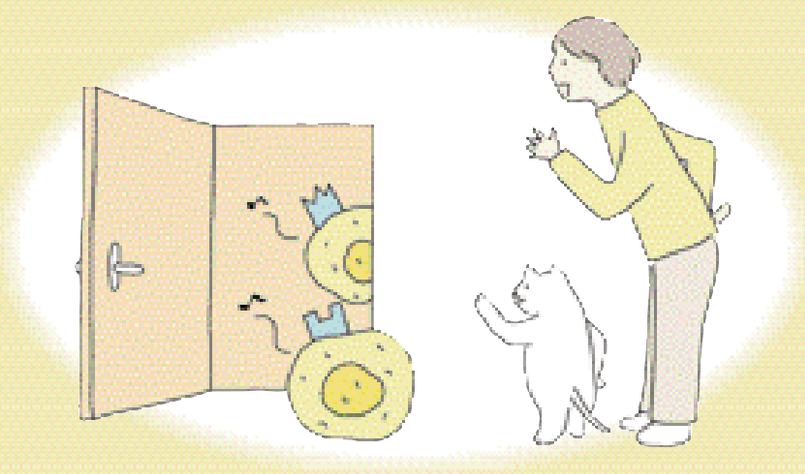
001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 1

# A csodálatos immunrendszer:
# Így védelmezi testünket



Összeállította a Japán Immunológiai Társaság (JSI)
Illusztráció: Tomoko Ishikawa

EFIS
European Federation of Immunological Societies

001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 2

Szerkesztők: Japán Immunológiai Társaság és (ábécésorrendben):

| | |
|---|---|
| Hiroshi Kawamoto | Allergia és Immunológiai Kutatóközpont, RIKEN |
| Sachiko Miyake | Nemzeti Neurológiai Intézet, Nemzeti Neurológiai és Pszichiátriai Központ |
| Masayuki Miyasaka | Oszaka Egyetem, Orvostudományi Kar |
| Toshiaki Ohteki | Orvosi Kutatóintézet, Tokió<br>Orvostudományi és Fogorvostudományi Egyetem |
| Noriko Sorimachi | Japán Nemzetközi Orvostudományi Központ, Kutatóintézet |
| Yousuke Takahama | Genomkutatási Intézet, Tokushima Egyetem |
| Shinsuke Taki | Shinshu Egyetem, Orvostudományi Kar |

Fordította: Scholtz Beáta

Engedélyezett fordítás az angol nyelvű kiadás alapján

A mű címe: Your Amazing Immune System

Tulajdonos neve: Yodosha Co., Ltd.

Copyright: Japán Immunológiai Társaság

Illusztrátor: Tomoko Ishikawa

A könyv nagy gonddal készült. Ettől függetlenül a szerkesztők, szerzők és a kiadó nem garantálják, hogy a közreadott információk nem tartalmaznak tévedéseket. Az olvasó figyelmét felhívjuk arra, hogy az állításokban, adatokban, illusztrációkban, módszertani részletekben vagy egyéb részekben véletlen hibák előfordulhatnak.

001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 3

# Előszó

Ez a könyv azért íródott, hogy érthetőbbé tegye számotokra az immunrendszer működését. A könyvet az immunitás kutatásával foglalkozó Japán Immunológiai Társaság állította össze.

Az immunrendszer, vagyis ahogy a szervezet a kórokozókkal, mint például a baktériumokal szemben védekezik, csodálatosan szervezett rendszert alkot. Minél jobban megismeritek majd, annál egyértelműbbé válik, hogy milyen lenyűgöző rendszerről van szó. Az immunrendszert molekulák és sejtek milliói alkotják, melyek szoros összhangban munkálkodnak azon, hogy szervezetünket megvédjék az idegen betolakodóktól. De épp sokszínűsége miatt gondolják sokan azt, hogy az immunrendszer biztosan túl bonyolult ahhoz, hogy megérthessék. Mi reméljük, hogy e könyvet olvasva így szóltok majd : -Á, szóval ezt jelenti az immunitás!-, vagy: –Aha, szóval így működik! -, és ez arra ösztönöz majd titeket, hogy még többet akarjatok megtudni e témáról.

Tomoko Ishikawa volt olyan kedves és elvállalta a könyv illusztrálását. Az egész könyv Dr. Yousuke Takahama lelkesedésének és elkötelezettségének köszönhetően készülhetett el, a Japán Immunológiai Társaság Közönségkapcsolatok Bizottságának és az Oktatásfejlesztő Bizottság tagjainak együttműködésével. Erőfeszítésük gyümölcsét Shinobu Yamashita, a Yodosha szerkesztőségének tagja szerkesztette nagy gonddal. Mindnyájan fogadják köszönetemet.

Végül pedig hadd kérjelek meg titeket, hogy tudassátok velünk, ha a könyvnek vannak nehezen érthető részei. Szeretnénk, ha hozzászólásaitok révén tovább fejleszthetnénk a könyvet. Hiszen ezt a könyvet nektek szántuk – ezért nagyon szeretném megtudni a véleményeteket.

2008. április

Masayuki Miyasaka
Japán Immunológiai Társaság

001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 5

Előszó az angol fordításhoz

# A csodálatos immunrendszer: Így védelmezi testünket

Immunrendszerünk minden nap szorgos munkával védelmez minket a kórokozók ezreitől, melyek megbetegíthetnek bennünket. Az immunrendszer mindezt oly hatékonyan végzi, hogy működését észre sem vesszük. A védőoltások aktiválják az immunrendszert, felvértezve a szervezetet olyan kórokozókkal szemben, amelyekkel majd csak ezután fog találkozni. A védőoltások általában csak a karba vagy combba adott gyors szúrás okozta kellemetlenséggel járnak, melyet szinte azonnal el is felejtünk, de súlyos, vagy halálos kimenetű betegségektől óvhatnak meg minket.

Manapság sokan szenvednek allergiás megbetegedésektől, mint az asztma vagy a szénanátha, vagy autoimmun betegségektől, mint például a reuma. Természetesen aggodalom tölthet el titeket, ha ilyesmiben szenvedtek, hiszen a túlzottan agresszív immunválasz következményeit kell elviselnetek. Ne feledjétek azonban, hogy panaszaitokat egy nem megfelelően szabályozott immunválasz okozza – ha minden rendben működik, ugyanez az immunválasz óv meg titeket attól, hogy a mindenütt jelenlevő fertőző ágensek áldozatául essetek. Ha csak azt nézzük, mi történhet ha az immunrendszer csődöt mond, mindjárt világossá válik, milyen fontos szerepet játszik az immunválasz a szervezet megfelelő működésében. Ha valaki működőképes immunrendszer nélkül nő fel, szervezete nemcsak a kórokozókkal szemben lesz képtelen védekezni, hanem a hibásan működő saját sejteket sem lesz képes felismerni vagy eltávolítani. Ha nem fékezik meg, az ilyen sejtek előbb-utóbb rákot okozhatnak.

A tudósok úgy gondolják, az immunrendszer működésének jobb megértése új védőoltások kifejlesztését segítheti elő. Sokan közülük fertőző betegségek elleni védőoltásokon dolgoznak, mint amilyen az AIDS is, amely emberek milliói számára jelent fenyegetést, elsősorban a fejlődő országokban. Mások szeretnék megérteni, mi zavarja meg az immunválaszt a különböző autoimmun betegségek és allergiák esetében, és azt, hogy az immunrendszer időnként miért képtelen felvenni a küzdelmet a rák ellen. A tudósok ezek megértésétől remélik, hogy egy nap majd hatékony védőoltást fejleszthetnek ki az autoimmun betegségek, az allergiás megbetegedések és a rák ellen, és még hatékonyabb védőoltásokat a fertőző betegségek ellen.

001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 6

Ez a könyv, eredeti címén „Karada wo Mamuru Meneki no Fushigi“, az immunológia területén dolgozó japán kutatók ötlete és munkája nyomán készült. A Japán Immunológiai Társaság adta ki kapcsolatteremtő programja keretében, a 2008-as Immunológia Napja alkalmából, azzal a céllal, hogy az immunológiát a nagyközönség számára is hozzáférhetővé tegye. Az európai immunológusok, a jó ötletet és jó könyvet felismerve úgy gondolták, hogy egy ilyen kiadvány Európában is érdeklődésre tarthat számot. Ezért a könyvet angol nyelvre is lefordítottuk, hogy felhívjuk a figyelmet az immunológia fontosságára az emberi egészség és jólét szempontjából. A könyv fordításához, kinyomtatásához és az elektronikus változathoz a pénzügyi hátteret az Immunológiai Társaságok Európai Szövetsége (EFIS), azaz az európai immunológusokat összefogó szervezet biztosította. A könyvet Anjali Patel fordította angolra, és Mary Louise Grossmannal együtt közreműködött a szerkesztői munkában. Mindkettőjüknek köszönöm a sok munkát és elkötelezettségüket, mellyel munkánk megvalósulásához hozzájárultak. Ebben a kiadásban több japán meghatározást és kifejezést egyszerűsítettünk, a széles olvasótábor érdekében.

Őszintén remélem, hogy érdekesnek fogjátok találni ezt a könyvet, és érthetőbbé teszi számotokra az immunrendszer működését. Szeretném, ha megosztanátok velem ha tetszett – vagy nem tetszett - a könyv. Észrevételeitek értékesek számomra, hiszen a könyv mindenekelőtt a ti részetekre készült.

Hamarosan más nyelvekre is lefordítják!

2009. június

Stefan H.E. Kaufman
Immunológiai Társaságok Európai Szövetsége

001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 7

# Tartalom

Előszó . . . . . 3

## I. Rész: Az immunitásról

### 1 Az immunrendszer alapjai


- Mit csinál az immunrendszer? . . . . . 10
- Gondolkoztál-e már azon, miért nem kapod el kétszer ugyanazt a betegséget? . . . . . 12
- Hol van testünkben az immunrendszer? . . . . . 14
- Az immunrendszer számtalan sejtje . . . . . 16
- A kórokozók elpusztításának három módja . . . . . 18


### 2 Hogyan működik az immunrendszer?


- Hogyan különbözteti meg az immunrendszer a kórokozókat? . . . . . 20
- Hogyan ismeri fel az immunrendszer a különböző kórokozókat? . . . . . 24
- Hogyan emlékszik az immunrendszer azokra a kórokozókra, melyekkel már találkozott? . . . . . 26


### 3 Hol keletkeznek az immunrendszer sejtjei, és hol végzik feladatukat?


- Hol keletkeznek az immunsejtek? . . . . . 29
- Hol végzik az immunsejtek a feladatukat, és hogy kerülnek oda? . . . . . 30
- Hogyan tájékozódnak az immunsejtek? . . . . . 32
- Hogyan segítenek egymásnak az immunsejtek? . . . . . 34
- Hogyan szabályozza az immunrendszer saját magát? . . . . . 36
- Miért nem támadja meg az immunrendszer a szervezetet vagy a táplálékot? . . . . . 38

001_008q6HU_001_008 2011.04.18. 23:29 Page 8

# II. rész: A betegségekről

## 1 Küzdelem a fertőző betegségekkel


- A kórokozókról . . . . . 42
- Milyen fertőző betegségeket ismerünk? . . . . . 44
- Mi az AIDS? . . . . . 46
- Elkerülhejük-e, hogy elkapjuk a madárinfluenzát? . . . . . 48
- Mennyiben segíthetnek a védőoltások? . . . . . 50


## 2 Autoimmun betegségek


- Mit nevezünk autoimmun betegségnek? . . . . . 52
- Milyen autoimmun betegségeket ismerünk? . . . . . 54
- A rheumatoid arthritis és kezelése . . . . . 56


## 3 Az allergia is immunreakció


- Mi az allergia? . . . . . 58
- Ez mind okozhat allergiát . . . . . 60
- Hogyan alakul ki az asztma? . . . . . 62
- Gyógyítható-e a szénanátha? . . . . . 64


## 4 Használható-e az immunológia a rák gyógyításában?


- Mi a rák? . . . . . 66
- Hogyan küzd az immunrendszer a rák ellen? . . . . . 68
- A rák kezelése immunterápiával . . . . . 70

Utószó . . . . . 72

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 9

# I. rész

# Az immunológiáról

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 10



# Mit csinál az immunrendszer?

Tudod-e, hogy mi az az immunrendszer? Tudod-e, hogy hol található a testünkben? És tudod-e, hogy mit csinál?

Mikor jól érezzük magunkat, nem sokat törődünk az immunrendszerünkkel, vagy azzal, hogy mit csinál. De mit gondolsz, mi történne veled, ha nem lenne immunrendszered?

Nos, lássuk csak. Nagyjából minden százezredik gyermek úgy születik, hogy egyáltalán nincs immunrendszere. Ez a betegség a meglehetősen hosszú és bonyolult „Súlyos Kombinált Immundeficiencia“ nevet kapta, röviden SKID. A csecsemők, akik ezzel a betegséggel születnek, semmiféle védelemmel nem rendelkeznek a kórokozókkal szemben, nem úgy, mint az egészséges kisbabák.

Kórokozók alatt mindazokat a fertőző mikroorganizmusokat, például baktériumokat, vírusokat és gombákat értjük, amelyek megbetegíthetnek minket. A SKID-ben szenvedő kisbabák ezért betegszenek meg súlyosan a fertőző betegségektől.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 11

Kétségkívül hallottál már az AIDS nevű betegségről. Az AIDS hatására a szervezet elveszíti az immunrendszerét, és nem lesz képes többé megvédeni magát a legkülönbözőbb kórokozókkal szemben.

Az AIDS vírusa ezt úgy éri el, hogy tönkreteszi az immunrendszer működőképességét.

Mindenféle kórokozó lebeg a levegőben.

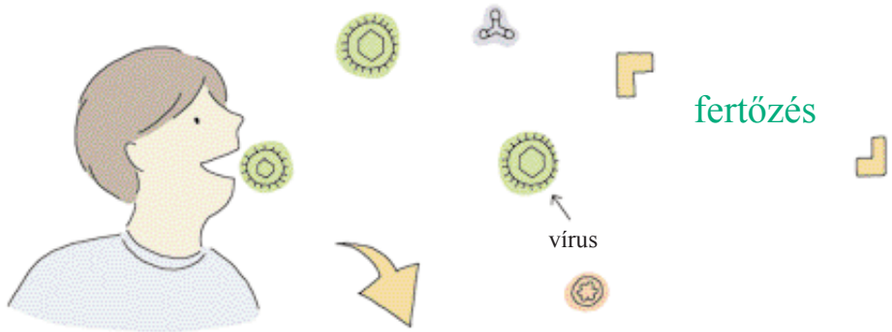
Most már biztosan rájöttél, hogy ha valaki immunrendszer nélkül született vagy immunrendszerének működése leállt, akkor ki van szolgáltatva a kórokozóknak, melyektől a szervezet normális esetben meg tudja védeni magát. Vagyis, még ha úgy érezzük is, hogy az immunrendszerünk nem túl tevékeny, valójában éjjel-nappal védi szervezetünket.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 12

# Gondolkoztál-e már azon, miért nem kapod el kétszer ugyanazt a betegséget?

Amikor a kórokozók bejutnak a szervezetünkbe, akkor azt mondjuk, megfertőzött valami. Fertőzés esetén általában belázasodunk és hányingerünk, vagy hasmenésünk lesz. Egy kevés pihenés után azonban többnyire ismét rendbe jövünk.

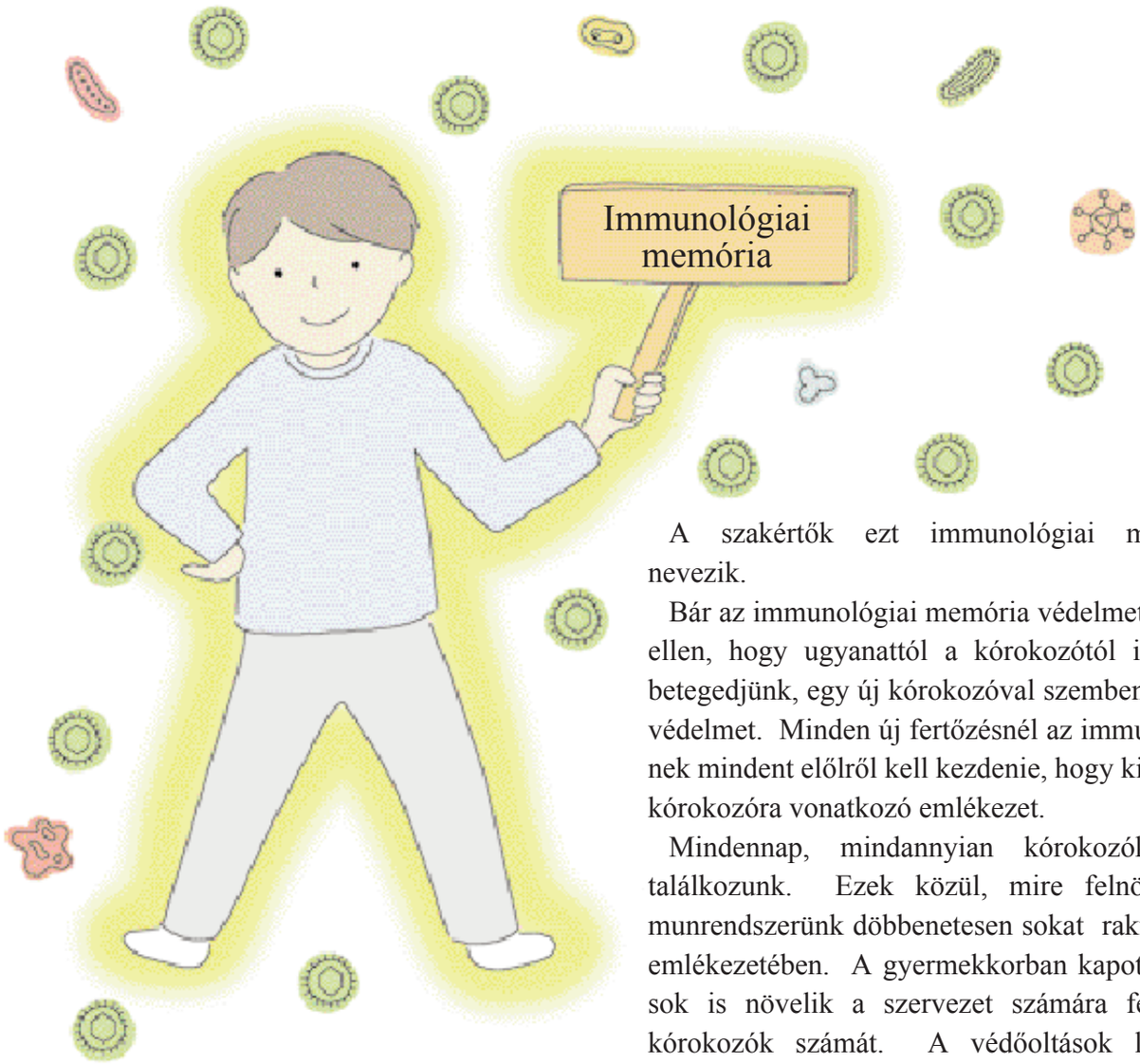
A gyógyulást immunrendszerünknek köszönhetjük. De immunrendszerünk nemcsak így segít rajtunk.




Biztosan mindenki hallotta már amikor az emberek olyasmiket mondtak: - Hát én már voltam mumpszos, szóval nekem nem lesz bajom - vagy: - Én már voltam az idén influenzás, még egyszer nem kapom el -. Az emberek ezt úgy értik, hogyha egyszer egy bizonyos kórokozótól betegek lettek és meggyógyultak, attól már nem betegszenek meg még egyszer.

Ez szintén fontos képessége az immunrendszerünknek.

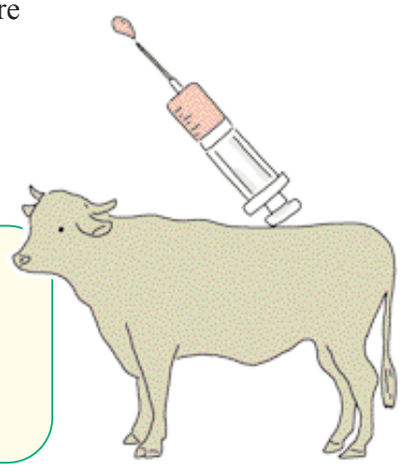
Az immunrendszerünk emlékszik minden korábbi, fertőzést kiváltó kórokozóra, vagyis ha egy ilyen kórokozó megint bejut a szervezetünkbe, nem betegszünk meg tőle.




A szakértők ezt immunológiai memóriának nevezik.

Bár az immunológiai memória védelmet biztosít az ellen, hogy ugyanattól a kórokozótól ismét megbetegedjünk, egy új kórokozóval szemben nem nyújt védelmet. Minden új fertőzésnél az immunrendszernek mindent elölről kell kezdenie, hogy kialakuljon a kórokozóra vonatkozó emlékezet.

Mindennap, mindannyian kórokozók ezreivel találkozunk. Ezek közül, mire felnövünk, immunrendszerünk döbbenetesen sokat raktározhat el emlékezetében. A gyermekkorban kapott védőoltások is növelik a szervezet számára felismerhető kórokozók számát. A védőoltások legyengített kórokozókat tartalmaznak, hogy megbetegedés nélkül jöhessen létre velük szemben immunitás.



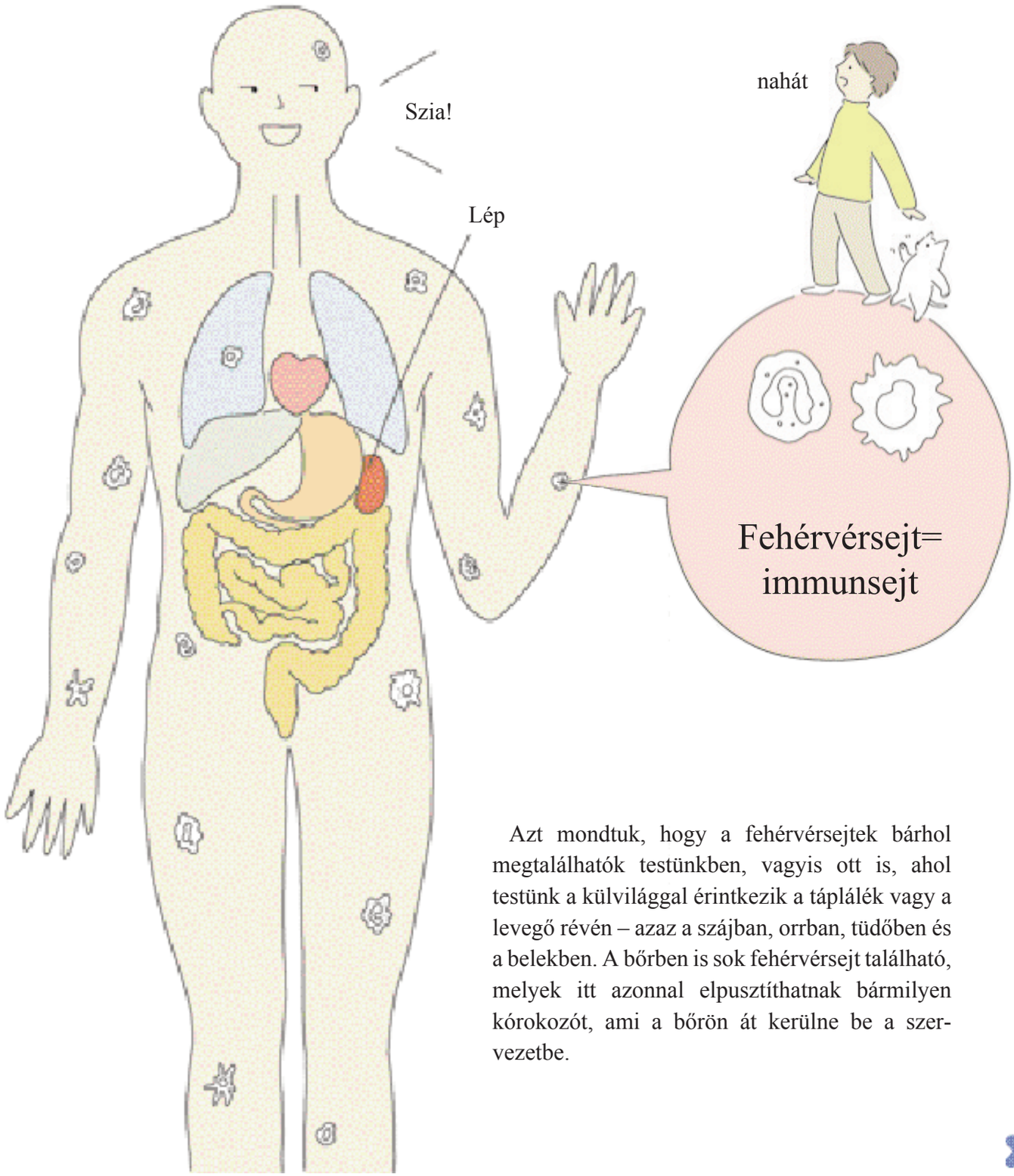
A vakcina szó (magyarul védőoltás) a tehenet jelentő latin Vacca szóból származik. De mi köze lehet a vakcinának a tehenekhez, kérdezhetnénk? Nos, a vakcinálást Edward Jenner fedezte fel, amikor kimutatta, hogy ha embereket a tehénhimlő vírusával oltanak be, az oltás megvédi őket a halálos emberi himlőtől.

# Hol van testünkben az immunrendszer?

Testünk egészen parányi egységekből, a sejtekből áll, melyek mind olyan aprók, hogy szabad szemmel nem is látjuk őket. A testben mindenütt elképesztően sokféle sejtet találunk, melyek mindegyike ellátja saját külön feladatát. Az immunrendszer is többféle különleges képességű sejtből áll. Ezeket a sejteket nevezzük immunsejteknek.

A vérünk azért vörös, mert rengeteg vörösvértestet tartalmaz, melyeket eritrocitának hívnak. Ezen kívül tartalmaz még fehérvérsejteket, azaz leukocitákat is. És ezek a fehérvérsejtek azok, melyek az immunrendszer részeként működnek.

Mivel vérünk a vérkeringéssel a test minden részébe eljut, a fehérvérsejtek is mindenütt jelen vannak. Tehát, hogy a kérdésre válaszoljunk, az immunrendszer bárhol és mindenhol jelen van a testünkben. De azért vannak olyan helyek a testben, ahol különösen sok immunsejt található. Ezek a nyirokcsomók és a lép, és azért fontosak, mert fertőzés esetén innét indul harcba az immunrendszer. A lép és a nyirokcsomók működéséről később még részletesebben fogunk szólni.



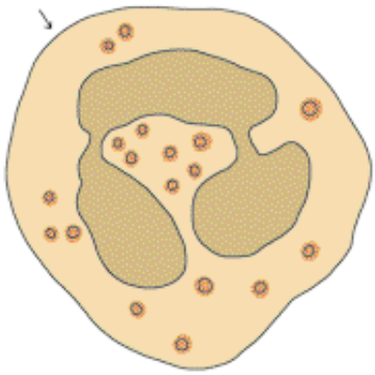

Azt mondtuk, hogy a fehérvérsejtek bárhol megtalálhatók testünkben, vagyis ott is, ahol testünk a külvilággal érintkezik a táplálék vagy a levegő révén – azaz a szájban, orrban, tüdőben és a belekben. A bőrben is sok fehérvérsejt található, melyek itt azonnal elpusztíthatnak bármilyen kórokozót, ami a bőrön át kerülne be a szervezetbe.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 16

# Az immunrendszer számtalan sejtje

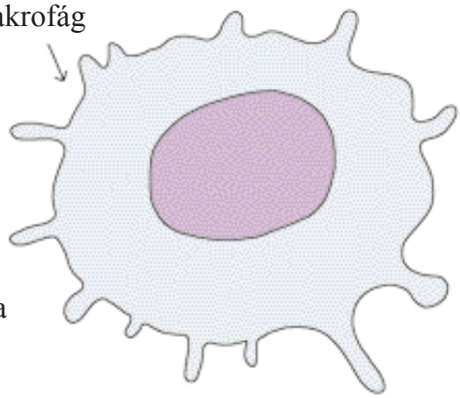
Vessünk csak egy pillantást az immunrendszer néhány különböző sejtjére (emlékezzünk, ezek a fehérvérsejtek).

neutrofil

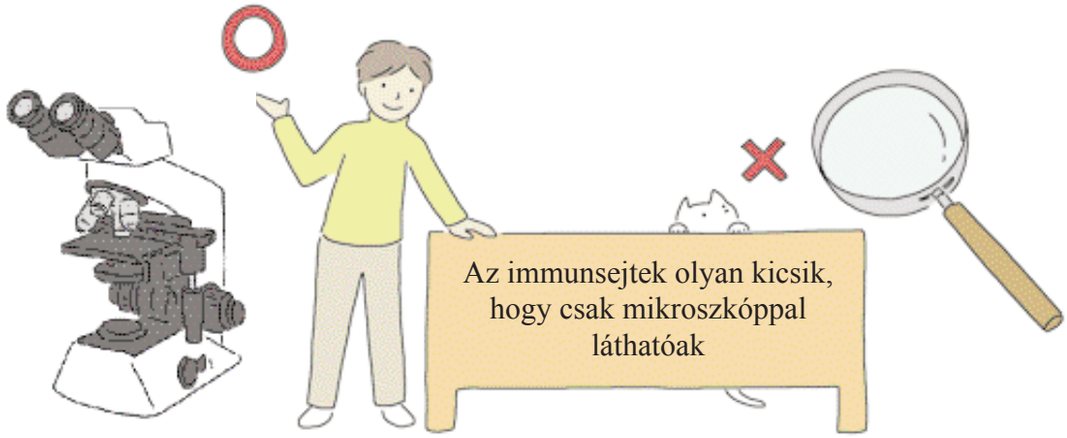


Ha megsérülünk és felszakad a bőrünk, a sérülésen keresztül a kórokozók bejuthatnak a testbe. Ilyenkor a fehérvérsejtek egy fajtája, a neutrofilek, melyek mindig jelen vannak a vérben, a sérülés helyére vándorolnak, hogy a kórokozókat elpusztítsák.

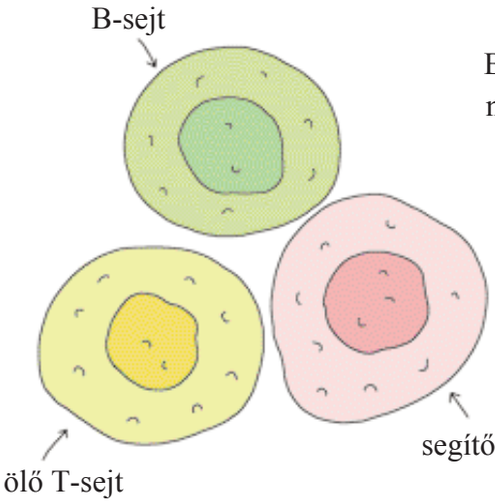
makrofág



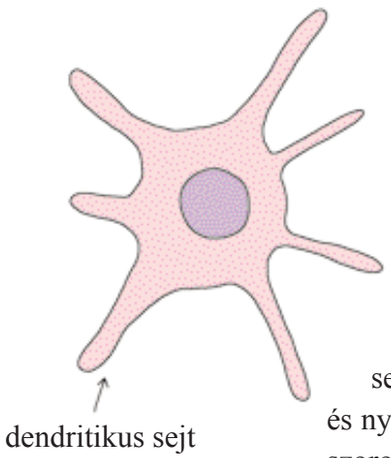
A fehérvérsejtek egy másik csoportjába tartoznak a makrofágok, melyek úgy pusztítják el a kórokozókat, hogy felfalják őket. Makrofágok találhatók a tüdőben, a májban, a bőrben és a bélrendszerben.



A limfociták is a fehérvérsejtek családjába tartoznak, és a családon belül ezek a legkisebb sejtek. Egy milliméter századrészénél, vagyis 10 mikronnál is kisebbek. Ha mikroszkóp alatt vizsgálnánk őket, mind egyformának tűnne. De ha kicsit tovább vizsgálódnánk, kiderülne, hogy limfocitákból is többféle létezik, és mindegyiknek saját, meghatározott feladata van.




Egyik lehetséges típusuk a B-limfocita, vagy B-sejt. A B-sejtek különleges „fegyvereket" készítenek, az úgynevezett antitesteket, melyek a kórokozókhoz tapadva elősegítik, hogy az immunrendszer elpusztíthassa őket. Más limfocitákat segítő T-sejtnek, megint másokat ölő T-sejtnek hívnak. A segítő T-sejtek elősegítik a B-sejtek antitest-termelését, és hatásukra a makrofágok hatékonyabban támadnak a kórokozókra. Az ölő T-sejtek, mint a nevükből is látszik, a fehérvérsejtek családjának terminátorai. Elintéznek minden vírussal fertőzött sejtet.




A fehérvérsejtek még egy fontos típusa a dendritikus sejt. Nevét onnét kapta, hogy sok nyúlványával ágasbogas fára emlékeztet (a dendron görögül fát jelent). Ha a testbe kórokozók hatolnak be, a segítő T-sejtek a dendritikus sejtek közreműködésével ismerik fel milyen kórokozóról van szó, és hogyan lehet ellene a legjobban védekezni.

Az eddigiek alapján megértettük, hogy a különböző fehérvérsejtek a test különböző pontjain vannak jelen nagyobb számban (lép és nyirokcsomók). Sőt azt is tudjuk, hogy bár feladataik különbözőek, szorosan együttműködnek a szervezet védelmezésében.

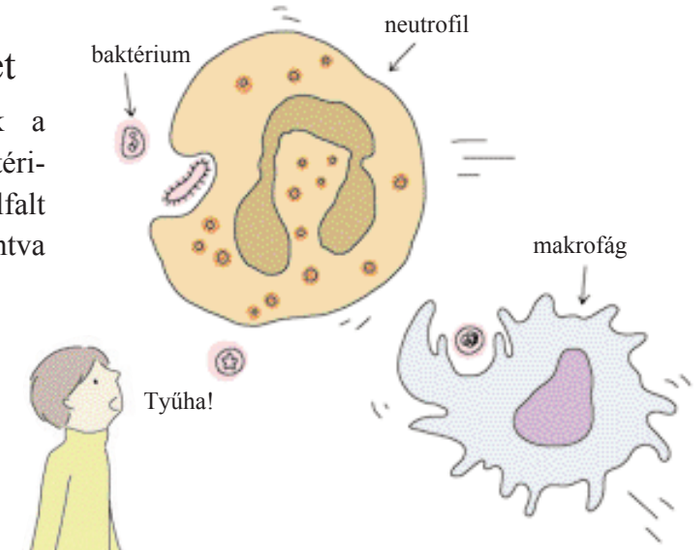
Emberben a B-sejt nevében a B a csontvelőre utal (angolul bone marrow), ahol a sejtek keletkeznek. Ugyanakkor a B a bursa Fabriciusra is utal, mert madarakban a B-sejtek itt keletkeznek. A T-sejtek nevében a T a tímuszra utal (magyarul csecsemőmirigy), arra a szervre, ahol a T-sejtek fejlődése zajlik.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 18

# A kórokozók elpusztításának három módja

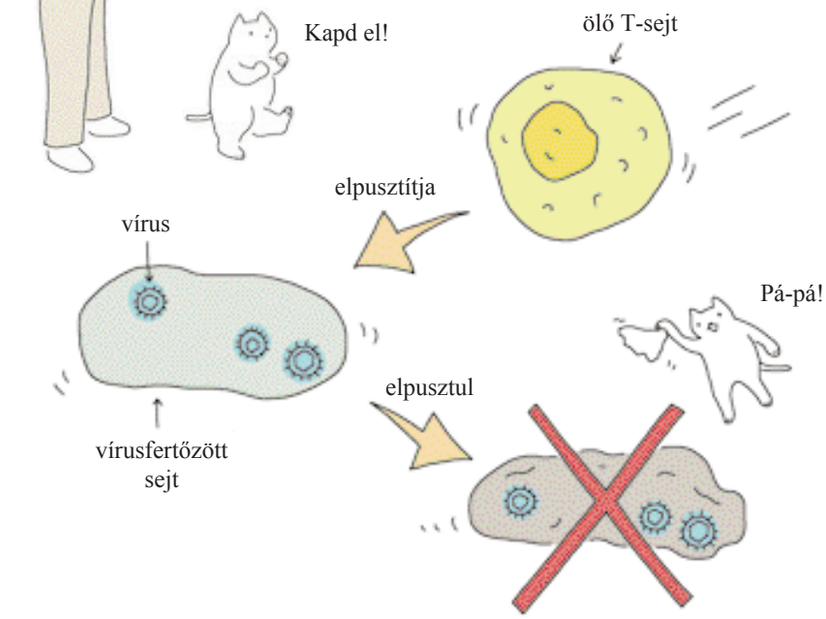
## 1 Egészben lenyelik őket

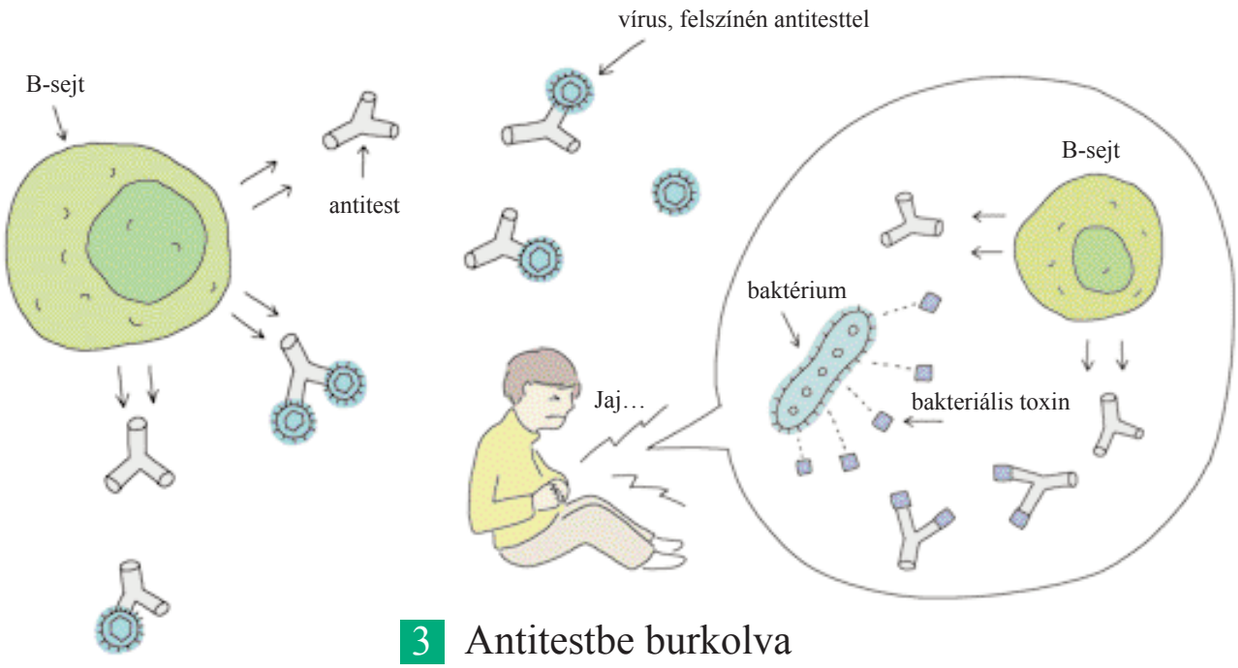
A neutrofilek és makrofágok a kórokozókat, elsősorban a baktériumokat, egészben falják fel. A felfalt baktériumokat apró darabokra bontva pusztítják el.




## 2 A fertőzött sejteket elpusztítják

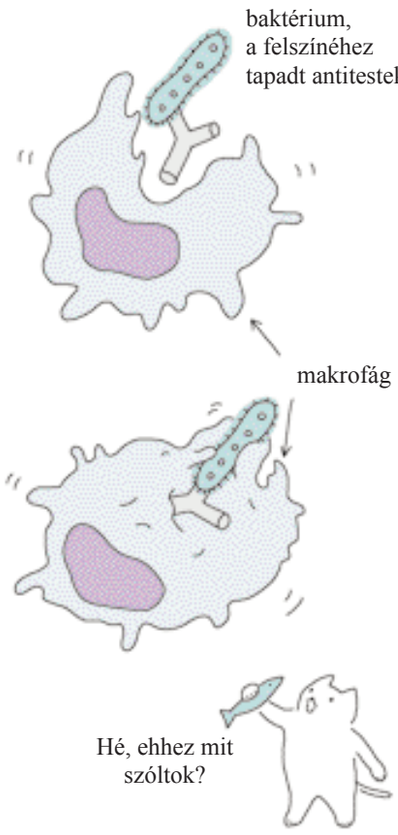
A vírusfertőzött sejtek a szervezet számára veszélyt jelentenek, így sürgősen el kell őket távolítani. Ekkor lépnek színre az ölő T-sejtek. Az ölő T-sejtek megtalálják és elpusztítják a vírussal fertőzött sejteket, és ezáltal megakadályozzák, hogy a bennük buzgón szaporodó vírusok tovább terjedhessenek.






## 3 Antitestbe burkolva

A testbe bekerülve a baktériumok nemcsak szaporodnak, hanem a szervezet számára káros kémiai anyagokat, úgynevezett bakteriális toxinokat, vagyis méreganyagokat is termelnek. Hogy a bakteriális toxinok hatását semlegesítsék, a B-sejtek speciális „fegyvereikkel”, az antitestekkel burkolják be őket. Az antitestek vírusokhoz is kapcsolódhatnak, megakadályozva őket abban, hogy a sejtekbe jussanak. És azok a vírusok, amelyek nem juthatnak be a sejtbe, nem is szaporodhatnak. Az antitesteknek más fontos feladatuk is van. A baktériumokhoz kapcsolódva megjelölik azokat, ezáltal vonzó táplálékká téve őket a makrofágok számára. Tudjuk, hogy a makrofágok mindenképpen felfalják a baktériumokat, de munkájukat sokkal hatékonyabban végzik, ha a baktériumokhoz antitestek tapadnak. Az antitestek a vérrel a szervezet minden pontjára eljutnak. Ez azt jelenti, hogy a szervezet bármely pontján következik be a fertőzés, az antitestek gyorsan odajutnak, hogy felvegyék a harcot a kórokozókkal.



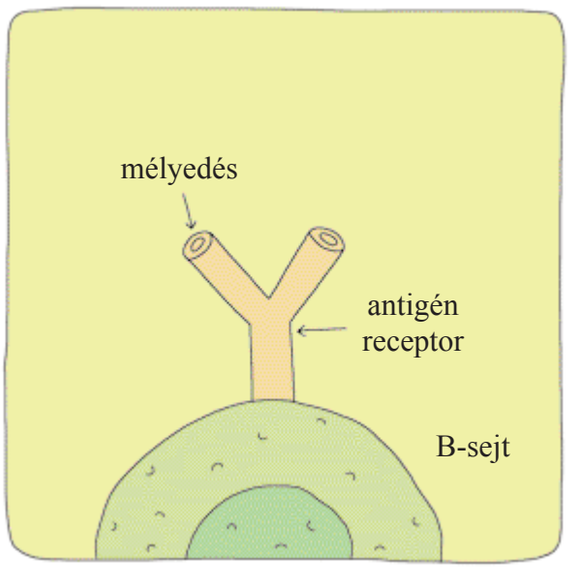
## 2. Hogyan működik az immunrendszer?

# Hogyan különbözteti meg az immunrendszer a kórokozókat?

Az immunrendszer képes azonosítani egy fertőzés kórokozóját, és el tudja dönteni, mi a legjobb védekezés ellene. Korábban már megtanultuk, hogy ha valakinek már volt mumpsza, az immunológiai memória miatt azt még egyszer nem kaphatja el. Viszont mástól, például kanyarótól még megbetegedhet. Az immunrendszer sejtjei képesek a mumpsz és a kanyaró vírusát megkülönböztetni, mert a sejtek két teljesen különböző emlékképet raktároztak el róluk.

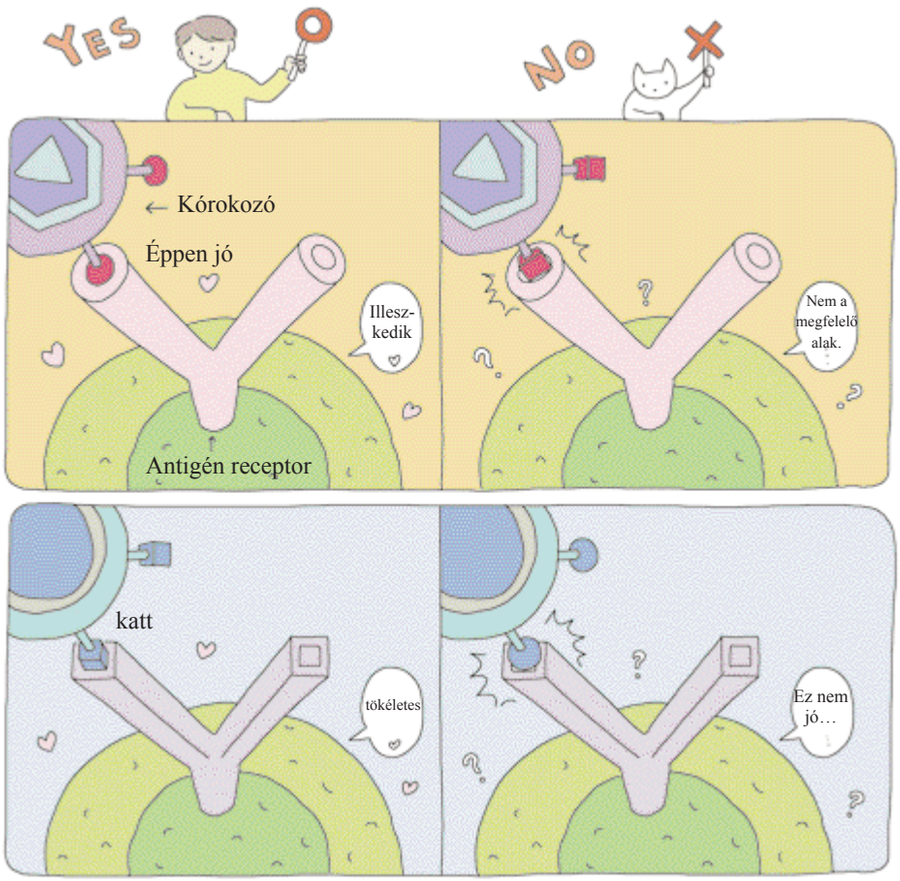
Az immunrendszer ezen felismerő képességét - meglehetősen bonyolultan - antigén specificitásnak nevezzük.

Szóval pontosan hogyan is különbözteti meg az immunrendszer a kórokozókat?

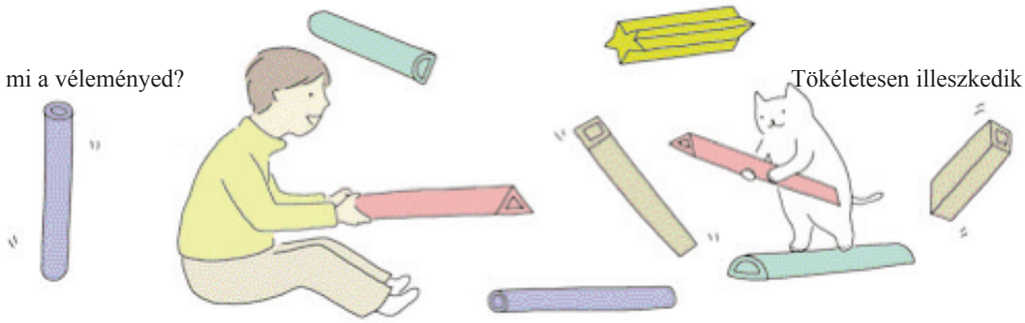



A különféle kórokozók megkülönböztetése a limfociták feladata. Mind a T-sejtek, mind a B-sejtek felszínét különleges szerkezetek borítják, melyek segítenek a kórokozók megkülönböztetésében. Ezeket antigén receptoroknak hívják, és parányi rudakra hasonlítanak, végükön kis mélyedésekkel.

Némelyik mélyedés alakja olyan, hogy pontosan illeszkedik a kanyaróvírushoz, míg mások csak a mumpszvírushoz vagy más kórokozóhoz illeszkednek pontosan. Ha valamelyik immunsejten jelen vannak az illető kórokozóhoz illeszkedő antigén receptorok, az immunrendszer tudni fogja, hogy ilyen kórokozó már járt egyszer a testben, illetve képes lesz azt azonosítani.




Erről mi a véleményed?



Tökéletesen illeszkedik

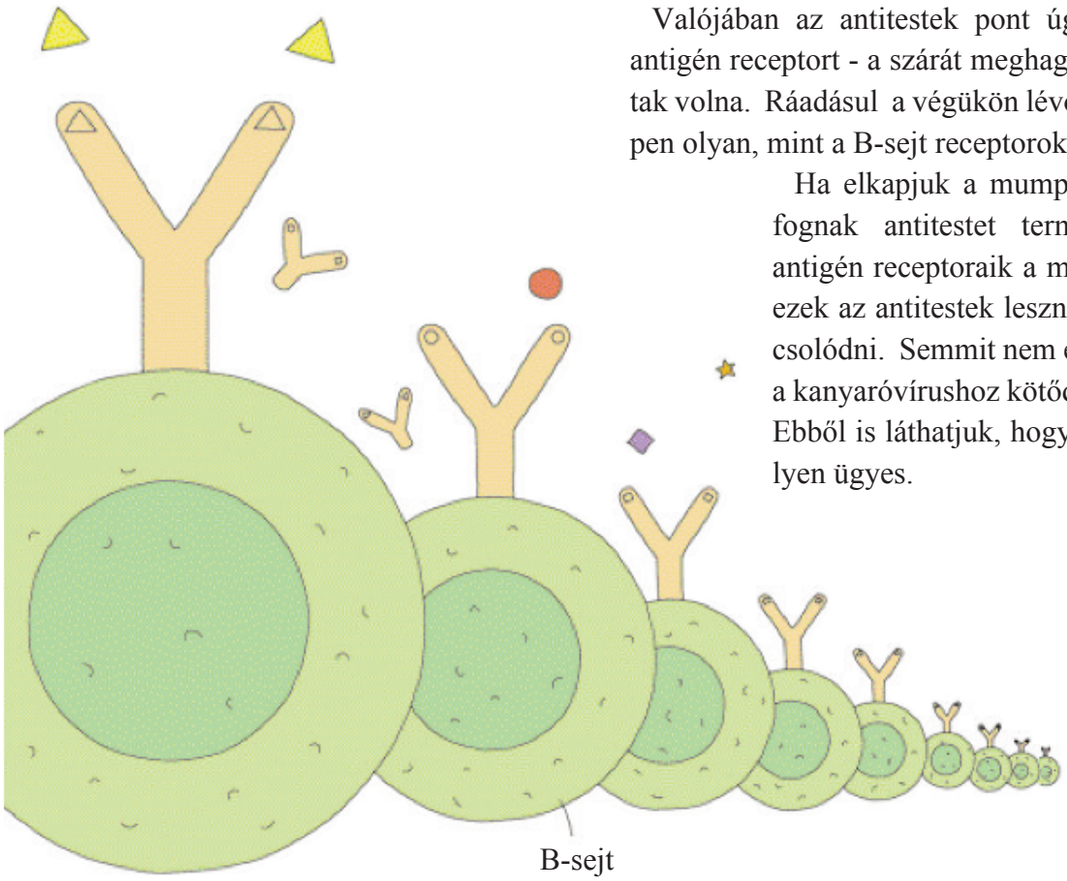
A T-sejteknek és a B-sejteknek is vannak antigén receptoraik, melyek sokféle kórokozót képesek felismerni, de mindkét féle antigén receptor alakja más, és feladataik is kicsit különböznek. A B-sejtek antigén receptorai Y alakúak, mindkét karjuk végén mélyedéssel.

A T-sejt receptorok viszont rúd alakúak, és végükön csak egy mélyedés van.

Korábban azt mondtuk, hogy a B-sejtek úgy szabadulnak meg a kórokozóktól, hogy antitesteket termelnek, melyekkel gyakorlatilag teljesen beburkolják őket.

Valójában az antitestek pont úgy néznek ki, mintha egy antigén receptort - a szárát meghagyva - a sejtfelszínről levágtak volna. Ráadásul a végükön lévő mélyedések formája is éppen olyan, mint a B-sejt receptorokon lévő mélyedéseké.

Ha elkapjuk a mumpszot, csak azok a B-sejtek fognak antitestet termelni, melyeknek vannak antigén receptoraik a mumpsz vírusra, hiszen csak ezek az antitestek lesznek képesek a vírushoz kapcsolódni. Semmit nem érne, ha a B-sejtek mondjuk a kanyaróvírushoz kötődő antitesteket termelnének. Ebből is láthatjuk, hogy az immunrendszerünk milyen ügyes.



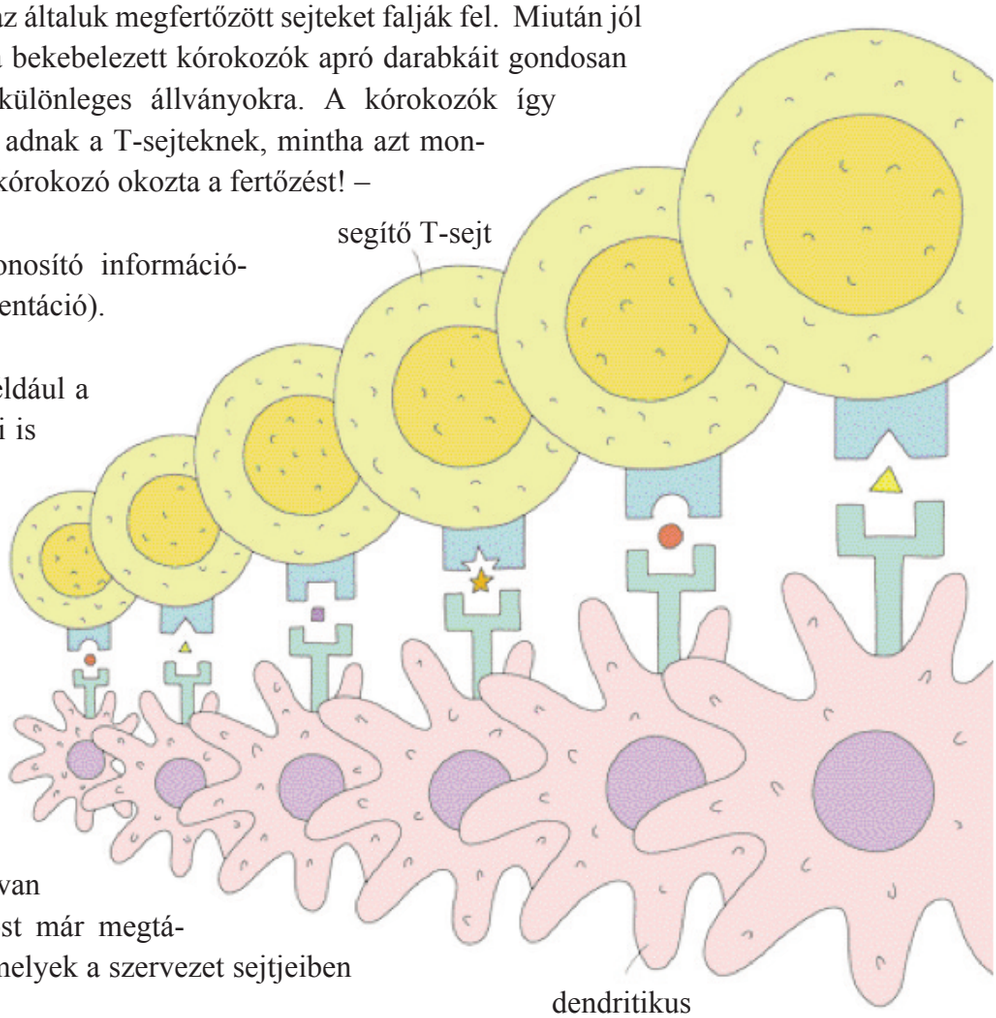
B-sejt

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 23

Az antitestekkel ellentétben a T-sejtek antigén receptorai segítség nélkül nem képesek a kórokozókhoz kapcsolódni.

A segítségnyújtásban a korábban már említett dendritikus sejtek játszanak fontos szerepet. A dendritikus sejtek kétféleképpen szabadíthatják meg a szervezetet a kórokozóktól. Vagy közvetlenül a kórokozókat, vagy az általuk megfertőzött sejteket falják fel. Miután jól belakmároztak belőlük, a sejtek a bekebelezett kórokozók apró darabkáit gondosan kiaggatják a felszínükön levő különleges állványokra. A kórokozók így közszemlére tett darabkái jeleket adnak a T-sejteknek, mintha azt mondanák: - Hé, nézzétek csak! Ez a kórokozó okozta a fertőzést! –

Ez a fertőzés kórokozóját azonosító információátadás az antigén bemutatás (prezentáció).




És mivel minden vírus, mint például a mumpsz vagy a kanyaró darabkái is különböző alakúak, a T-sejtek pontosan meg tudják mondani, melyik vírus fertőzte meg a szervezetet.

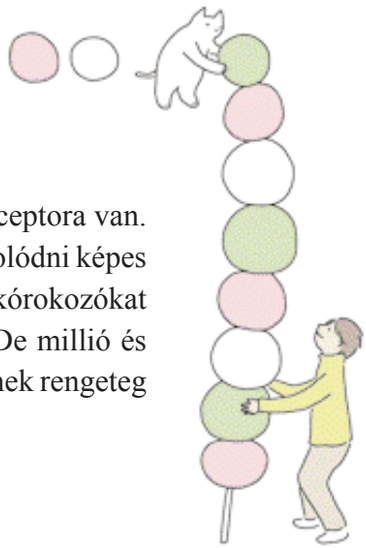
Miután a dentritikus sejtek bemutattak egy antigént, a T-sejtek képesek azt azonosítani, és megkezdhetik munkájukat.

Az immunrendszer egyéb sejtjeit is riadóztatják, és jelzik számukra, milyen kórokozóval van dolguk. Az immunrendszer most már megtámadhatja azokat a kórokozókat, melyek a szervezet sejtjeiben élnek és szaporodnak.

A dendritikus sejtek felszínén található különleges állványokat fő hisztokompatibilitási komplexnek, vagy MHC-nek nevezzük (angolul Major Histocompatibility Complex). Nevét azért kapta, mert meghatározza, hogy a szervezet mennyire fogadja be az átültetett szervet vagy szövetet. Histo latinul szövet, a kompatibilitás pedig összeférhetőséget jelent. Az MHC működésének alapos megértése létfontosságú a szervátültetések, vagy a degeneratív megbetegedések kezelését célzó őssejtterápiák továbbfejlesztéséhez.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 24

# Hogyan ismeri fel az immunrendszer különböző kórokozókat?



Megtanultuk, hogy minden limfocitának csak egyféle antigén receptora van. Tehát ha a mumpszot elkapjuk, csak a mumpsz antigénekkel kapcsolódni képes receptorokat hordozó limfociták fogják a vírust észlelni. A más kórokozókat észlelni képes sejtek tudomást sem vesznek a mumpszvírusról. De millió és millió kórokozó vesz körül minket. Nyilvánvaló, hogy a szervezetnek rengeteg különböző limfocitára van szüksége a védekezéshez.

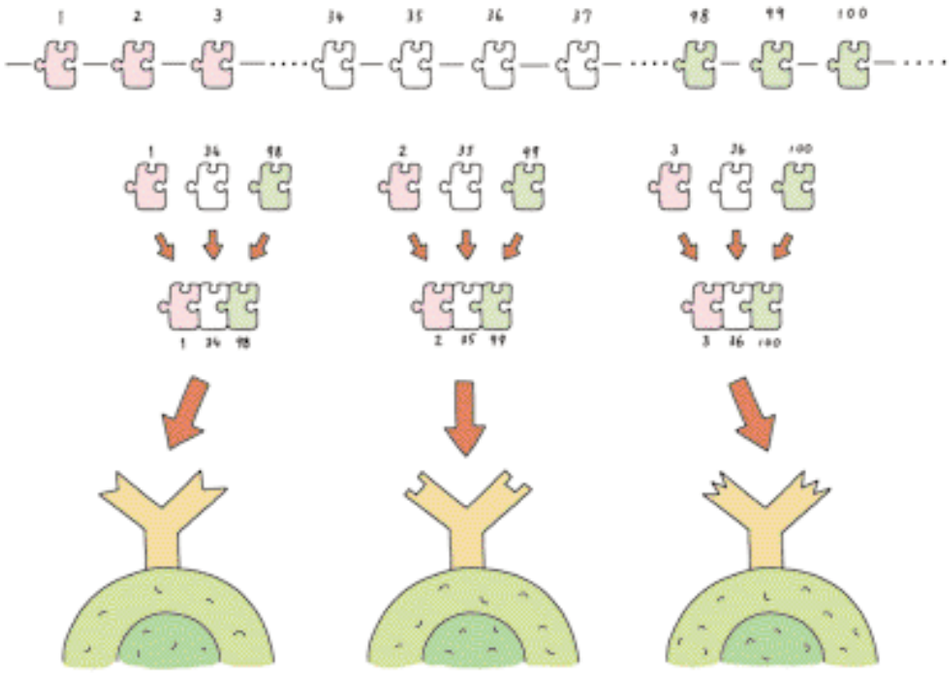
Szerencsére ezek rendelkezésünkre is állnak. Ha utánajárnánk, hányféle antigén receptor van az emberben, kiderülne, hogy több mint 10 MILLÁRD! Vagyis 10 000 000 000. Ez a sokféle receptor azt jelenti, hogy biztosan van a szervezetben legalább egy limfocita, ami képes felismerni az illető kórokozót, bármilyen legyen is az. És a sokféle limfocita együttműködése révén az immunrendszer rendkívül sokféle kórokozótól képes megvédelmezni a szervezetet.

## Gének

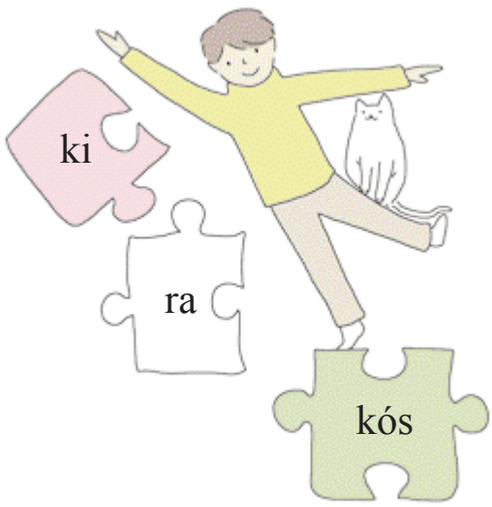
Hogyan is képes testünk ilyen sokféle antigén receptort létrehozni?

Szüleinktől 30-40000 gént öröklünk, melyeket együttesen genomnak nevezünk. Genomunkban vannak olyan gének, melyek testünk különféle részeit hozzák létre, mint például az izmokat, a bőrt, a csontokat vagy szerveinket. Az antigén receptorokat is gének hozzák létre.

Általában azt mondjuk, hogy testünkben egy fehérjét csak egy gén hoz létre, de az antigén receptorokra ez nem igaz. Az antigén receptor gének ugyanis több különálló darabkából állnak, mint egy kirakósjáték. És csak a limfociták képesek arra, hogy ezeket a darabokat sokféle kombinációban illesszék össze, és belőlük a szinte végtelen számú antigén receptor tervrajzát elkészítsék.

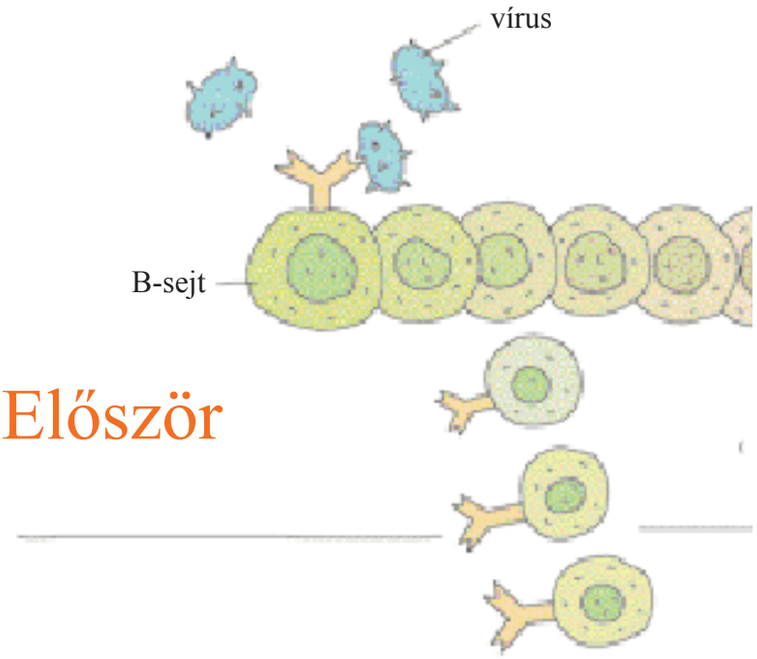


A kirakós több száz lehetséges gén-darabjából egy limfocita csak kettőt-hármat választ ki és illeszt össze. Minthogy a gén-darabok kiválasztása véletlenszerű, és mivel a darabok összekapcsolása többnyire pontatlan, elképesztően sokféle antigén recepor létrehozására van lehetőség. (Ahogy ezt korábban láthattuk, egy limfocita csak egyféle antigén receptort hordoz. Tehát a sokféle receptor természetesen nem egy sejten, hanem az egész limfocita készleten jelenik meg. A fordító megj.)



# Hogyan emlékszik az immunrendszer azokra a kórokozókra, melyekkel már találkozott?

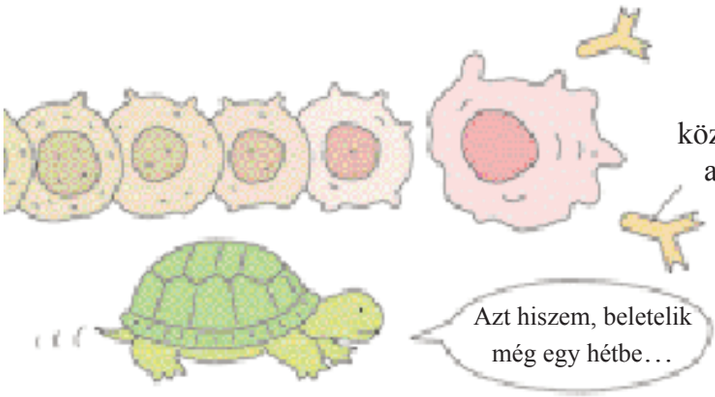
A limfociták képesek emlékezni azokra a kórokozókra, melyekkel már találkoztak.

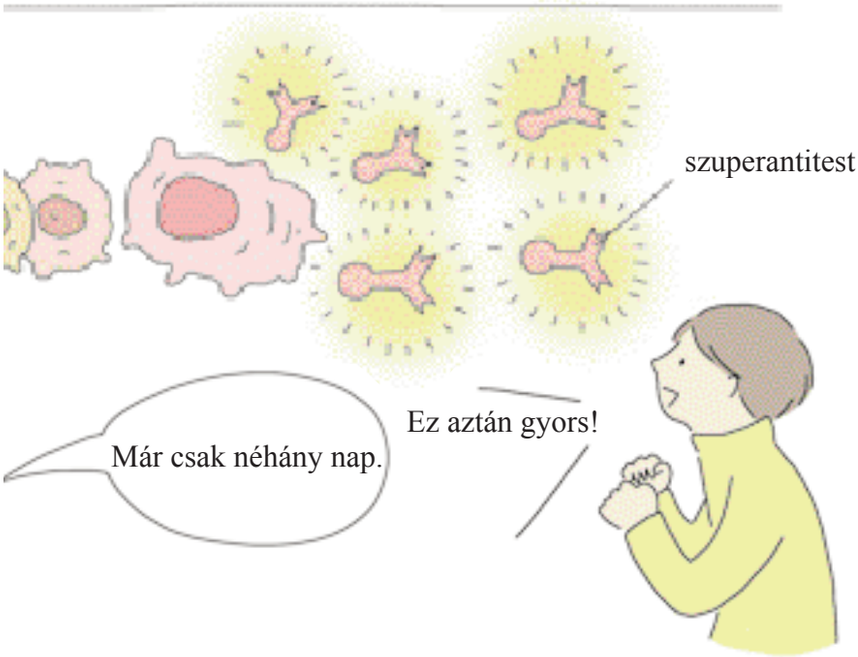



Amikor egy B-sejt először találkozik egy kórokozóval, több mint egy hétbe telik, mire antitesteket készít ellene. Ezalatt az idő alatt a B-sejt olyan sejtté alakul, amely nagy mennyiségű antitest gyártására képes. De nem minden B-sejtből lesz antitestgyártó sejt. A B-sejtek egy részének az a feladata, hogy emlékezzen az új kórokozóra. Ezeket hívjuk memória B-sejteknek.

Amikor a memória B-sejt ismét találkozik egy olyan kórokozóval, amire emlékeznie kell, azonnal munkához lát, és néhány nap lefogása alatt rendkívül sok antitestet termel.

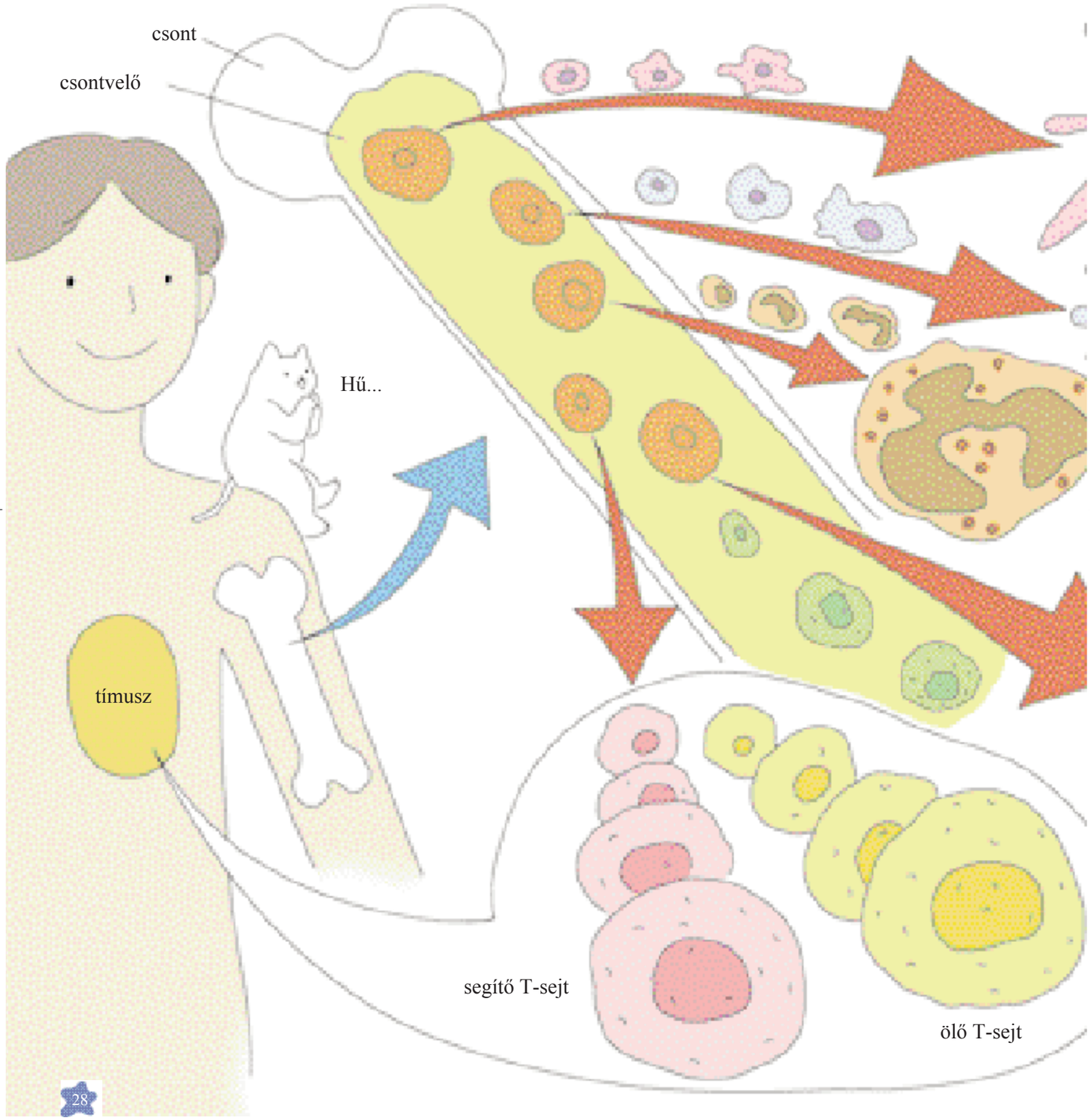
De a memória B-sejtek nemcsak gyorsabban termelnek antitesteket, hanem az általuk készített antitestek jobb minőségűek annál, amit a kórokozóval először találkozó B-sejtek készítenek. Ezek a „szuper-antitestek“ erősebben kötődnek a bakteriális toxinokhoz, és hatékonyabban jelölik meg a baktériumokat az őket megtaláló és bekebelező makrofágok számára.



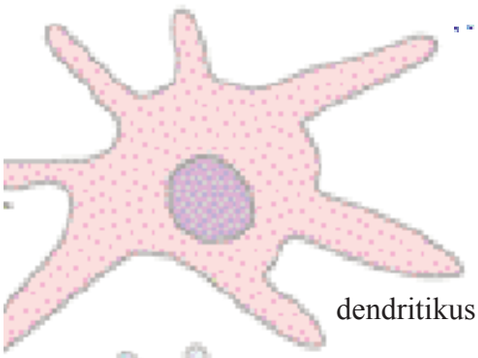



A T-sejtekből is keletkeznek memória sejtek. Normális körülmények között a segítő és ölő T-sejtek ellenőrző körútjaik során bejárják a testet. Amikor kórokozóval találkoznak, a megfelelő antigén receptorral rendelkező T-sejtek gyorsan szaporodni kezdenek, és felkészülnek a munkára. Ez a folyamat legalább egy hetet vesz igénybe. Ezalatt a segítő T-sejtek egy része memória T-sejtté alakul. És ha még egyszer találkoznak ugyanazzal a kórokozóval, már „ugrásra készen“ állnak.

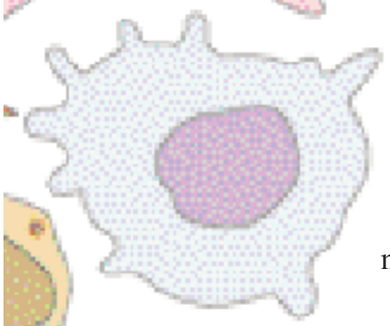
Ezáltal azok, akik már átestek egy mumpszfertőzésen, T és B memória sejtek sokaságával rendelkeznek, melyek ezt az egy vírust képesek felismerni. Ugyanígy a bármely más fertőzésen átesett embereknek is rengeteg olyan memória T- és B-sejtjük van, melyek azt a bizonyos kórokozót képesek felismerni.


csont
csontvelő
Hű...
tímusz
segítő T-sejt
ölő T-sejt

## 3. Hol keletkeznek az immunrendszer sejtjei, és hol végzik feladatukat?



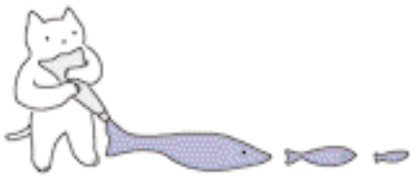
dendritikus sejt



makrofág

neutrofil

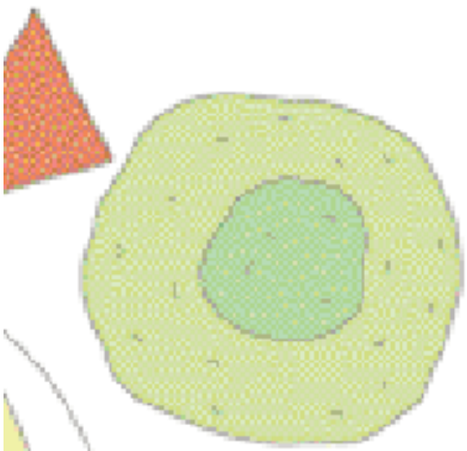
# Hol keletkeznek az immunsejtek?



Minden immunsejt fehérvérsejt, és mindegyik a csontokban keletkezik. A csontok nagyon kemények, de puha és szivacsos belsejük van, az úgynevezett csontvelő. A vér sejtjei a csontvelő különleges sejtjeiből keletkeznek, melyeket hematopoetikus, vagy vérképző őssejteknek nevezünk. Egyetlen őssejt akármennyi, és bármilyen immunsejtet létrehozhat.

A vörösvértestekhez és vérlemezkékhez hasonlóan az immunsejtek nagy része, például a neutrofilek, a B-sejtek és a makrofágok, a csontvelőben keletkezik. Csak a T-sejtek mások. A T-sejtek egy, a szív közelében található különleges szervben, a tímuszban keletkeznek. A T-sejtek gyártására szánt vérképző őssejtek ebbe a szervbe vándorolnak és itt érnek meg.

A frissen készült immunsejtek a vérereken keresztül áramlanak ki a csontvelőből és a tímuszból a testbe. A sejtek ezután, hogy megkezdjék munkájukat, a nyirokcsomókba és a lépbe vándorolnak, ahonnan majd az immunválasz kiindul.



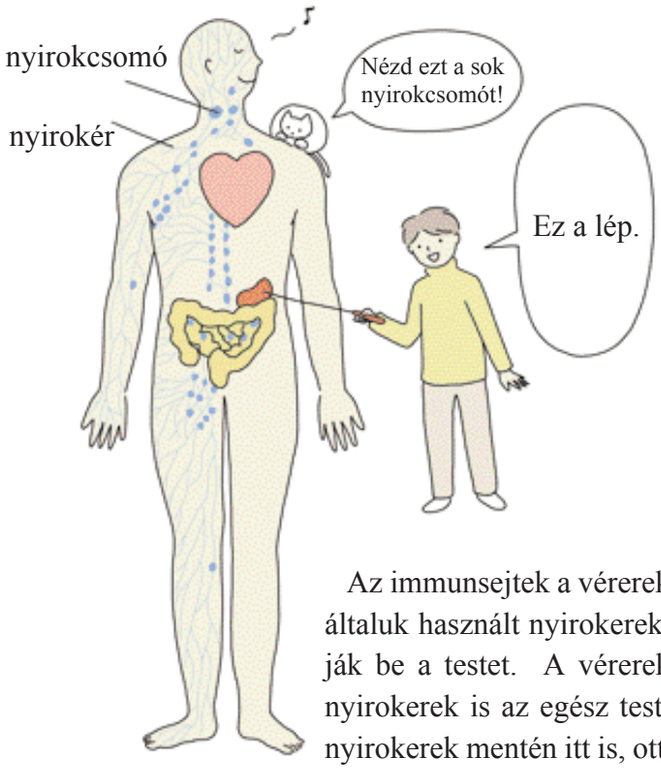
B-sejt

Honnan kapta a tímusz a nevét? Egyesek szerint onnan, hogy a tehenek tímusza, melyet néha a főzéshez használnak, éppen olyan illatú, mint a kakukkfű (latinul thymus).

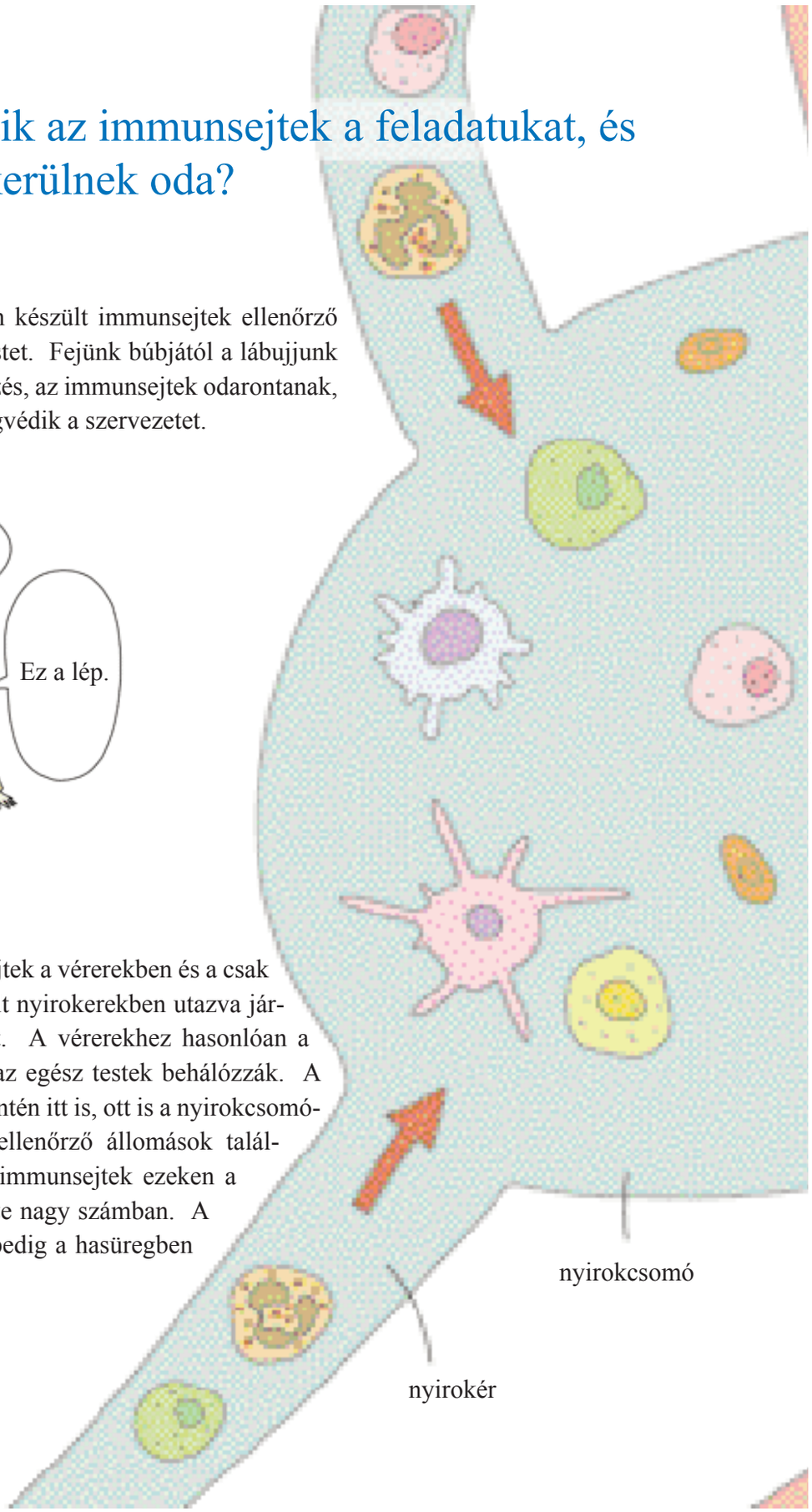
009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 30

# Hol végzik az immunsejtek a feladatukat, és hogyan kerülnek oda?

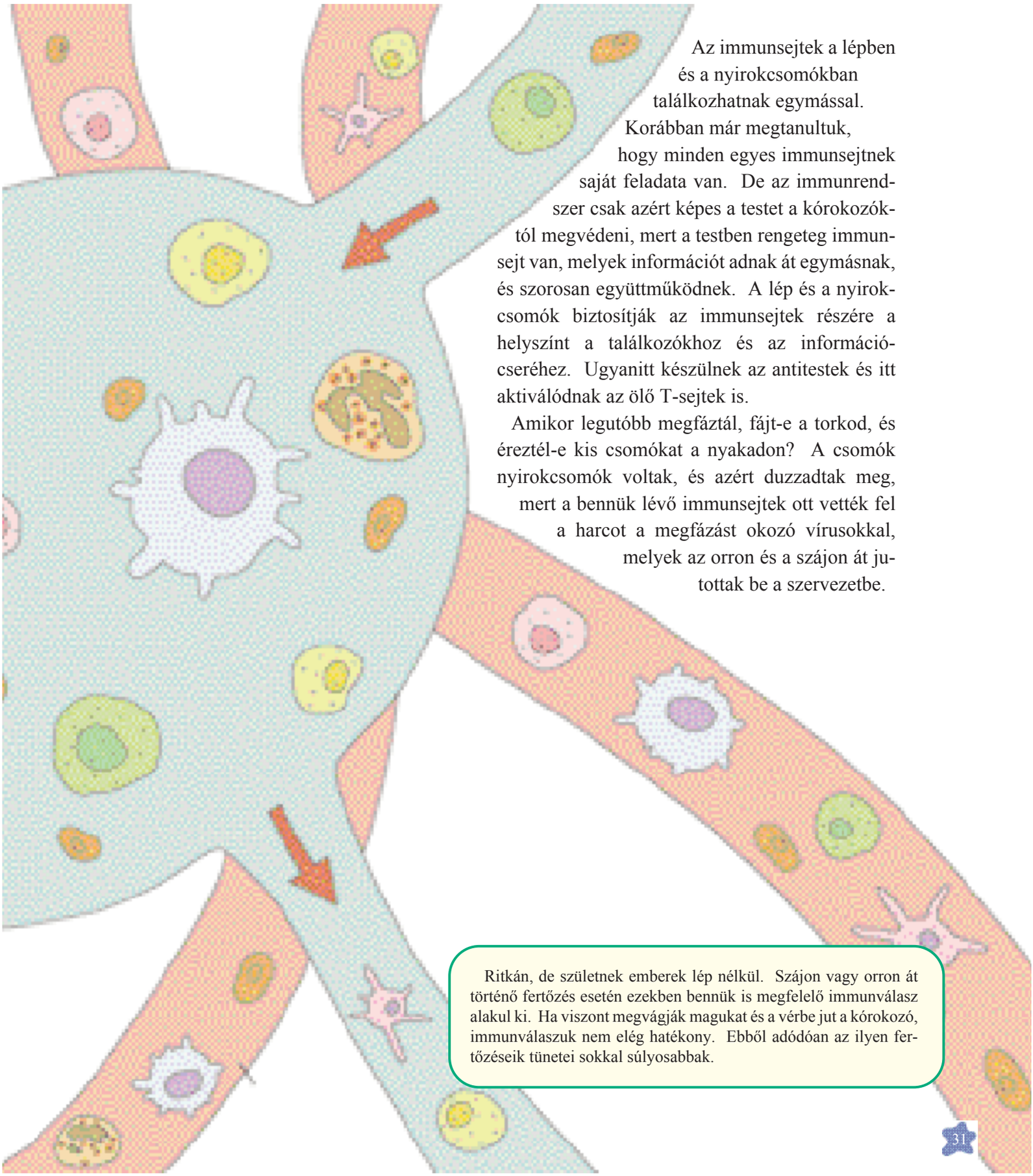
A csonvelőben és a tímuszban készült immunsejtek ellenőrző körútjaikon bejárják az egész testet. Fejünk búbjától a lábujjunk hegyéig, bárhol is legyen a fertőzés, az immunsejtek odarontanak, legyőzik a kórokozót, és így megvédik a szervezetet.




Az immunsejtek a vérerekben és a csak általuk használt nyirokerekben utazva járják be a testet. A vérerekhez hasonlóan a nyirokerek is az egész testek behálózzák. A nyirokerek mentén itt is, ott is a nyirokcsomónak nevezett ellenőrző állomások találhatók. A nyirokerekben utazó immunsejtek ezeken a csomópontokon gyűlhetnek össze nagy számban. A vérerekben utazó immunsejtek pedig a hasüregben található lépben gyülekeznek.



009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 31



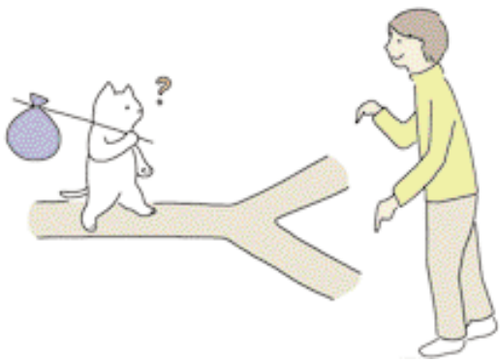
Az immunsejtek a lépben és a nyirokcsomókban találkozhatnak egymással. Korábban már megtanultuk, hogy minden egyes immunsejtnek saját feladata van. De az immunrendszer csak azért képes a testet a kórokozóktól megvédeni, mert a testben rengeteg immunsejt van, melyek információt adnak át egymásnak, és szorosan együttműködnek. A lép és a nyirokcsomók biztosítják az immunsejtek részére a helyszínt a találkozókhoz és az információcseréhez. Ugyanitt készülnek az antitestek és itt aktiválódnak az ölő T-sejtek is.

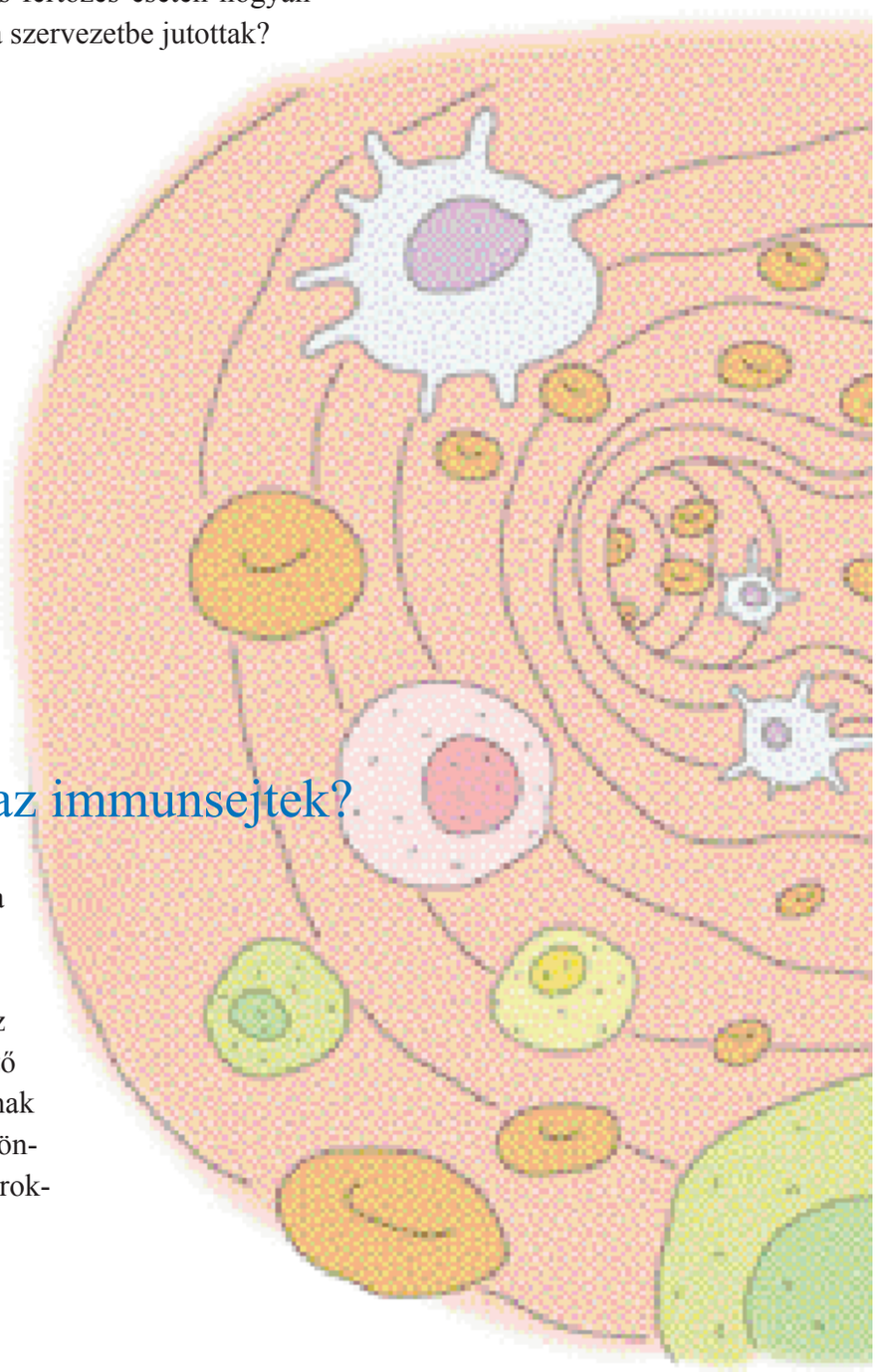
Amikor legutóbb megfáztál, fájt-e a torkod, és éreztél-e kis csomókat a nyakadon? A csomók nyirokcsomók voltak, és azért duzzadtak meg, mert a bennük lévő immunsejtek ott vették fel a harcot a megfázást okozó vírusokkal, melyek az orron és a szájon át jutottak be a szervezetbe.

Ritkán, de születnek emberek lép nélkül. Szájon vagy orron át történő fertőzés esetén ezekben bennük is megfelelő immunválasz alakul ki. Ha viszont megvágják magukat és a vérbe jut a kórokozó, immunválaszuk nem elég hatékony. Ebből adódóan az ilyen fertőzéseik tünetei sokkal súlyosabbak.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 32

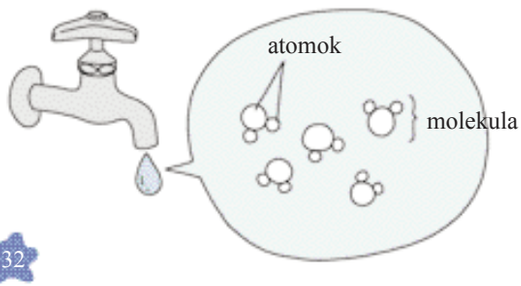
Említettük, hogy az immunsejtek a vérerekben és nyirokerekben vándorolva őrjáratoznak a szervezetben. De hogyan találnak oda az immunsejtek a nyirokcsomókba? És fertőzés esetén hogyan találják meg a helyet ahol a kórokozók a szervezetbe jutottak?





## Hogyan tájékozódnak az immunsejtek?

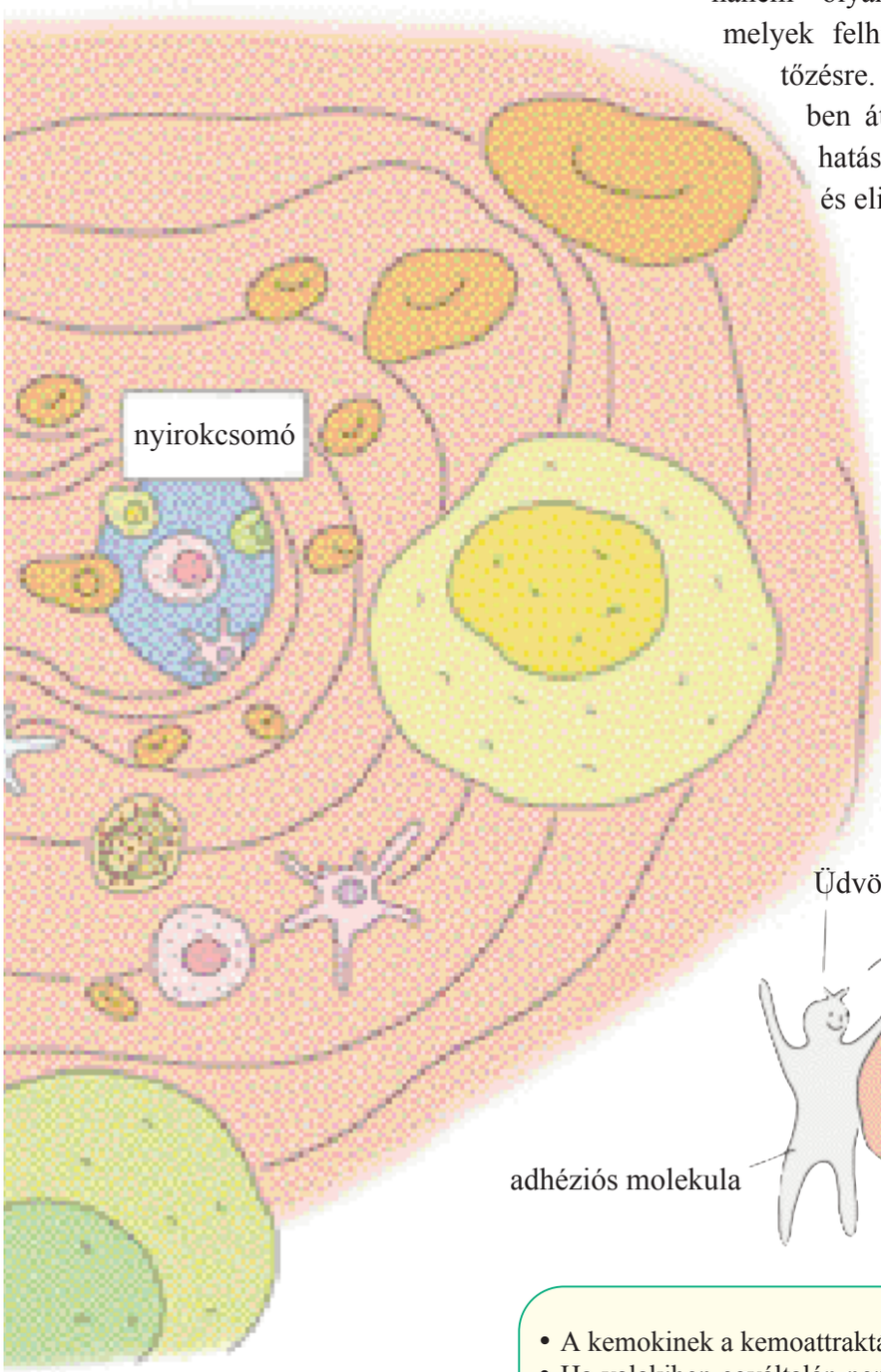
Az immunsejtek azért találhatnak oda a nyirokcsomókba, mert a nyirok-csomók olyan jelzőmolekulákat készítenek, melyek neonreklámként hirdetik: - Ez egy nyirokcsomó! – A testben ellenőrző körútjaikat járó immunsejtek találkoznak ezekkel a jelekkel, felismerik honnan jönnek, és válaszképpen belépnek a nyirok-csomókba.




* A molekulák atomokból állnak. A molekulák az adott anyag legkisebb egységei, melyek még mindig hordozzák az illető anyag jellemző fizikai és kémiai tulajdonságait.

Fertőzés esetén a dendritikus sejtek nemcsak a kórokozó fajtáját azonosítják a T-sejtek számára, hanem olyan jelzőmolekulákat is kibocsátanak, melyek felhívják a környezetük figyelmét a fertőzésre. A környező vérerekben és nyirokerekben áthaladó immunsejtek e jelzőmolekulák hatására a fertőzés helyszínére vándorolnak és elintézik a kórokozókat.

A sejtek felszínén található ilyen jelzőmolekulákat adhéziós molekuláknak hívjuk, ezek mutatják meg a közeledő immunsejteknek, hogy pontosan merre járnak, méghozzá úgy, hogy a felszínükhöz tapadnak. Más sejtek kemoattraktánsnak nevezett jelzőmolekulákat bocsátanak ki, melyek nagyobb távolságra eljutva „vezetik" az útjukba kerülő immunsejteket. Olyan ez, mint egy bolt, amelyik az ajtó fölé kirakott jókora neonreklámmal (adhéziós molekulák) próbálja felhívni magára a figyelmet, és a vevőket a bejáratnál álló alkalmazottak (kemoattraktánsok) csalogatják be.



- A kemokinek a kemoattraktánsok egy jól ismert csoportját alkotják.
- Ha valakiben egyáltalán nem termelődnek adhéziós molekulák, nem alakul ki bennük megfelelő immunválasz, mivel a limfociták nem juthatnak be a nyirokcsomókba.

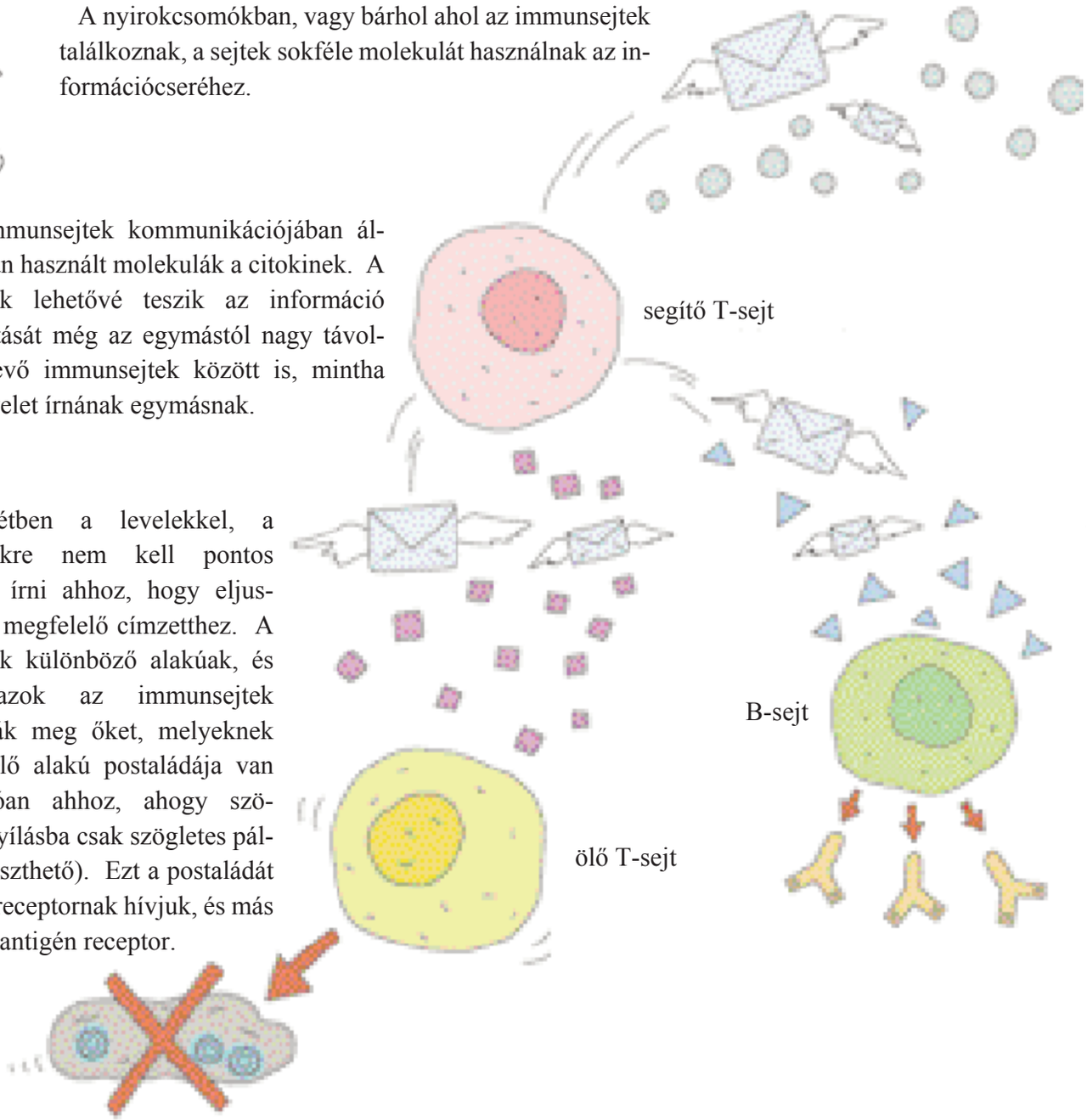
009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 34

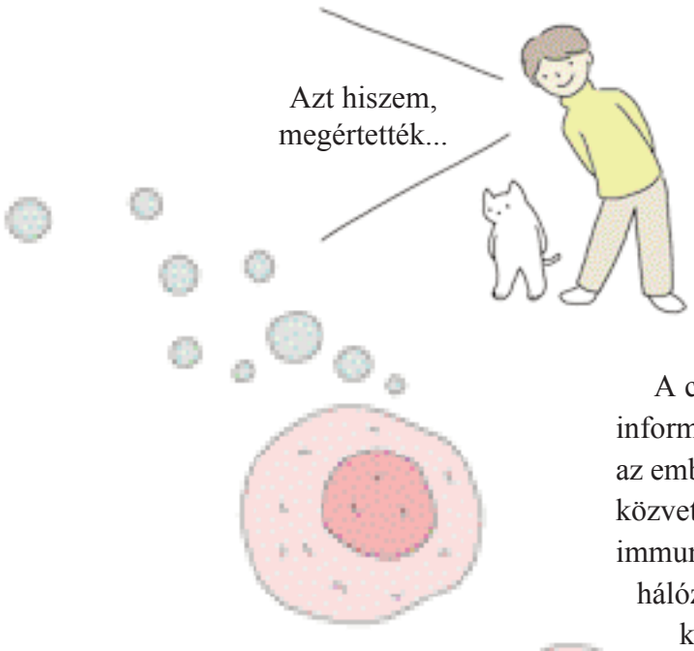
# Hogyan segítenek egymásnak az immunsejtek?

A nyirokcsomókban, vagy bárhol ahol az immunsejtek találkoznak, a sejtek sokféle molekulát használnak az információcseréhez.

Az immunsejtek kommunikációjában általánosan használt molekulák a citokinek. A citokinek lehetővé teszik az információ továbbítását még az egymástól nagy távolságra levő immunsejtek között is, mintha csak levelet írnának egymásnak.

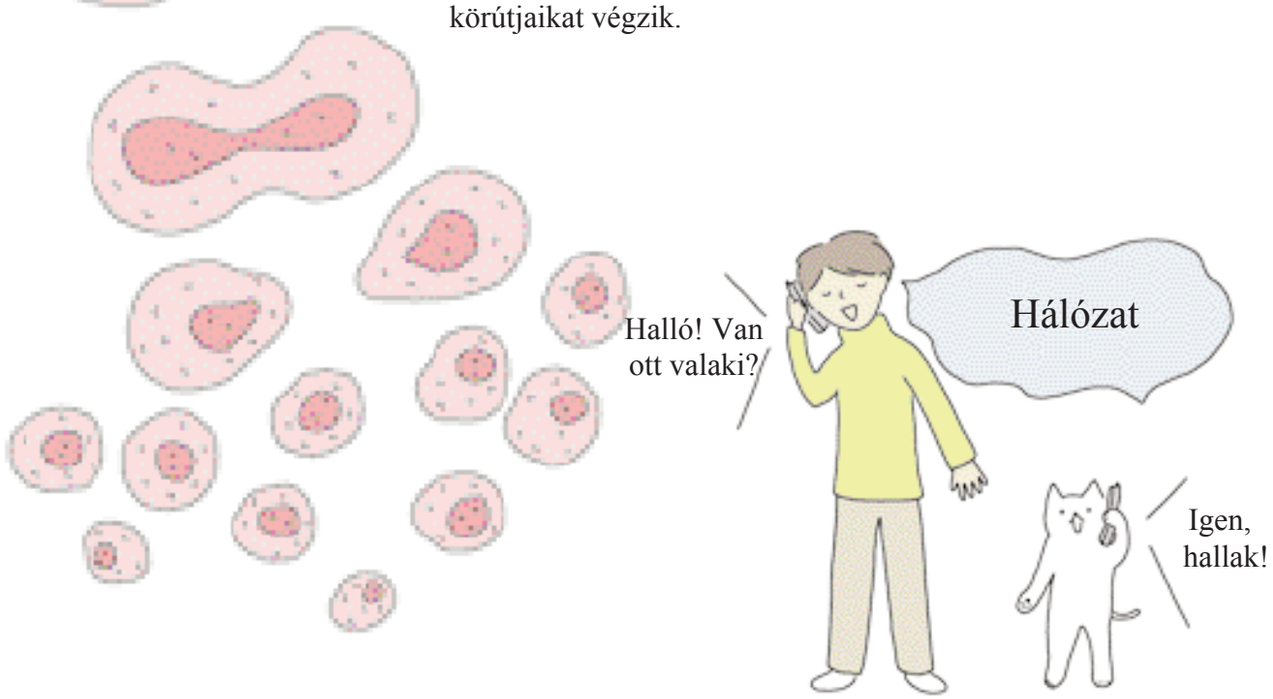
Ellentétben a levelekkel, a citokinekre nem kell pontos címzést írni ahhoz, hogy eljussanak a megfelelő címzetthez. A citokinek különböző alakúak, és csak azok az immunsejtek kaphatják meg őket, melyeknek megfelelő alakú postaládája van (hasonlóan ahhoz, ahogy szögletes nyílásba csak szögletes pálcika illeszthető). Ezt a postaládát citokin receptornak hívjuk, és más mint az antigén receptor.






Mármost, bizonyos citokinek parancsokat közvetítenek a sejteknek, mint: - Ébresztő! – vagy: Osztódni!- Más citokinek pedig arra utasítják a sejteket, hogy lassítsanak és álljanak le, vagy pedig pusztítsák el magukat. Amikor a sejtek megkapják a „mozgósító“ parancsot, néhányan válaszképpen lázas munkába kezdenek. A helyzettől függően viszont más sejtek ott helyben elpusztulnak.

A citokineket hírvivőként használva az immunsejtek igen fejlett információs hálózatot képesek fenntartani. Hasonlóan ahhoz, ahogy az emberek a mobiltelefonokat és az e-mailt arra használják, hogy a közvetlen környezetükön túl másokkal is kapcsolatba lépjenek, az immunsejtek folyamatosan kommunikálnak egymással a citokinhálózat segítségével, mialatt az egész testet bejárva ellenőrző körútjaikat végzik.




A kutatók meglehetősen sokféle citokint fedeztek már fel. Egyikük, az interferon akkor vált ismertté, mikor az orvosok a rák és a hepatitisz C kezelésében kezdték alkalmazni. Az interferon segíti a testünk immunsejtjeit az egymás közötti kommunikációban.

009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 36

# Hogyan szabályozza magát az immunrendszer?

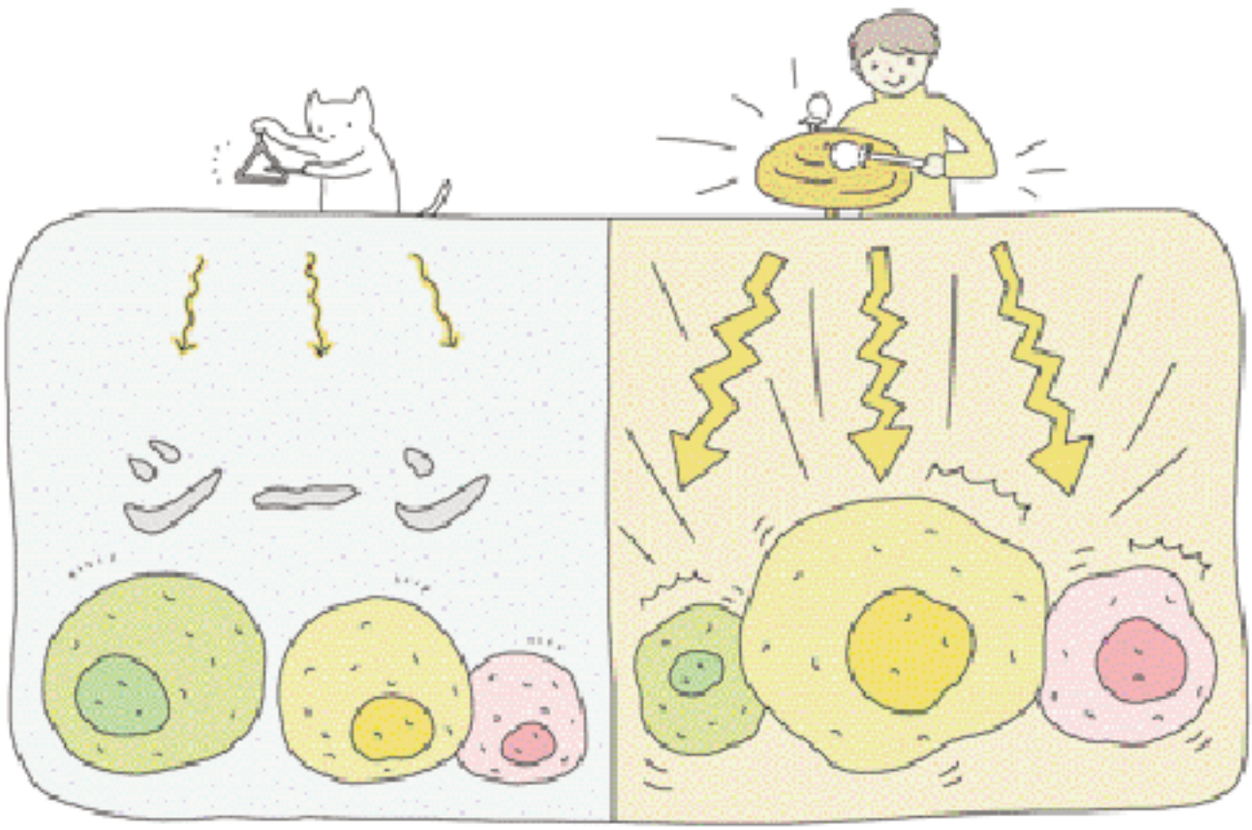
Az immunsejtek által indított támadást, ami a szervezetet megszabadítja a kórokozóktól, immunválasznak nevezzük.

Most már biztosan értitek, hogy nagy bajban lennénk ha az immunrendszerünk szükség esetén nem indítaná be a megfelelő választ. De az is pontosan ugyanolyan rossz lenne, ha minden egyes apróságra ugrana. Olyan immunválaszra van szükségünk, amely csak akkor és annyira aktiválható, amikor és amennyire szükséges. A megfázást kísérő lázat az immunválasz okozza, de képzeljétek csak el mi történne velünk, ha a láz akkor sem szűnne meg, mikor a vírust már legyőztük.

Az immunrendszernek többféle lehetősége van, hogy a túlzott immunválasz kialakulását megakadályozza. Vannak olyan sejtjei és molekulái, melyeknek az immunválasz gátlása a feladata. Az egyik sejt, amely erre specializálódott, a szabályozó (regulátor) T-sejt.

Az immunrendszer nemcsak arra képes, hogy egy már folyamatban levő immunválaszt leállítson, hanem arra is, hogy a szükségtelen immunválasz elindítását megakadályozza. A limfocitákon levő antigén receptorok rendkívül érzékenyek, és igen gyenge jeleket is képesek érzékelni. Gyenge jelek hatására azonban a sejtek csak készenléti állapotba kerülnek és várnak. Csak a fertőzés okozta erős jelek hatására lépnek igazán akcióba.

Az immunrendszer rendkívül megbízható védelmi rendszert biztosít a szervezet számára. Különleges sejtek állnak rendelkezésére, fejlett kommunikációs rendszerrel és megfelelő fegyverekkel van felszerelve, mint például az antitestek. És most már tudjuk, hogy egy sor biztonsági rendszere is van, melyek megakadályozzák a szükségtelen támadásokat, illetve a szervezetnek kárt okozó túl erős immunválaszt.

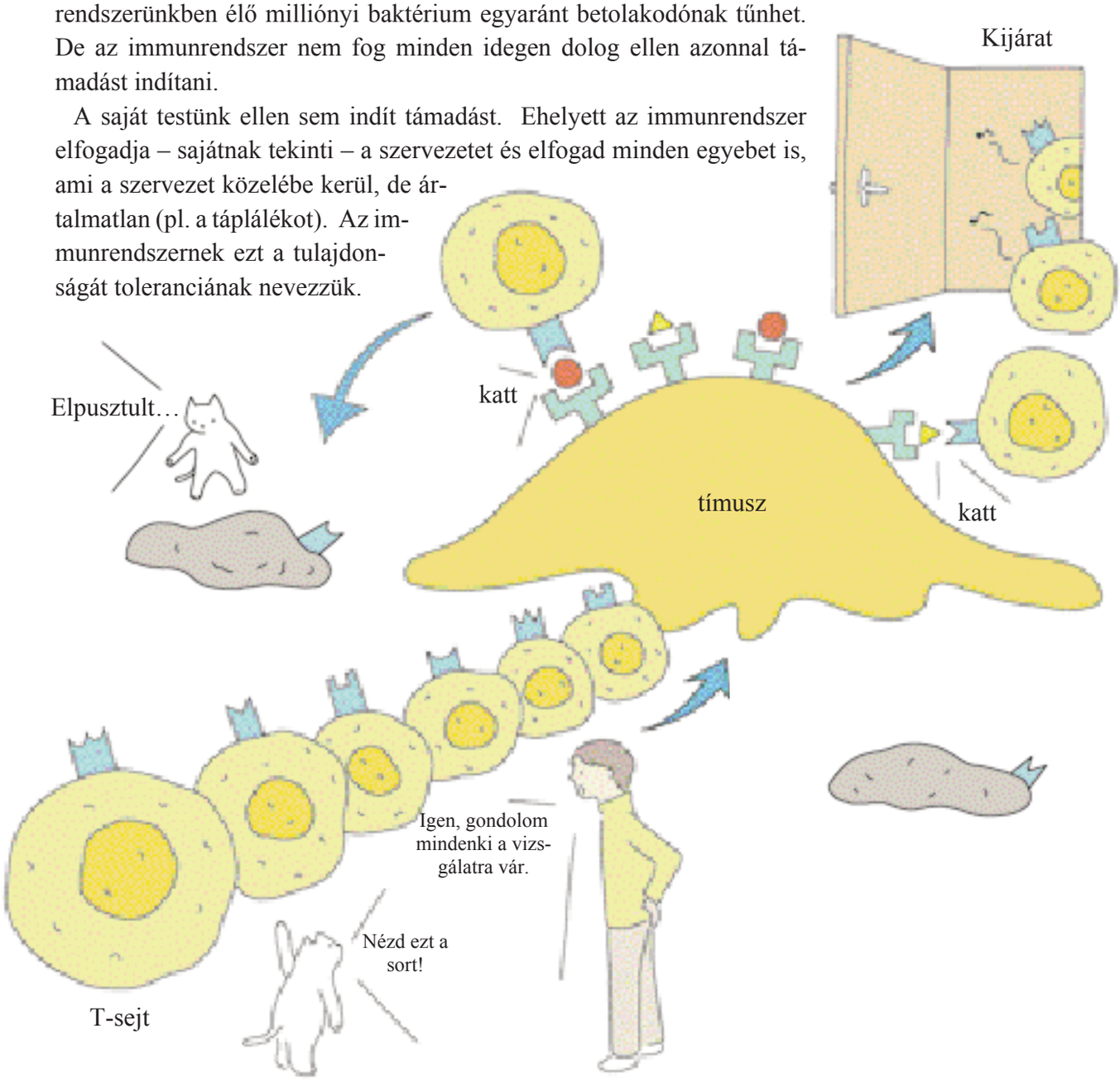


009_039q6HU_009_039 2011.04.18. 23:47 Page 38

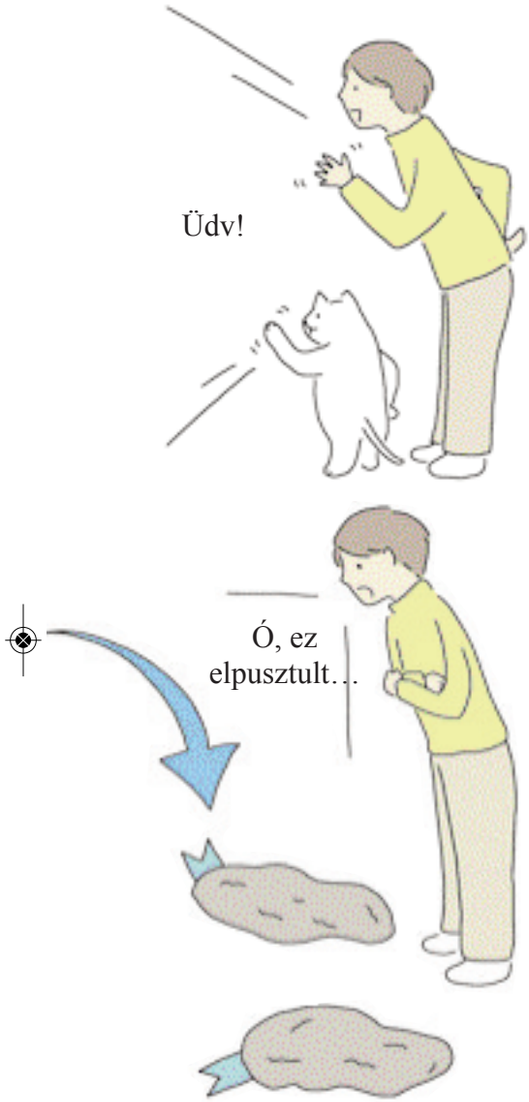
# Miért nem támadja meg az immunrendszer a szervezetet vagy a táplálékot?

A kórokozók mellett még rengeteg minden kerül szervezetünkbe minden áldott nap. Testünk szempontjából a megevett táplálék vagy a bélrendszerünkben élő milliónyi baktérium egyaránt betolakodónak tűnhet. De az immunrendszer nem fog minden idegen dolog ellen azonnal támadást indítani.

A saját testünk ellen sem indít támadást. Ehelyett az immunrendszer elfogadja – sajátnak tekinti – a szervezetet és elfogad minden egyebet is, ami a szervezet közelébe kerül, de ártalmatlan (pl. a táplálékot). Az immunrendszernek ezt a tulajdonságát toleranciának nevezzük.



Először is lássuk csak, miért nem támadja meg szervezetünk saját magát.




Emlékezzünk arra a kijelentésre, hogy a B- és T-sejteknek jóval több mint 10 milliárd különböző antigén receptora van! Ilyen sokféle receptor között könnyen akadhat olyan is, amely a szervezet valamelyik saját antigénjét ismeri fel. Ha egy ilyen receptort hordozó limfocita bekerülne a véráramba, a sejt támadást indítana a szervezet ellen, ami katasztrofális következményekkel járhatna.

Hogy ez ne történhessen meg, a véráramba való kibocsátásuk előtt a limfociták „szűrővizsgálaton” mennek keresztül, hogy kiderüljön, melyikük hordoz olyan antigén receptorokat, melyek a szervezet saját antigénjeivel kapcsolódhatnak. A B-sejtek vizsgálata a csontvelőben, a T-sejteké a tímuszban történik. A veszélyes antigén receptorokat hordozó sejtek ott helyben elpusztulnak.

De még ha ezeknek a veszedelmes limfocitáknak egy része ki is kerül a szűrőhelyekről és bekerül a szervezetbe, akkor sincs minden veszve. A korábban említett mechanizmusok – azok, amelyek a szükségtelen immunválaszt meggátolják – ezeket a sejteket is féken tartják.

A táplálékkal, illetve a gyomorban és vastagbélben élő hasznos mikróbákkal szembeni toleranciát pedig az immunrendszer különleges mechanizmusai teszik lehetővé.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 40

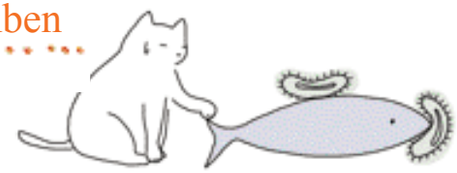
040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 41

# II. rész

# A betegségekről

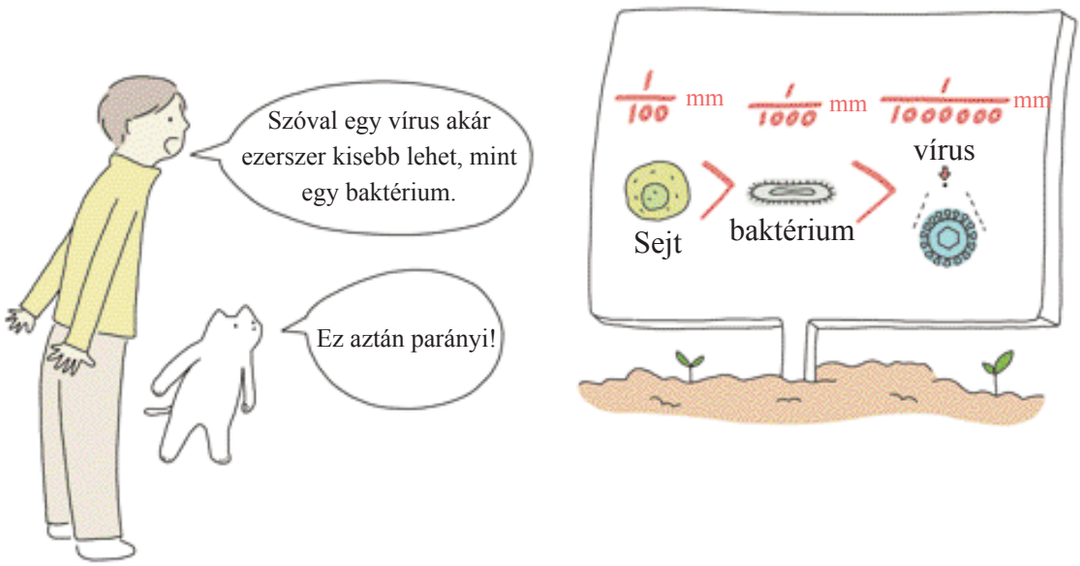
# 1. Harc a a fertőző betegségekkel szemben

## A kórokozókról általában

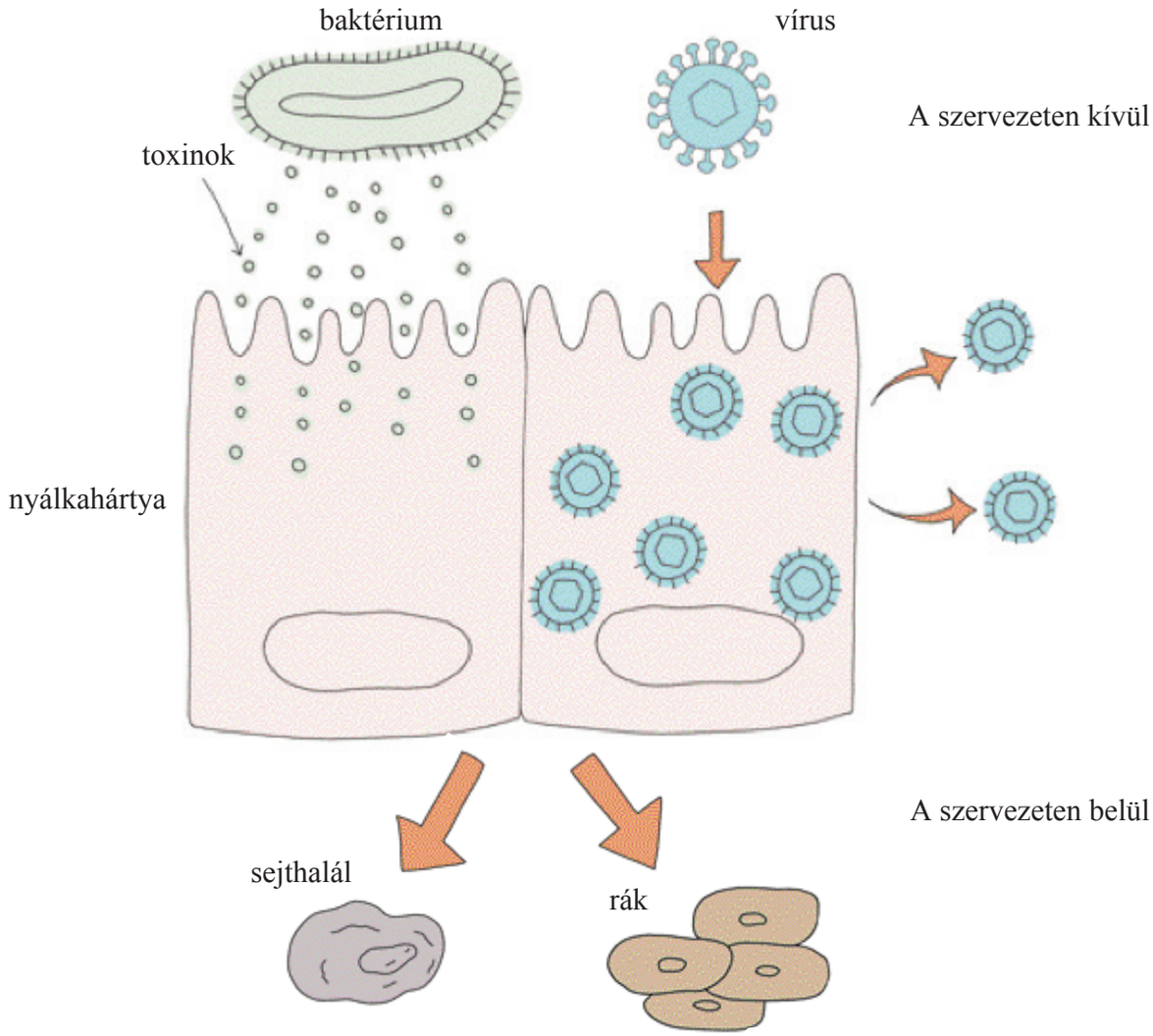


A fertőző betegségeket a szervezetbe bekerülő és ott szaporodó láthatatlan mikroorganizmusok okozzák. Az immunológia története, amely a 18. században a Jenner által felfedezett védőoltással kezdődött, egyszersmind a fertőző betegségek elleni küzdelem története is. Hála a Jenner-féle vakcina világszerte történő alkalmazásának, a himlő eltűnt. És az azóta kifejlesztett sok kiváló védőoltásnak köszönhetően ma már sokféle fertőző betegséggel szemben védettek vagyunk.

A fertőző betegségeket okozó mikroorganizmusokat patogéneknek nevezzük, vagy másképpen kórokozóknak. A kórokozók lehetnek vírusok és baktériumok. A baktériumok egysejtűek, és néhány mikron méretűek. (1 mikron megfelel a milliméter ezredrészének.)




- A himlő fertőző betegség, melyet a himlővírus okoz. Aki elkapja a betegséget, 40 fokos láza lesz, és egész testét kis fekélyek és hólyagok borítják el. Régebben sokan belehaltak a betegségbe, de Jenner védőoltásának köszönhetően 1977 óta senki sem betegedett meg himlőben..
- A „virus“ latinul mérget jelent. A régi görögöknél Hippokrátész a „virus“ szót betegséget okozó méreg megfelelőjeként használta.



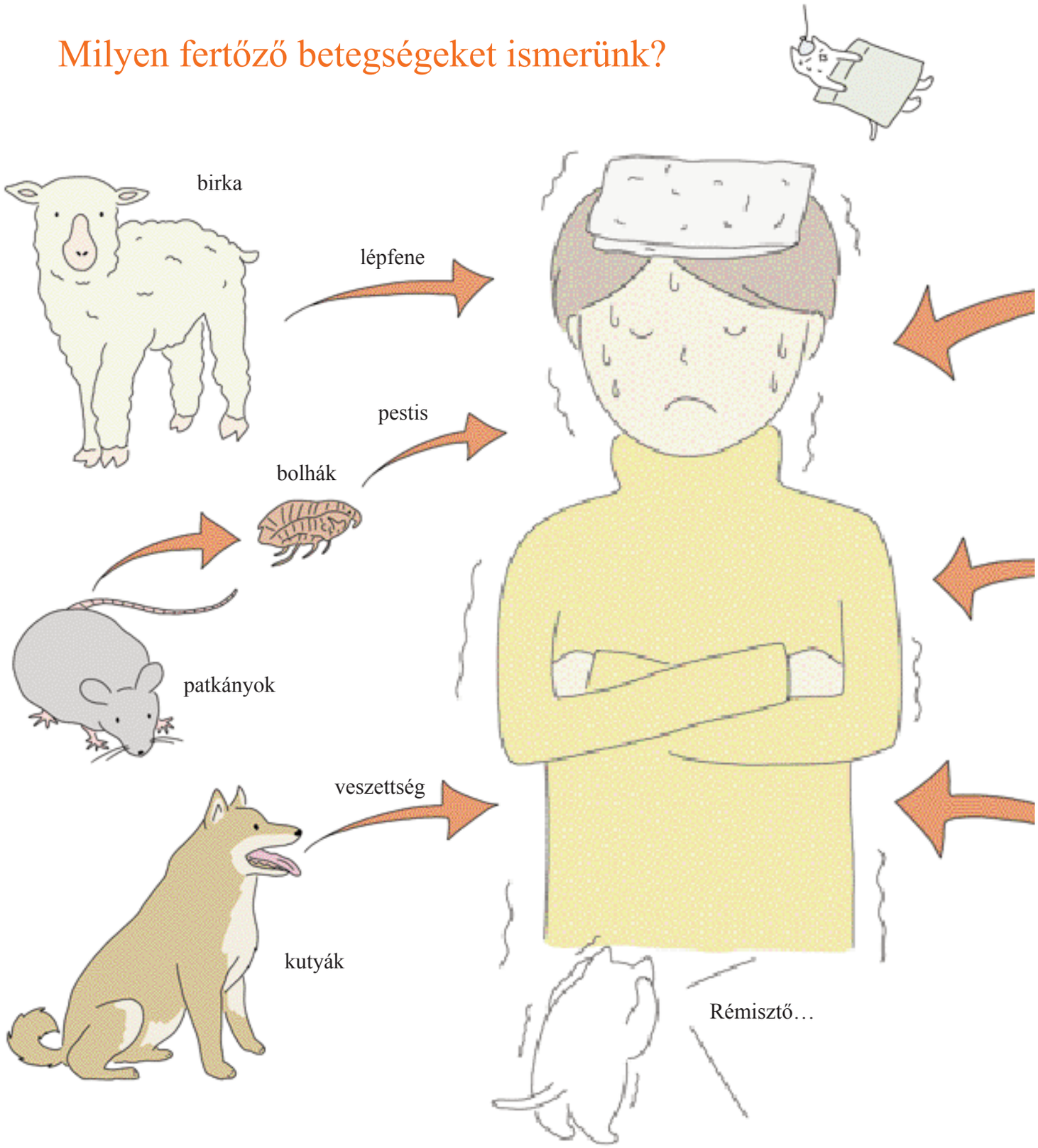

Hogyan okoznak betegséget a szervezetbe behatoló baktériumok?

A baktériumok olyan toxinokat termelnek, melyek a sejteket elpusztítják, vagy működésképtelenné teszik. A sejtfaluk is tartalmazhat toxinokat, melyek lázat, hasmenést, vagy a vérnyomás csökkenését okozhatják. A toxinok mellett a baktériumoknak számos egyéb fegyvere is van a szervezet károsítására.

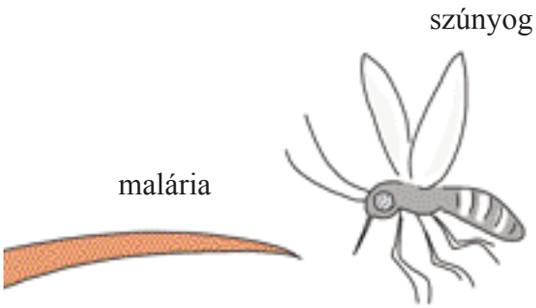
A vírusok százszor vagy ezerszer kisebbek, mint a baktériumok, és sokféle sejtbe behatolhatnak. Ha egyszer bejutottak a sejtbe, igen gyorsan szaporodni kezdenek. A vírusfertőzés vagy tönkreteszi a sejt normális működését, és a sejt halálát okozza, vagy a sejt korlátlan szaporodását váltja ki, és ezáltal rákos sejtté alakítja át. A fertőzést követően bizonyos vírusok csak lassan szaporodnak, és perzisztens (elhúzódó) fertőzést okoznak. Mások teljesen leállítják szaporodásukat, ami úgynevezett látens (alvó) fertőzést okoz.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 44

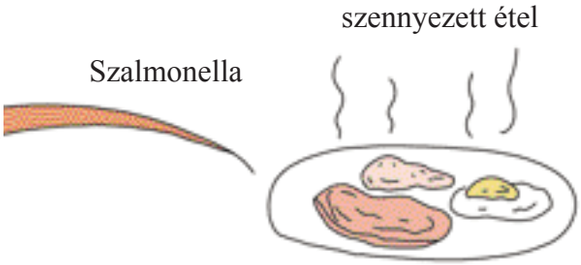
# Milyen fertőző betegségeket ismerünk?



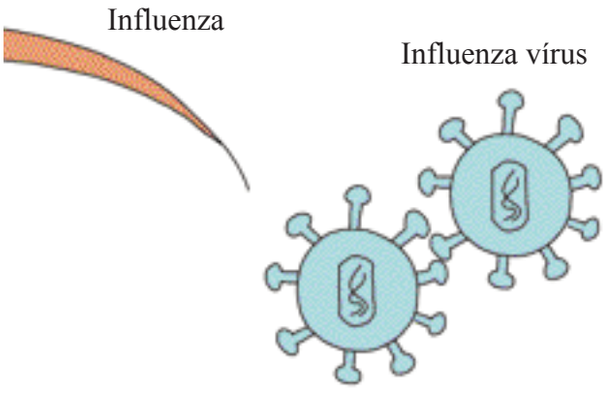
040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 45




Még mindig sok olyan betegség van világszerte, melyet nehéz kordában tartani. Különösen aggasztóak a zoonotikus betegségek, melyek kórokozói állatokat és embereket is képesek megfertőzni, és az újonnan kialakult betegségek, melyekről először a hetvenes években hallottunk.



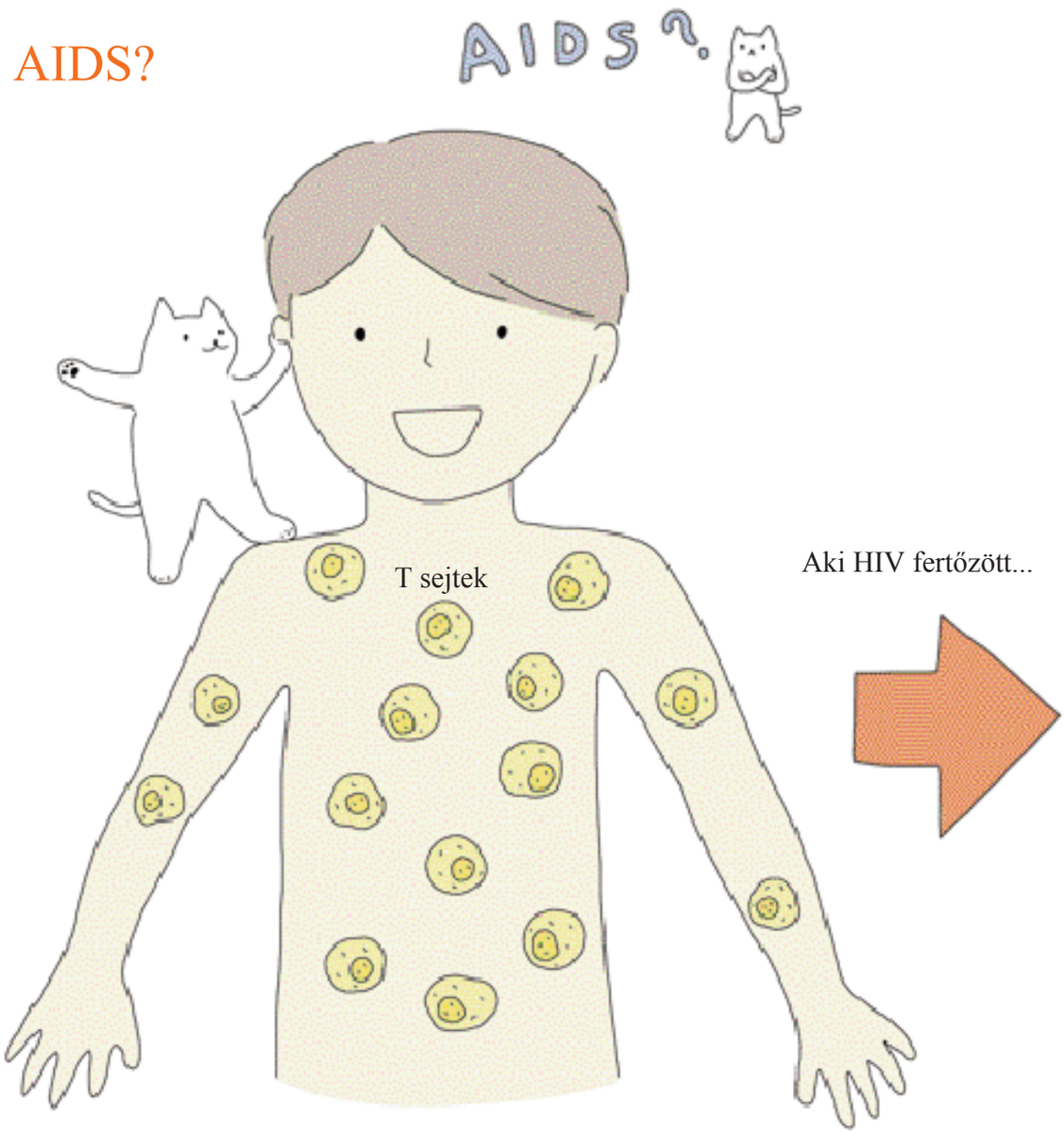

A baktériumok okozta zoonotikus betegségek közé tartozik a birkáktól vagy kecskéktől kapható lépfene, a patkányokon élő bolháktól kapható pestis, a tüdőbaj, melyet a köhögő betegektől, a levegő közvetítésével kaphatunk el, és a szennyezett ételből származó szalmonella. Zoonotikus betegségeket vírusok is okozhatnak, mint például a télen gyakori influenzát, vagy a fertőzött állatok harapásával közvetített veszettséget. Más zoonotikus betegségeket paraziták okoznak, mint például a szúnyogcsípéssel terjedő maláriát.




Az újonnan keletkezett betegségek közé tartozik a SARS (súlyos akut respirációs szindróma), melyet egy újfajta coronavirus okoz; az Ebola, a vérzéses láz, ami a belek vérzését okozza, és a fertőzöttek 50-90%-ánál halálos; az AIDS, ami több ember halálát okozza, mint bármely más fertőző betegség; és a madárinfluenza, amely akár világjárvánnyá is alakulhat, azaz világszerte rengeteg embert fertőzhet meg, úgy mint egykor a spanyolnátha.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 46

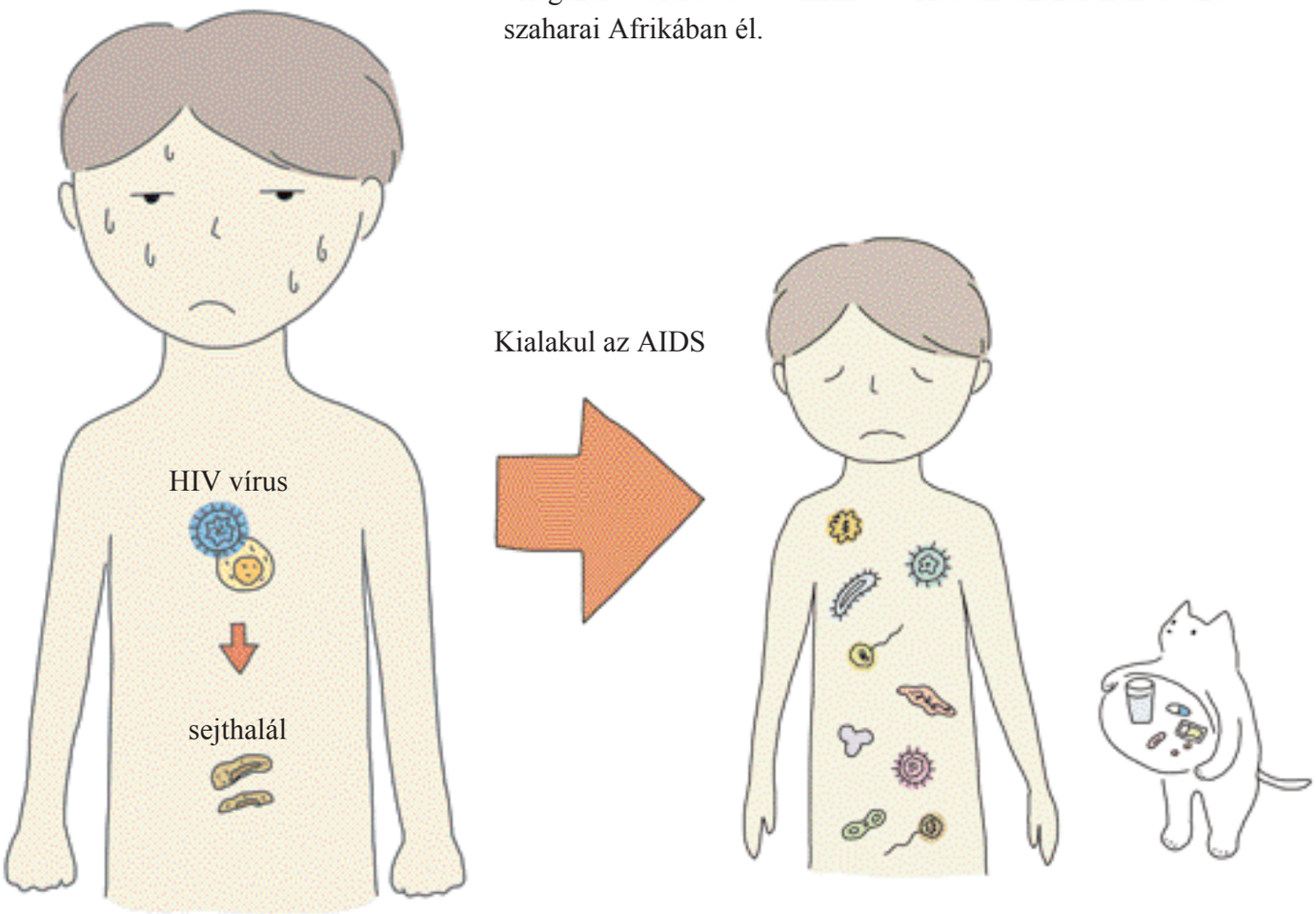
# Mi az AIDS?




A Humán Immundeficiencia Vírus (HIV) olyan vírus, amely megfertőzi és elpusztítja a segítő T sejteket. A T-sejtek számának csökkenésével az immunrendszer meggyengül, és olyan kórokozóktól is megbetegedhetünk, melyek az egészséges emberekben nem okoznak betegséget.

Amikor ez bekövetkezik, az illetőben kialakul az AIDS (angolul: Acquired Immunodeficiency Syndrome), vagyis az úgynevezett Szerzett Immunhiányos Szindróma. A vírus jelen lesz az illető vérében és testfolyadékaiban, és azt továbbadhatja másnak szexuális úton, vagy a nők megfertőzhetik gyermekeiket szüléskor.

A kutatók úgy gondolják hogy a HIV a csimpánz immundeficiencia vírusból alakult ki, amely többszáz évvel ezelőtt megváltozott (mutálódott), és ezáltal képessé vált emberek megfertőzésére. 2007 végére a HIV-fertőzött emberek száma világszerte elérte a 30 milliót. Hatvan százalékuk a szubszaharai Afrikában él.

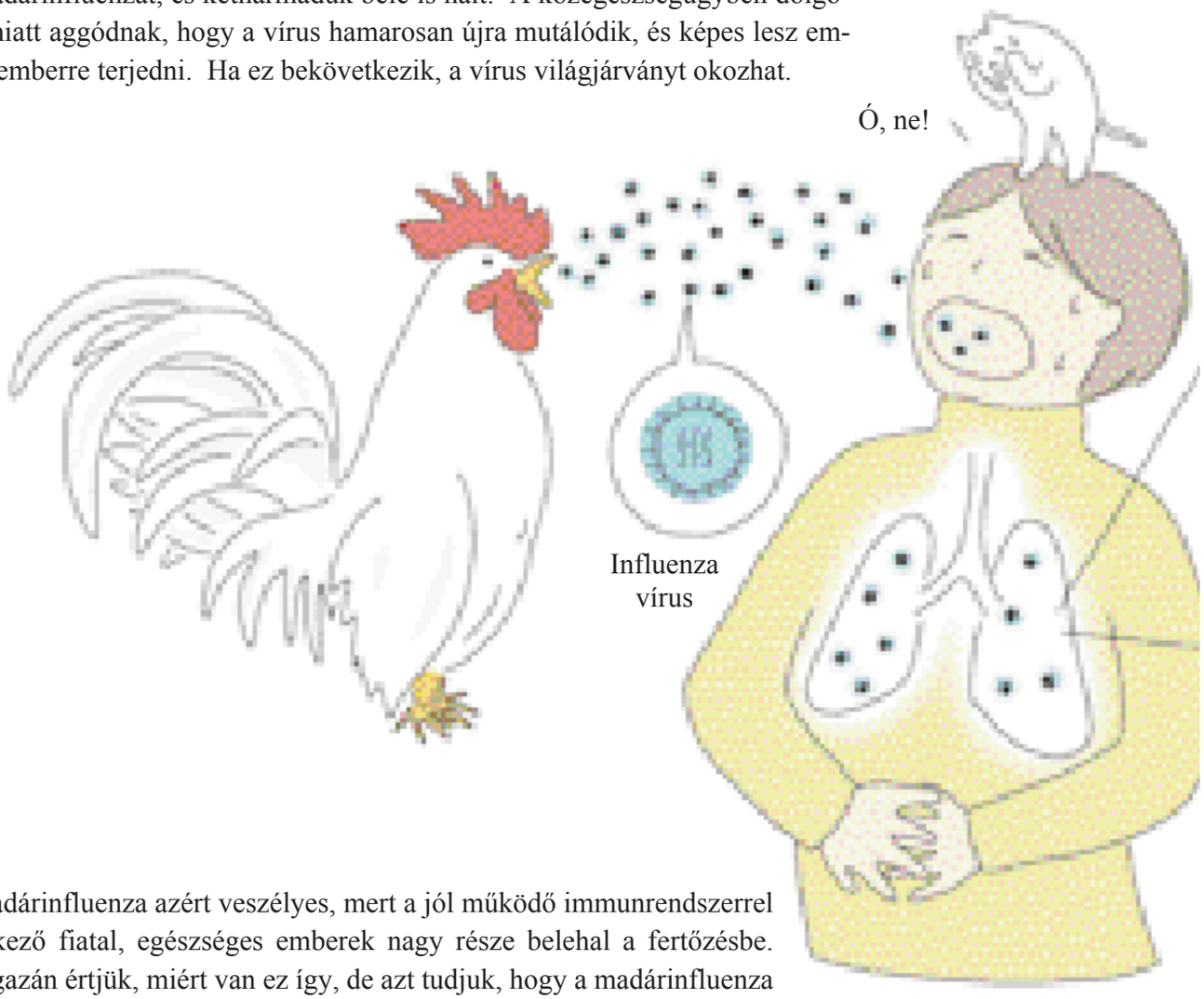



Gyógyítható-e az AIDS? Sajnos jelenleg nincs olyan gyógymód, ami teljes gyógyulást hozhatna. Jelenleg a betegeket három vagy négy különböző gyógyszer kombinációjával kezelik. Ez a kezelés drasztikusan csökkenti a szervezetben levő vírusok számát, és jelentősen csökkentette az AIDS okozta halálozások számát. A fejlődő országokban élő HIV-fertőzött emberek viszont nem tudják megfizetni ezeket a gyógyszereket.

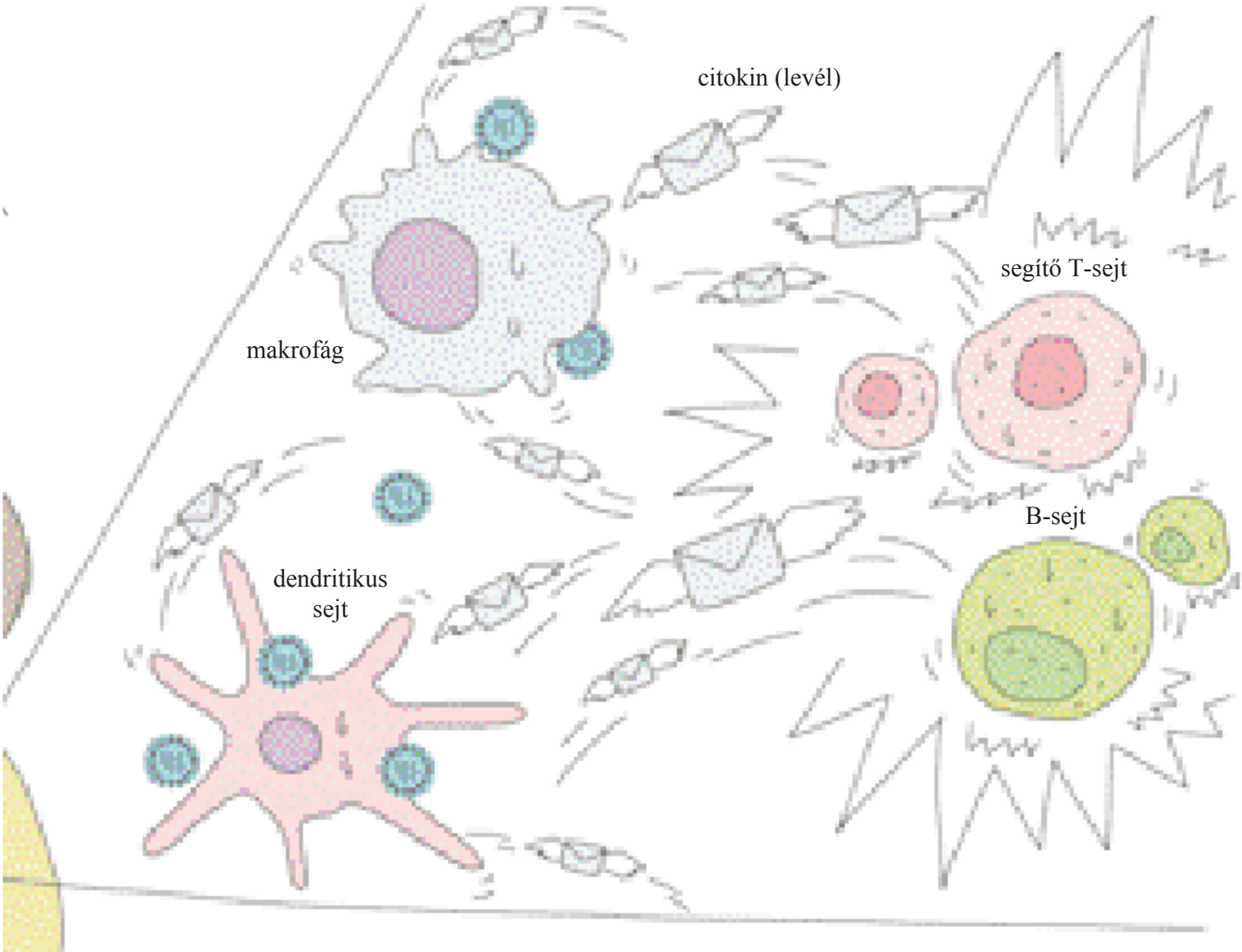
040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 48

# Elkerülhető-e, hogy elkapjuk a madárinfluenzát?

A madárinfluenza a madarak fertőző betegsége, melyet a madárinfluenza A vírus okoz. Ez a vírus eleinte csak madárról madárra terjedt, de 1997-ben először ember is elkapta a madaraktól. Ezt a fertőzést a vírus H5N1 törzse okozta. 2007-re a világon több mint 300 ember kapta el a madárinfluenzát, és kétharmaduk bele is halt. A közegészségügyben dolgozók amiatt aggódnak, hogy a vírus hamarosan újra mutálódik, és képes lesz emberről emberre terjedni. Ha ez bekövetkezik, a vírus világjárványt okozhat.




A madárinfluenza azért veszélyes, mert a jól működő immunrendszerrel rendelkező fiatal, egészséges emberek nagy része belehal a fertőzésbe. Nem igazán értjük, miért van ez így, de azt tudjuk, hogy a madárinfluenza fertőzés eredményeként a szervezet hatalmas mennyiségben termeli a citokineket, és az immunsejtek ámokfutásba kezdenek.




Tehát, hogyan kerülhetjük el, hogy elkapjuk a madárinfluenzát?

Jelenleg a tudósok úgy gondolják, hogy a madárinfluenzát leginkább egy hatékony védőoltással lehetne megfékezni. Nyilvánvaló, hogy a védőoltás nem tartalmazhatja az élő madárinfluenza vírust változatlan formában. Ezért a kutatók olyan oltóanyag kifejlesztésén dolgoznak, amely a vírus különböző részeinek felhasználásával készül. Így az immunrendszer a fertőzés veszélye nélkül találkozhatna a vírussal. Természetesen a védőoltást először a biztonságosság és hatékonyság szempontjából ellenőrizni kell.

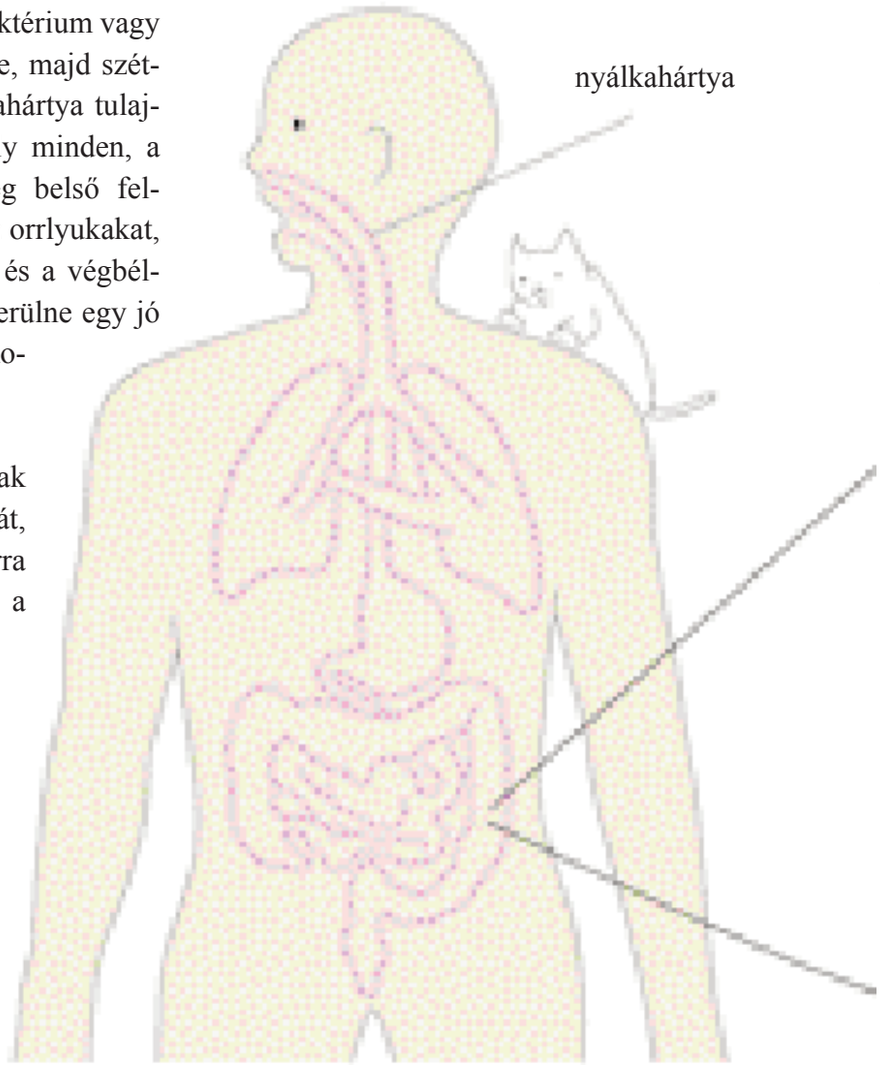
040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 50

# Mennyiben segíthetnek a védőoltások?

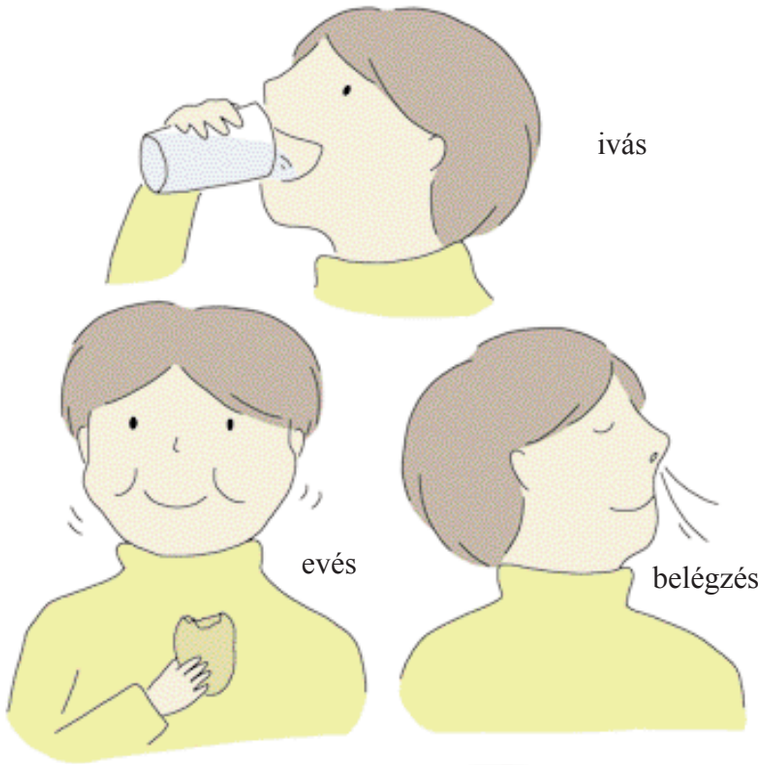
A könyv első részében már olvashattunk arról, hogy a védőoltások alkalmazásával nagyon sok fertőző betegség ellen sikerült védettséget kialakítani. Napjainkban még mindig a Jennner-féle védőoltás a leghatékonyabb a fertőző betegségek kordában tartására. De a tudósok újfajta, a fertőző betegségeket megelőző vagy éppen meggyógyító védőoltások kifejlesztésében is értek el haladást.

Hogyan tehetjük a védőoltásokat még hatékonyabbá?

A legtöbb fertőző betegséget okozó baktérium vagy vírus a nyálkahártyákon keresztül jut be, majd szétterjed az egész szervezetben. A nyálkahártya tulajdonképpen egy vékony sejtréteg, amely minden, a külvilággal kapcsolatba kerülő testüreg belső felszínét borítja. Ez béleli a szájüreget, az orrlyukakat, a torkot, a tüdőt, a gyomrot, a beleket és a végbélnyílást. Ha már a nyálkahártyáknál sikerülne egy jó erős immunválaszt beindítani, a kórokozók be sem juthatnának a szervezetbe.

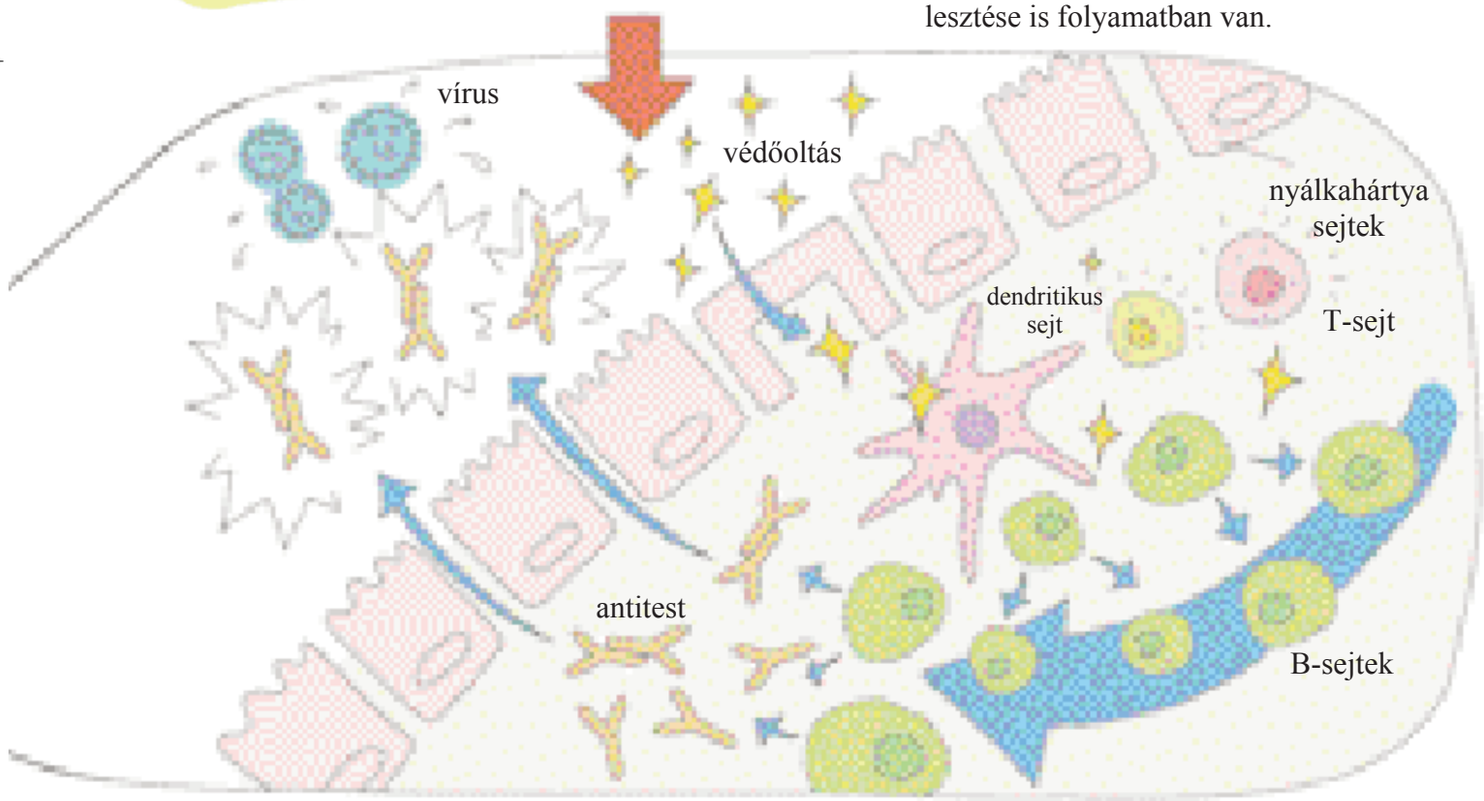



A jelenleg használatos védőoltások csak akkor segítik az immunválasz beindítását, ha a kórokozó már a testen belül van, arra nem alkalmasak, hogy meggátolják a kórokozók bejutását a szervezetbe.




Milyenek legyenek ezek az új típusú védőoltások?

Jelenleg a kutatók olyan védőoltásokat fejlesztenek ki, melyeket lenyelhetünk, megihatunk vagy belélegezhetünk. Ez kevésbé ijesztő, mint a tűvel történő védőoltás, és a nyálkahártyákon kialakuló immunválaszt valószínűleg javíthatja. Az eddigi eredmények ígéretesek. Az Amerikai Egyesült Államokban már létezik a belélegezhető influenza elleni védőoltás, és több nyálkahártyán át bejuttatható vakcina kifejlesztése is folyamatban van.

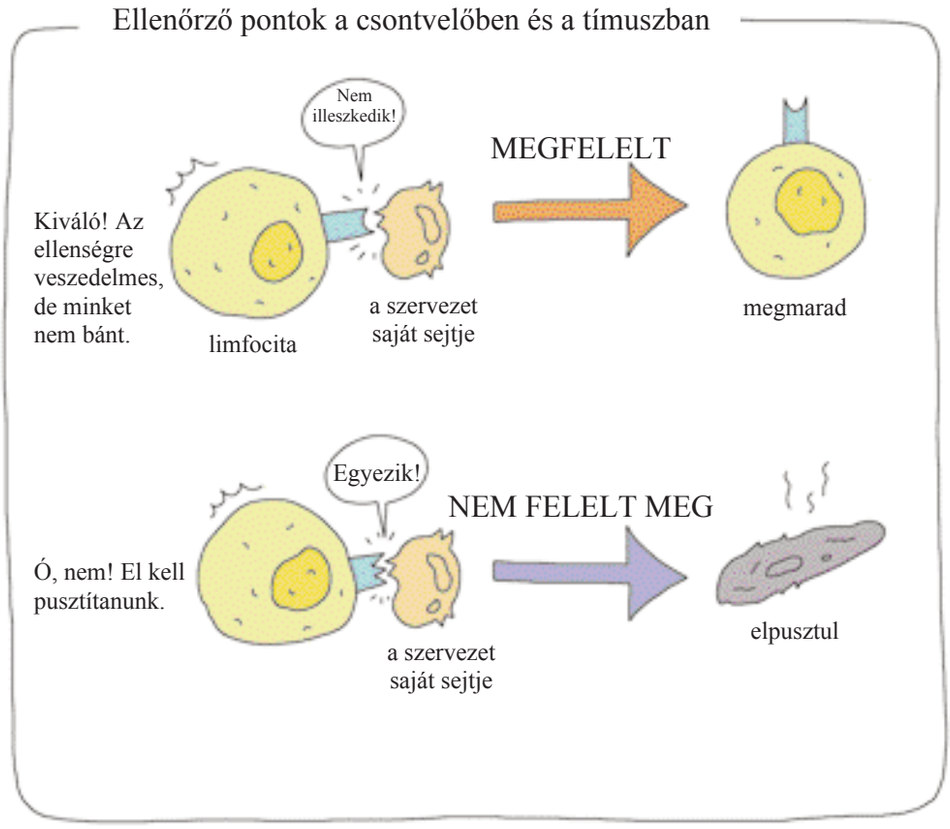


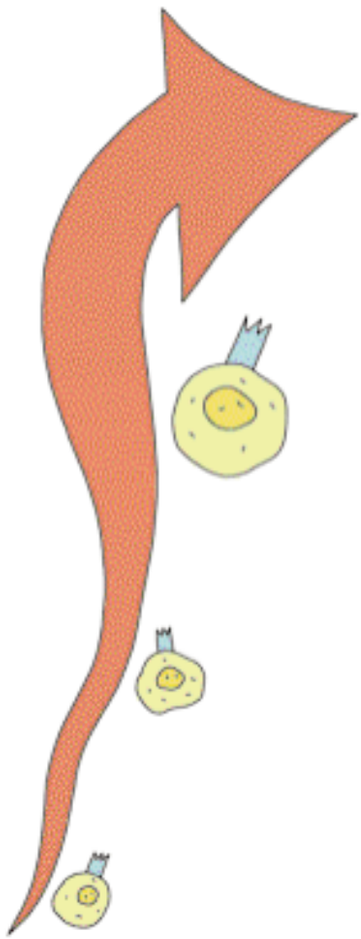
## 2. Autoimmun betegségek

# Mit nevezünk autoimmun betegségnek?

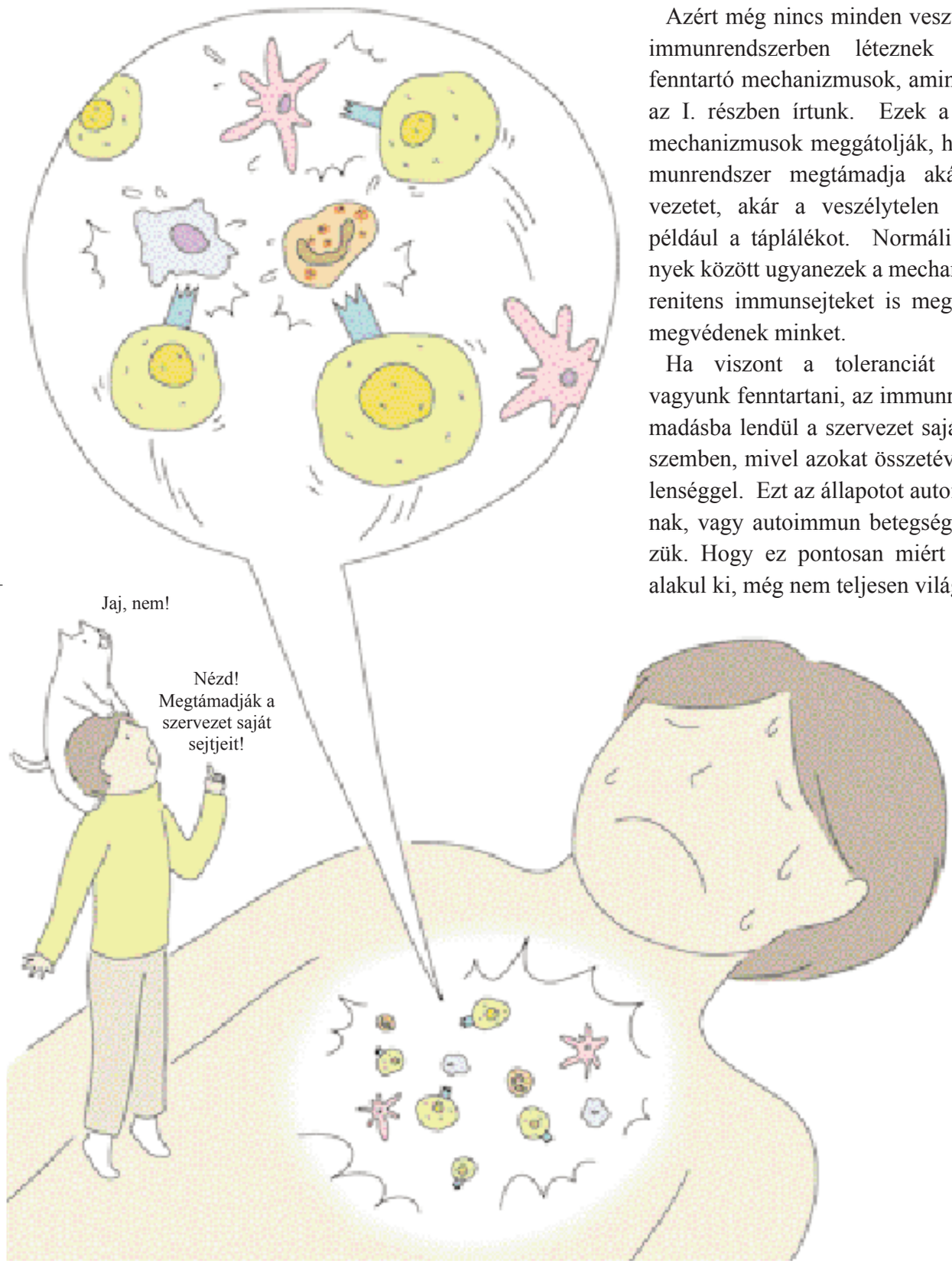
Az eddigiek alapján világos, hogy az immunsejtek megbízható szövetségesek, mindig készek arra, hogy a behatoló kórokozókkal szemben megvédjék a szervezetet.

Mielőtt a sejtek szolgálatba léphetnének, keletkezésük helyén, a csontvelőben vagy a tímuszban ellenőrző vizsgálaton esnek át. Ahhoz, hogy igaz barátaink lehessenek, az immunsejtek meg kell hogy különböztessék a szervezetet (saját) az esetleges betolakodóktól. A szervezetet megtámadó immunsejt veszedelmet jelent, és el kell pusztítani. Néha azonban ezek az elfajzott immunsejtek valahogy túlélnek.



Ha az elfajzott sejtek megmaradnak...

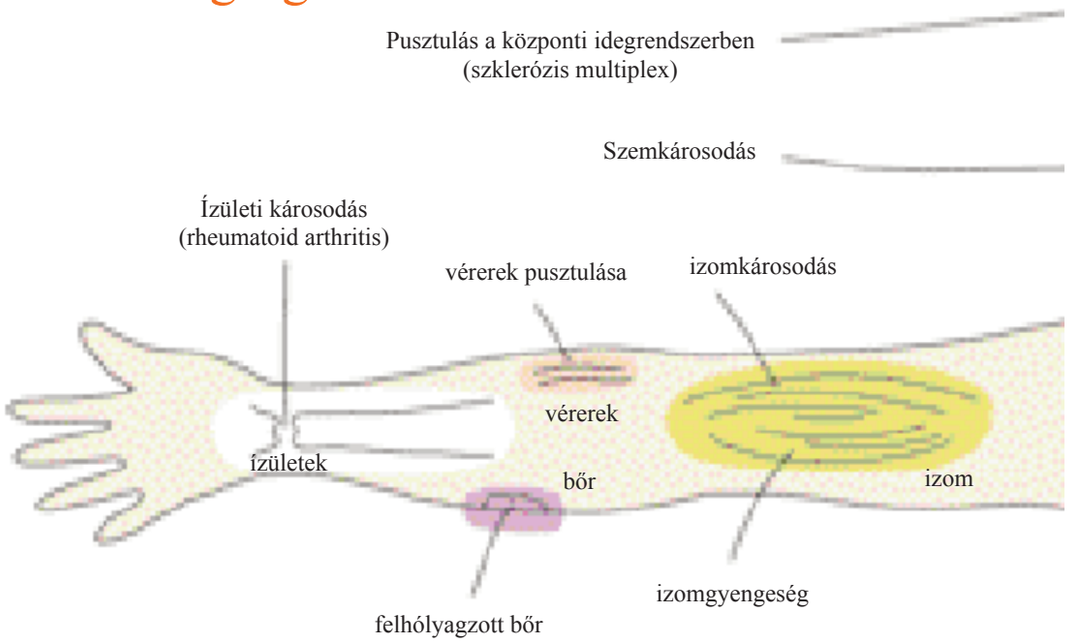



Azért még nincs minden veszve, mert az immunrendszerben léteznek toleranciát fenntartó mechanizmusok, amint arról már az I. részben írtunk. Ezek a biztonsági mechanizmusok meggátolják, hogy az immunrendszer megtámadja akár a szervezetet, akár a veszélytelen anyagokat, például a táplálékot. Normális körülmények között ugyanezek a mechanizmusok a renitens immunsejteket is megfékezik, és megvédenek minket.

Ha viszont a toleranciát képtelenek vagyunk fenntartani, az immunrendszer támadásba lendül a szervezet saját sejtjeivel szemben, mivel azokat összetéveszti az ellenséggel. Ezt az állapotot autoimmunitásnak, vagy autoimmun betegségnek nevezzük. Hogy ez pontosan miért és hogyan alakul ki, még nem teljesen világos.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 54

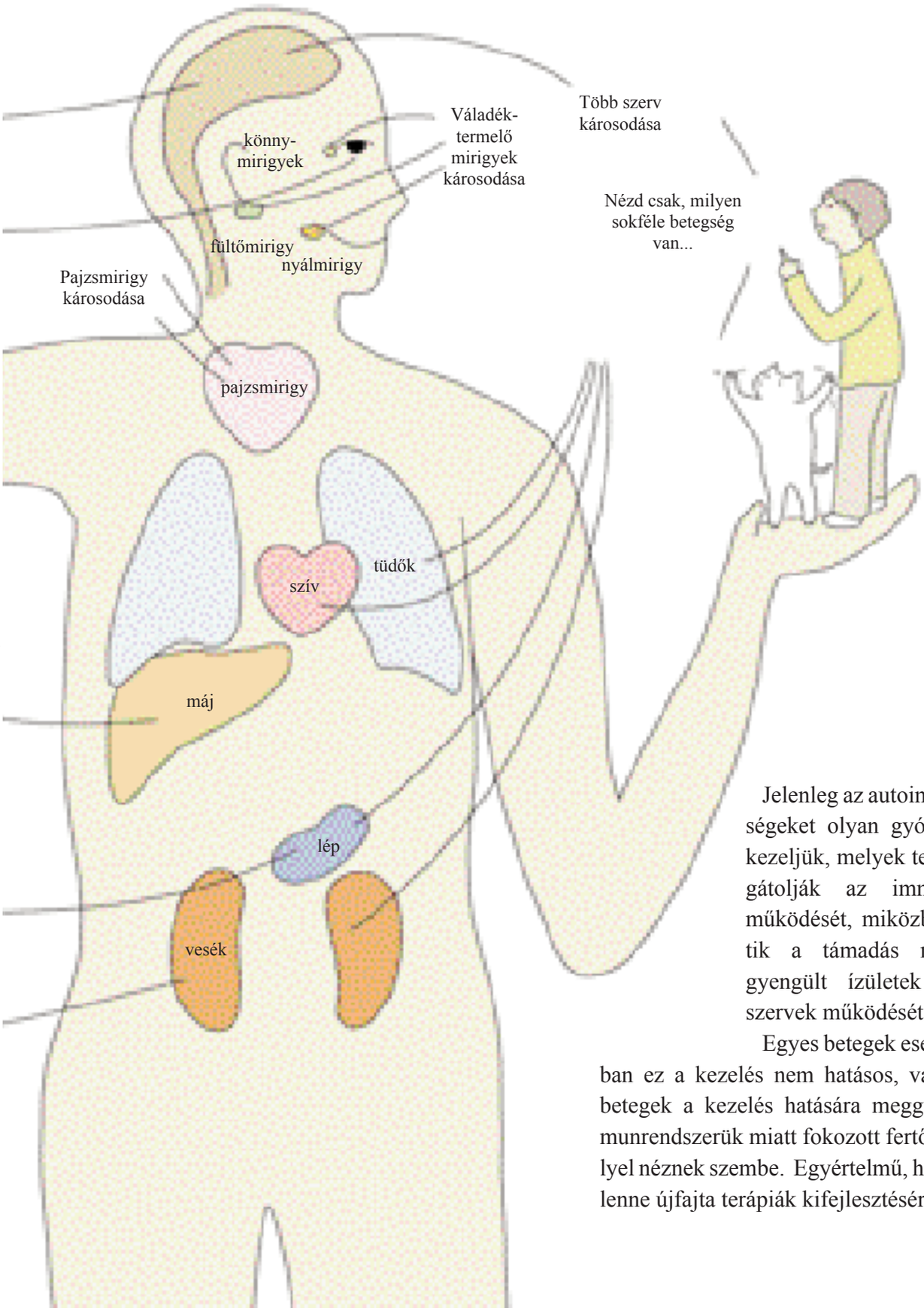
# Milyen autoimmun betegségeket ismerünk?




Sokféle automimmunbetegség van, és ezek a szervezetben bárhol kialakulhatnak. Nézzünk néhány példát.

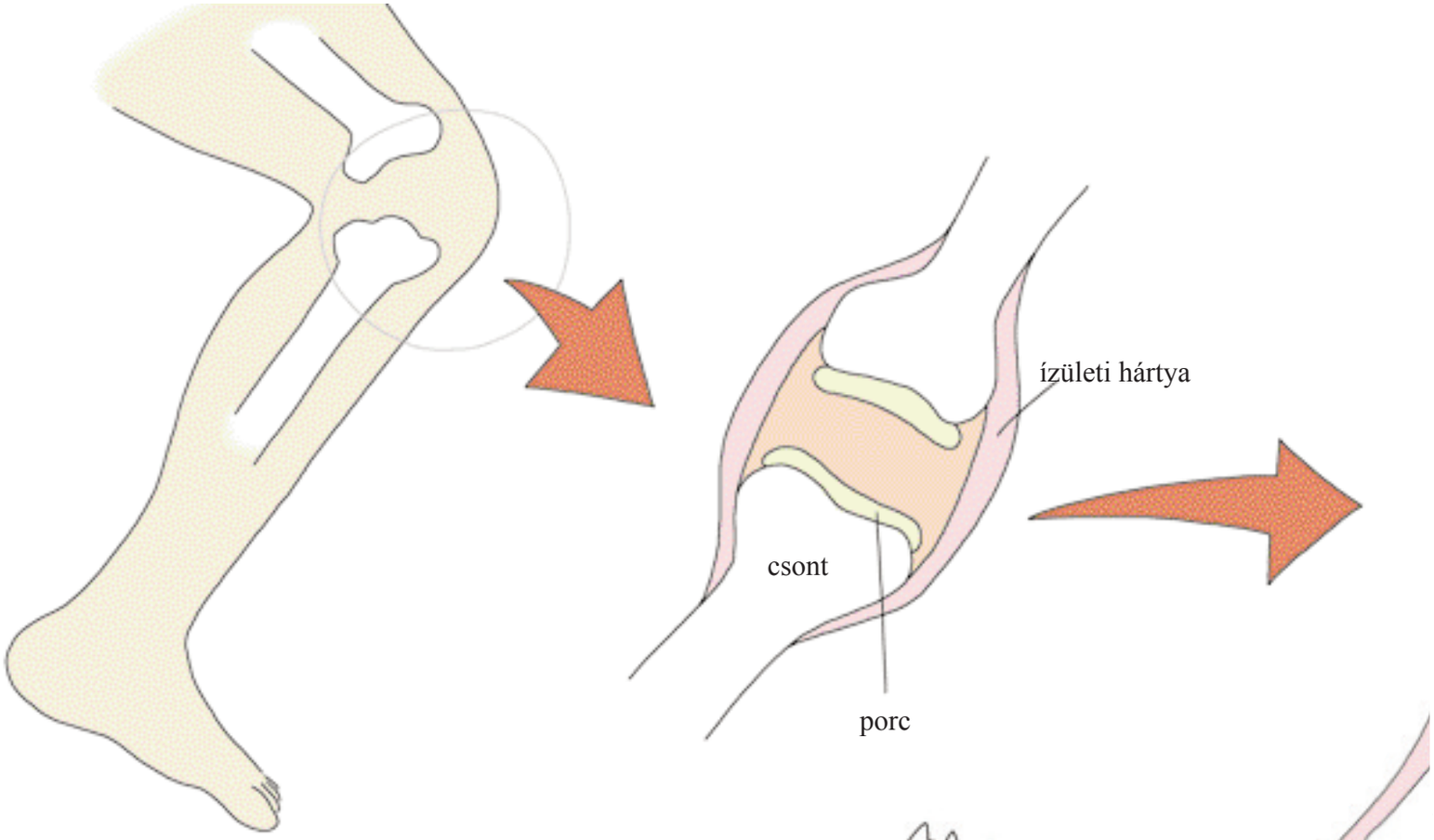
A szervezet minden sejtjében van egy sejtszervecske, a sejtmag, amelyben az összes génünk található. Ha valakiben szisztémás lupus erythematosus (SLE) alakul ki, az immunsejtjei olyan antitesteket termelnek, melyek megtámadják a sejtmagot, és ez az egész szervezetben gyulladásokat okoz. Más autoimmun betegségek az ízületeket támadják meg, mint például a rheumatoid arthritis, vagy az agyvelőt és a gerincvelőt, mint a szklerózis multiplex.

Bármely autoimmun betegségre igaz, hogy a tünetek és a betegség lefolyása mindenkiben más és más. Sajnos még ma sem értjük pontosan, hogy a szervezet miért támad saját magára.

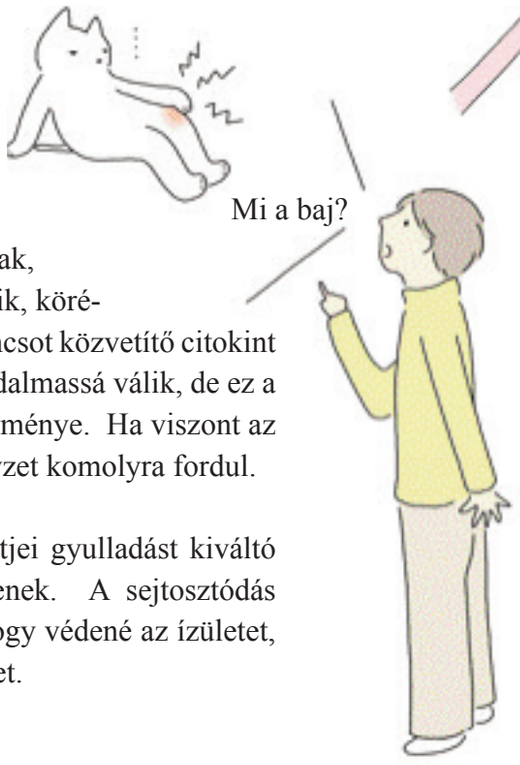



Jelenleg az autoimmun betegségeket olyan gyógyszerekkel kezeljük, melyek teljesen meggátolják az immunrendszer működését, miközben elősegítik a támadás miatt meggyengült ízületek és egyéb szervek működését.

Egyes betegek esetében azonban ez a kezelés nem hatásos, vagy pedig a betegek a kezelés hatására meggyengült immunrendszerük miatt fokozott fertőzésveszéllyel néznek szembe. Egyértelmű, hogy szükség lenne újfajta terápiák kifejlesztésére.




# A rheumatoid arthritis és kezelése



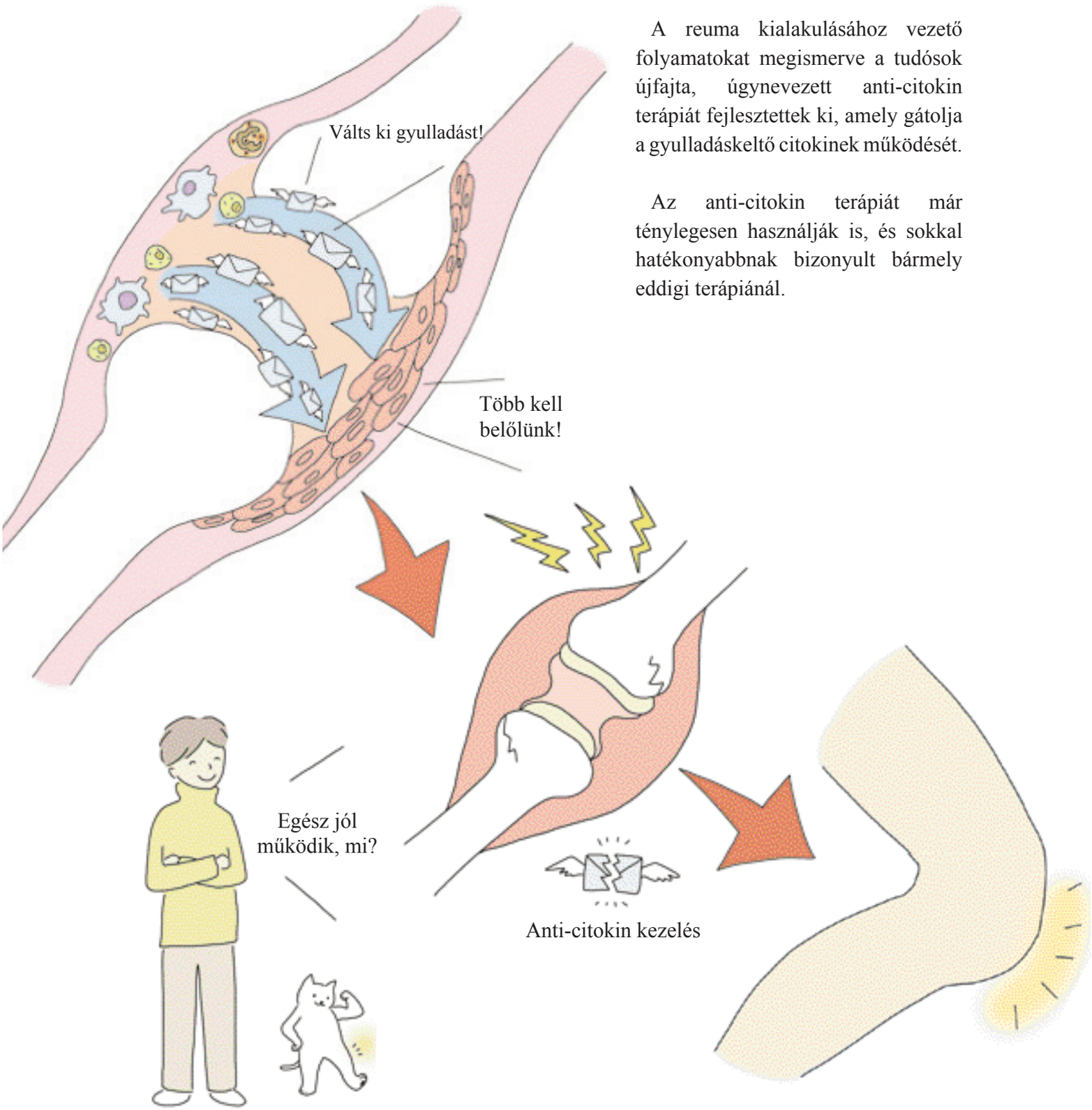

A rheumatoid arthritis (reuma) olyan autoimmun betegség, melynek következtében az ízületek testszerte fájdalmassá válnak, és kezelés nélkül tönkre is mennek. Ha egy ízület befertőződik, köré-gyűlnek az immunsejtek, és egy sor „Okozz gyulladást!” parancsot közvetítő citokint termelnek. Emiatt az ízület megduzzad, lüktet, vörössé és fájdalmassá válik, de ez a fertőzés hatására szükségszerűen kialakuló immunválasz eredménye. Ha viszont az immunsejtek támadása célzottan az ízület ellen irányul, a helyzet komolyra fordul.

Az ízületi hártya (synovium) az ízületeket védi. Ha a sejtjei gyulladást kiváltó citokin üzeneteket kapnak, aktiválódnak és osztódni kezdenek. A sejtosztódás következtében az ízületi hártya megvastagodik, és ahelyett hogy védené az ízületet, károsítja a csontot és porcot, ami tönkreteszi az érintett ízületet.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 57

A reuma kialakulásához vezető folyamatokat megismerve a tudósok újfajta, úgynevezett anti-citokin terápiát fejlesztettek ki, amely gátolja a gyulladáskeltő citokinek működését.

Az anti-citokin terápiát már ténylegesen használják is, és sokkal hatékonyabbnak bizonyult bármely eddigi terápiánál.



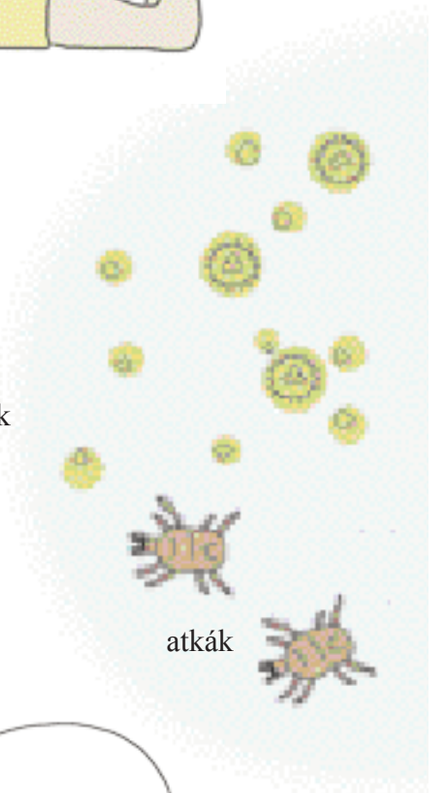
040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 58

## 3. Az allergia is immunreakció

# Mi az allergia?

Amint itt a tavasz, szüntelenül tüsszögsz? És viszket a szemed? Ha tojást eszel, csalánkiütést kapsz?

Ha kirándulsz, és megérinted a füveket-fákat, nyomban viszketni kezd a kezed? Az esetek nagy részében ezek a jelenségek immunreakciók, közismertebb nevükön allergiás reakciók.



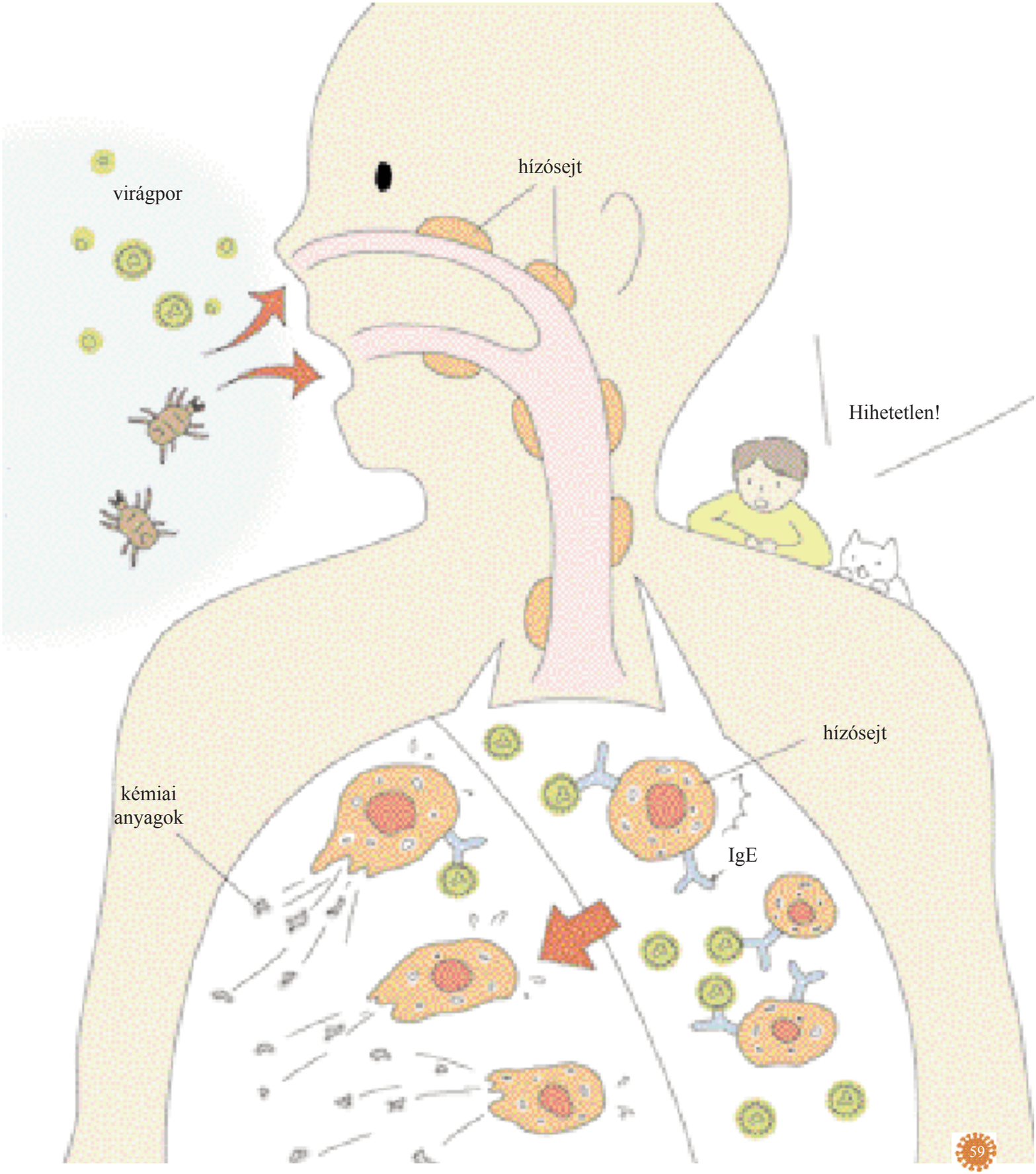

Az allergiát okozó dolgokat, például a virágport, a poratkákat vagy egyes ételeket allergéneknek nevezzük. És mikor immunsejtjeink olyan dolgok ellen lendülnek támadásba, melyek ártalmatlanok, kialakul az allergia.

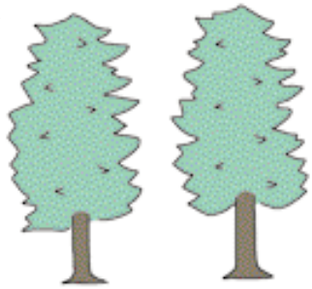
Az allergiák nagy részét az immunsejtek egy csoportja, az úgynevezett hízósejtek okozzák. A hízósejtek rengeteg olyan kémiai anyagot tartalmaznak, melyek tüsszögést és gyulladást váltanak ki. Az allergiás emberek hízósejtjeinek felszínéhez IgE típusú, az allergént felismerő antitestek kapcsolódnak. Amikor az IgE találkozik egy allergénnel, a hízósejt azt hiszi, ellenséggel találkozott, és egy szempillantás alatt kibocsátja a benne tárolt kémiai anyagokat. Az ennek következtében kialakuló gyulladástól a bőr kivörösödik és viszketni kezd.

Más immunsejtek is gyorsan a helyszínre sietnek, és mivel olyan fegyvereket vetnek be, melyek normálisan a kórokozók ellen használatosak, helyettük a szervezet sérül meg.

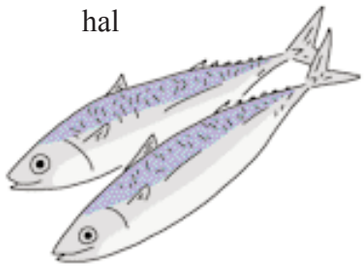
Ezt hívjuk allergiának.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 59



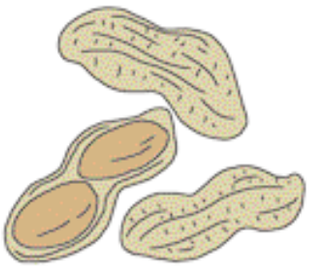

virágpor

rák

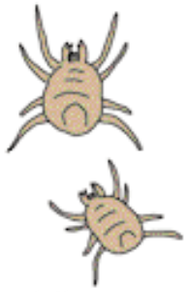

hal

gabonafélék

Ez mind


mogyoró

tojás


atkák

Mire allergiásak az emberek?

A leggyakoribb allergia a szénanátha, melyet bizonyos fák, mint például a nyírfa virágpora okoz. Szintén gyakran előforduló allergia az ekcéma, amitől a bőr kivörösödik és viszket, vagy az asztma, amitől az ember szüntelenül köhög, vagy az ételallergiák.

Allergiásak lehetünk az állati szőrre is, a poratkákra, méhcsípésre, vagy egyes, az ékszerek készítéséhez használt fémekre. Allergiát válthatnak ki akár a kontaktlencsék is, vagy gyógyszerek is, mint például a penicillin.

állati szőr

fémek

méhek

okozhat allergiát

penicillin

kontaklencse

nyírfa

Különösen vigyázni kell a mogyorófélékkel, a méhcsípéssel és a penicillinnel, mert ezek a szervezet egészére kiterjedő, intenzív allergiás reakciót okozhatnak. Ezt a reakciót hívják anafilaxiás sokknak. Az ilyen reakciók kialakulását leginkább úgy védhetjük ki, ha meggátoljuk az allergének bejutását a szervezetbe.

Allergia kialakulhat rögtön az allergén bejutását követően (azonnali reakciók), vagy valamivel később (késői típusú reakciók).

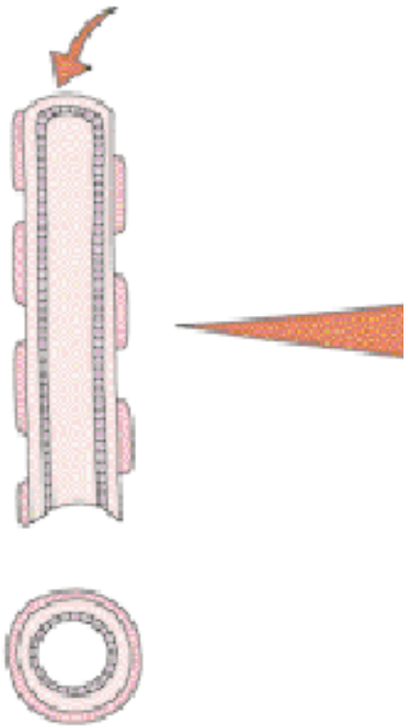
A két reakcióban más típusú immunsejtek játszanak központi szerepet az immunválaszban, és a mechanizmusok is különböznek. Az allergiák kezeléséhez szükséges terápiák kifejlesztéséhez létfontosságú ezen mechanizmusok különbségeinek megértése.

# Hogyan alakul ki az asztma?

zihálás

Vizsgáljuk meg közelebbről a gyermekek körében gyakori allergiát, az asztmát.

Asztmát sok minden okozhat, de leggyakrabban a poratkák váltják ki. A legtöbben valószínűleg sosem láttak még poratkát, de ha mikroszkóppal gondosan megvizsgálnánk otthon a szőnyeget vagy az ágybetétet... telitalálat! Ezrével láthatnánk őket. Úgy bizony. Az allergének mindenfelé ott vannak a környezetünkben.

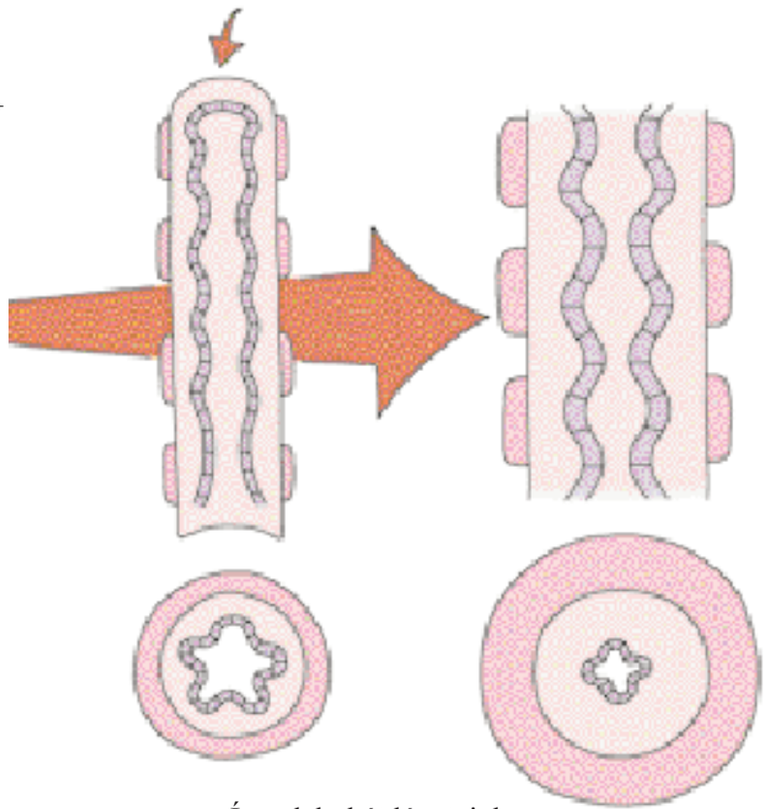


a hörgő, vagyis a légút keresztmetszete

Mármost, ha az allergiás reakciót a poratkák belélegzése váltja ki, nem lesz semmi bajunk, ha atkamentes, friss levegőt szívhatunk. De mi történik, ha folyamatosan atkával teli levegőt lélegzünk be?

Nos, ilyen esetben a légutaink gyulladása folyamatosan fennáll, mivel a gyulladást kiváltó immunsejtek is ottmaradnak. Az idő múlásával a légutak szerkezete megváltozik, és a levegőnek egyre szűkebb és szűkebb csőrendszeren kell átjutnia.

Az ilyen elváltozást szakszóval remodelingnek hívjuk. Ha egyszer a légutak szerkezete átalakult, már nagyon nehéz a normál állapot visszaállítása. Ezért a kezelés nagyon bonyolult.



Így alakul át légutaink szerkezete

Ezért kritikus, hogy ezt a szerkezeti átalakulást megelőzzük. Az allergia kezelésére kiváló gyógyszerek, az úgynevezett szteroidok állnak rendelkezésünkre. Ha poratkákra vagyunk allergiásak, az orvos szteroidokkal kezelhet minket. Ugyanakkor valószínűleg javasolni fogja, hogy távolítsuk el a szőnyegeket, vagy vegyünk hipoallergén ágybetétet, hogy minél kevesebbet érintkezzünk az atkákkal.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 64

# Gyógyítható-e a szénanátha?

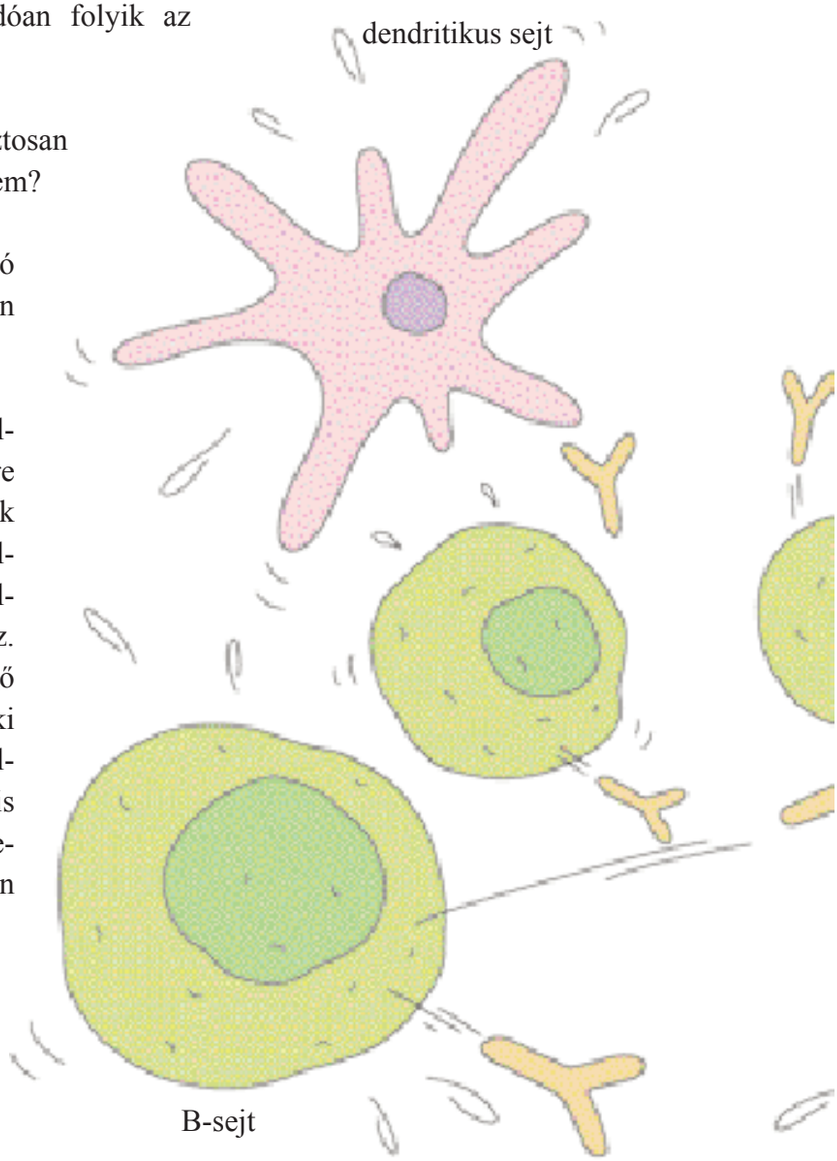
Tavasszal nyílnak a virágok, felélénkülünk, és kedvünk kerekedik kimenni a szabadba. Mégis, amint kijutunk a szabadba, vég nélkül tüsszögünk, és állandóan folyik az orrunk...

Nem túl szórakoztató, ugye? Valamit biztosan tehetünk a virágpor okozta allergia ellen, nem?

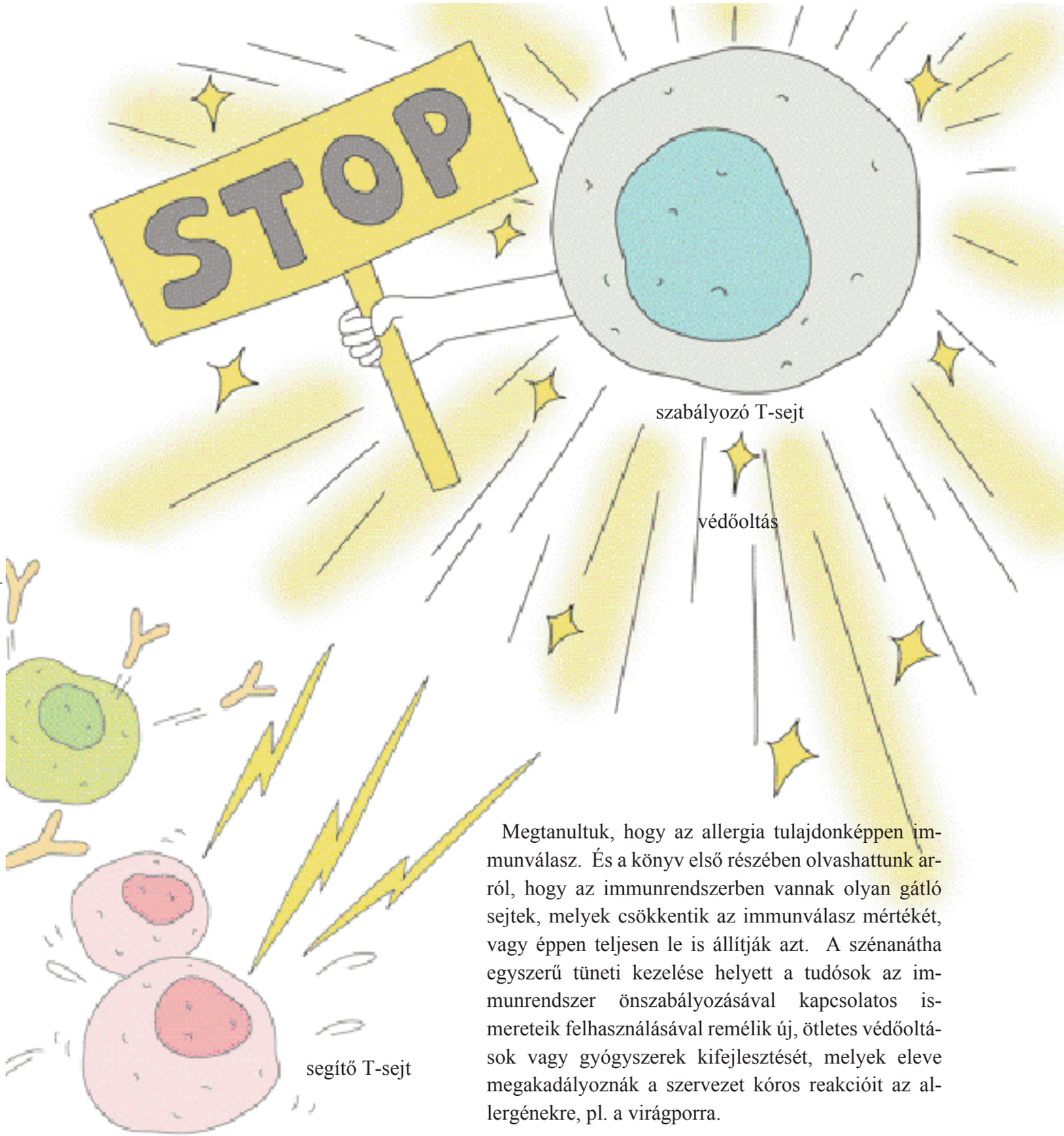
Az immunológia berkein belül sok kutató foglalkozik azzal, hogy a szénanáthában szenvedőkön segítsen.

Mostanáig a szénanátha kezelésére szolgáló gyógyszerek csak a tünetek enyhítésére voltak alkalmasak, azáltal, hogy meggátolták a hízósejtek által termelt kémiai anyagok felszabadulását. De álljunk csak meg egy pillanatra, és gondoljuk végig, mit is jelent ez. Az évszakok változásával a levegőben lebegő virágpor összetétele is változik. Ha valaki egy adott virágporra allergiás, az idővel allergiás lesz másfajta virágporokra is. Vagyis a szénanátha egyszerű tüneti kezelése azt jelenti, hogy előbb-utóbb majd fél éven keresztül gyógyszert kell szednünk.

Van-e más megoldás?



040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 65




Megtanultuk, hogy az allergia tulajdonképpen immunválasz. És a könyv első részében olvashattunk arról, hogy az immunrendszerben vannak olyan gátló sejtek, melyek csökkentik az immunválasz mértékét, vagy éppen teljesen le is állítják azt. A szénanátha egyszerű tüneti kezelése helyett a tudósok az immunrendszer önszabályozásával kapcsolatos ismereteik felhasználásával remélik új, ötletes védőoltások vagy gyógyszerek kifejlesztését, melyek eleve megakadályoznák a szervezet kóros reakcióit az allergénekre, pl. a virágporra.

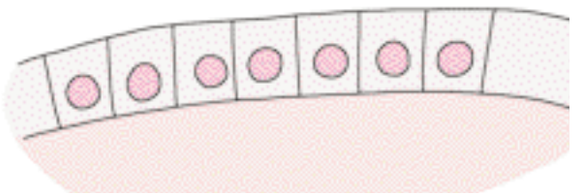
040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 66

# 4. Használható-e az immunológia a rák gyógyításában?

## Mi a rák?

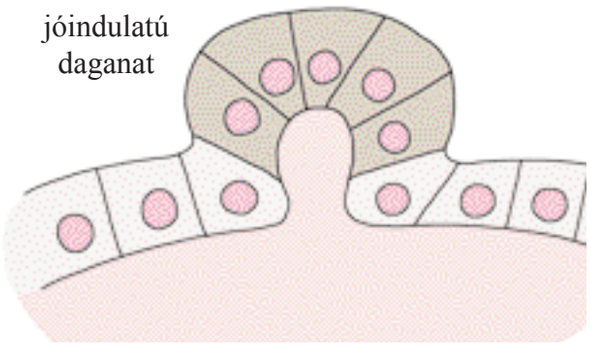
Normális körülmények között a szervezet minden sejtje folyamatos párbeszédet folytat a szomszédaival arról, hogy vajon pihenjen-e vagy dolgozzon, osztódjon-e vagy pusztuljon el, és ezáltal a sejtek egymással együttműködve egészséges szövetet hoznak létre.

egészséges szövet



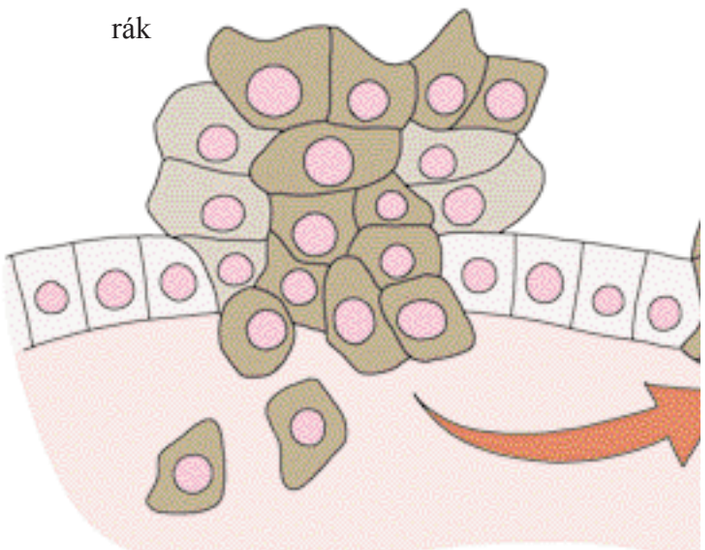
Néha azonban egy sejt génjei károsodnak, és többé nem képes hibátlan fehérjéket termelni. Ennek következtében a sejt nem tud megfelelő párbeszédet folytatni a szomszédaival. Ha egy ilyen sejt osztódni kezd, akkor annak a szövetnek egy része úgynevezett daganattá növekszik. Ebben a stádiumban a daganat jóindulatú, és nem okoz bajt.

jóindulatú daganat

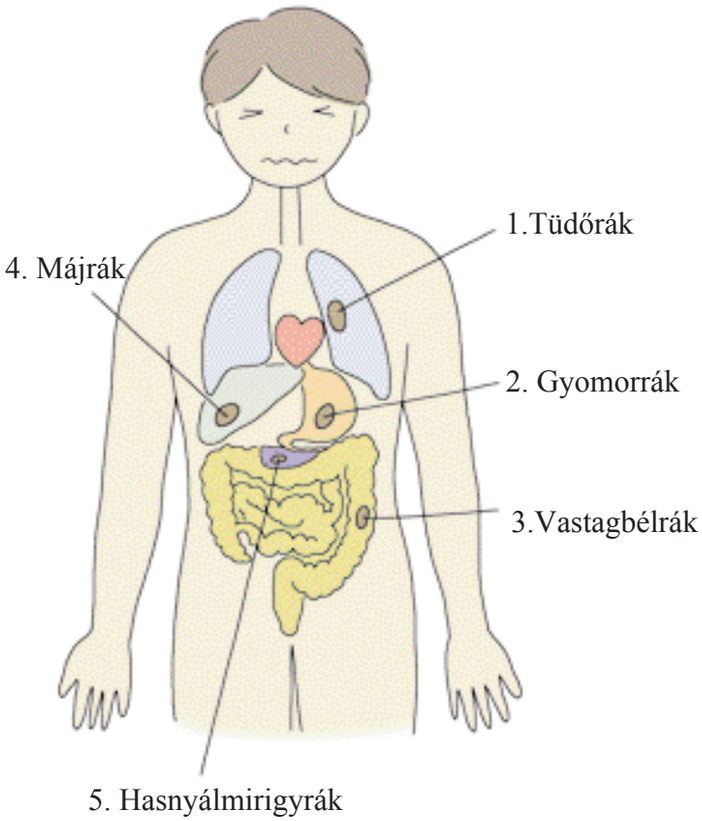


A daganatos sejtek azonban viselkedhetnek alattomosabban is. Ezek a rosszindulatú sejtek nemcsak eredeti helyükön hoznak létre daganatot, hanem a környező szövetekbe is behatolnak, vagy a testfolyadékokban vándorolva a szervezet egyéb pontjaira is eljutnak, és ott szaporodva újabb daganatokat hoznak létre (áttétek). Ezeket a daganatokat hívjuk ráknak, és a rákot okozó sejtek veszedelmesek, mert az életünkre törnek.

rák



040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 67

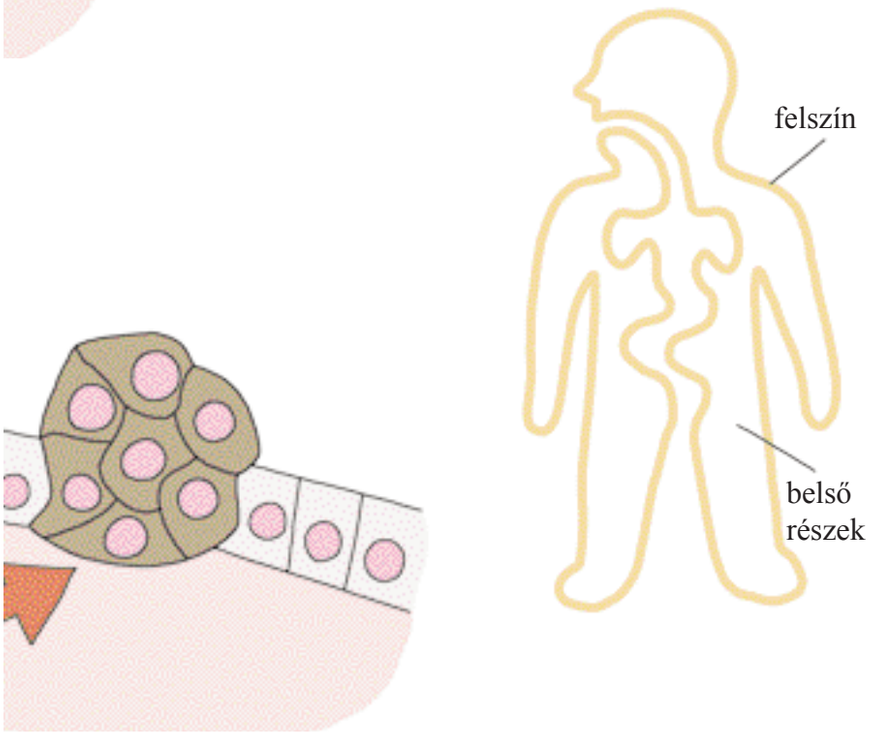



Rák bármelyik szövetben kialakulhat. Emberben világszerte leggyakoribb a tüdőrák, azt követi a gyomorrák, a vastagbélrák, a májrák, és a mellrák.

Világszerte mindenki reménykedik abban, hogy a kutatók egyszer majd kidolgozzák a rák gyógymódját.

## Milyen fajtái vannak a ráknak?

A szervezetünk két részre osztható: az egyik a felszín, a másik a belső részek. Noha az emésztőszervek, mint a gyomor vagy a belek a testünk belsejében találhatók, mégis a felszínhez soroljuk őket. Az ilyen felszíni szövetekből kialakuló rákok a karcinómák. A rák egyéb fajtái nevüket az alapján kapják, hogy a szervezet mely részében alakulnak ki. Így például csontban és izomban kifejlődő rák a szarkóma, míg a limfocitákból kialakuló rák a limfóma.




A rák bármely fajtája ugyanúgy behatolhat a környező szövetekbe vagy elterjedhet a szervezetben, de a felszíni szövetekből kialakuló rákok (karcinómák) gyakoribbak, és többnyire idős emberekben fordulnak elő.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 68

# Hogyan küzd az immunrendszer a rák ellen?



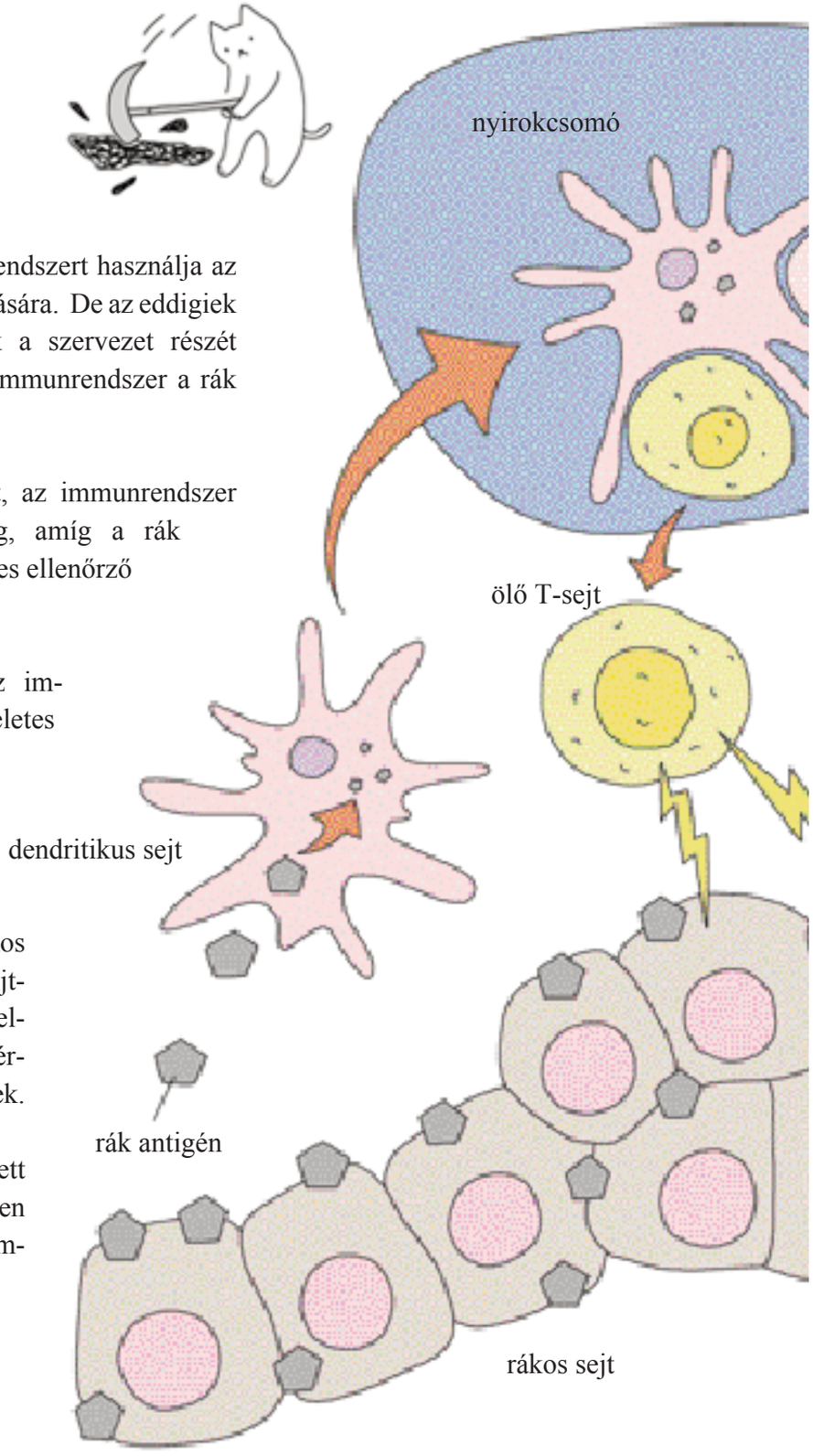
Tudjuk, hogy a szervezet az immunrendszert használja az idegen dolgok felismerésére és eltávolítására. De az eddigiek alapján világos, hogy a rákos sejtek a szervezet részét képezik. Akkor viszont mit tehet az immunrendszer a rák ellen ?

Ha kialakul a rosszindulatú daganat, az immunrendszer képes azt eltávolítani egészen addig, amíg a rák kisméretű. Ezt a immunsejtek rendszeres ellenőrző körútjai teszik lehetővé.

Vizsgáljuk meg, hogy működik az immunrendszer, és miért nem nyújt tökéletes védelmet ez ellen a betegség ellen.

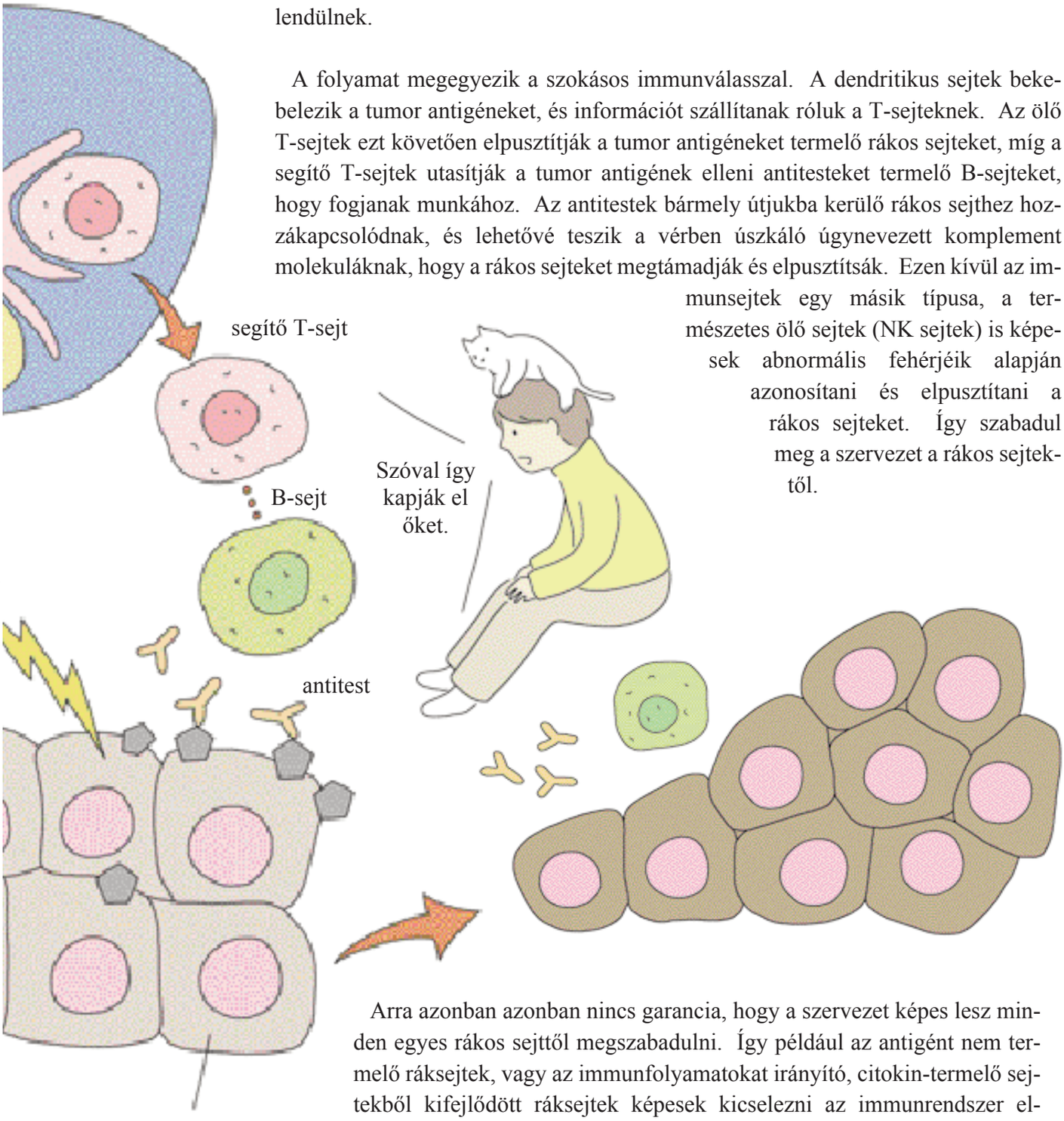
Mint más korábban kifejtettük, a rákos sejtek szervezetünk részei, de a többi sejttől eltérően viselkednek. Gyakran termelnek sérült fehérjéket, vagy olyan fehérjéket, melyeket más sejtek nem termelnek.

Éppen ezek a fehérjék, az úgynevezett rákkal kapcsolt antigének, más néven tumor antigének azok, melyek az immunrendszer célpontjává válnak.



Amint az immunrendszer észleli a tumor antigéneket, az immunsejtek támadásba lendülnek.

A folyamat megegyezik a szokásos immunválasszal. A dendritikus sejtek bekebelezik a tumor antigéneket, és információt szállítanak róluk a T-sejteknek. Az ölő T-sejtek ezt követően elpusztítják a tumor antigéneket termelő rákos sejteket, míg a segítő T-sejtek utasítják a tumor antigének elleni antitesteket termelő B-sejteket, hogy fogjanak munkához. Az antitestek bármely útjukba kerülő rákos sejthez hozzákapcsolódnak, és lehetővé teszik a vérben úszkáló úgynevezett komplement molekuláknak, hogy a rákos sejteket megtámadják és elpusztítsák. Ezen kívül az immunsejtek egy másik típusa, a természetes ölő sejtek (NK sejtek) is képesek abnormális fehérjéik alapján azonosítani és elpusztítani a rákos sejteket. Így szabadul meg a szervezet a rákos sejtektől.




Arra azonban azonban nincs garancia, hogy a szervezet képes lesz minden egyes rákos sejttől megszabadulni. Így például az antigént nem termelő ráksejtek, vagy az immunfolyamatokat irányító, citokin-termelő sejtekből kifejlődött ráksejtek képesek kicselezni az immunrendszer ellenőrzését, és ahogy osztódnak, végül rosszindulatú daganattá fejlődnek bennünk.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 70

# A rák kezelése immunterápiával

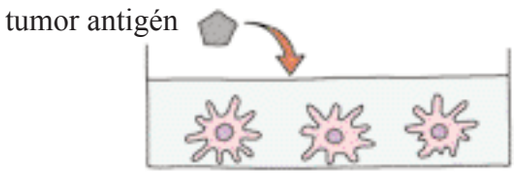
Még az immunrendszer ellenőrző tevékenységét elkerülni, és osztódni képes rákos sejtek is hordoznak valamiféle antigéneket. Ha az ilyen antigének ellen immunválaszt tudnánk kiváltani, az lehetővé tenné a rák gyógyítását. Pontosan ez a célja a napjainkban folyó klinikai vizsgálatoknak.

## Terápia rák elleni védőoltással

A tumor antigéneket és az immunrendszer működését fokozó anyagokat kombináló kezelés a rák elleni védőoltás ígéretét hordozza.

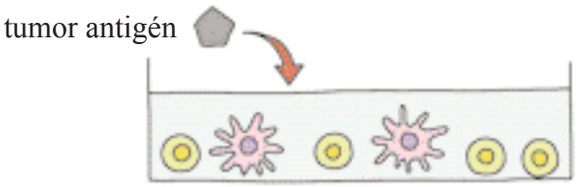
## Dendritikus sejt terápia

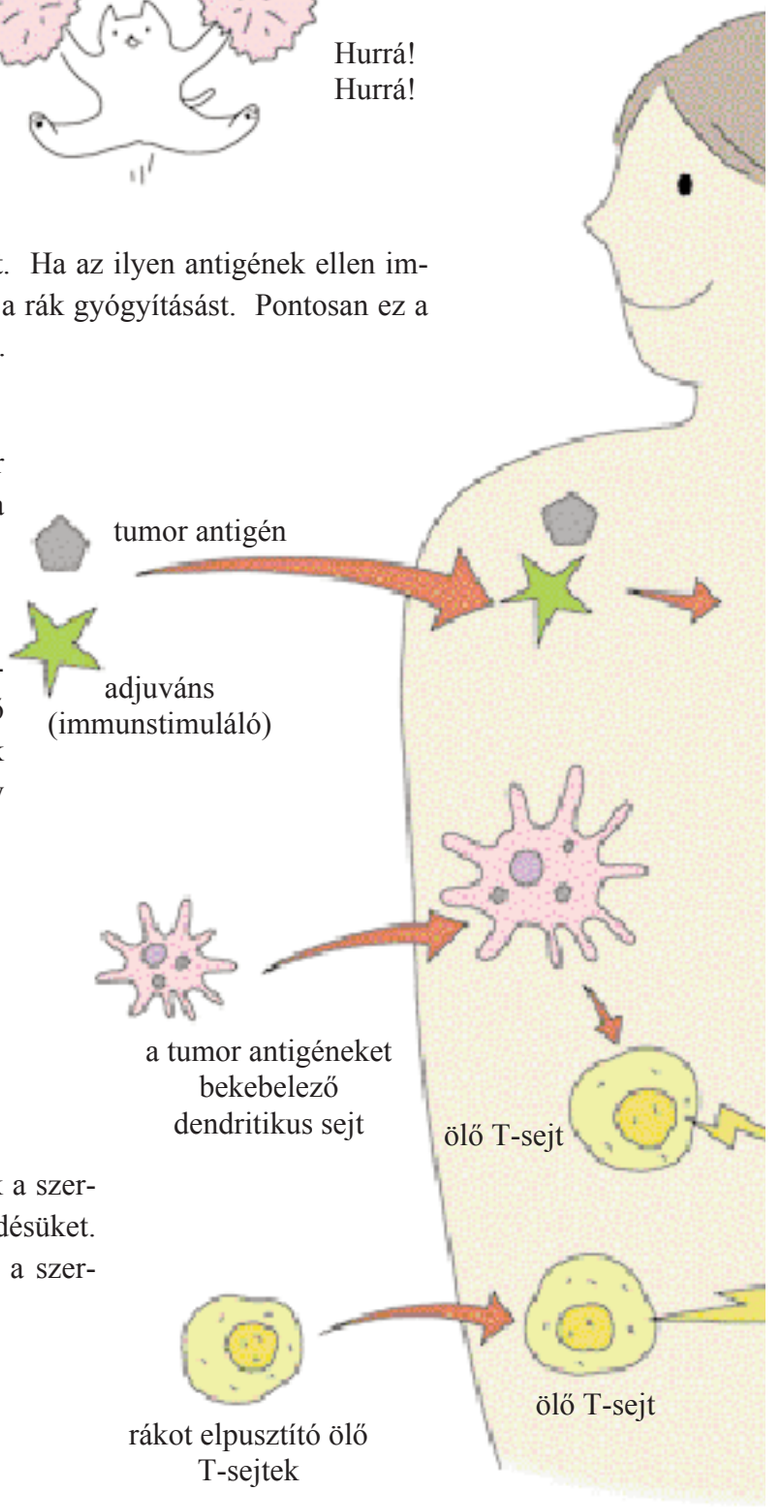
Ezzel a módszerrel dendritikus sejteket izolálnak a szervezetből, majd miután megfelelő antigéneket adnak a sejtekhez (amelyeket azok felvesznek), visszajuttatják őket a testbe, hogy megkezdjék a harcot a rák ellen.

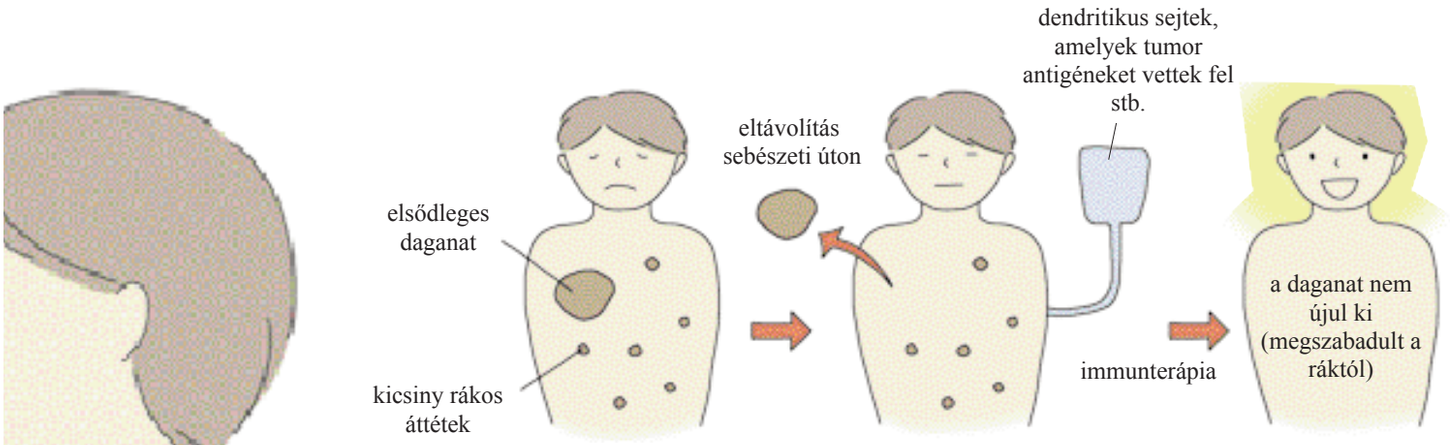


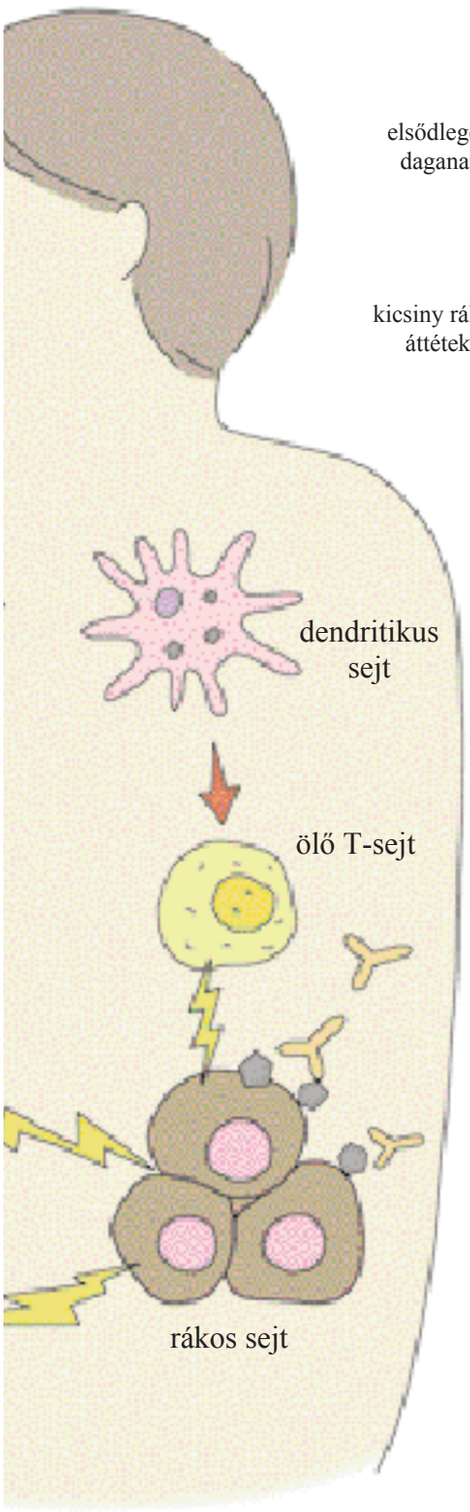

## T-sejt terápia

Ölő T-sejteket és dendritikus sejteket izolálnak a szervezetből és tumor antigénekkel stimulálják működésüket. Az aktivált ölő T-sejteket ezután visszajuttatják a szervezetbe, hogy támadást indíthassanak a rák ellen.

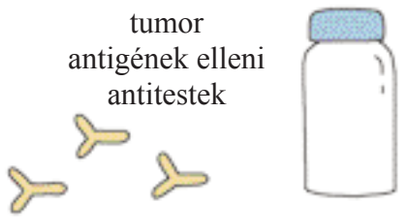





Az immunterápia önmagában nem képes nagyméretű rákos daganatok elpusztítására. Ezeket a daganatokat először sebészeti úton távolítják el, azután jöhet az immunterápia, hogy eltakarítsa a maradék rákos sejtekből álló apró áttéteket. Így alkalmazva a kezelés hatékony módszernek ígérkezik a rák kiújulásának megakadályozására.




## Antitest terápia

Az antitest terápia a tumor antigéneket felismerő antitestek alkalmazását jelenti.

Az immunterápiák többsége még mindig kísérleti fázisban van. De vannak már olyanok, melyeket a gyakorlatban is alkalmaznak, mint például bizonyos rákok ellen kifejlesztett antitest terápiákat.

A múltban tehetetlenül álltunk az olyan betegek mellett, akiknek egész szervezetében szétterjedt a rák. Az immunterápia azonban rajtuk is segíthet majd.

Hisszük, hogy a jövő komoly ígéreteket hordoz magában.

040_072q6HU_040_072 2011.04.18. 23:15 Page 72

# Utószó a japán kiadáshoz

Ez a könyv a Japán Immunológiai Társaság kapcsolatteremtő tevékenységének részét képezi. Azért írtuk, mert meggyőződésünk, hogy társaságunknak könyv formájában is könnyen hozzáférhetővé kellene tenni az immunológia világát mindenki számára, a kisiskolásoktól a felnőttekig. Az igényes tartalom és a közérthető formátum kombinációjával az volt a célunk, hogy Ti is belekóstolhassatok ebbe a tudományágba, ami remélhetőleg felkelti érdeklődéseteket a további kutakodáshoz.

A projekt a Társaság által az előző évben szervezett Meneki Fushigi Mirai, a nagyközönségnek szóló kapcsolatteremtő program részeként indult, kiállítási anyagok és tájékoztató könyvek készítésével. Egy ilyen, a nagyközönségnek szóló könyv összeállítása részünkről meglehetősen újfajta törekvésnek számít, de mivel specializált non-profit társasággá alakultunk, a tudásbázis kiépítése és az információ terjesztése mára nagyobb jelentőséget kapott. Ebből a szempontból a könyv megjelentetése egyfajta próbája is lehet annak, hogy a hozzánk hasonló szervezetek miként találhatják meg küldetésüket a mai világban. Úgy gondoljuk, hogy az ilyen kapcsolatteremtő tevékenységek a kutatók számára is jó alkalmat teremtenek a közéletben betöltött szerepük újragondolásához. Igazán nagy örömömre szolgálna, ha ennek a könyvnek a megjelenése jótékony hatással lenne a társadalomra és Társaságunk tagjaira, és ennek következtében elősegítené az immunológia és Társaságunk fejlődését.

Szeretném szívből jövő köszönetemet kifejezni a Japán Immunológiai Társaság minden tagjának, kezdve elnökünkkel, Dr. Masayuki Miyasakával, hogy a projekt megfogalmazódásától kezdve támogatta és irányította munkánkat. Köszönet Dr. Hiroshi Kiyonónak is, hogy kemény munkájával segítette a projekt beindítását. És köszönet a könyv szerzőinek, Dr. Hiroshi Kawamotonak, az oktatásfejlesztési bizottság elnökének, valamint Dr. Toshiaki Ohtekinek, Dr. Noriko Sorimachinak, Dr. Shinsuke Takinak, és Dr. Sachiko Miyakénak, a Közönségkapcsolatok Bizottsága tagjainak a könyv tartalmát, formátumát és szövegét meghatározó áldozatos munkájukért. Emellett őszintén hálás vagyok Shinobu Yamasitha asszonynak a Yodosha szerkesztőségében, hogy türelmesen kezelte folytonos tárgyalásainkat, és Tomoko Ishikawa asszonynak, aki a könyvet illusztrálta, hogy olyan kedvesen fogadta a rengeteg, részletekbe menő kívánságunkat.

2008. április

Japán Immunológiai Társaság
Dr. Yousuke Takahama