

## **Antigén és antitest** (Vírusos fertőzés, immunválasz, vakcina)

*The Economist March 14th 2020: Anatomy of a killer és  
April 18th 2020: Briefing, Creating immunity to covid-19 alapján<sup>1</sup>*

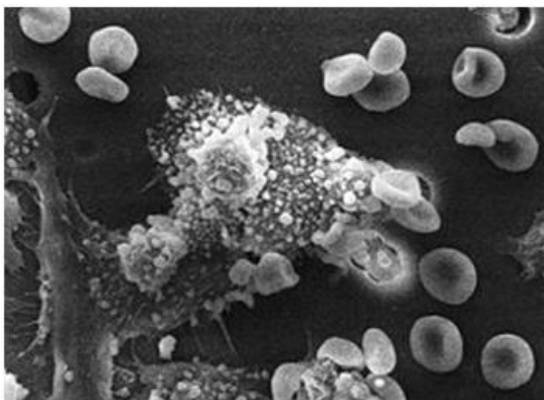
A vírus élősködő organizmus, csak más élőlény sejtjeiben él meg. Sejten kívül nem folytat önálló anyagcserét, nem mutat életjelenségeket, csak genetikai információt hordozó, ún. „virion” formában létezik. Vannak génjei és alkalmazkodik a környezethez, ennek ellenére élőlény mivolta vita tárgya. A vírus a sejtbe behatolva saját RNS-ét/DNS-ét összekeveri a gazdasejt DNS-ével, átprogramozza azt, és arra utasítja a sejtet, hogy az ő szaporodásához szükséges fehérjéket termelje. Ennek eredményeképpen több száz virion keletkezik, melyek minden egyes példánya képes egy újabb sejtet elfoglalni és működését átállítani. A vírus tehát e fehérjéket nem „hurcolja” magával egyik sejtről a másikra, hanem újból és újból megtermelteti a gazdasejttel. A virion a genomból (ez többnyire RNS, de gyakran DNS) és az azt körülvevő proteinköpenyből, a kapszidból áll (melyet a vírus génjei kódoltak).<sup>2</sup>

**Antigén:** a vírus által a gazdasejttel termeltetett fehérje, ami immunválaszt vált ki.<sup>3</sup>

**Antitest / ellenanyag:** az immunrendszer által védekezés céljából előállított fehérje.

Az immunrendszert **az antigén** provokálja, hogy **ellenanyagot / antitestet** termeljen és egyéb más immunválaszokat adjon.

Az immunrendszer **antitesteket** állít elő az **antigének** elpusztítására. Az antitest is fehérje, mely hozzátapad az antigénhez, ezáltal megakadályozza, hogy az antigén más sejteket megfertőzzön, és egyúttal megjelöli, hogy na, ezeket az antigéneket kell megsemmisíteni. – Ekkor jönnek a falósejtek, melyek bekebelezik az idegen sejtet, vírust, baktériumot, anyagot. A wikipédiából két szemléletes képet vettem át erről:

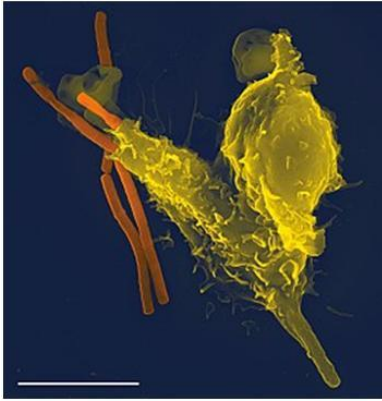


„A [makrofág](#) elpusztítja a rákos sejtet, amit idegen anyagnaként azonosít és hozzátapad. A rákos sejt tüskékkel rendelkezik, a makrofág a rákos sejthez olvad és befecskendezi a toxinjait. A rákos sejt elveszíti tüskéit, a makrofág pedig simává válik, míg a rákos sejt csomóssá. A makrofág bekebelezi a rákos sejtet, amely ezután elveszíti morfológiáját, összezsugorodik és elpusztul.”

<sup>1</sup> Az összeállításához felhasználtam a wikipédia immunrendszerre vonatkozó részét is.

<sup>2</sup> Lásd erről részletesebben: [http://kisskaroly.x3.hu/evolucio/mifele\\_fajzat.pdf](http://kisskaroly.x3.hu/evolucio/mifele_fajzat.pdf)

<sup>3</sup> Az „antigén” elnevezés zavaró; az ember azt hinné, hogy a genetikából ismert génről van szó. De a wikipédia szerint Detre László magyar mikrobiológus a keresztapa, és jelentése: **anti**(testet) **generál**.



„Egyetlen [neutrofil granulocita](#) falósejt (sárga) [pásztázó elektronmikroszkópos](#) képe, amely bekebelezi a [lépfenebacilust](#) (narancssárga)”, majd ő is elpusztul.

Ha egy sejt megfertőződött, és a vírus arra kényszeríti, hogy a számára, a szaporodásához szükséges „virális fehérjéket” termeljen, akkor a sejt ezeknek a virális fehérjéknek kis darabkáit *mint antigéneket*, elhelyezi a saját felületén, és ezek, mint apró, segélykérő kis jelző zászlócskák, hívják fel az immunrendszer figyelmét arra, hogy az adott sejt

megfertőződött. (Ez úgy is végbemehet, hogy maguk az immunsejtek gyártanak antigént a vírusok egyes alkotóelemeiből, és ezáltal készítetik a többi immunsejtet antianyag gyártására.)

**Konklúzió** laikusoknak (magamat is beleértve): nem a vakcina öli meg a vírust, hanem a mi immunsejtjeink! **A vakcina** csupán segítséget nyújt ehhez: beindítja / provokálja az ellenanyag-termelést, ami mozgósítja az immunrendszerünket.

#### ***Mindennapi hőseink (lírai kitérő):***

Hát mindez nem fantasztikus? A virionok megtámadják az emberi sejteket, saját génjeiket összekeverik a sejt génjeivel, és arra kényszerítik, hogy a sejt olyan fehérjét termeljen, melyből százszámra jönnek létre az új kis virionok. Aztán amikor tönkretették a sejtet, kirajzanak belőle, és mindegyik egy újabb sejtet támad meg. A sejt a virionok számára készült fehérjéből kis darabkákat helyez el a felszínén, jelzésként, hogy „meg vagyok támadva!”. Mint amikor a középkorban pestisjárvány idején a gyanús házakat fehér kereszttel jelölték meg. Ezután az immunrendszer olyan ellenanyagot állít elő, amely összetapad a jelzésre szolgáló antigénnel (ezt nevezik antigén-antitest komplexnek), és megakadályozza, hogy az tovább terjedjen.

Testünket kb. 37 billió (ezer milliárd) sejt alkotja. Ezek gondoskodnak arról, hogy életfunkcióink működjenek, mozoghassunk, emésztthessünk, gondolkodhassunk, stb. De vannak köztük olyanok is, melyek a biztonságunkért felelősek. Ezek közül néhány milliárdnak az a feladata, hogy felkutassa a megtámadott, és vírusok által megfertőzött sejteket, az antigén-antitest komplexeket, vagy a baktériumokat, és elpusztítsa azokat. Egyes fajtáik, mint pl. a falósejtek – Dugonics Titusz módjára – , a bekebelezett ellenséggel együtt elpusztulnak. Vajon nevezhetjük-e ezt önfeláldozásnak?

Az állatoknál gyakori az altruizmus, az önfeláldozás jelensége. Emlősöknél ezt a megnevezést még talán helyénvalónak érezzük; a társas rovaroknál már idegenkedünk e kifejezés használatától. Pedig ott találjuk az altruizmus legextrémebb eseteit: a társas rovaroknál a dolgozók életreszólóan lemondanak a szexről a boly / a kas / a természetvédelem érdekében; egy pókfajtnál (*Stegodyphus lineatus*) pedig amint a kis pókok világrajönnek, legelső dolguk az, hogy megeszik az anyjukat... (Anya, ne szülj csecsemőt! – jut eszembe.) ... No de egysejtűeknél??

A téma rokon azzal a problémával, hogy a molekuláris és atomi szinten végbemenő folyamatok szereplőit is megszemélyesítjük, mint cselekvő élőlényekről beszélünk róluk. (Pl.: „A szabad gyökök rendkívül agresszívek, rövid életűek, és gyorsan reakcióba lépnek más

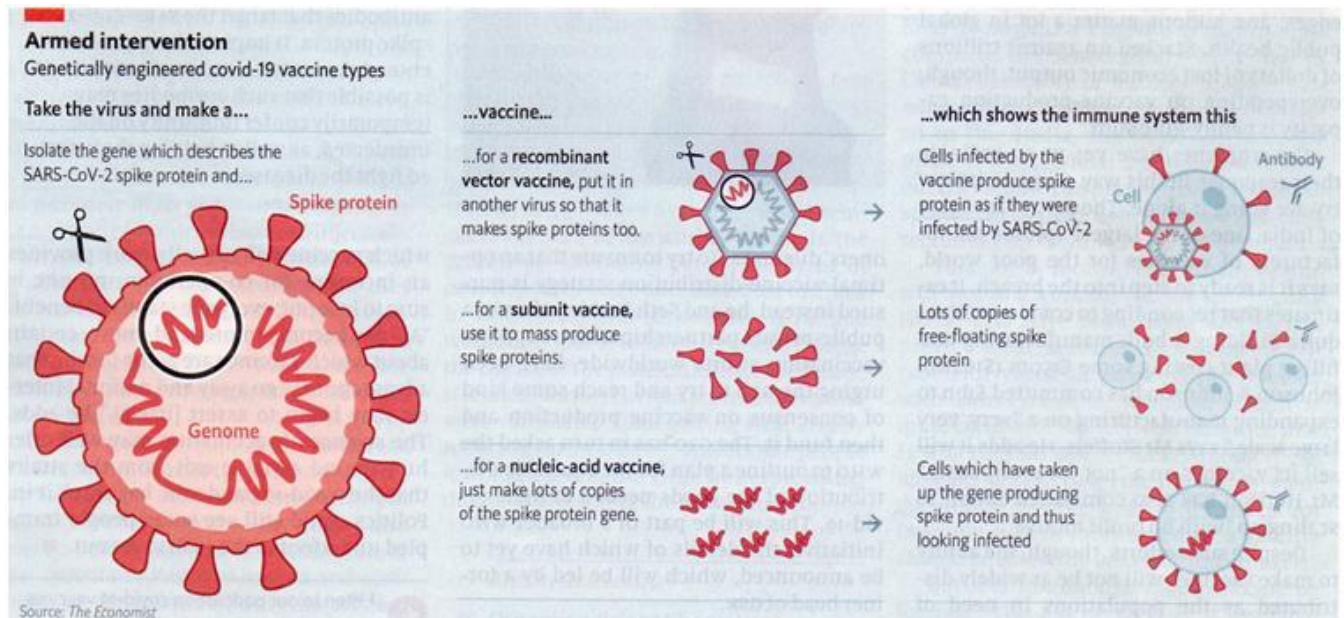
vegyületekkel, hogy azoktól elektronokat szerezzenek...” – mondja a vegyész.) - Holott minderről személytelenül, szenvedő szerkezetben kellene beszélni.

Hát nem csodálatos ez a bennünk élő, minket alkotó mikrovilág? Hogy százmilliószámra vannak bennünk sejtek, melyek bármely pillanatban készek feláldozni az életüket azért, hogy mi békésen, a megszokott módon élhessük a magunkét.

A vakcina háromféleképpen szokta elősegíteni, hogy az immunrendszer megismerkedjen a virális antigénnel:

1. legyengített vírusokat juttatnak a szervezetbe,
2. inaktivált, élettelen vírust juttatnak be, amely nem okoz fertőzést (de, mint említettem, a kapszidot a vírus kódolja, tehát ez is antigén, amire az immunrendszer reagál)
3. közvetlenül a más szervezetekben létrejött (azok vérplazmájából kinyert) antitestekkel ismertetik meg az immunrendszert.

A **géntechnológia (gensebészet)** azonban, mely újkeletű eljárás, a vakcinák szélesebb körének előállítását teszi lehetővé. A hepatitisz B elleni vakcinát pl. már nem a beteg véréből kinyert antigénből állítják elő. Hanem azt a gént, amely a vírus külső burkát képező fehérjét hozza létre, egy sejt kultúrába oltják, és így tisztán állítják elő az antigént. Vagy: a vonatkozó gént átoperálják egy – amúgy ártatlan – vírusba, ezt behelyezik az emberbe, és így az antigéntermelés a páciens testében történik meg.



Az ábra a géntechnológiával készített vakcinák három fajtáját mutatja be, három lépésben:

Az első lépés az, hogy kivágják a vírus genomjából azt a gént, ami a tüskéket növeszti (mert e tüskék jól felismerhetővé teszik a SARS-Cov-2 jelenlétét). Ezután

1. fajta, „rekombináns vektor” vakcina: a kivágott genom-részt beleoperálják egy másfajta vírusba (rekombinálják), amely ennek hatására szintén tüske-proteineket növeszt → az ezekkel a vírusokkal megfertőzött sejtek szintén tüske-proteint állítanak elő, mintha a SARS–Cov-2 fertőzte volna meg őket, és ezáltal láthatóvá válnak az immunrendszer számára.

2. fajta, „alegység” típusú vakcina: a kivágott genomot a tüske-proteinek tömeges előállítására használják fel; ezek nem fertőzik meg a sejteket, szabadon úszkálnak.

3. fajta, „nuklein-sav” típusú vakcina: a kivágott genom-részt sokszorosítják, és azok a sejtek, melyek ezt felveszik, tüske-proteint állítanak elő, és így fertőzöttnek látszanak az immunrendszer számára.

[Amit nem értek: ha az immunrendszer a szabadon „úszó” tüske-proteineket is felismeri és felveszi velük a harcot – lásd 2. eset – , akkor mi szükség van egészséges sejtek megfertőzésére és közbeiktatására?]

A génebeszetnek köszönhető, hogy a járvány kitörésekor, és január 10-én, amikor azonosították a SARS-COV-2-t, még egyetlen egy „vakcina-jelölt” sem létezett (azaz amelyből potenciálisan kifejleszthetik az új vakcinát), április közepén viszont már 86 ilyen szer volt.

A kutatások legnagyobb részét azokra a fehérje-tüskékre koncentrálnak, melyekkel tele van szórva a vírus felülete. (Ezeket a vírus saját génje kódolja.) Az ember légzőszerveit alkotó sejtek felületén egy ACE 2 nevű fehérje található; a vírus fehérjetüskéi ehhez kapcsolódnak.

Az immunrendszer működése azonban még részben rejtély a kutatók számára. A dózis nagysága, és bizonyos vegyi anyagok együttes jelenléte nagyban befolyásolja a vakcinák hatását. A tbc elleni védőoltás pl. jelentősen stimulálja az immunrendszer egészét, ezért egyes országokban a tbc-védőoltás koronavírus elleni hatásával kísérleteznek. Egyes vakcinák kifejlesztésével ellenkező hatást értek el: az elősegítette a kórokozó bejutását a sejtbe. (Ez történt nemrégiben a Sanofi által a dengi-láz ellen kifejlesztett védőoltással.)

Az állatkísérletek után a vakcinát embereken, önkénteseken próbálják ki, egyre nagyobb számban. 2017-ben, a zika-vírus elleni szer kutatása során egy új megközelítést alkalmaztak: önkéntesek kis csoportját tudatosan nagy veszélynek tették ki, és az eredmény sikeres volt. Ez etikai kérdéseket vetett fel, de az érdekelt intézmények, szervek arra a következtetésre jutottak, hogy ha a fertőzés társadalmi veszélye nagy, az önkéntesek fiatalok és egészségesek, teljes mértékben tájékozottak a lehetséges veszélyekről, és bármikor kiléphetnek a kísérletből, és meg fogják kapni a szükséges ellátást, az eljárás megengedett. Egy tudóscsoport a Harvardon most ugyanezt javasolja a koronavírus esetében is.

Vakcinák előállítása sokkal bonyolultabb és hosszadalmasabb eljárás, mint a gyógyszerkészítés. Itt nem élettelen anyagok keveréséről, kavarásról van szó, hanem működő mikro-organizmusok a tevékenység tárgyai.

Az első világháború utáni nagy spanyolnátha járvány idején jöttek rá az amerikai haditengerészeti orvosai, hogy a már a fertőzésből felgyógyult betegek véréből szeparált

antitestek szinte vakcinaként hatnak. Az antitestekben gazdag vérplazmát újabban is sikeresen felhasználták a SARS, a H1N1, a H5N1 járványok idején. A mostani járványban Wuhanban alkalmazták, és jelentős javulást értek el vele a súlyosan fertőzött betegek esetében. Erre az eljárásra amerikai tudósok is úgy tekintenek, hogy az nem csupán gyógyszer – már félúton vannak a vakcina felé.

### **Gazdasági vonatkozások:**

A világon négy nagy vakcinagyártó multicég van: a GSK (GlaxoSmithKlein, brit), a Johnson & Johnson (amerikai), a Pfizer (szintén amerikai) és a Sanofi (francia), ezen kívül még szintén fontos néhány indiai és kínai, melyeknek a „globális délen” van jelentőségük.

A vakcinagyártás nem kifizetődő tevékenység, mert a járványok jönnek-mennek, és mire kikísérletezik a nagy költségekkel járó, megfelelő védőoltást, már nincs is szükség rá, a kormányok pedig kihátrálnak a vészhelyzetben tett ígéreteik mögül. A gyártóknak nincs felesleges kapacitásuk – állítólag most is hiány van sárgaláz és himlő elleni oltóanyagból. A helyzetet jelentősen lendíthet, ha a nagy pénzes filantrópok besegítenek. Bill Gates és Melinda több tíz milliárd (!) dollárt ajánlott fel a Covi-19 elleni kutatásokra.<sup>4</sup>

Ez az Economist véleménye, de figyelembe kell venni azt is, hogy a gyógyszergyártók hatalmas profitokat zsebelnek be, és szerintem külön-adóztatásukkal alapokat kellene képezni a váratlan járványok esetére.<sup>5</sup> (Vagy pl. Soros György is áldozhatna néhány milliárdot a vagyonából, ha már olyan nagy filantróp – hogy én is sorosozzak egyet.)

### **Presztízs és politikai vonatkozások:**

Az Economist szerint igen nagy jelentősége lesz annak, hogy melyik ország állítja majd elő legelőször a legjobb vakcinát. Ha ez Kínában fog megtörténni, az a kínai tudomány és a kínai politikai rendszernek (!) is a megdicsőülésével fog járni és elsőbbségét fogja bizonyítani a világ szemében. Az elsőség abból a szempontból is számítani fog, hogy a feltaláló ország lakossága nyilvánvalóan elsőként fog hozzájutni a védelemhez, függetlenül attól, hogy melyik országban mekkora szüksége lenne arra a lakoságnak.

### **Idő:**

A 2014-ben kitört ebola-járványra példátlanul gyorsan megtalálták az ellenszert, kikísérletezték, és tíz hónap múltán bevezették a védőoltást. Igaz, az ebola összehasonlíthatatlanul gyilkosabb járvány volt, mint a mostani: 70 százalékos halálozási rátával járt. A koronavírus viszont sokkal nagyobb területeken terjedt el és tömegek halálát okozza

Szóval, bízzunk a tudományban!

Bp. 2020. május 6.

Kiss Károly

---

<sup>4</sup> Hazánk éves nemzeti terméke 160 milliárd, nekünk ebből fejenként 16 ezer jut. – Persze azt is lehet mondani, hogy: – És honnan van Bill Gatesnek ennyi pénze? – Tőlünk!

<sup>5</sup> Érdemes elolvasni erről Szendi Gábor írását az interneten.