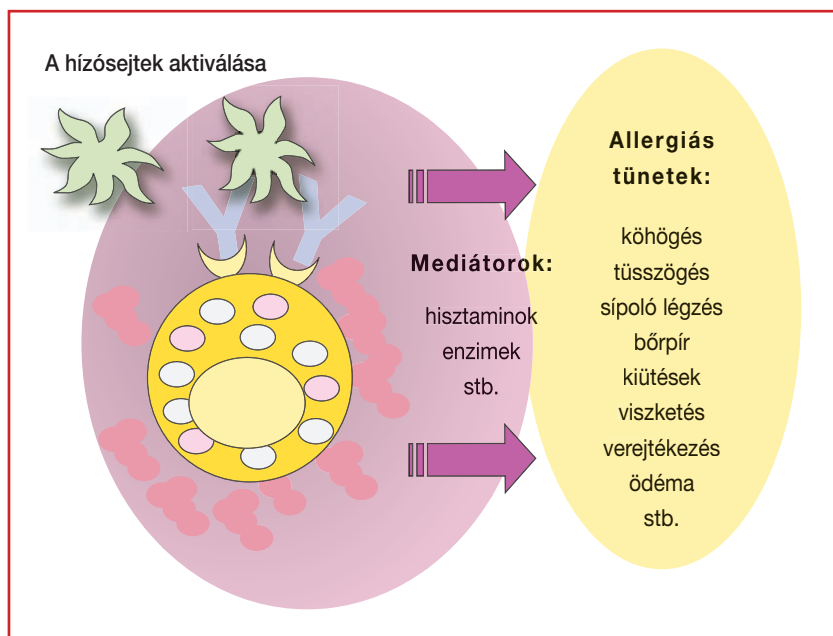


Pázsitfű



Állati szőrök





Az allergiás reakció kialakulása

lergénre specifikus IgE-termelésének gátlása; (c) a sejtek aktiválásának megakadályozása; (d) a már felszabadult mediátor anyagok hatásának gátlása.

Világszerte számos intézetben foglalkoznak allergiaellenes szerek fejlesztésével. Az ELTE TTK Immunológiai Tanszékén a hízósejtek aktiválódásának gátlását olyan kis molekulák alkalmazásával kísérjük meg, amelyek az IgE-t megkötő receptorkomplex egyik láncához kötődve csökkentik a sejtek aktiválását és a granulomok kiürülését.

Összefoglalva tehát elmondható, hogy az immunrendszer hatékony működését szervezetünkben a helyüket állandóan változtatató vér- és nyiroksejtek, valamint a különböző molekulák között kialakuló többrétű és többirányú kapcsolat biztosítja. Az immunrendszer a nem sajátként felismert anyagokat (köztük elsősorban vírusokat, baktériumokat, gombákat) különböző pusztító mechanizmusok révén teszi ártalmatlanná, miközben immunológiai memória is kialakul az adott kórokozó ellen. Ennek a sok szinten szabályozott működésnek a kisiklása különböző (például genetikai vagy környezeti) tényezők hatására kóros folyamatok kialakulásához vezet, melyek közül leggyakoribbak az autoimmun folyamatok és az allergiás reakciók.



Lehetőségek az allergiás reakció kialakulásának gátlására



Ajánlott irodalom

- Bajtay Zsuzsa*: A limfociták. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 14. sz.
- Bajtay Zsuzsa*: Az immunrendszer szervei. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 11. sz.
- Bajtay Zsuzsa*: Járulékos sejtek. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 12. sz.
- Erdei Anna*: A komplementrendszer. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 21. sz.
- Erdei Anna*: A komplementrendszer. *Természet Világa*, 123. (1992) 11. sz.
- Erdei Anna*: Antigénfelismerés. *Élet és Tudomány*, 51. (1996) 51. sz.
- Erdei Anna*: Jelentés az immunfrontról. *Élet és Tudomány*, 58. (2003) 17. sz.
- Erdei Anna*: Kórokozók ellen kialakuló immunválasz – I. Védelem az extracelluláris baktériumok ellen. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 23. sz.
- Erdei Anna*: Kórokozók ellen kialakuló immunválasz – II. Védelem az intracelluláris baktériumok ellen. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 24. sz.
- Falus András*: Az immunológia molekuláris és élettani alapjai. Bp.: Semmelweis K., 1998.
- Gergely János – Erdei Anna*: Immunbiológia. Bp.: Medicina, 1998., 2. átd. és bőv. kiad., 2000.
- Gergely János*: Miért optimista az immunológus a 21. század beköszöntése előtt? *Természet Világa*, 2000. 1. különszám
- László Glória*: A T-sejtek antigénfelismerése. *Élet és Tudomány*, 52. (1997) 18. sz.
- Petrányi Győző – Dobozy Attila – Gergely Péter – Pálóczi Katalin – Szegedi Gyula – Szemere Pál*: Klinikai immunológia. Bp.: Medicina, 2000.
- Magyar Tudomány*, 48 (110). 2003. 4. sz.
- *Gergely János*: Egy receptor karriertörténete.
 - *Erdei Anna*: A természetes immunitás hatalma;
 - *Füst György – Prohászka Zoltán – Cervenák László*: A hősokkfehérjék immunológiai tulajdonságai és szerepük az érlemeszesedés keletkezésében;
 - *Rajnavölgyi Éva*: A dendritikus sejtek és terápiás felhasználási lehetőségeik;
 - *Falus András – Kozma Gergely – Wiener Zoltán – Hegyesi Hargita – Pócs Zoltán – Szalai Csaba – Búzás Edit*: A hisztamin mint a Th2 irányú immunreguláció része; postgenomikus kilátások a metabolomika irányába;
 - *Kacs Kovics Imre*: A tehéntej immunglobulinja – a jövő precíziós fegyvere a bélfertőzések ellen;
 - *Szekeres-Barthó Júlia*: Immunológiai párbeszéd az anya és a magzat között;
 - *Pálóczi Katalin*: Az immunrendszer újrafelődése csontvelő-átültetést követően: az allogén őssejtterápia immunológiai vonatkozásai;
 - *Szegedi Gyula*: A patológiás autoimmunitásról mint az immunológia igazi kihívójáról.
- Magyar Immunológia*, 2003. 4. sz.
- *Gergely János*: Az immunológiai felismerés – hol állunk ma és merre haladunk?
 - *Kocsis Béla – Emödy Levente*: A baktériumok patogénmintázata és a gazdaszervezeti felismerés;
 - *Prechl József*: A Toll-szerű receptorok szerepe a természetes immunitás kezdeti lépéseiben;
 - *Prohászka Zoltán – Füst György*: A hősokkfehérjék és a természetes immunitás sokrétű kapcsolata;
 - *Erdei Anna*: A komplementrendszer szerepe az elsődleges felismerési mechanizmusokban és az immunválasz szabályozásában;
 - *Andó István – Laurinyecz Barbara – Nagy István – Márkus Róbert – Florentina Rus – Váczi Balázs – Zsámboki János – Fehér László – Elisabeth Gateff – Dan Hultmark – Kurucz Éva*: Ősi örökségünk: a veleszületett immunitás.