

DUDA ERNŐ

Egyre jobb védőoltások

Minden túlzás nélkül megállapíthatjuk, hogy a fertőző betegségekkel szemben az orvostudomány leghatásosabb és legolcsóbb fegyverei a védőoltások. Az utóbbi fél évszázadban az emberiség veszélyes fertőző betegségeit szinte kivétel nélkül korlátozni tudtuk. A következőkben azt vázolom, hogyan működnek a védőoltások, és milyen elveken lehet egyre hatásosabb, egyre veszélytelenebb vakcinákat kifejleszteni.

Minden élőlényben találunk olyan molekulákat, amelyek jellemzőek az élő kisebb-nagyobb csoportjaira. A növények, rovarok, gombák, baktériumok stb. sejtjeinek működése alapvetően megegyezik, mégis, mindegyik anyagcseréje kicsit eltér a többiekétől, jellegzetes „molekuláris mintázatokat” állít elő. Vannak olyanok, amelyek pl. minden baktériumra jellemzőek, de más élőlényekben nem fordulnak elő, a rovaroknak, gombáknak stb. szintén megvannak a maguk jellemző molekuláris mintázatai. Természetesen a különféle baktériumoknak, gombáknak stb. egyedi molekulaféleségei is vannak.

Az évmilliók során a soksejtű lényekben kialakultak olyan érzékelő berendezések (ún. mintafelismerő receptorok), amelyek az „idegenekre” jellemző molekuláris mintázatokat felismerik, így a saját és a nem-saját sejtek megkülönböztethetőek. Az emberi immunrendszer sejtjei is ilyen receptorokkal ismerik fel a baktériumokat, gombákat, vírusokat, férgekét – vagy akár a másik emberből származó sejteket.

A szervezetünkbe hatoló vírusokkal, baktériumokkal, mikroszkópos gombákkal találkozó falósejtek (monociták, makrofágok, granulociták) receptoraik révén felismerik az „idegent”. Ezt követően bekebelezik azt, lizoszómáikban darabjaira bontják, és ezeket a jellegzetes darabokat (az „antigének epitópjait”) bemutatják a többi immunsejtnek. A vírusok és egyes baktériumok behatolnak sejtjeinkbe és ott próbálnak szaporodni: ezek az intracelluláris paraziták. Ellenük védenek a csecsemőmirigyben érő T-sejtek (sejtpusztító limfociták és természetes ölősejtek), amelyek a fertőzött „saját” sejteket képesek elpusztítani a bennük levő kórokozóval együtt.

A kórokozók többségével szemben hatásos védelmet jelentenek az immunoglobulinok, vagy antitestek. Ezeket a fehérjéket a csontvelőben érő B-sejtek (plazmasejtek) termelik. Az antitestek a kórokozó felszínéhez kötődnek, megakadályozzák azok szaporodását, működését, miközben felhívják a falósejtek figyelmét, amelyek az így megjelölt kórokozókat gyorsan felfalják.

A mintafelismerő receptorok segítségével a falósejtek képesek megállapítani a kórokozó azonosságát, és olyan fehérjéket (citokineket) termelnek, amelyek tudatják a többi immunsejttel, melyik stratégia a legalkalmasabb az adott kórokozó legyőzésére. A T- és B-sejtek „személyre szabott” választ adnak: receptoraik, ill. a termelt antitestek hihetetlen pontossággal ismerik fel az adott kórokozó molekuláinak apró részleteit (az antigének epitópjait). A kórokozóra adott „specifikus immunválasz” kb. hét-tíz nap alatt alakul ki, ezért a legtöbb akut fertőző betegségből ennyi idő után gyógyulni kezdünk.

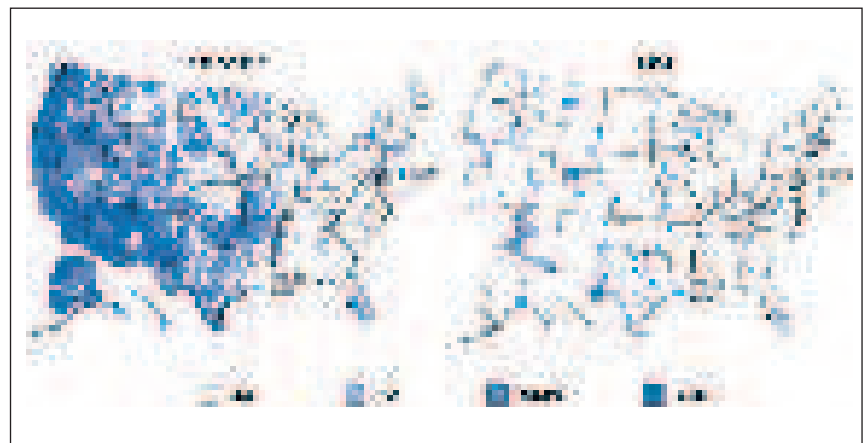
A T- és B-sejtek általában rövid életűek és a fertőzés elmúltával elpusztulnak. De kifejlődnek olyan *memóriasejtek*, amelyek „emlékezetben tartják”, milyen molekuláris min-

havírusok nagyon sokfélék, az egyik ellen kialakuló védelem nem véd meg a másikkal szemben.

A védőoltás célja az, hogy kiváltsa azoknak a B- és T-sejteknek, ellenanyagoknak és a memóriasejteknek a termelődését, amelyek egy adott kórokozó fertőzésével szemben képesek bennünket megvédeni. Tulajdonképpen be kell csapnunk az immunrendszer: egy ártalmatlan kezelés eredményeképpen el kell hitetnünk vele, hogy komoly fertőzéssel estünk át.

Élő kórokozóval történő védekezés

A védőoltások kialakulása során először a nagyon súlyos betegséget okozó ágensek



Az ábra azt mutatja, hogy a májgyulladás (HA vírus) elleni védőoltás milyen drámaian csökkentette a megbetegedések számát az Egyesült Államokban

tái voltak az illető kórokozónak. Ha a fertőzés megismétlődik, a memóriasejtek azonnal aktiválódnak, szaporodni kezdenek, így a betegség másodszor, többször már nem tud kialakulni. Minél súlyosabb betegséget képes okozni egy kórokozó, annál több memóriasejt keletkezik, annál maradandóbb a „védettség”. A nagyon enyhe fertőzés (pl. nátha) csak rövid ideig tartó védelmet jelent, igaz, ebben az is szerepet játszik, hogy a nát-

elleni védettséget próbáltuk *kevésbé* súlyos betegséget okozó kórokozóval kialakítani.

A középkor szörnyű feketehimlő-járványai alatt a fertőzöttek túlnyomó többsége belepusztult a betegségbe, így alkalmanként a lakosság jelentős része kihalt. A kínaiak figyelték meg, hogy időnként azok, akik egy-egy ritka túlélőtől kapták el a betegséget, maguk is jobb eséllyel maradtak életben a fertőzés után. Rövidesen kialakult az a gyakorlat, hogy

a lábadozó, de még fertőző beteg himlős hólyagocskáiból származó anyaggal fertőzték meg az egészséges embereket, reménykedve a nem halálos kimenetelű betegségben.

A túlélésnek kétféle magyarázata lehetett, amit persze akkoriban senki nem tudott. Vagy a vírusnak egy enyhébb változata fertőzte meg a beteget, ilyenkor bevált a védekezés, vagy a túlélő rendelkezett nagyon hatásos immunrendszerrel – sajnos, ilyenkor a „védőoltásban” részesülő egyének meghaltak. A módszer – az isztambuli brit nagykövet felesége révén – Európába is eljutott, de nem vált széles körben használatossá.

Megfigyelték viszont, hogy azok a tehenészek, akik a szarvasmarhák vakcinia-betegségét (a himlőhöz hasonló, a bőr felhólyagosodásával járó betegséget) elkapták, jól átvészelték a himlőfertőzést. Az 1700-as évek vége felé egy vidéki angol orvos, *Edward Jenner* kísérte meg bizonyítani az észlelés igazát. Egy szellemi fogyatékos kisfiút fertőzött meg előbb a vakciniával, majd himlővel. A gyerek könnyedén túlélte a veszedelmes fertőzést és ezzel a – mai szemmel tudománytalannak és etikátlannak* tekinthető – kísérlettel új korszak kezdődött a fertőző betegségek elleni küzdelemben.

Az eljárás (akkor még nem ismert) alapja az, hogy a vakcinia és a himlővírus igen nagyfokú genetikai rokonságot mutat. Az egyik ellen kialakuló védetség megakadályozza a másik vírus által okozott betegség kialakulását.

A következő mérőföldkő *Pasteur* „legyengített” kórokozó elmélete volt. A lépfénével, majd a baromfikolerával végzett kísérletei során rájött, hogy az „enyhe” betegséget kiállt állatok a halálos kórt okozó baktériumokkal szemben is ellenállóvá váltak. A kórokozók „gyengítésére” – rendszerint hatásos, de kevésbé tudományos – eljárásokat alkalmazott (1882): öreg tenyészeteket, ill. veszettség esetén a fertőzött nyúl agyvelejének szárítását. Ezekkel a módszerekkel tulajdonképpen elpusztította a kórokozók túlnyomó részét. Az elölt kórokozó antigénjei is hozzájárultak az immunrendszer aktiváláshoz, a kevés, még élő mikroba így nem tudott halálos betegséget okozni.

Elölt kórokozót tartalmazó oltások

Az ezt követő évszázad lényegében ezen az úton haladt tovább: rájöttek, hogy a patogént formaldehiddel (formalin) vagy hőkezeléssel el lehet pusztítani, molekuláris mintázata ezután is képes kiváltani az immunválaszt. Ilyen elölt kórokozót tartalmaznak pl. az influenza elleni oltások, vagy pl. a Salk-vakcina, amely a gyermekbénulás ellen véd. Mint írtuk, minél súlyosabb a betegség, annál maradandóbb az immunválasz. Az elölt kórokozó viszont nem okoz betegséget, így hatása nem igazán időtálló. Időnként jó-

val nagyobb adagra, vagy ismételt oltásokra („emlékeztető oltás”) van szükség, hogy egyáltalán védetség alakuljon ki.

Nem a tudományos tények ismerete, hanem a véletlen próbálkozás vezetett arra a megfigyelésre, hogy azok a durva beavatkozások, amelyek erős gyulladást okoztak, elősegítették a hatásosabb védetség elérését. Asványolajat, főleg elölt baktériumokkal keverve, vagy alumínium-oxid szuszpenzióját adagolva az elölt kórokozóhoz, sokkal erősebb immunválaszt lehetett kiváltani, igaz, az oltás esetenként nagyon csúnya gyulladást okozott. Ezeket a gyulladáskeltő anyagokat adjuvánsnak nevezik, ezek a hozzájuk kevert kórokozó minőségétől függetlenül, minden idegen anyagra fokozott választ képesek kiváltani.

Az adjuvánsok működése a „veszély-jelző” receptorok működésén alapul. Mivel a mintafelismerő receptorok nem ismerhetnek fel minden (új) kórokozót, kialakultak *veszélyt* érzékelő receptorok is, amelyek nem idegen molekulákat ismernek fel, hanem olyanokat, amelyek csak a sejten belül fordulnak elő. A sejt pusztulásakor kiszabaduló anyagok, pl. az ATP veszélyt jelez: nem tudjuk mitől pusztult el a sejt, de elpusztult.



A himlő volt az első olyan betegség, amelyről védőoltással az emberiség képes volt megszabadulni. Napjainkban a világ legnagyobb része már mentes a gyermekbénulástól. Ahogyan a himlő esetében is történt, Afrika az utolsó kontinens, ahol még előfordul ez a rettegett betegség

Lehet, hogy ismeretlen ellenség okozta, tehát az immunrendszernek aktiválódnia kell. A veszély érzete, az adjuváns által kiváltott gyulladás erősíti fel az elölt kórokozó jelenlétére adott immunválaszt.

Az előlően kívül van a kórokozó „gyengítésének” egy érdekesebb módja is. A mikrobiális világ többmilliárd féle élőlénye közül alig pár száz olyan baktérium, gomba, féreg vagy vírus van, amelyik képes az embert megfertőzni. Ennek oka a hatásos

immunrendszer. Azok a „profi” kórokozók, amelyek mégis betegséget tudnak okozni, évmilliók óta együtt élnek, együtt fejlődnek velünk. Evolúciójuk sebessége lépést tart immunrendszerünkével (ha lassabb, kipusztulnak, ha gyorsabb, kipusztíthatják a gazdafajt).

Valahányszor kialakul a védekezésnek egy-egy új stratégiája, a kórokozóknak meg kell találniuk a módját, hogy azt hatástalanítani tudják. Mivel nagyon sokrétű védelemmel vagyunk felvértezve, csak olyan élőlény tud fertőzést okozni, amely betegségokozó gének (ún. virulenciagének) tucatjait hordozza. Mivel a különböző gerincesek immunrendszere nagyon eltérő, kevés olyan kórokozó létezik, amely sokféle állatban egyaránt súlyos betegséget tud okozni. A legtöbb patogén specializálódik, csak egy (vagy néhány rokon) faj immunrendszerének kijátszására szakosodik.

A mikrobák génállománya nagyon változékony, cserélgetni is képesek génjeiket és a mutációk előfordulása elég gyakori. Könnyű belátni, ha egy kórokozót más állat sejtjeiben szaporítunk – különösen, ha nem élő állatban, hanem immunrendszer nélküli sejtenyészetben tesszük –, a kórokozó viszonylag gyorsan elveszti virulenciagénjeit, hiszen nincs szüksége ezekre. A folyamatot attenuálásnak

nevezik. Néhány tucat generáció után olyan baktériumot vagy vírust tudunk előállítani, amely az eredeti gazdába visszajuttatva nem tud betegséget okozni, vagy a fertőzés kimenetele nagyon enyhe lesz.

Az attenuált kórokozót által okozott könnyű betegség hozzájárul a tartós védetség kialakulásához, így nem kell adjuvánsot használni. A védetség erősségét és tartósságát nagyon jól lehet fokozni emlékeztető oltással: ilyenkor a már meglévő immunitás

megvéd a tünetek kialakulásával szemben, ugyanakkor hatásosan felfokozza a memóriasejtek számát és a keringő ellenanyagok szintjét. Ilyen legyengített vírusokat tartalmazó vakcina pl. a gyermekbénulás ellen védő Sabin-csepp (amelyből azért kell hármat adni a gyermekeknek, mert háromféle vírus képes előidézni a betegséget).

A napjainkban használt oltóanyagok rendkívül megbízhatóak és veszélytelenek, különösen azok, amelyeket a gyermekeknek kötelező módon adnak. Minden ellenkező híresztelés aljas rágalom. Jól illusztrálja a körültekintő tervezést pl. a gyermekbénulás elleni védekezés. Először az elölt vírusokat tartalmazó oltást kapják a kicsik, majd ezután az élő vírus. Az utóbbiak közel életre szóló masszív immunválaszt váltanak ki, de immunhiányos gyermekekben súlyos betegséget okozhatnak. Igaz, hogy csak 1–2 ilyen akadna pár százezer gyermek között, de az elölt vírussal végzett elő-immunizálás (ami rövidebb védetséget adna) őket is meg tudja védeni a következményektől. A kombináció tehát optimális: maradandó védetséget biztosít, gyakorlatilag nullára csökkentve a potenciális veszélyt. Erdemes megjegyez-

szervezetekkel már életfontosságú gyógyszereket (inzulin, eritropoetin, véralvadási faktorok stb.) is sikerült előállítani. Megnyílt az út olyan vírusok és élőlények kialakítása előtt, amelyek nem okoznak betegséget, vagy csak nagyon enyhe tüneteket, viszont hatásos immunválaszt kiváltására képesek.

Számos olyan vírust és baktériumot ismerünk, amelyek fertőzése tünetmentes, vagy majdnem az. Ezek genetikai átalakításával rákényszeríthetjük őket arra, hogy más, veszedelmes betegségek kórokozójának immunogén (immunválaszt kiváltó) fehérjéit hordozzák. Az ilyen jótékony „génpiszkált szörnyek” más kórokozók fertőzése ellen képesek hatékony védetséget nyújtani anélkül, hogy betegséget okoznának.

Az egyik sikertörténet a rettegett vesztség ellen kifejlesztett állatorvosi vakcina, amely Európa nagyobbik részét (hazánkat is beleértve) gyakorlatilag vesztségmentessé tette pár év alatt. A vadon élő állatok – gyakran légi úton szétszórta – élő vírust tartalmazó csalétekkel lehet védetté tenni.

Kórokozómentes védőoltások

Az utóbbi évtizedekben megtanultuk, hogy egyes vírusok képesek arra, hogy géneiket beillessék az emberi DNS-be. Érthető módon a kutatók elborzadtak attól a gondolatától, hogy a védőoltással idegen nukleinsavat juttassanak a szervezetbe. Tekintve, hogy az immunrendszer választát legjobban fehérjékkel lehet kiváltani, érthető módon a figyelem a kórokozók tisztított fehérjekomponensei felé fordult.

Az „alegység” vagy „split” vakcinák nem tartalmaznak örökítő anyagot, csak azokat a fehérjéket (esetenként lipideket), amelyek ellen a kialakuló válasz képes megakadályozni a későbbi fertőzést. Ilyen oltóanyagot nemcsak a kórokozó „alkatrészeinek” kitisztításával lehet előállítani, hanem genetikailag módosított sejtek vagy élőlények felhasználásával is. Rekombináns baktériumok, egysejtű gombák vagy állati sejtek tenyésztői, de akár hernyók is szerepelnek „fehérjegyárként”. A kórokozó nagy mennyiségben termelt fehérjéje viszonylag egyszerű módon, igen nagy tisztaságban előállítható vakcinálási célra.

A májgyulladás B vírusa által okozott betegség gyakran krónikussá válik, és évek alatt májcirrózishoz, májrákhoz vezethet. Ezért nagyon fontos a megelőző védekezés, lehetőleg a szexuális élet megkezdése előtt, mert vérel, testnedvekkel terjedő, kivételesen fertőző kórról van szó. A jelenleg alkalmazott védőoltás a vírus egyik fehérjéjét tartalmazza, amelyet egysejtű (élesztő)gombák termelnek. A kevésbé immunogén fehérje mellett adjuvánst kell alkalmazni. Igazán hosszan tartó védetség csak három egymást követő (emlékeztető) oltás eredményeként alakul ki.

Mint korábban kifejtettük, a tartós védetség eléréséhez egy kis fertőzés vagy „veszély” előnyös, ami a tisztított fehérjétől nem várható el. Az immunológiai kutatások során viszont felfedezték azokat a bizonyos mintafelismerő receptorokat és azokat a molekulákat, amelyeket ezek felismernek. Kiderült, hogy viszonylag egyszerű szerkezetű molekulák az „idegenek” ismertető jegyei. Ha ezeket a „mintamolekulákat” hozzákeverjük a tiszta fehérjéhez, az immunrendszer úgy reagál, mintha valódi fertőzésnek lenne kitéve és robosztus választ lehet kiváltani.

Ezzel megint egy újabb fejezet látszik kezdődni a vakcinálás történetében: kétszeresen is becsapjuk az immunrendszert: nem kórokozóval „fertőzünk”, hanem annak csak egy ártalmatlan darabjával, ráadásul elhitejtjük az immunsejtekkel, hogy komoly veszély fenyeget, erőteljes immunválaszra van szükség.

Fejlesztés alatt álló vakcinák

Két olyan fertőző ágens van, amelyek milliókat érintenek, és amelyek ellen eddig minden védőoltás hatástalannak bizonyult;



Ha a gyermekbénulás szövődményeképpen a légzőizmok működése is károsodik, a beteget csak gépi lélegeztetéssel lehet életben tartani. A kép az 1950-es években készült, egy amerikai kórház poliórészlegét mutatja, ahol a nővérek a „vastüdővel” lélegeztetett betegeket ápolják. Sokan hátralevő életüket ezekben a gépekben kényszerültek eltölteni!

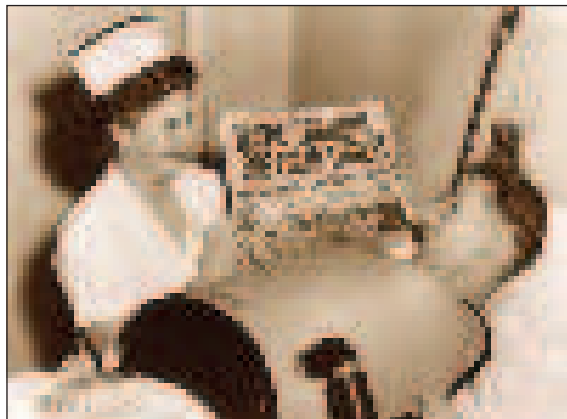
ni, hogy az utolsó hazai járványban, 1957-ben vagy 150 gyermek halt meg, a több ezer beteg egy része pedig élete végéig béna végtagokkal vagy vastüdőben kellett, hogy éljen.

Rekombináns vakcinák

A XX. század végén a biotechnológia kifejlődése új típusú vakcinák kifejlesztéséhez vezetett. A genetikailag módosított

A kutatók a vakcinia vírusának DNS-ébe építették be a vesztség egyik fehérjéjét. A vírus szájon át fertőz, szaporodik, de betegséget nem okoz. Tartós védetség alakít ki rókákban, kóbor kutyákban, sünökben, kis ragadozóknak és madarakban (természetesen háziállatok immunizálására is alkalmazható). Ennek eredményeképpen veszteséggel fertőzött ember évek óta nem fordult elő a védett területeken.

a HIV és a malária. Az előző esetében az a gond, hogy éppen a védettség kialakulásában döntően fontos „segítő” T-sejteket fertőzi, és a védő hatású ellenanyagokkal kombinálódva – más vírusoktól eltérően – fertőzőképes marad. A malária kórokozója



A gyermekbénulás ellen hatásos védőoltásról első oldalán, öles betűkkel számolt be a korabeli újság. A hírt egy paralízisben szenvedő betegnek mutatja a nővér

pedig, egy sajátos genetikai trükkkel képes százféle „kabátban” megjelenni, változtatni felszíni fehérjéjének összetételét.

A HIV esetében a kutatások feltárták, hogy vannak egyének, akiket képes megvédeni immunrendszerük a fertőzés után. Ezek véréből olyan ellenanyag-molekulákat tudtak kitisztítani, amelyek a különböző HIV vírusok 97–98%-át hatástalanítani tudják. Ezeknek az immunoglobulinoknak a szerkezetét már megfejtték, így várható, hogy a következő években megoldódik ipari méretben a termelésük. Ez olyan áttörést hozhat a szegény országok AIDS elleni küzdelemében, mint amelyet a fejlett országokban elértek a HIV elleni „gyógyszerkocktél” kifejlesztésével.

Hasonlóan optimizmusra adhat okot az a felfedezés is, ami valószínűleg magyarázza, miért hatástalanok a malária elleni védőoltások. Mint kiderült, a parazita még a bőrben alapozza meg a vérsejtekben történő szaporodását. Zseniális trükkkel olyan immunsejtek (ún. reguláló T-sejtek) kifejlődését segíti elő, amelyek a későbbiekben gátolják a hatásos immunválasz kialakulását. Ebben az esetben a védőoltást megfelelő immunmoduláló anyagokkal kell majd kombinálni, hogy hatástalanítani lehessen a parazita befolyását.

Nagyon hasonló a helyzet a daganatos betegségek ellen tervezett, fejlesztés alatt álló vakcinák esetében is. Itt a tumorsejtek módosítják, gátolják a hatásos immunválaszt a malária kórokozójának mintájára. A tumorellenes védőoltások célja a daganatsejtek iránt kialakuló tolerancia megtörése, hogy utat engedhessünk a természetes ölösejteknek

és a rosszindulatú szövet sejtjeit pusztítani képes T-limfocitáknak.

Ahogy fejlődik a tudomány, ahogy egyre többet megtudunk a mikroorganizmusok életéről és saját szervezetünk működéséről, egyre tökéletesebb védőoltásokat tudunk előállítani. Egyre hatásosabb védelemmel tudjuk ellátni magunkat (és háziállatainkat, sőt, mint láttuk, még a vadállatokot is). Ezzel párhuzamosan, még a komplikációk minimális kockázatát is mind csekélyebbre tudjuk korlátozni.

Az életünk során folyamatosan változik, hogyan reagálunk különböző „idegen” molekulákra. Az újszülöttek immunrendszere még kicsit éretlen, az időseké pedig kevésbé, vagy egyáltalán nem tud hatékony választ kialakítani. Sok gyermekbetegség felnőtt korban igen súlyos komplikációkat képes okozni. Számos olyan kórokozónk van, amelyek alig okoznak betegséget vagy akár csak tüneteket, mégis, lappangva elősegítik vagy előidéznek daganatos betegségeket, keringési betegségek vagy krónikus gyulladással körkörös (pl. reuma) kialakulását.

Mindezek figyelembe vételével alakult ki a védőoltásoknak az a rendszere, amely a fejlett országokban általánosan elterjedt és a kutatások eredményeképpen ez újabb vakcinák révén egyre bővül. Az ideális az lenne, ha gyermekkorban minden olyan kórokozó ellen védetté tudnánk tenni az embereket, amelyekkel későbbi életük során találkozhatnak. Ez egyelőre megoldatlan, de reményeink szerint mind közelebb kerülünk hozzá.

A vakcinálás nem csak a védetteket védi. A „csordahatásnak” nevezett jelenség révén előnyös azok számára is, akik nem kaptak oltást. A védettek nem terjesztik a betegséget, ergo minél több védett van, annál kisebb az esélye annak, hogy egy nem-védett valakitől elkapja a fertőzést. Sajnos, ezzel egyesek visszaélnék. Kihasználják azt, hogy a lakosság többsége megkapta a védőoltást, így biztonságban érezhetik magukat vagy oltatlan gyermeküket. Ennek az a veszélye, hogy exotikus (azaz fejletlen) országokba látogatva súlyos, gyakorta halálos fertőzésnek is kitéhetik magukat vagy gyermekeiket. A társadalom érdeke, hogy mindenki lehetőleg minden olyan védőoltást megkapjon, ami indokolt. A társadalomnak kell fellépnie azok ellen az ostoba ideológiák és mozgalmak ellen, amelyek a védőoltások ártalmairól hazug mendemondákat terjesztenek. Nem lehet eléggé hangsúlyozni: az orvostudomány leghatásosabb és legolcsóbb eszközei a vakcinák a fertőző betegségek elleni küzdelemben!

E számunk szerzői

DR. BOTH ELŐD csillagász, a Magyar Űrkutatási Iroda igazgatója, Budapest; BORSÓS TIBOR, ELTE Kémiai Doktori Iskola, Budapest; DOSZTÁLY KATINKA vegyész, PhD-hallgató, ELTE Kémiai Intézet, Budapest; DR. DUDA ERNŐ egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvos- és Gyógyszerésztudományi Centrum, Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Biológiai Intézet, Szeged; FARKAS CSABA újságíró, Szeged; DR. FÁBIÁN TIBOR ny. egyetemi adjunktus, ELTE TTK, Budapest; GYÖNGYÖSI ZÉNÓ PhD-hallgató, ELTE Földtudományi Doktori Iskola, Budapest; HARACSKA LAJOS, MTA Szegedi Biológiai Központ Mutagenézis és Karcinogenezis Csoport, Szeged; DR. HORVÁTH TÜNDE régész, PhD, Magyar Tudományos Akadémia Bölcsészettudományi Kutatóközpont Régészeti Intézete, Budapest; KAPITÁNY KATALIN olvasószerkesztő, Természet Világa, Budapest; KOCSSIS ZSUZSA, ELTE-MTA Lendület Motorezimológiai Kutatócsoport, Budapest; DR. KÓSA GÉZA kertészbotanikus, a Nemzeti Botanikus Kert vezetője, MTA ÖK ÖBI, Vácrátót; KOVÁCS MIHÁLY, ELTE-MTA Lendület Motorezimológiai Kutatócsoport, Budapest; KRISTÓF GERGELY egyetemi docens, BME Áramlástan Tanszék, Budapest; NÉMETH GÉZA szerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. OLÁH-GÁL RÓBERT egyetemi adjunktus, Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszereda, Románia; PATKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; PÉTER NORBERT PhD-hallgató, BME Pattantyús-Ábrahám Géza Gépészeti Tudományok Doktori Iskola, Budapest; SALMA IMRE egyetemi tanár, ELTE Kémiai Intézet, Budapest; SIMON TAMÁS tudományos újságíró, Origo.hu, Budapest; DR. SZABÓ M. GYULA csillagász, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. SZABÓ RÓBERT csillagász, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest; SZÜTS DÁVID, MTA Természettudományi Kutatóközpont Lendület Genom Stabilitás Kutatócsoport, Budapest; WEIDINGER TAMÁS egyetemi docens, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest.