

TUOMAS AIVELO

VÉGTELEN PARAZITÁK

Fordította Bába Laura

TUOMAS AIVELO

VÉGTELEN PARAZITÁK



TYPOTEX

A könyv megjelenését támogatta a Finnish Literature Exchange.



A fordítás a következő kiadás alapján készült:

Loputtomat loiset, 2018

© Tuomas Aivelo, 2018, 2020

Fisrt published by Like Kustannus, Finland, in 2018

Published by agreement with the Kontext Agency

Hungarian translation © Bába Laura, 2021

Hungarian edition © Typotex, Budapest, 2021

Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

Lektorálta: Dr. Földvári Gábor, Ökológiai Kutatóközpont

ISBN 978 963 493 133 1

Kedves Olvasó!

Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!

Újabb kiadványainkról, akcióinkról a www.typotex.hu

és a facebook.com/typotexkiado oldalakon értesülhet.

Typotex Kiadó

Alapította Votisky Zsuzsa, 1989

A kiadó az 1795-ben alapított Magyar Könyvkiadók

és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja.

Felelős kiadó: Németh Kinga

Főszerkesztő: Horváth Balázs

Felelős szerkesztő: Széll Szilvia

Borító és tördelés: Jankovič Milán

Tipográfia: Somogyi Péter

Nyomta és kötötte: Generál Nyomda Kft., Szeged

Felelős vezető: Hunya Ágnes

TARTALOM

| | |
|--|----|
| <i>Bevezetés</i> | 9 |
| 1. MIÉRT VANNAK FERTŐZŐ BETEGSÉGEK? | 16 |
| Az élősködés | 19 |
| Ökoszisztéma az emberben | 21 |
| Kárból haszon | 26 |
| Jön a betegség – vagy nem | 32 |
| Testünk megvéd az élősködőktől | 36 |
| Végtelen fegyverkezési verseny | 40 |
| A betegséghez ketten kellene | 43 |
| 2. HONNAN SZÁRMAZNAK A FERTŐZŐ BETEGSÉGEK? | 46 |
| Hogyan kerül a parazita az emberbe? | 47 |
| Megbízható élősködőink | 52 |
| A földművelés mindent megváltoztat | 55 |
| A patkány hozza a betegséget | 59 |
| 3. MIÉRT VAN AZ EMBERNEK ILYEN SOK FERTŐZŐ BETEGSÉGE? | 66 |
| Hosszú élet, nagy méret | 67 |

| | |
|---|----|
| Zsong a város | 71 |
| A városok veszélyesek | 77 |
| Ugrálnak a betegségeink | 79 |
| Az ember saját bánatalmai | 86 |
| Az emberi viselkedés és a paraziták sokfélesége | 91 |

4. MIÉRT VAN AZ, HOGY EGYES BETEGSÉGEK VESZÉLYESEBBEK MÁSOKNÁL?

96

| | |
|------------------------------------|-----|
| Az új betegségek halálosak | 99 |
| Ne harapd meg a kezét, amely etet | 103 |
| Az élősködő távozási terve | 106 |
| Egy is elég | 112 |
| A parazita működése racionális | 113 |
| A paraziták formálják hordozójukat | 115 |
| A napos helyért folytatott verseny | 118 |

5. HOGYAN SZABADULHATUNK MEG A FERTŐZŐ BETEGSÉGEKTŐL?

123

| | |
|----------------------------|-----|
| Az életszínvonal | 125 |
| Az életmentő vakcinák | 130 |
| Nyájimmunitás | 133 |
| A szuperterjesztők | 135 |
| A példaértékű fekete himlő | 140 |
| A következő zsákmány | 144 |

6. MIÉRT VAN AZ, HOGY EGYES FERTŐZŐ BETEGSÉGEKTŐL SOHASEM SZABADULHATUNK?

149

| | |
|---|-----|
| Az élősködő az állatra vagy a talajra támaszkodik | 150 |
| Egyre újabb és újabb betegségek alakulnak ki | 156 |

| | |
|---|-----|
| Az influenza őszi és tavaszi kollekcója | 158 |
| Alkalmazkodunk a mérgekhez | 164 |
| Az antibiotikumrezisztencia veszélye | 166 |
| A tbc alattomos gyilkos | 170 |

| | |
|--|-----|
| 7. MIÉRT ALAKULNAK KI EGYRE GYAKRABBAN ÚJ FERTŐZŐ BETEGSÉGEK? | 175 |
| Feldarabolódnak az élőhelyek, terjednek az élősködők | 176 |
| A potyautas élősködők | 184 |
| Állati fuvar | 187 |
| Az éghajlatváltozás hatásai | 191 |

| | |
|--|-----|
| 8. HOGYAN BEFOLYÁSOLJA A KÖRNYEZET A BETEGSÉGEK TERJEDÉSÉT? | 195 |
| A pestist az éghajlat mozgatja | 196 |
| A pusztító burgonyavész | 199 |
| Az ipari földművelés keresi a bajt | 200 |
| Az istállótól a kórházig | 205 |

| | |
|---|-----|
| 9. A KORONAVÍRUS-PANDÉMIA FELFORGATJA A VILÁGOT | 209 |
| A koronavírus pandémiát okozott | 210 |
| A vírus terjedésének korlátozása | 213 |
| A vírus veszélyességének megváltozása | 217 |
| A hátrányos helyzetűek járványa | 220 |
| A pandémiát nehéz megállítani | 223 |
| Úton a fertőző betegségek fenntartható fejlődése felé | 226 |

| | |
|---|-----|
| 10. LÉTEZHET AZ EMBER FERTŐZŐ BETEGSÉGEK NÉLKÜL? | 232 |
| Túl nagy a tisztaság | 232 |
| Üdvözlötököt küldik a Neander-völgyiek | 236 |
| A mikrobiom az új fekete | 238 |
| A kísérő fajok összetételének megváltoztatása | 241 |
| A bélrendszer összeszedi magát | 245 |
| Nincs olyan, hogy normál kísérőfaj-közösség | 249 |
| <i>Köszönetnyilvánítás</i> | 255 |
| <i>További információk és kiegészítések az egyes fejezetekhez</i> | 257 |
| <i>Név- és tárgymutató</i> | 293 |

BEVEZETÉS

A fertőző betegségek és az élősködők az evolúciobiológia szemszögéből

A madagaszkári kutatóterületemig vezető utazás egyszerre kelt bennem lelkesedést és szorongást. Az Antananarivo és Ranomafana közötti út jó állapotban van, így csak tíz órába telik célba érnem. Lelkesen várom, hogy megint eljussak az esőerdőbe anyagot gyűjteni a disszertációmhoz. Közben ugyanakkor az autó ablakán át elnézem a tájat. Ritkás lágyszárú növényzet borítja a vörös talajt. Számos domboldalon az erózió hatását és földcsuszamlások nyomait látni. A táj pusztaságnak hat – és valóban, leginkább éppen az.

A 19. században a franciák Grande Île Rouge-nak, nagy vörös szigetnek nevezték Madagaszkárt. A név a sziget közelmúltjának tragikus memóriája. 1500 évvel ezelőtt még nyoma sem volt az embernek ezen a helyen, szinte a teljes tájat erdő borította – az alacsonyabban fekvő területeket égből nyúló esőerdők, a magasabbakat felhőkbe burkolózó hegyi esőerdők, délen csenevész sivatagok, keleten a kisebb, száraz majomkenyérfa-erdők. Ezeket az erdőket a valaha élt legkülönösebb állatsereglet népesítette be: háromméteres elefántmadár, gorilla méretű, lajhárszerű maki, mindössze 70 centiméteres törpe víziló és óriási fossza, mely leginkább egy gigantikus mongúzra hasonlított. A szájhagyomány őrizte régi történetek szerint az elefántmadár hatalmas tojásából készített rántotta egy kétszáz lelkes falut is jóllakatott. A faj ötszáz éve halt ki, valószínűleg a túl sok rántotta miatt: a nagy, suta madár nem tudta megvédeni magát az embertől.

Madagaszkár a mai napig híres sokszínű élővilágáról. A makifélék a főemlősök rendjének különleges, csak ezen a szigeten élő családját alkotják. Az ismert kaméleonfajok nagy részének Madagaszkár az otthona. A szigeten számos ismerős kinézetű faj is él, de ezek gyakran helyi változatok. Rászoktam, hogy minden otthonira hasonlító madárfajt, mellyel találkozom, a „madagaszkári” előtaggal nevezek meg. Meglepően sokszor célba talált a név, így például a madagaszkári billegető és a madagaszkári bokorpacsirta esetében is.

Madagaszkár történetének nagy részét törzsi háborúk teszik ki. A 19. században az egész szigetet egyesítették, igaz, az így létrejött Madagaszkári Királyság rövid életűnek és labilisnak bizonyult. Az államnak fára volt szüksége az építkezésekhez, és rizsre ennivalóul, így az erdőknek menniük kellett. Néhány évtized leforgása alatt hatalmas területeket taroltak le.

A 19. század végén, a korabeli szokásoknak megfelelően, a britek meghódították a szigetet. Később egy csereüzlettel a franciáknak engedték át a kormányzást Zanzibár, a fűszerkereskedelem központja fejében. Az erdőpusztításnak a francia gyarmati időszak sem vetett véget, hát még az 1960-as években beköszöntött függetlenség korszaka. Mára Madagaszkár eredeti erdőterületeinek mindössze 13 százaléka maradt fenn – szerencsére ennek nagy része legalább papíron védett területnek számít.

Az utolsó nagy erdős területek egyikére, a Ranomafana Nemzeti Parkba tartok. Azért ez a célpontom, mert van ott egy kutatóállomás, és az ahhoz közeli kis erdőben él egy aprócska főemlős, az egérmaki.

A biológusok általános igazságokat szeretnének kideríteni a világ és az állatok működéséről. Egy-egy nagy kérdésből indulunk ki, és azt olyan apró darabokra szedjük szét, hogy egyesével fényt deríthessünk azok működésére. Minél kisebb darabkával foglalkozunk egyszerre, annál könnyebb válaszra lelni, de közben annál nehezebb lesz az összképet felvázolni.

Ha megkérdezzük egy biológust, hogy mit kutat, általában nehezen megfogható és fennkölt választ kapunk: „Azt akarom kideríteni, miért veszélyesebbek egyes élősködők másoknál.” Ha folytatjuk a kérdezősködést, például hogy mivel telik egy biológus munkanapja, a felelet nagyon is hétköznapi lesz: „Hónapokat töltök el egérmaki-ürülék gyűjtögetésével az esőerdőben.”

A biológusok örök bosszúságára és örömére az élet sokféle. Milliónál is több különböző élőlényfaj létezik a világon, melyeknek eltér az életmódjuk, az élőhelyük és az életük lefolyása. Különbözik a felépítésük, és máshogy szaporodnak. Egyetlen kutató persze nem foglalkozhat az összessel, hanem választania kell egy vagy több fajt, amelyre összpontosít. Ebben fontos szerepet tölt be a kutatási kérdés: melyik faj illik a legjobban a saját kutatási kérdésem vizsgálatához? Mi az a hétköznapi feladat, melyet éveken át nap mint nap el kell végezniem, hogy a nagy kérdésem legalább egy aprócska kis összetevőjére megfoghassam a választ?

Amikor belekezdtem a disszertációmba, úgy döntöttem, hogy azt akarom vizsgálni, hogyan változik a bélérgék közössége egyetlen vadon élő gazdaállat élete során. Kutatási témám a legkevésbé sem könnyű. Először is, kell hozzá egy olyan faj, melynek elegendően nagy számú ismert egyedét több éven át meg tudom figyelni. Kutatási projektem kis volumenű, így olyan fajra van szükségem, amellyel kapcsolatban egyedül is el tudom végezni az anyaggyűjtést. Emellett a faj egyedeinek meg kell maradniuk ugyanazon a területen, hogy egyetlen környéket gyalogosan bejárva össze tudjam gyűjteni az agyagot.

A világ legkisebb főemlőse, az egérmaki akár a teljes tízéves életét is ugyanazon az élőhelyen éli le. Apró mérete miatt kis területen sok egyed található. Imádja a banánt, így könnyű csapdába csalni. Ráadásul az egyik legcukibb állat a világon. Tökéletes faj a kutatáshoz. Így aztán bámulom a vigasztalan madagaszkári tájat, és közben az egérmakijaimra gondolok. Vajon él még Napoleon? Megvan még Juliet fészke a sátram melletti cikászon? Ugye nem sodorta veszélybe Rajaont a heves természete?

A biológus nem igazán törődik az egyes fajokkal, mivel a természettudomány általános szinten igyekszik fényt deríteni a dolgokra. De ez nem jelenti azt, hogy egy biológus ne kötődhetne nagyon is mélyen kutatása célpontjaihoz. A biológusok általában adott fajokra specializálódnak, ezeket igyekeznek a lehető legjobban megismerni, egyúttal azonban azt is remélik, hogy az általuk választott faj az összes többi működéséről is elárul valamit.

Ez a kötet a finn *Tiede* (Tudomány) lap internetes oldalán vezetett blogból született. Noha a blog címe, *Kaiken takana on loinen* (Minden mögött a paraziták állnak) kissé fennhéjázónak hathat, a lehető legkomolyabban hiszek benne. A paraziták jelentette evolúciós erő nem játék. Ez a kötet egy kicsivel még tovább tágitja a képet: az élősködők az emberiség történetében is jelentős szerepet játszottak. Kapcsolatunk kétirányú: kulturális fejlődésünk megváltoztatja a betegségeinket, de gyakran a paraziták is befolyásolják életkörülményeinket.

Az élősködőkről és fertőző betegségekről való blogírás sok tanulsággal szolgált. Megtanultam, hogy azok a témák érik el a legmagasabb olvasottságot, melyekről nem hiszem, hogy túl sokakat érdekelnének. Az embereket leginkább két dolog foglalkoztatja a parazitákkal kapcsolatban: az egyik, hogy ők az élősködők világának legkülönösebb tagjai, valamint hogy hogyan okoznak emberi betegségeket. Ebben a kötetben elsősorban az utóbbit vizsgálom, mert úgy vélem, ez ragyogó keretet ad az élősködők evolúciójáról és ökológiájáról szóló történetnek.

Könyvemben egyaránt szólok parazitákról és fertőző betegségek kórokozóiról, a patogénekről. Mérettől függetlenül minden patogént parazitának tekintek. Ezzel szemben nem feltétlenül okoz minden parazita – így például a szúnyogok, a bolhák és a többi ekto-, azaz a test felszínén élő parazita – fertőző betegséget. Igaz, az ektoparaziták terjeszthetnek fertőző betegségeket, azaz funkcionálhatnak vektorként.

Ez a kötet elsősorban az embert és az emberi betegségek történetét helyezi fókuszba. De nem orvosi, hanem evolúcióbiológiai és ökológiai szempontból. Jár némi előnnyel, ha a vizsgálat az emberre irányul. Először is, az emberi kultúra az idők során szembeszökő változásokon ment át. Viselkedésünkkel olyan jelentős mértékben megváltoztattuk az élőhelyünket, hogy egyúttal a betegségterhünket is radikálisan befolyásoltuk. Az emberi történelem vizsgálata így számos betegségökológiai és -evolúciós fogalom kibontására módot ad. A változás kezdetben kis léptékű volt, és a közvetlen környezetet érintette. Az utóbbi két-száz évben azonban az ember a bolygó szerkezetét is alakítani kezdte: a légkör szén-dioxid-tartalma meredeken nő, és az emberi tevékenység nagyobb mértékben mozgatja a földtömegeket, mint a geológiai jelen-

ségek. Másrészt az ember az egyik legtöbbet vizsgált élőlény. Az emberi betegségek különféle szempontú vizsgálatába fektetett sok milliárd euró rengeteg információt eredményezett, és a jelen kötet ez utóbbiak szilárd alapjára támaszkodik.

Mindenekelőtt kutató vagyok, így szakértelmem nem pusztán publikációk és könyvek százainak elolvasásából fakad. Tudományos szakértelemre elsősorban a gyakorlati tevékenység révén lehet szert tenni. Csak kísérletek elvégzésével és új információk felfedezésével lehet a megértés következő szintjére lépni. Így aztán ebben a kötetben sok időt töltünk Madagaszkáron, a Ranomafana Nemzeti Parkban is, ahol egérmakikutatóként én magam az alapvető tudományos iskolázottságomat szereztem.

Az általam vizsgált egérmakik persze nem emberek, de 50 millió évre visszamenve közös őssel számolhatunk. A feltételezések szerint ez az előfőmlős az egérmakihoz hasonló állat volt, de az évmilliók során mi és az egérmakik eltérő környezetben eltérő irányba fejlődtünk, és egymástól nagyon is különböző fajokká váltunk. Noha csak távoli unokatestvérek vagyunk, sok bennünk a közös, és az egérmakik rólunk is elárulhatnak valamit.

Az evolúcióval és a fajok közötti kölcsönhatással kapcsolatos alapvető tudnivalókkal kezdem. Az utána következő fejezetekben szereplő számos példa ezen központi ökológiai és evolúciós törvényszerűségek különféle variációja lesz. Az emberi betegségek alakulását pontosan ugyanazok a szabályok vezérlik, mint amik például az egérmakik bélflóra-összetételének háttérében is hatnak, és az embernek ugyan vannak bizonyos fajspecifikus sajátosságai és szokásai – például a gyógyszerkészítés és -használat –, de a makik számára sem idegen, hogy gyógyászati céllal növényeket alkalmazzanak.

A harmadik fejezettől kezdődően a betegségökológia és a betegségek evolúcióbiológiájának központi kérdéseit veszem sorra, logikus kontextusba helyezve az emberi történelemmel. Ahogy végignézzük, hogyan keletkeztek egyre újabb betegségek és merültek feledésbe régiek, meglátjuk, miként függ össze kulturális fejlődésünk a betegségeink választékával. A változás korántsem kicsi; a szavannák vadászó-gyűjtögető

emberétől az észak-európai szellemi munkásig vezető út számos átalakulással járt. És a hatás nem egyirányú: nemcsak életmódunk formálta elősködőinket, hanem elősködőink is változást okoztak társadalmunkban.

Ahogy az evolúciobiológiához illik, észre fogjuk venni, hogy a fejlődés még nem zárult le. Egészséges nyugati emberként ritkán kerülünk kapcsolatba például a bélben élő parazitákkal, és fertőző betegségeink is látványosan eltérnek a fejlődő országokban lakókéttől. Ugyanakkor továbbra is versenyt futunk a betegségekkel, és csak akkor tudunk felülkerekedni rajtuk, ha tisztában vagyunk a verseny szabályaival. Érdeemes észben tartani, hogy egy jóléti társadalomban hatalmas emberi erőforrást igényel a betegségek kordában tartása. Orvosok, ápolók, a járványügyi hatóság munkatársai és a kutatók folyamatosan figyelik az új betegségek megjelenését, és tervekkel készülnek arra az esetre, ha bekövetkezne a lehető legrosszabb.

Minél többet tudunk a fertőző betegségekről, annál jobban értjük, miként tesz ki bennünket jelenlegi életmódunk a betegségek állandó fenyegetésének. A fenntartható fejlődés fogalma a fertőző betegségekkel kapcsolatban is releváns. Először is, a betegségekkel összefüggő számos új probléma – például az állatról emberre terjedő betegségek, azaz a zoonózisok, mint az ebola vagy a rovarok által terjesztett olyan kórokozók, mint a Zika-vírus – a környezet változásai miatt feltehetően egyre gyakoribbá válik majd. Az erdőpusztulás növeli az ebolát okozó vírus esélyét, hogy átugorjon az emberre. Másodsor, a betegségek képesek immunissá válni a gyógyszerekre. Ez ellen semmit sem tehetünk, mert így működik az evolúció. Ezért észszerűen kell alkalmazni az orvosságokat, hogy a lehető legtovább hasznukat tudjuk venni. Harmadszor pedig az anyagi jóléttől az egy főre jutó lakótérig számos, az életminőségünket javító intézkedés véd minket a fertőző betegségektől. Az egészséges ember gátat vet a betegségek terjedésének, a bennünket körülvevő egészséges természet pedig elejét veszi a fajunkat veszélyeztető új betegségek kialakulásának.

Könyvem vezérgondolata az, hogy ha ismerjük a fertőző betegségek és az elősködők evolúciós mechanizmusait, végig az élen tudunk

maradni a versenyfutásban. A fertőző betegségek evolúciójához kis lépésekkel férközhetünk egyre közelebb: részben az emberi történelem tanulmányozásával, részben háziállataink, házi kedvenceink és más alkalmas biológiai rendszerek, mint például az egérmakik életének vizsgálatával.

A kötet végén megtalálható a felhasznált irodalom és a további ajánlott olvasmányok listája, továbbá egyéb olyan érdekességek, amelyek nem illeszkedtek szervesen a szövegbe.

1

MIÉRT VANNAK FERTŐZŐ BETEGSÉGEK?

A hosszú életű fajok, mint például az ember, életük során számtalan különféle parazitával találkoznak. Sokaknak közülük sikerül is átjutniuk a védekezési mechanizmusainkon, és megfertőznek bennünket. Egyetlen ember tucattal képes eltartani a parazita férgeket, százasaival az ektoparazitákat és millió- vagy milliárdszámra a baktériumokat és a vírusokat. Az élősködés tehát az élet története szempontjából egyértelműen győztes stratégia. A paraziták jelentőségét a világ számára nem lehet eltúlozni: az ismert élőlények nagy része élősködő, és a világ összes fájának vannak parazitái. Ez azt jelenti, hogy az élősködők minden faj számára okoznak károkat, és az összes fajnak alkalmazkodnia kell valahogyan a paraziták létezéséhez.

Jobban belegondolva, ezek megdöbbentő állítások. Az, hogy minden fajnak vannak parazitái, azt jelenti, hogy a parazitáknak is vannak parazitái? Igen, éppen ezt jelenti. Az élősködők élősködőit tudományos terminussal hiperparazitáknak nevezzük. Jonathan Swift már a 18. században megverselte ezt *On poetry: A Rhapsody* című költeményében:

*So nat'ralists observe, a flea
Hath smaller fleas that on him prey;
And these have smaller fleas to bite 'em.
And so proceeds ad infinitum.*

Azaz:

*Tudósok mondják, hogy a Bolhát
Még Kisebb Bolhák kaszabolják,
Melyeket Még Kisebb sebez,
S ad infinitum így megy ez.¹*

A parazitaláncok hosszúak is lehetnek. A növényevő réti tarkalepke normális fejlődési ciklusa úgy alakul, hogy a kifejlett állat nyáron petéket rak, az ebből kikelő hernyók lándzsás útifűvel vagy macskafarkú veronikával táplálkoznak, közös fészekben telelnek át, tavasszal pedig folytatják a rágást. Ezt követően bebábozódnak, majd a bábból kikelnek a kifejlett lepkék, melyek párosodnak, és a táplálékul szolgáló növények levelének fonákjára rakják petéiket, amelyekből újabb hernyók kelnek ki. Néha azonban előfordul, hogy a *Hyposoter horticola* élősködő darázs, melynek bevett fordítás hiányában a tudományos nevét használjuk, a lepke petéinek belsejébe rakja le petéit. Az élősködő darázsok gazdaállatuk testének belsejében élnek, ott növekednek és mennek keresztül a teljes átalakuláson, mígnem aztán kifurakodnak a gazdájukból, ezzel legtöbbször egyúttal el is pusztítva azt. A *Hyposoter* csak a lepke petestádiumának végén rakhatja le petéit, amikor a jövődöbeli hernyó már eléggé kifejlődött. Ha az élősködő darázs gazdájául választja a lepke petéjét, a lepkhernyó normálisan kikel, áttelel, majd tavasszal lelkesen falatozik, mit sem sejtve, hogy sosem fogja megérni a kifejlett kort, hanem az általa elfogyasztott tápanyag az élősködő darázs felnötté válását fogja szolgálni.

A *Hyposoter horticola* azonban maga sincs biztonságban, mert előfordulhat, hogy a nála kisebb *Mesochorus stigmaticus* az ő lárájának belsejébe rakja petéit. A kifejlett *Mesochorus* végigszagolgatja a réti tarkalepke hernyóit, és ha észreveszi valamelyikben a *Hyposoter* petéit, ő is belelerakja a sajátjait. A *Hyposoter* lárája kikelve lelkesen falatozik a réti

1 Jonathan Swift: *A költészetéről: Rapszódia*. In Orbán Ottó: *Hatvan év alatt a Föld körül. Összegyűjtött versfordítások I.* Budapest, Magvető, 1998, 397.

tarkalepke belső szerveiből, mit sem sejtve, hogy sosem fogja megérni a kifejlett kort, mert a benne lévő lárva a belső szerveiből falatozik. És itt nem feltétlenül szakad vége a láncolatnak. A *Mesochorus* mégiscsak egy több milliméter hosszúságú rovar, így hát bizonyára bőven akadnak egysejtű parazitái. A bolha sorsa is az, hogy nála kisebb bolhát kap a nyakába.

Ráadásul ezek a láncok sokszor inkább hálózatok. A réti tarkalepke belsejében egy *Cotesia* parazitoid darázs is jelen lehet, melyet szintén megfertőzhet a *Mesochorus*. Előfordulhat, hogy különféle parazitoid fajok és egyedek azon versenyeznek egymással a lepkelárva belsejében, hogy végül melyikük érheti meg a kifejlett kort.

Végtelen láncolatok nincsenek, mégis, minden élőlénynek vannak élősködői. Ennek oka, hogy a legkisebb élősködők, a vírusok, valójában nem élnek, így tehát nem is élőlények. Anélkül, hogy állást foglalnának abban a kérdésben, hogy a vírusok az élet egy formáját jelentik-e, annyit mindenesetre kijelenthetünk, hogy teljes mértékben a gazdasejtjüktől függenek, mivel egyáltalán nincs saját anyagcseréjük. Azt sem tudni róluk, vajon az életformák ugyanazon családfájához tartoznak-e, mint az összes többi ismert élőlény, például Ön, én, az egérmakik vagy a baktériumok. Ezzel együtt az összes élőlényt és még a vírusokat is sanyargatják más fajok, melyek gazdafajuk kizsákmányolására törekednek.

Az élősködők végtelen láncolata lehetőséget kínál az orvostudomány számára a paraziták elleni harcra. Az utóbbi időben valóban igyekeznek is újfajta, hatékonyabb szereket kifejleszteni a bakteriális eredetű emberi betegségekkel szemben: vírusokat. Ha meg akarunk szabadulni az emberi szervezetben tomboló baktériumoktól, a legjobb, ha a saját élősködőiket uszítjuk rájuk. Az ökológiában az ellenségem ellensége valóban a szövetségese. Az élő vírusok használatának van egy hallatlan előnye: általában csak adott baktériumfajokat támadnak meg. Ezért a vírusok sokkal precízebb ellenszert jelentenének, mint az általában széles spektrumú antibiotikumok.