

Daniel R. Brooks - Eric P. Hoberg - Walter A. Boeger - Scott L. Gardner
- Sabrina B.L. Araujo - Bajer Katalin – Sebastian Botero-Cañola - Brian
Byrd – Földvári Gábor - Joseph A. Cook - Jonathan Dunnum - Garamszegi
László Zsolt – Herczeg Dávid - Alicia Juarrero –
Jakab Ferenc – Kemenesi Gábor – Kurucz Kornélia –
Virginia León-Règagnon - Hugo H. Mejía-Madrid – Molnár Orsolya -
Richard A. Nisbett - Wolfgang Preiser - Michael Stuart – Szathmary Eörs
- Valeria Trivellone - Altangerel Tsogtsaikhan Dursahinhan

MIELŐTT VÉGET ÉR A PANDÉMIA, GONDOSKODJUNK RÓLA, HOGY TÖBBÉ NE TÖRTÉNHESEN MEG ÚJRA

Közel két hónappal az első, a kínai Wuhanban bejelentett emberi eseteket követően, 2020. január 30-án nemzetközi aggodalomra okot adó globális egészségügyi vészhelyzetet hirdetett az Egészségügyi Világszervezet (WHO) a SARS-CoV-2 megjelenése és elterjedése miatt. A következő két hónapban a globális, nemzeti és helyi infrastruktúra és az egészségügyi dolgozók túlterhelődése fertőzött emberek szenvedéséhez és halálához vezetett, az emberiség számára pedig a társadalmi-gazdasági instabilitás, illetve az összeomlás veszélyét jelentette. Ez azt mutatja, hogy a hagyományos “esemény utáni” módja a küzdelemnek nem alkalmas az újonnan megjelenő fertőző betegségek által okozott krízisek kezelésére. Technológiai ismereteink birtokában vajon miért hatalmasodhat el a járvány, és miért veszítjük el a kialakuló betegségek megfékezéséért, visszaszorításáért vívott harcot?

Ennek oka részben, hogy a kórokozó–gazda kapcsolatok biológiáját magyarázó uralkodó paradigma (koevolúció, evolúciós fegyverkezési verseny) azt feltételezte, a kórokozóknak új képességeket – különleges mutációkat – kell fejleszteniük, hogy új gazdaszervezeteket hódítsanak meg és betegségeket hozzanak létre (pl. Parrish és Kawaoka, 2005). Eszerint a téves, de széles körben elterjedt nézet szerint az új képességek kifejlődése új lehetőségeket teremt a kórokozók számára. Továbbá, mivel a mutációk egyszerre ritkák és céltalanok, a kórokozó–gazda kapcsolatok rendkívül speciális jellegének terjedést akadályozó evolúciós tűzfalat kell eredményeznie; e definíció szerint ritka eseteknek kell lenniük (a történelmi áttekintéshez lásd Brooks et al., 2019). A kórokozók azonban ügyesebben találnak meg bennünket, mint ahogy azt hagyományos értelmezésünk feltételezné. Jelentős a közvetlenül minket, növényeinket és állatainkat fenyegető kórokozó- és betegségekockázati tér. Az elburjánzó érintkezési felületek miatt a kórokozók és a gazdaszervezetek egyre közelebb kerülnek egymáshoz. Mindezt súlyosbítja a természeti környezet változása és a városi sűrűség, fokozza a globalizált utazás és kereskedelem. Új paradigmára van szükségünk, amely megmagyarázza a látottakat.

A Stockholm-paradigma

A Stockholm-paradigma szerint a kórokozók adott gazdaszervezethez kapcsolódási készsége attól függ, hogy a gazdaszervezet milyen, a kórokozó számára szükséges erőforrást

biztosító specifikus tulajdonságokkal rendelkezik. A kórokozó azon képessége pedig, hogy egynél több gazdaszervezethez kapcsolódjon, attól függ, hogy ezek az erőforrások filogenetikailag mennyire elterjedtek. Miként lehetséges, hogy ugyanaz a képesség szűkíti is a potenciális gazdaszervezetek körét, de lehetőséget is teremt a gazdaváltásra (ami a kialakuló betegségek jellemzője)? A Stockholm-paradigma megfordítja a hagyományos nézőpontot. Az új gazdaszervezetek meghódítása legtöbbször annak köszönhető, hogy a kórokozó a már létező képességei révén él a friss lehetőségekkel, azaz nem új vagy speciális kórokozó-képességek kifejlődéséről van szó.

Széles körben jelen vannak a különböző emlőscsoportokban a SARS-CoV-2 vírusnak ama specifikus receptorai, amelyek a denevérekben való sikeres létükhöz szükségesek (Parrish és Kawaoka 2005; Parrish et al., 2008; Hoffmann et al., 2020), ezért mind potenciális gazdák. Megváltoztatja a kitétség dinamikáját az ökológiai izoláció esetleges hanyatlása, ugyanis a konkrét környezetben a tényleges gazdák köre mindig az összes, potenciálisan megfertőződő gazda részhalmaza (Agosta et al., 2010). Az eredeti gazdaszervezettől a minket érdeklő gazda felé tekervényes út vezethet. Amikor egy kórokozóknak lehetősége nyílik találkozni új gazdaszervezetekkel, továbbá megkapaszkodik legalább az egyikben, akkor az új gazdaszervezet megfelelőbb lehet az eredeti gazdaszervezetben már kis mennyiségben jelen lévő kórokozóvariánsoknak. Ez esetben gyorsan szaporodnak, még további variánsokat hoznak létre, amelyek még több gazda elfoglalására képesek. Ez a gazdaváltás ugródeszka dinamikája (Braga et al., 2014; Araujo et al., 2015; Brooks et al., 2019).

A SARS CoV-2 a virális patogének nagy csoportjának, a koronavírusoknak a tagja, amelyek alapesetben a denevérekben fordulnak elő, de néhány ritka variáns meg tud élni nem emberi gazdaszervezetekben a denevérek (Chirptera) rendjén túl is (Kemenesi et al., 2014; Calderon et al., 2016; Joffrin et al., 2018; Zheng et al. 2020). Bár túlnyomó többségük nem adható át közvetlenül embernek, számos ugródeszka-útvonal segítheti az expozíciót és az átvitelt (Araujo et al., 2015). A tömegeket fogadó szabadtéri piacok, ahol táplálékként fogyasztanak egzotikus vadfajokat, megkönnyíthetik a kórokozók felbukkanását. Úgy tűnik, ilyen ugródeszkás váltások segítették a SARS-CoV 2003-as és a SARS-CoV-2 2019-es megjelenését.

A Stockholm-paradigma azt állítja, hatalmas a kockázati tér új megjelenő betegségekre. Bolygónk kórokozók és készenlétben álló betegségbalesetek aknamezője (Brooks et al., 2019). A kórokozóknak való kitétség esélyét növeli a történelmileg elszigetelt, fertőzésektől érintetlen, fogékony populációkban a globalizált kereskedelem, az utazás és az éghajlatváltozás. A WHO bejelentése előtt a világon az emberben, az állatokban, a növényekben és az ember számára társadalmi-gazdasági szempontból fontos vadvilágban megjelenő fertőző betegségek évente 1 billió dollár kárt okoztak kezelés, elmaradt termelés formájában. Hogy összehasonlítható legyen, mekkora szám ez: mindössze 15 országban van ekkora bruttó hazai termék. A SARS-CoV-2 elvadult hullám egy könnyörtelenül emelkedő dagályban.

A Stockholm-paradigma ráébreszt bennünket, hogy a kialakuló fertőző betegség-válság nem a patogének evolúciójával, hanem a lehetőség-tér alapvető változásaival függ össze: könnyebb lett a patogének, a rezervoár fajok és a potenciális gazdák szélesebb körének keveredése. A megváltozott tér három fő eleme a következő: (1) A globális klímaváltozás. Az

éghajlatváltozás katalizálja a fajok mozgását, új kapcsolódási pontokat teremt az emberek, a házasított fajok és a vadon élő állatok sora között. A behatolás az új élőhelyekbe, vagy az olyan viselkedésmódok, mint a vadon élő fajok fogyasztása felbontja a korábban a kórokozókat egy vagy néhány gazdaszervezetre szorító ökológiai elszigetelődést. (2) A globalizált kereskedelem és utazás. Akár kíváncsiságból, akár kereskedésből vagy konfliktusokból adódóan, de az ember és a kapcsolódó fajok soha nem látott mértékben és mennyiségben mozognak a világban, növelve a kórokozók találkozásának sokféleségét és gyakoriságát. (3) A növekvő urbanizáció. Ma az emberiség több mint 50%-a városokban él, s az arány évente nő. Akik városokban élnek, a technológia számos előnyét élvezik, és úgy érzik, elszigeteltek jónéhány éghajlattal kapcsolatos jelenségtől, így a kialakulóban lévő betegségek hatásaitól. Mégis, a városok – bármilyen gazdagnak és hatalmasnak tűnnek is – különösen kitétek lehetnek a betegségeknek. Ennek öt oka van: (1) a városok melegek – gyakran 3°C-kal melegebbek, mint a városkörnyéki területek. Ezáltal ideális keltetők számos kórokozó és vektoraik számára; (2) totálisan függenek a külső forrásokból érkező folyamatos anyagáramlástól, ideértve a vizet és az ételt, ami növeli a kórokozók bejutásának esélyét; (3) nagyszámú olyan szinurbiás (városban nagyobb mértékben előforduló - a ford.) fajt tartanak meg, amelyek az embereket és háziállataikat érintő betegségek vektorai (Földvári et al., 2011, 2014; Kurucz et al., 2018a, b). A városi zöldterületek az emberek közelében burjánzásra megfelelő élőhelyet biztosítanak a kórokozóknak, a rezervoár fajoknak és a vektoroknak. Ez azzal fenyeget, hogy ellensúlyozza a városi zöldfelületek előnyeit; (4) a városi emberek nagy sűrűségű koncentrációja, vagyis bármely betegség kitörésekor a városban élők számával arányosan nő az expozíció esélye. Ezenkívül a városiaknak gyakorlatilag nincsenek rokoni kapcsolataik egymással, így kevésbé valószínű, hogy tudják, kiben bízhatnak, és így kisebb az esélye, hogy együttműködnek egymással; (5) a városok extrém munkamegosztást és extrém interdependenciát valósítanak meg, ami azt jelenti, hogy betegség kitörése esetén kicsi a munkaerőredundancia a szolgáltatások folyamatosságának biztosítása érdekében; és (6) minden város lakói között van legalább egy alcsoport, amely alacsonyan képzett, rosszul táplált és rosszul fizetett, s olyan munkaköröket lát el, amelyek fizikai kimerültséget okoznak és stresszes, gyakran egészségtelen körülményeknek teszik ki a dolgozókat. Az ilyen emberek általában láthatatlanok városaik közegészségügyi és szociális hálózatai számára, és nem engedhetik meg maguknak, hogy otthon maradjanak, ha lebetegednek – ők a járvány városi Achilles-sarkai. Továbbá, ha egy betegség már útjára indult, nem marad meg kizárólag a szegények és láthatatlanok körében.

Paradox módon a Stockholm-paradigma nemcsak rémisztő képet mutat a kialakulóban lévő betegségek hatalmas kockázati teréről. Reményt is ad, hogy igazán proaktív módon tehetünk a terjedés és a megjelenés feltételeinek a visszaszorításáért. A betegségeket okozó organizmusok fennmaradását adott helyen lehetővé tevő speciális képességek betekintést adnak, hogy miként fognak viselkedni új körülmények között. Felkészülhetünk a betegségeket okozó organizmusok érkezésére és majdani viselkedésükre, s így enyhíthetjük a társadalomra gyakorolt hatásukat. Ehhez azonban „meg kell találnunk őket, mielőtt ők találnának meg minket”.

A DAMA-protokoll

A DAMA (Document-Assess-Monitor-Act, azaz Dokumentálás-Értékelés-Figyelés-Intézkedés) protokoll a Stockholm-paradigma szakpolitikai lefordítása. Megalapozza a potenciális és kialakult fertőző betegségek közvetlen kezeléséhez szükséges proaktív tevékenységeket (Brooks et al., 2014; Hoberg és Brooks, 2015; Brooks és mtsai., 2019). A DAMA ma már globális politikai szükségszerűség. Megelőző dimenziót rendel a fertőző betegségekkel való küzdelem hagyományos krízis-reagálási módjaihoz. A DAMA alkalmazása és továbbfejlesztése kibővítheti a kialakuló betegségek csak most kezdődő sorával való megbirkózásra szánt emberi és anyagi erőforrásokat, továbbá időt nyerhet nekünk új oltások, gyógyszerek és ellenőrzési intézkedések kifejlesztésére. Fókuszában a megjelenő betegségek előrejelzése áll, annak – még a problémává válás előtti – ismerete alapján, hogy milyen kórokozók vannak a környezetben. A DAMA ezután lépéseket tesz a kockázati tér csökkentésére és a megjelenés hatásainak enyhítésére. Sok ország elismeri az újonnan megjelenő betegség krízisének nagyságrendjét, de senki sem vezetett be proaktív, jelentős és hatékony intézkedésekkel fellépő nemzeti programot a társadalomra gyakorolt hatások csökkentésére. Míg a fenyegetések globálisak, felkészülni helyben kell. A DAMA a terep-biológusok által irányított állampolgár-tudósok helyi hozzájárulásától kezdve az archív adattárakon át a bioinformatika, a molekuláris biológia és a műholdas megfigyelés legfejlettebb technológiáig egyesíti a tennivalók sorát.

Alapvető jelentőségű az egyes országokban ténylegesen vagy potenciálisan jelen lévő betegségeket okozó organizmusok dokumentálása. Csak az tud megbirkózni a betegségeket okozó organizmusokkal, aki tudja, melyek azok, hol fordulnak elő, mely utakon keresztül keringenek, és vélhetően kiket fertőznek meg. Az emberekben, a növényekben és az állatállományban betegséget okozó legtöbb, ha nem az összes organizmus megtalálható legalább egy, nem beteg gazdaszervezetben. Gyakran ismertek vagy gyanúsak az ilyen rezervoár gazdaszervezetek. Ez lehetővé teszi számunkra, hogy az adott országban élő összes növény- és állatfaj kezelhető részhalmazára összpontosítsunk. Ugyancsak, leggyakrabban olyan élőhelyeken fordulnak elő ezek a rezervoár fajok, amelyek szomszédosak azokkal a helyekkel, ahol az emberek, a növények és az állatállomány élnek. A betegség átadása a kedvelt élőhelyeiken élő rezervoár fajok, valamint az emberek, a gazdaságilag fontos növények és állatok élőhelyei közötti határfelületen történik. Végül, a betegségeket okozó ágensek gazdaszervezetről gazdaszervezetre továbbításának módja kifejezetten jellemző az egyes betegségeket okozó organizmusokra (táplálékban, vízben, fertőzött gazdák vagy fertőzött gazdákkal érintkező felületekkel való érintkezés útján terjednek). Néhányukat más fajok, úgynevezett vektorok, például szúnyogok és kullancsok terjesztenek. Az ilyen nagyságrendű adatgyűjtéshez a legveszélyeztetettebb területeken élő emberek, különösen a helyi ismeretek széles tárházával rendelkező idősebbek és a fiatalok együttműködésére is szükség van, akiknek át kell adni ezeket az ismereteket. A részt vevő tudósoknak hajlandóknak kell lenniük arra, hogy jelentős időt és energiát fordítsanak beszélgetésre a helyiekkel, megszerezve bizalmukat és együttműködésüket. Hatékony cselekvéshez csak az archív adattárolás révén vezet a kutatás.

A dokumentálás során megismert kórokozók relatív jelentőségének értékelése döntő fontosságú. Nincs elég időnk minden találatot részletesen megvizsgálni, ezért eszköz kell ahhoz, hogy eldöntsük, mire fókuszálunk. Az egyes talált fajok evolúciós történetéről és filogenetikájáról tudottakat alkalmazva gyorsan feltehető a kérdés, hogy a faj vagy rokonai köztudottan okoznak-e betegségeket máshol. Ezt hívjuk filogenetikai triázsnak. Különös figyelmet fordítunk a betegséget okozó kategóriába tartozó fajokra. Az összes többi archíváljuk jövőbeni felhasználás céljából, ha új információk betegséghez kötnék őket (Dunnun et al. 2017).

A [következő lépés az] értékelés során fontosnak nyilvánított kórokozók figyelemmel kísérése hatásuk enyhítése, illetőleg felbukkanásuk esélyének csökkentése céljából. Így egy kiválasztott élőhely-interfészen belül megvizsgálhatjuk a rezervoár fajok és a számunkra érdekes fajok közös jellemzőit, hogy még jobban fókuszáljuk a keresést. Változást keresünk a földrajzi eloszlásban, a gazdakörben, az átviteli dinamikában, a földrajzi jelenlétben, a kockázatos kórokozók felbukkanásának korai jeleiben. A nagyszülő–unoka együttműködés létfontosságú ezen a téren. Az információk helyi szinttől a tudományos értékelési központokig történő gyors eljuttatására fejlesztettek számos mobiltalkalmazást, és még többet fognak. Miként a nagyszülők alapvető információkat halmoztak fel a helyi környezetről, az unokák otthon vannak az elektronikus kommunikáció hatékony használatában.

A különös érdeklődésre számot tartó kórokozók megfigyeléséből eredő intézkedéseknek hatékonynak kell lenniük. Szükség esetén a lehető leggyorsabban kell meghozni ezeket. A kockázatokról szóló információkat el kell juttatni a helyieknek, illetve az érintett kormányzati és nem kormányzati szervezetek képviselőinek is. A megszerzett bizonyítékok alapján minden felelős szervezetnek elkötelezetten kell fellépnie a gyors és hatékony intézkedés mellett. A tudósok által összegyűjtött információkat eddig túl ritkán fordították le konkrét cselekvésre. Több mint 15 évvel ezelőtt egy denevérbarlangban felfedeztek egy, a SARS-CoV-2-vel komoly genetikai hasonlóságot mutató koronavírusot a kínai Yunnan tartományban (Poon et al., 2005; Li et al., 2005; Cyranoski, 2017). Röviddel ezután azt is elemezték, hogy az ilyen vírusok miért okozhatnak emberi betegséget (Cheng et al., 2007). E várakozó kórokozót jobbra elfelejtették. A sokszínűség ezen elemét feltáró kutatásból nem lett létfontosságú információ. Soha nem kapcsolták össze a tudományt a politikával és a cselekvéssel összekötő metaforikus pontokat. Az előrejelzés és így a [kár]enyhítés esélyéből nem lett semmi.

Az újonnan megjelenő járvány-krízis tehát csak felszínes értelemben „egészségügyi” dolog. Jóval inkább az evolúciós, ökológiai és biológiai sokféleség kérdése. Kiszámítható következménye ez a korábban elszigetelt fajok közel kerülésének, köszönhetően a globális éghajlatváltozás és az emberi tevékenység által nyújtott új lehetőségeknek. Az emberi népességnövekedés és a kereskedelmi tevékenység felgyorsítja a faj-betelepülések, valamint az új gazdák számára megfelelő kapcsolódási felületek létrejöttének ütemét. Ezért a járványkitörések minden eddiginél gyakrabban és szélesebb földrajzi tartományban fordulnak elő. A nagy és lassú világ fordulópontját elhagytuk, s egy egyre kisebb és gyorsabb világba érkezünk. A tudomány gyorsan, de nem olyan gyorsan fejlődött, mint a humán populáció. Ez lassította az új tudományos adatok hatékony alkalmazását. Tovább súlyosbítja a problémát, hogy megjelent egy hatalmas és rendkívül kockázatkerülő menedzsmentosztály is, amely

meghatározza a kutatási irányokat és közbenjár a tudományos információk cseréjében, de gyakran tagadja a tudomány által elismert eredményeket.

Sürgősség és hosszú távú elkötelezettség

A bolygó állapotára és az erre gyakorolt hatásunkra tekintettel nemcsak lehetőség, hanem bizonyosság, hogy sorban érkeznek majd új és fennmaradó kórokozók. A proaktív válasz, amely visszafogja az újonnan megjelenő betegségek okozta válságok fenntarthatatlan költségeit, az egyetlen út a hatékony kárenyhítéshez. Itt az idő DAMA-programokat indítani, még ha a jelenlegi járvány rejtőzködik és titokzatos szünetet tart is, s a kórokozó-szennyezés újabb elemévé válik, amellyel az egészségügyi szolgáltatóknak a jövőben meg kell küzdeniük. Lehetőségünk és felelősségünk a megelőzés éthoszának erősítése, hogy határozottan eltávolodjunk a szokásos reaktív válságkezelési metódusunktól. Ne tévedjünk, technológiai háború dúl az emberiség túléléséért, és e háborúban vesztesre állunk. Mindig van remény, de a tétlenség minden egyes napja növeli a katasztrófális kimenetel esélyét.

Proaktívnak kell lennünk, nem pedig reaktívnak. A humán, a mezőgazdasági, az állat-egészségügyi és a vadonvilág egészségügyi közösségei azonban a mai napig reaktív üzemmódban vannak. Ez nagyrészt annak az ősi filozófiai előírásnak köszönhető, hogy az egészségügyi szolgáltatóknak „nem szabad kárt okozniuk”. A globális klímaváltozás idején ez az előírás felhatalmazássá válik, hogy ne tegyünk semmit a válság kitöréséig, amikor már késő költséghatékony politikákat elrendelni. A kihívás, hogy alkalmazkodni tudjunk a világhoz, amelyben a globális klímaváltozás tényleges és tartós jelenség, hosszú távú változtatási elkötelezettséget igényel az oktatás, az emberi képességek és az infrastruktúra terén. A cselekvés már nem lehet rövid távú beavatkozás, hanem állandó társadalmi beruházásokat igényel az oktatás, a tudományos kutatás és a klinikai gyakorlatok új formáiba.

Az erőfeszítések költségesek lesznek. Ám az árak még mindig csak töredéke a megjelenő betegségek által okozott emberi szenvedésnek és a gazdasági összeomlás drámai hatásainak. Ha nem lépünk, akkor folytatjuk a jelenlegi, gazdaságilag fenntarthatatlan gyakorlatot. Sajnos egyetlen ország sem tehet olyat, ami ne kerülne több pénzbe. Már túl vagyunk azon a ponton, amikor a rövid távú spórolás lehetséges. A DAMA-protokoll országos megvalósítása és a DAMA-tevékenységekben való nemzetközi részvétel nem lesz olcsó, különösen az archiválási kapacitások és a kapcsolódó informatikai szolgáltatások revitalizálása és gyarapítása terén (Schindel és Cook 2018, McLean et al. 2019). A DAMA-protokoll be nem vezetése azonban katasztrófális következményekkel jár majd. A kórokozó-felfedezés és az információk fejlesztések költségei elhanyagolhatóak a megjelenő betegség kezeléséhez kötődő gazdasági és társadalmi hatások utólagos költségeivel összevetve. Nem akadályozhatjuk meg, hogy a kórokozók megtaláljanak minket a klímaváltozás, a globalizáció és az urbanizáció összefüggő jelenségei által kínált lehetőségeknek köszönhetően. Felkészülhetünk azonban arra, hogy megérkeznek. Megvan a képességünk, hogy ne lepődjünk meg újra és újra a megjelenő kórokozóktól és azok társadalmi-gazdasági hatásaitól.

Irodalom

- Agosta S, Janz N, Brooks DR (2010): How generalists can be specialists: resolving the “parasite paradox” and implications for emerging disease, *Zoologia* 27:151–162.
- Araujo SBL, Braga MP, Brooks DR, Agosta S, Hoberg EP, von Hathental F, Boeger WA. (2015): *Understanding host-switching by ecological fitting*, PLoS ONE 10(10): e0139225. doi:10.1371/journal.pone.0139225.
- Braga MP, Razzolini E, Boeger WA (2014): *Drivers of parasite sharing among Neotropical freshwater fishes*, J. An. Ecol. 84:487–97.
- Brooks DR, Hoberg EP, Boeger WA (2019): *The Stockholm Paradigm: Climate Change and Emerging Disease*, Chicago, University of Chicago Press, 423 p.
- Brooks, DR, Hoberg EP, Gardner SL, Boeger W, Galbreath KE, Herczeg D, Mejía-Madrid HH, Racz E, Tsogtsaikhan Dursahinhan A (2014): Finding them before they find us: Informatics, parasites and environments in accelerating climate change, *Comparative Parasitology* 81:155–164.
- Calderon, A., Guzman, C., Salazar-Bravo, J., Figueiredo, L.T., Mattar, S. and Arrieta, G. (2016): Viral zoonoses that fly with bats: a review, *Manter: Journal of Parasite Biodiversity* 6:1–13.
- Cheng VCC, Lau SKP, Woo PCY, Yuen KY (2019): Severe Acute Respiratory Syndrome coronavirus as an agent of emerging and reemerging infection, *Clin. Microbiol. Rev.* 20: 660–694.
- Cyranoski D. (2017): SARS outbreak linked to Chinese bat cave, *Nature* 522:15–16.
- Dunnum JL, Yanagihara R, Johnson KM, Armien B, Batsaikhan N, Morgan L, Cook JA (2017): *Biospecimen repositories and integrated databases as critical infrastructure for pathogen discovery and pathobiology research*, PLoS Negl. Trop. Dis. 11: e0005133. doi: 10.1371/journal.pntd.0005133
- Fan Y, Zhao K, Shi Z L, Zhou P (2019): Bat Coronaviruses in China, *Viruses* 11: doi:10.3390/v11030210
- Földvári G, Jahfari S, Rigó K, Jablonszky M, Szekeres S, Majoros G, Tóth M, Molnár V, Colpan EC, Sprong H (2014): *Candidatus neoehrlichia mikurensis* and *Anaplasma phagocytophilum* in Urban Hedgehogs, *Emerging Infectious Diseases* 20: 496–97. doi:10.3201/eid2003.130708.
- Földvári, G, Rigó K, Jablonszky M, Biró N, Majoros G, Molnár V, Tóth M (2011): Ticks and the city: ectoparasites of the Northern White-Breasted Hedgehog (*Erinaceus roumanicus*) in an Urban Park, *Ticks and Tick-Borne Diseases* 2:231–34. doi:10.1016/j.ttbdis.2011.09.001.
- Hoberg EP, Brooks DR (2015): Evolution in action: climate change, biodiversity dynamics and emerging infectious disease, *Phil. Trans. Royal Soc. B* 370: 20130553.
- Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, Schiergens TS, Herrler G, Wu N-H, Nitsche A, Müller MA, Drosten C, Pöhlmann S (2020): SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and Is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor, *Cell* <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.052>

- Joffrin L, Dietrich M, Mavingui P, Lebarbenchon C (2018): Bat pathogens hit the road: but which one?, *PLoS Pathogens*. August 9, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007134>
- Kemenesi G, Dallos B, Görfő T, Boldogh S, Estók P, Kurucz K, Kutas A, Földes F, Oldal M, Németh V, Martella V, Bányai K, Jakab F (2014): Molecular survey of RNA viruses in Hungarian Bats: Discovering Novel Astroviruses, Coronaviruses, and Caliciviruses, *Vector-borne and zoonotic diseases* 14: 846–855.
- Kurucz K, Madai M, Bali D, Hederics D, Horváth G, Kemenesi G, Jakab F (2018a): Parallel Survey of Two Widespread Renal Syndrome-Causing Zoonoses: *Leptospira* spp. and Hantavirus in Urban Environment, Hungary, *Vector-borne and zoonotic diseases* 18: 200–205.
- Kurucz K, Hederics D, Bali D, Kemenesi G, Horváth G, Jakab F (2018b): Hepatitis E virus in common voles (*Microtus arvalis*) from an urban environment, Hungary: discovery of a Cricetidae-specific genotype of Orthohepevirus C, *Zoonoses and Public Health* 2018:1–5. <https://doi.org/10.1111/zph.12543>
- Li W, Shi Z, Yu M, Ren W, Smith C, Epstein JH, Wang H, Crameri G, Hu Z, Zhang H, Zhang J, McEachern J, Field H, Daszak P, Eaton BT, Zhang S, Wang LF (2005): Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses, *Science* 310: 676–679.
- McLean BS, Cook JA, Hoberg EP, Durden LA, Guralnick RP (2019): The next chapter of human-plague science, *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 116:14411–14412.
- Parrish CR, Kawaoka Y. (2005): The origins of new pandemic viruses: the acquisition of new host ranges by canine parvovirus and influenza A viruses, *Annu. Rev. Microbiol.* 59: 553–586
- Parrish CR, Holmes EC, Morens DM, Park E-C, Burke DS, Calisher CH, Laughlin CA, Saif LJ, Daszak P (2008): Cross-species virus transmission and the emergence of new epidemic diseases, *Microbiol. Molec. Biol. Rev.* Sept. 2008: 457–470.
- Poon LLM, Chu DKW, Chan KH, Wong OK, Ellis TM, Leung YHC, Lau SKP, Woo PCY, Suen KY, Yuen KY, Guan Y, Peiris JSM (2005): Identification of a Novel Coronavirus in Bats, *J. Virol.* 79:2001–2009.
- Schindel DE, Cook JA (2018): The next generation of natural history collections, *PLoS Biology* 16: e2006125
- Zhou P, Yang X-L, Wang X-G, Hu B, Zhang L, Zhang W, Si H-R, Zhu Y, Li B, Huang C-L, Chen H-D, Chen J, Luo Y, Guo H, Jiang R-D, Liu M-Q, Chen Y, Shen X-R, Wang X, Xia, Zheng X-S, Zhao K, Chen Q-J, Deng F, Liu L-L, Yan B, Zhan F-X, Wang Y-Y, Xiao G-F, Shi Z-L (2020): Discovery of a novel coronavirus associated with the recent pneumonia outbreak in humans and its potential bat origin, *BIORXIV* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.01.22.914952>