



## A gazdaváltáshoz nincs szükség semmilyen varázslatra

*Az egyre csak súlyosbodó globális ökológiai válsághelyzet a földi élet minden aspektusára hatással van és lesz. Korántsem csupán az élővilág sínyli meg az ember okozta klímaváltozást és az élőhelyek pusztulását, hanem mi magunk is. Az emberre ható káros következmények a mezőgazdasági termelés ellehetetlenülésétől a tengerszint-emelkedésen át az egészségünk megrendüléséig az élet megannyi területére kiterjednek majd. Földvári Gábor, az Ökológiai Kutatóközpont Evolúciótudományi Intézet tudományos főmunkatársa, a Felbukkanó Kórokozók Ökológiája Kutatócsoport vezetője szerint az ember immár olyannyira beavatkozott a természet folyamataiba, hogy az elkövetkező évtizedekben az újonnan felbukkanó kórokozók, illetve az eddig csak trópusi-szubtrópusi vektorok által terjesztett járványok megelőzésére csak gyökeres életmódváltással és soha nem látott monitoringprogramokkal van (némi) esély.*

– Az utóbbi években sokat hallani újonnan felbukkanó betegségekről, trópusi betegségek megjelenéséről Európában, kórokozók globális terjedéséről. Mennyiben új a jelenlegi helyzet, hiszen régen is vándoroltak a kórokozók, sőt éghajlatváltozások is zajlottak?

– A mostani helyzetet nagyon sok tényező együttes hatása hozta létre. Korunkat joggal nevezhetjük akár a járványok korának is. Bár mindig is voltak kórokozók, és mindig is változott a klíma, de hatalmas különbség, akár a néhány évtizeddel ezelőtti időszakhoz képest is az, hogy az 1970-es évekhez képest megduplázódott a világ népessége. Ez nemcsak mennyiségbeli változás, hanem hatalmas minőségbeli különbség is, hiszen a jelenleg nyolcmilliárdos emberiség teljesen más életformát folytat, és teljesen más módon avatkozik a természet folyamataiba, mint elődei. Ma már nemcsak a legkiváltságosabb tízezreknek van lehetőségük repülni, hanem milliók és százmilliók rendelkezésére áll a rendszeres légi közlekedés. Ez az egy változás önmagában is sokkal könnyebbé tette a kórokozó-terjesztést. De az újonnan felbukkanó betegségek szempontjából még ennél is lényegesebb hatóerő a természet pusztítása.

– A természetpusztítás szükségszerűen új betegségeket szabadít az emberiségre?

– Az emberi tevékenység környezetpusztító hatásait érdemes két részre bontani, mert ez a jelenség egyszerre hat közvetett és közvetlen módon a járványok kockázatára. Az ember, részben a klímaváltozás okozása révén, közvetetten pusztítja a környezetet, részben viszont nagyon is direkt módon csökkenti a biodiverzitást, változtat az élőhelyek használatán, és ezzel közvetlenül is elősegíti a kórokozók felbukkanását. A környezetpusztítás hatását nagyon egyszerűen egy metaforával fogalmazhatjuk meg: ha megráz-

zuk a fát, akkor valami biztosan le fog esni róla. Ha terjeszkedik egy délkelet-ázsiai város, vagy új utat építenek, amely keresztülszeli a dzsungelt, és ez az út lehetővé teszi a fa kitermelését és az esőerdő területének mezőgazdasági célú használatát, akkor ezzel tulajdonképpen rázzuk a metaforikus fát. Minél több alkalommal találkozunk az ember a vadon élő állatokkal, és ennek révén a kórokozókkal, annál gyakrabban adódik lehetősége ennek a kórokozónak vagy parazitának arra, hogy kipróbálja ezt a számára új életteret (az ember szervezetét).

– A járványok, pandémiák indulásakor hatalmas jelentőséget tulajdonítanak a kórokozó állatról emberre történő átugrásának, hiszen a legtöbb világjárványt eredetileg állatokat fertőző patogének váltják ki. De valójában mennyire ritka és különleges jelenség az, hogy egy kórokozó gazdát vált?

– Gyakori tévhit, hogy evolúciós távlatban a patogének és a paraziták egyensúlyra törekszenek a gazdáikkal, és emiatt a kórokozók nehezen tudnak gazdát váltani. Az egyensúlyra való törekvés igaz ugyan, de a gazdaváltás nehézségéről szó sincs. Számtalan példa bizonyítja, hogy a kórokozókról vagy élősködőkről nem szabad azt hinnünk, hogy ők egyetlen gazdaszervezetre specializálódtak, és csak abban érzik jól magukat. A kórokozók sokkal inkább tulajdonságokra specializálódnak. Azok a tulajdonságok, amelyek ott vannak egy csimpánzban, egy rágcsálóban vagy egy denevérben (és nem véletlenül említtem ezeket a példákat), általános jellegeként megtalálhatók például az emberben is. Korábban azért nem volt a HIV ismert emberi kórokozó, mert még nem találkozott az emberrel (vagy nem tudtunk róla, hogy találkozott vele). De abban a pillanatban, hogy sikerült bejutnia az emberi szervezetbe, például azért, mert vadászni kezdték a csimpánzt vagy más főemlősöket, és megtörtént

a kontaktus az emberrel, a kórokozó azonnal kolonizálni tudta az új életteret (az embert).

– *Vagyis még mutálódnia sem kell a kórokozónak a gazdaváltáshoz?*

– Igen, ez paradigmaváltásként is értelmezhető a járványok megértésében: nem szükséges genetikai változás ahhoz, hogy a kórokozó képessé váljon a gazdaváltásra. Sokuk ugyanis már eleve rendelkezik azzal a genetikai eszközkészlettel, ami képessé teszi őt arra, hogy gazdák között „ugráljon”. Vagyis csupán lehetőségre, kontaktusra van szüksége az új gazdaszervezettel, tehát a természet pusztítása révén minden feltételét megteremtjük a kórokozók gazdaváltásának. Az, hogy a kórokozó megmarad-e az új gazdában, vagy sem, az az ő és a gazdaszervezet adaptív képességeinek függvénye, de úgy tűnik, hogy az esetek jelentős részében a patogének könnyedén fennmaradnak hosszú távon is az új gazdában. A vilá járvány kirobbanásához már csak arra van szükség, hogy a kórokozó emberről emberre is hatékonyan terjedni tudjon.

– *A Covid-19 esetében mennyire igazolható kutatási eredményekkel, hogy ez a vilá járvány a klímaváltozás vagy az ember változó földhasználatainak következménye volt?*

– A Covid-19-nél a klímaváltozás közvetlen hatását szerintem nem lehet tetten érni, az viszont egyértelmű, hogy a természet pusztítása, illetve az ember terjeszkedése tette lehetővé a járvány kitörését. Már az első SARS- (súlyos akut légzőszervi szindróma) járvány idején lehetett látni egészen egyértelműen, hogy Délkelet-Ázsiában, közelebből Dél-Kínában óriási méreteket öltött a vadállatok étkezési célú tenyésztése. Ez nem tévedés, vadon élő állatokról van szó, amelyeket rendkívül rossz és egészségtelen körülmények között tenyésztettek, hogy később szállítsák, piacon eladják, majd megegyék őket. Ezek a zsúfolt állattartó telepek és piacok a vírusok, baktériumok, paraziták tökéletes keveredési helyei. Az első SARS vírus pontosan ennek köszönheti, hogy alkalma volt az emberre ugrani: a vadhús fogyasztás divatossá válásával megszorodtak ezek a vadállattartó, -tenyésztő és -kereskedő létesítmények is. Bár a 2002–2004-es SARS-járvány idején e telepek nagy részét bezárták, és intézkedések történtek a vadállatpiacok visszaszorítására is, de olyan nagy a kereslet Ázsiában az egzotikus állatok iránt, hogy teljesen megszüntetni nem lehetett ezt az iparágat. A SARS után szinte azonnal visszatért minden a rendes kerékvágásba, és ismét hatalmas iparaggá vált. Ezt a folyamatot segíti elő a vadon élő állatok kereskedelmének és fogyasztásának világszintű népszerűsödése is. Csak az ismert, legális iparág több mint 100 milliárd dollárt tett



Földvári Gábor

ki 2019-ben. 1980 óta ez 200%-os emelkedés. 2004–2005 után a SARS-szal foglalkozó kutatók pontosan leírták, hogy ez a helyzet valóságos időzített bomba, hiszen potenciálisan számtalan, emberre átugrani képes koronavírus létezik, amelyek bármikor vilá járványt okozhatnak.

– *Akkor kódolva volt a pandémia az emberi tevékenységben?*

– Szinte teljesen biztos, hogy a délkelet-ázsiai vadállattenyésztés és -fogyasztás tette lehetővé a vírus átterjedését a denevérről az emberre. Az továbbra is nagy kérdés, hogy közvetlenül egy denevér fertőzte-e meg az első embert, vagy a denevér és az ember között volt még egy „lépőkő” vagy „ugródeszka” (stepping stone) faj, egy köztes gazda. Az első SARS-nál volt ilyen: ez volt a pálmasondró.

– *Az teljesen kizárható, hogy a koronavírus egy kínai virológiai laborból szökött ki?*

– Egyelőre elméletben nem lehet kizárni, de a széles körű szakmai konszenzus alapján ezt én összeesküvés-elméletnek tartom. Az összes koronavírus és más felbukkanó kórokozók példája is arra utal, hogy ez a koronavírus-járvány a természetes rezervoárból származhatott.

– *A pandémia jelenlegi stádiumában már mindenki a következő vilá járványra tekint, és ígéretet hangzanak el a megelőzéséről. Ön szerint mekkora a reális esély egy ilyen járvány megelőzésére?*

– Sajnos a reális esély igen csekély. Az egész jelenségben az a legszomorúbb, hogy egyébként a kezünkben lennének az eszközök. Ha tökéletesen megelőzni nem is lehetne, de mindenképpen csökkenthetnénk a hatásait, és felkészülhetnénk

a következményeire. Együtt dolgozunk egy amerikai professzorral, Daniel Brooksszal, aki kidolgozott egy eljárást a felbukkanó kórokozók kutatására: ez a DAMA protokoll. Ez nem valami bonyolult dolog, nem a spanyolviaszt fedezte fel Brooks (hiszen a DAMA protokoll elemeit már eddig is használta a járványmegelőzés), mindössze leírta azt a logikus és szisztematikus folyamatot, amit tennünk kellene e potenciálisan életveszélyes kórokozókkal. A DAMA egy betűszó, a dokumentáció-értékelés-monitorozás-beavatkozás angol rövidítése. A dokumentáció a természet és a benne élő patogének megismerése. A becslések szerint például a világon 1,7 millió madár- és emlősvírusfaj létezik, de csak néhány ezret ismerünk közülük. Ezek alapján több mint félmillió lehet az embert is fertőzni képes vírusok száma. Ameddig nem tudjuk, hogy mivel állunk szemben, addig igencsak rosszak az esélyeink a megelőzésre. Kis reménysugár, hogy hosszú évek pályázását követően jelenleg két nagy kutatási projektet is koordinálok, amelyek a DAMA protokoll gyakorlatba ültetését tűzték ki. Az egyik egy európai kutatói hálózat létrehozását célzó COST pályázat, a másik a tavaly indult Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium Járványökológiai Divíziója (<https://www.eglab.hu>).

– *Ha új kórokozót találnak, akkor mi alapján döntik el, hogy az veszélyes-e az emberiségre nézve?*

– Először is fel kell tárnunk, hogy az adott kórokozó vagy egy rokona korábban betegített-e meg embert vagy sem. Ha igen a válasz e kérdések bármelyikére, akkor potenciálisan veszélyesnek kell tekinteni, és tovább kell foglalkozni vele. Ennek része a rendszeres monitorozás, és ez a protokoll legproblematikusabb eleme a jelentős költségei miatt. Hiába tudjuk, hogy mit kellene csinálnunk, ha nincsenek meg az ehhez szükséges anyagi és egyéb források. Például szükségessé válhat a terület rágcslóinak rendszeres vizsgálata, a kiemelt vírusok tesztelése a szervezetükben. Fel kell deríteni a patogén szezonális, térbeli és genetikai változatosságát. Azaz rendszeresen vissza kell térni és folytatni kell a vadon élő rezervoár fajok és vektorok célzott monitorozását. Csak ezek után következhet a kórokozó elleni cselekvés. Kérdés persze, hogy mit tehetünk az emberre történő átugrás megelőzése érdekében. Itt jön az újabb nehézség, hiszen a kutatók általában a jelenségek leírásában, elemzésében, publikálásában jók, viszont a tényleges cselekvés a döntéshozókra múlik. Mi csak azt tehetjük, hogy megalapozott javaslatokat teszünk a hatóságok és döntéshozók felé a megelőzésre.

– *Mégis, hogyan képzelhetjük el azt a cselekvési tervet, amely eséllyel akadályozhatná meg a következő pandémiát?*

– Sajnos itt meglehetősen nagy léptékű változtatásokra lenne szükség. Például globálisan korlátozni kellene a húsfogyasztást, hogy kevesebb termőföldet kelljen kiszakítani a trópusi esőerdőkből. Már az ebbe az irányba tett kis lépéseknek is komoly járványmegelőző hatása lenne, de itt mindig falakba ütközünk, hiszen rengeteg gazdasági és politikai érdek fűződik a húsfogyasztás fenntartásához, sőt fokozásához. Például az ázsiai és afrikai országokban is egyre inkább szeretnének annyi húst fogyasztani, mint Európában vagy Észak-Amerikában. Érdeemes elgondolkodni azon is, hogy 1 kg marhahús előállításához tizenötször akkora földterületre van szükség, mint csirke- vagy sertéshús esetében. Ha az egy főre jutó amerikai marhahúsfogyasztás lehetőségét próbálnánk minden egyes ember számára biztosítani, ahhoz három Földre lenne szükségünk. Csakhogy az emberi döntéshozás – sőt a gondolkodás – jellemzője, hogy hiába megy el a falig (lásd Covid), még abból sem képes tanulni. Lehet, hogy pár hónapra leálltak a repülő, de mostanra visszaállt minden a járvány előtti idők gyakorlatára. Tehát hiába lenne a kezünkben a megoldás, az esélyeink sajnos nem túl jók. Pedig a globális problémák megszüntetésére a helyi, kis léptékben adott válaszok lennének a nélkülözhetetlen első lépések.

– *Mi teszi a vírust különösen alkalmassá a gazdaváltásra? Mitől tudnak a kórokozók könnyen átugrani egyik gazdáról a másikra?*

– E gazdaváltások szerintem túl lettek misztifikálva a laikus és a szakmai közvéleményben egyaránt. Szinte misztikusnak tűnik sok ember számára, hogy egy kórokozó két, látszólag nagyon különböző élőlényt is fertőzni képes, különösen, ha ezek az állatok távol helyezkednek el egymástól az evolúciós törzsfán (például madár-ember a madárinfluenza-, illetve denevér-ember a koronavírusok esetében). Az emberi gondolkodás mechanizmusaiból fakadóan, amikor szinte hihetetlen jelenségekkel szembesülünk, hajlamosak vagyunk kizárólag misztikus megoldásokban, például egy tökéletesen ideillő mutációban gondolkodni. Általában azonban ennél sokkal prózaibb a helyzet. A Covidnál pontosan lehet tudni, hogy a SARS-CoV-2 vírus az ACE2 (angiotenzinkonvertáló-enzim 2) sejtfelszíni receptorhoz kötődik. Ez a receptor gyakorlatilag minden emlősben megvan, vagyis fennáll a lehetősége annak, hogy ez a koronavírus a legkülönbözőbb emlősöket is megfertőzze.

– *Tudható volt, hogy a Covid koronavírus is meg fog jelenni egy sor fajban?*

– Daniel Brooks már 2019 decemberében megmondta, hogy az ember közelében élő összes állatot szűrni kell, mert a vírus át tud (és át is fog)

lépni ezekbe az állatokba, amelyek azután rezervoárként és fertőző forrásként működhetnek. Ha a vírus rendelkezik azokkal a molekulákkal, amelyek szükségesek egy állati sejt megtámadásához, akkor az ő szempontjából teljesen mindegy, hogy éppen milyen fajról van szó: ha kellően nagy számban létrejön a kontaktus, akkor meg fog jelenni az új fajban is. Az Egyesült Államok fehérharkúszarvas-állományának már hetvennyolcvan százaléka hordozza a SARS-CoV-2 koronavírusot. Maguk a szarvasok nem pusztulnak el ettől tömegesen, de tökéletes olvasztótégelyt kínálnak az új variánsok megjelenéséhez, hiszen a gazdaváltás pillanatától új evolúciós ágat indít a vírus fejlődése, új mutációk fognak megjelenni és elterjedni az új állatot fertőző vírusok között. Ezek egy ideig csendben fejlődnek, de bármikor visszatérhetnek az emberre, és akkor már talán könnyedén ki fogják játszani a vakcina vagy a korábbi fertőzés biztosította immunvédelmet, illetve az addig hatékony terápiát.

– *A klímaváltozás, illetve a természet átalakításának másik következménye a vektorok terjesztette betegségek gyakoribbá válása. Az Ökológiai Kutatóközpont is monitorozza a Magyarországon megjelenő egzotikus kullancsfajokat. Mennyire kell félnünk tőlük? Az állat feltűnése szükségszerűvé teszi az általa terjesztett betegség megjelenését is?*

– Fontos különválasztani a vektorok és az ő közvetítésükkel fertőző patogének terjedését. A terjedőben lévő ízeltlábú vektorok nem feltétlenül képesek a trópusokon általuk terjesztett kórokozókat az új élőhelyükön is terjesztetni. Ugyanakkor a klímaváltozás azért gyakorol jelentős hatást a kórokozók felbukkasására, mert gyakorlatilag ugyanazt teszi, mint a természetet pusztító ember: kontaktust tesz lehetővé addig egymástól izolált fajok között. Ahogy változik az éghajlat, az élőlények vagy kihalnak, vagy elvándorolnak, vagy alkalmazkodnak a megváltozott körülményekhez. A betegségek terjesztése szempontjából a második két opció a problematikus, hiszen például előfordul, hogy a vektor faj számára az addig hűvösebb éghajlatú térségekben (az északi félgömbön északabbra) is alkalmassá válnak a körülmények, így elkezd az Egyenlítőől távolabb is terjedni. Bizonyos szúnyogfajoknál ez egyértelműen megfigyelhető, de például a közönséges kullancs is megjelent már az Északi-sarkkörön túl is, ahol korábban képtelen volt életben maradni. Sőt, *Borelliával* (Lyme-kórt okozó baktérium) fertőzött kullancsot is találtak már a sarkkörön túl, és a kullancsencephalitis vírusa is növekvő jelentőségűvé vált Skandináviában. Ezekben az esetekben nem csupán a vektor, de a kórokozó is terjed észak felé.

– *Akkor nem lehet kizárni, hogy az eddig trópu-*

*sinak tartott betegségek nálunk is fel fognak tűnni, egyre növekvő számban?*

– Valóban nem lehet kizárni, hogy sok mediterrán, szubtrópusi vagy trópusi vektorfaj települjön be hozzánk. Hogy a kórokozó is jön-e velük együtt, az sok tényezőtől függ. A Kullancsfigyelő programunkban például vizsgáljuk a *Hyalomma* kullancs, a krími-kongói vérzések láz vírusa terjesztőjének magyarországi megtelepedését. Egyre több érv szól amellett, hogy a kullancs már áttelelni is képes az országban. Gyaníthatóan már több térségben is feltűnt, erre lehet ugyanis következtetni az önkéntesek által a felhívásunkra küldött fényképekből és kullancsmintákból. Viszont ebben a konkrét esetben van jó hír is: a kullancsot hordozó vándormadarak nem hordozzák a krími-kongói vérzések láz vírusát. Emiatt az eddig talált magyarországi kullancsokban általában nincs jelen a vírus. De ezt kizárni sem lehet, hiszen a vírus vertikálisan is terjed a kullancsnemzedékek között. Vagyis egy Afrikában lepetező kullancsnőstény átadhatja a kórokozót az utódainak, ami, ha kikelve felkapaszkodik egy tavasszal visszatérő vándormadár-ra, akkor az elméletileg behurcolhatja a patogént az országba. A pécsi Nemzeti Virologiai Laboratóriummal együttműködésben szűrjük e kullancsokat a vírusokra, és bár a krími-kongói vérzések láz vírusára eddig negatívnak bizonyultak, találtunk bennük egy rokon vírust. Ez a faj ugyan eddig még nem betegített meg embert, de a viszonylag közeli rokonság miatt nagyon erős felkiáltójelet kell mellé írunk, és érdemes a továbbiakban monitorozni az előfordulását, hiszen nem lehet kizárni a humán patogenitását.

– *Ha a monitorozás révén kiderül, hogy megjelent egy vektorok által terjesztett betegség az országban, mit lehet tenni ellene a gyakorlatban?*

– Az új betegségek megjelenésére adandó válasz is többlépcsős. A DAMA protokoll követésével már azelőtt felismerhetnénk a kórokozót, mielőtt átterjedne az emberre. De az irtás sok esetben praktikus okokból nem működik. Kullancsot például nem lehetséges a környezetben irtani: nem tudjuk elérni őket vegyszerekkel, és nem is léteznek erre alkalmas vegyszerek. Rengeteg múlik az egészségügyi rendszer, a háziorvosok és a szakorvosok felkészültségén is. A járványökológiai terepvizsgálatokat alkalmazó DAMA protokoll, a folyamatos monitorozás és a járványügyi intézkedések egymásra épülő hatékony működése akadályozhatja meg, hogy egy esetlegesen az országba érkező fertőzés elterjedhessen, és kiterjedt járványt okozhasson.

Az interjút készítette:  
**Kovács Sándor**