

„Okouzující, chytrá kniha. Yong barvitě popisuje spleť spojenectví,
která si mikrobi nenápadně vytvořili s každým organismem na planetě.“

— ČASOPIS SCIENCE

OBSAHUJI DAVY

O MIKROBECH V NÁS, KOLEM NÁS
a o JEJICH FASCINUJÍCÍM VLIVU *na* NÁŠ ŽIVOT

ED YONG

Jan  Melvil
publishing

OBSAHUJI DAVY

VOLNĚ ŠÍŘITELNÁ UKÁZKA Z KNIHY OBSAHUJI DAVY

OBSAHUJI DAVY

O mikrobech v nás, kolem nás
a o jejich fascinujícím vlivu na náš život

ED YONG

OBSAHUJI DAVY

O mikrobech v nás, kolem nás a o jejich fascinujícím vlivu na náš život

Ed Yong

Copyright © Ed Yong 2016

All rights reserved, including the right to reproduce this book or portions thereof in any form whatsoever.

Podle anglického originálu *I Contain Multitudes: The Microbes Within Us and a Grander View of Life* vydalo v edici *Pod povrchem* nakladatelství Jan Melvil Publishing v Brně roku 2017. Žádná část této knihy nesmí být nijak použita či reprodukována bez písemného svolení, s výjimkou případů krátkých citací jako součásti kritických článků a recenzí.

Překlad Filip Drlík

Odpovědná redaktorka Vladimíra Válková

Redakční spolupráce Vít Šebor, Tomáš Baránek, Michaela Němcová

Grafická úprava David Dvořák

Sazba Petr Klíma

Obálka Sara Woodová, Pavel Junk

Jazyková korektura Vilém Kmuníček

Tisk a vazba PBTisk, a. s., Příbram

Vydání první

Jan Melvil Publishing, 2017

melvil.cz

mitvsehotovo.cz

Chyby a připomínky: melvil.cz/erratum

Pochvaly a recenze: melvil.cz/kniha-obsahuji-davy

nebo libisemi@melvil.cz

Diskutujte o knize s hashtagem [#obsahujidavy](https://twitter.com/obsahujidavy)

Knihy vyšla také elektronicky.

ISBN 978-80-7555-027-9

Mamince

VOLNĚ ŠÍRITELNÁ UKÁZKA Z KNIHY OBSAHUJI DAVY

OBSAH

OBSAH	7
PROLOG: VÝLET DO ZOO	9
1 OSTROVY ŽIVOTA	15
2 LIDÉ, KTERÉ NAPADLO PODÍVAT SE	36
3 BODYBUILDEŘI	58
4 PLATNÉ SMLUVNÍ PODMÍNKY	88
5 V NEMOCI I VE ZDRAVÍ	116
6 TANEČNÍ PÁRY	159
7 VZÁJEMNĚ ZARUČENÝ ÚSPĚCH	190
8 ALLEGRO E DUR	216
9 MIKROBI À LA CARTE	237
10 SVĚT ZÍTRKA	279
PODĚKOVÁNÍ	295
SEZNAM ILUSTRACÍ	299
POZNÁMKY	301
BIBLIOGRAFIE	341
REJSTŘÍK	395

VOLNĚ ŠÍŘITELNÁ UKÁZKA Z KNIHY OBSAHUJI DAVY

PROLOG: VÝLET DO ZOO

Baba nehne ani brvou. Nic si nedělá z davu nadšených dětí shluknutých kolem něj. Nijak ho netrápí žár kalifornského léta. Nevšímá si vatových tamponů, které mu přejíždějí po tváři, těle a tlapkách. Jeho nonšalantnost je na místě, protože má bezpečný a pohodlný život. Žije v zoologické zahradě v San Diegu, nosí neproniknutelnou zbroj a právě teď je omotaný kolem pasu ošetřovatele. Baba je luskoun bělobřichý – neskutečně roztomilý živočich, který vypadá jako kříženec mravenečníka a borové šišky. Velikostí odpovídá menší kočce. Má posmutnělé oči a srst po stranách jeho tváře připomíná rozčuchané kotlety. Jeho růžový obličej se táhne a zužuje do bezzubého čumáku přizpůsobeného k nasávání mravenců a termitů. Silné přední nohy má zakončené dlouhými zahnutými drápy uzpůsobenými k zachycování se na kmenech stromů a rozbíjení hmyzích hnízd. Má také dlouhý ocas, kterým se věší na větve (nebo na přátelské ošetřovatele).

Jeho nejvýraznějším rysem jsou však bez jakýchkoli pochyb šupiny. Pokrývají luskounovu hlavu, tělo, končetiny i ocas. Tyto světle oranžové, vzájemně se překrývající šupiny vytvářejí extrémně tvrdý ochranný krunýř. Jsou ze stejného materiálu jako vaše nehty – z keratinu. Dokonce i na pohled a omak působí jako nehty (větší, nalakované a škaředě okousané). Každá ze šupin

je pružně, ale napevno připojená k jeho tělu, a když ho hladím po zádech, prohýbají se a zase se zvedají. Kdybych ho pohladil proti šupinám, pravděpodobně bych se pořezal – mnoho z nich má ostré hrany. Nechráněná je pouze Babova tvář, břicho a tlapy. Kdyby je chtěl chránit, stočil by se do klubička. Díky této schopnosti si také získal své anglické označení – *pangolin* pochází z malajského slova *pengguling*, „něco, co se stáčí do klubička“.

Baba je jedním ze „zvířecích vyslanců“ zoo – neobyčejně krotkých a dobře vycvičených jedinců, kteří se účastní veřejných akcí. Ošetřovatelé ho často berou do domovů pro seniory a dětských nemocnic, aby rozjasnili dny nemocných lidí a naučili je něco o neobvyklých zvířatech. Dnes má však volno. Jen si tak visí kolem ošetřovatelova pasu jako ta nejpodivnější šerpa na světě a Rob Knight mu mezitím jemně přejíždí vatovým tamponem po obličejí. „Tohle je jeden z druhů, který mě uchvátil už v dětství – už jen proto, že něco takového existuje,“ říká Rob.

Knight, vytáhlý Novozélandčan s vojenským sestřihem, je průzkumníkem mikroskopického života, znalcem neviditelného. Studuje bakterie a další mikroskopické organismy – mikroby – a nejvíce ho fascinují ti, již žijí uvnitř živočichů a na povrchu jejich těl. Chce-li je studovat, musí je nejprve chytit. Lovci motýlů používají sítky a sklenice; Knightovým nástrojem je vatový tampon. Na pár vteřin k Babově nosu přiloží vatovou kuličku, dost dlouho na to, aby se do jejího konce vsádkly luskounovy bakterie. Do bílé vaty se teď zamotaly tisíce a možná i miliony mikroskopických buněk. Knight postupuje velice opatrně, aby luskouna nerozrušil. Baba se však rozhodně nijak neznepokojuje. Mám pocit, že kdyby vedle něj vybuchla bomba, jen by se nepatrně ošil.

Baba není pouze luskoun. Kromě toho je i přetékačící masou mikrobů. Někteří z nich žijí v něm, většina ve střevech. Jiní žijí na povrchu – na jeho obličejí, bříše, tlapkách, drápech a šupinách. Knight postupně odebere vzorky ze všech zmíněných míst. Ze svého těla už vzorky pořídil nejednou, protože i on je hostitelem vlastní komunity mikrobů. Já také. I každý živočich

v zoologické zahradě. A také každé stvoření na planetě, s výjimkou několika laboratorních zvířat, která vědci záměrně vyšlechtili ve sterilním prostředí.

Všichni máme vlastní bujný mikroskopický zvěřinec, který se souhrnně označuje slovem *mikrobiota* nebo *mikrobiom*.¹ Žijí na naší pokožce, uvnitř našeho těla a občas i přímo v našich buňkách. Převážnou většinu z nich tvoří bakterie, ale jsou tu i další drobné organismy včetně plísň (například kvasinek) a archea, záhadná skupina, se kterou se seznámíme později. Je mezi nimi i závratné množství virů – *virom*, který infikuje všechny ostatní mikroby a příležitostně i buňky hostitele. Žádné z těchto miniaturních smítek nemůžeme vidět. Kdyby však zničehonic zmizely všechny naše vlastní buňky, na místě zmizelého torza by se pravděpodobně vznášel přízračný mikrobiální opar.²

V některých případech by se chybějící buňky téměř nedaly zaregistrovat. Mořské houby patří k nejjednodušším živočichům, mají statická těla o maximální šířce několika buněk a kromě toho také hostí bujný mikrobiom.³ Občas se stává, že se podíváte na houbu pod mikroskopem a přes vrstvu mikrobů téměř nenajdete samotného živočicha. Ještě jednodušší organismy, vložkovci, nejsou víc než rozteklé placky z buněk; vypadají jako améby, ale jsou to živočichové stejně jako my a také mají své mikrobiální partnery. Mravenci žijí v milionových koloniích, ale jeden každý z nich je zároveň sám o sobě kolonií. Polární medvěd žijící na Arktidě, kde mu ve všech směrech dělá společnost pouze led, je také zcela obklíčený. Husy indické přenášejí mikroby přes Himálaj a rypouši je mezitím berou do nejhlubších oceánů. Když Neil Armstrong a Buzz Aldrin stanuli na Měsíci, učinili také obrovský krok pro „mikrobstvo“.

Když Orson Welles řekl: „Rodíme se sami, žijeme sami, umíráme sami,“ mýlil se. I když jsme sami, sami vlastně nikdy nejsme. Existujeme v symbióze – což je překrásný pojem označující soužití různých organismů. Někteří živočichové jsou kolonizováni mikroby již ve stadiu neoplozených vajíček; jiní si své první partnery vyberou při narození. Dál již žijeme neustále v jejich

přítomnosti. Když jíme, jedí také. Když cestujeme, jedou s námi. Když zemřeme, tak nás pozřou. Každý z nás je svým způsobem zoo – kolonie uzavřená v jednom těle. Společenství mnoha druhů. Celý svět.

Tyto myšlenky možná nelze uchopit tak snadno, přinejmenším proto, že my lidé jsme globálně rozšířeným druhem. Náš dosah nezná hranic. Rozšířili jsme se do všech koutů modré planety a někteří z nás ji dokonce i opustili. Je možná zvláštní uvažovat nad existencí organismů ve střevech nebo jediné buňce a přemýšlet o svých částech těla jako širých krajinách. Přesně tím však nesporně jsou. Země obsahuje mnoho různých ekosystémů – dešťové pralesy, louky, korálové útesy, pouště, solné bažiny – a každý z nich má své vlastní konkrétní společenství druhů. Jeden jediný živočich je však také plný ekosystémů. Kůže, ústa, střeva, genitálie a jakékoli orgány, které ho spojují s vnějším světem – každý z nich má vlastní charakteristické společenství mikrobů.⁴ Všechny pojmy užívané ekology k popisu ekosystémů na úrovni kontinentů, které vidíme ze satelitů, platí i pro ekosystémy v našem těle, na něž se díváme pomocí mikroskopů. Můžeme mluvit o rozmanitosti mikrobiálních druhů. Můžeme kreslit potravní sítě znázorňující, jak se různé organismy navzájem požívají. Můžeme vybrat klíčové mikroby, kteří mají nepřiměřený vliv na své prostředí – ekvivalenty mořských vyder nebo vlků. Můžeme ošetřit mikroby způsobující nemoci – patogeny – jako invazivní tvory, například jako ropuchy nebo mravence. Můžeme přirovnat střeva člověka se zánětlivým onemocněním k umírajícímu korálovému útesu nebo k půdě ležící ladem – k poničenému ekosystému s narušenou rovnováhou organismů.

Z těchto podobností vyplývá, že když pozorujeme termita, mořskou houbu nebo myš, pozorujeme také sami sebe. Jejich mikrobi se od těch našich mohou lišit, ale naše spolenectví s nimi se řídí stejnými principy. Oliheň se světélkujícími bakteriemi, které září pouze v noci, nám může něco prozradit o každodenních pochodech bakterií v našich střevech. Mikrobi

na korálovém útesu běsnící kvůli znečištění nebo nadměrnému rybolovu poukazují na nepokoje v našich vlastních střevech, kdykoli pozřeme nezdravé jídlo nebo antibiotika. Myš, jejíž chování se mění podle rozpoložení jejích střevních mikrobů, nám může prozradit něco o úponcích vlivu, které nám společníci protlačili do mysli. Prostřednictvím mikrobů nacházíme jednotu s ostatními stvořeními navzdory tomu, jak neskutečně se naše životy liší. Žádný z těchto životů však neprobíhá izolovaně; vždy existují v kontextu mikrobů a zahrnují neustálé vyjednávání mezi velkými i malými druhy. Mikrobi se také přesouvají mezi živočichy, mezi našimi těly a půdou, vodou, vzduchem, budovami a dalšími prostředím, která nás obklopují. Spojují nás jednoho s druhým a s okolním světem.

Veškerá zoologie je ve skutečnosti ekologie. Nemůžeme plně pochopit životy zvířat, aniž bychom chápali své mikroby a symbiózy, v nichž s nimi žijeme. Zároveň nelze plně zhodnotit vlastní mikrobiom bez zhodnocení způsobu, jakým mikrobi ostatních zvířecích druhů obohacují a ovlivňují jejich život. Potřebujeme nahlížet z dálky na celou živočišnou říši a přitom se zaměřit na skryté ekosystémy existující v každém tvorovi. Když se podíváme na brouky a slony, mořské ježky a žížaly, rodiče a přátele, vidíme jedince, kteří procházejí životem jako hromada buněk v jednom těle řízeném jedním mozkiem a fungujícím s jedním jediným genomem. Takový pohled je příjemný. Ve skutečnosti je však každý z nás legie. Vždy jsme to „my“, nikdy pouze „já“. Zapomeňte na Orsona Wellese a mějte na zřeteli Walta Whitmana: „Vždyť jsem veliký, obsahuji davy.“⁵

VOLNĚ ŠÍŘITELNÁ UKÁZKA Z KNIHY OBSAHUJI DAVY

OSTROVY ŽIVOTA

Země je stará zhruba 4,54 miliardy let. Takové časové rozpětí je příliš obrovské na pochopení, a proto si celou historii planety rozložíme do jednoho kalendářního roku.¹ Když si teď čtete tuto stránku, je právě 31. prosince, těsně před úderem půlnoci. (Ohňostroje díky bohu vynalezli před devíti vteřinami.) Lidé existují teprve necelých 30 minut. Až do 26. prosince světu vládli dinosauři, dokud nepřiletěl asteroid a nevyhubil je (s výjimkou ptáků). Květiny a savci se vyvinuli někdy na začátku prosince. V listopadu zem začaly zabírat rostliny a v mořích se objevila většina hlavních skupin zvířat. Rostliny i živočichové se skládají z mnoha buněk a podobné mnohobuněčné organismy se s jistotou vyvinuly někdy na začátku října. Možná se objevily už předtím – fosilie jsou nejednoznačné a dají se vykládat různými způsoby – ale i tak by se vyskytovaly pouze vzácně. Do října byly téměř všechny živé organismy jednobuněčné. Pro pouhé oko (kdyby tehdy nějaké oči existovaly) by byly neviditelné. Takové byly už od okamžiku, kdy se objevil život, což bylo někdy v březnu.

Rád bych zdůraznil jednu věc: všechny viditelné organismy, které známe, vše, co nás napadne, když se řekne „příroda“, se

vyskytly v příběhu života pozdě. Jsou součástí závěrečné pasáže. Po většinu příběhu tvořily veškerý život na Zemi mikrobi. Od března do října v našem imaginárním kalendáři vládli planetě sami.

Během této doby se nevratně změnili. Bakterie obohacují půdu a rozkládají znečišťující látky. Řídí koloběhy uhlíku, dusíku, síry a fosforu tím, že tyto prvky přeměňují na sloučeniny využitelné zvířaty a rostlinami a potom je navracejí světu rozkladem organických těl. Šlo o první organismy, které si samy vyráběly potravu, když začaly využívat sluneční energii při procesu zvaném fotosyntéza. Jako vedlejší produkt vylučovaly kyslík a vypouštěly ho tolik, že trvale změnily atmosféru naší planety. Právě díky nim dnes žijeme ve světě s dostatkem kyslíku. Dokonce i dnes produkují fotosyntetické bakterie v oceánu kyslík pro polovinu našich nádechů a zároveň spotřebují stejné množství oxidu uhličitého.² Říká se, že právě žijeme v antropocénu – nové geologické éře určené obrovským vlivem člověka na planetu. Stejně tak byste mohli namítnout, že stále žijeme k mikrobiocénu – éře, která začala na samém počátku života a bude pokračovat až do jeho zániku.

Mikrobi jsou skutečně všude. Žijí v nejhlubších oceánských příkopcích a v kamenné vrstvě pod nimi. Přebývají v hydrotermálních průduších, horkých pramenech a v antarktickém ledovém příkrovu. Nacházejí se dokonce i v mracích, kde fungují jako semena deště a sněhu. Jejich počty dosahují astronomických hodnot. Ve skutečnosti astronomické hodnoty dalekosáhle přesahují – ve vašem tlustém střevě je víc bakterií, než je hvězd v naší galaxii.³

Tak vypadá svět, na němž se zrodili živočichové; je pokrytý a přetvářený mikrobi. Jak jednou prohlásil paleontolog Andrew Knoll: „Živočichové jsou možná evoluční poleva, ale celý dort tvoří bakterie.“⁴ Jsou součástí naší ekologie odjakživa. Vyvinuli jsme se mezi nimi. Také jsme se vyvinuli z nich. Živočichové patří do skupiny organismů zvaných *eukaryota*, která zahrnuje také všechny rostliny, houby a řasy. Navzdory naší očividné rozdílnosti jsou všechna *eukaryota* postavená z buněk sdílejících

stejnou architekturu, což je odlišuje od ostatních forem života. Téměř veškerou svou DNA umísťují do buněčného jádra, což je struktura, která skupině dala název – slovo „eukaryote“ pochází z řečtiny a znamená „pravý ořech“. Mají také vnitřní „kostru“, která zajišťuje oporu a přepravuje molekuly z místa na místo. Také mají mitochondrie – elektrárny fazolovitého tvaru, které dodávají buňkám energii.

Všechna eukaryota sdílejí tyto vlastnosti, protože jsme se před zhruba dvěma miliardami let vyvinuli ze společného předka. Před tímto bodem se dal život na Zemi rozdělit do dvou táborů nebo *domén*: bakterie, které už známe, a archea, která nejsou tak povědomá a mají zálibu v kolonizování nehostinných a extrémních prostředí. Obě skupiny se skládaly z jedné buňky nevybavené důmyslnostmi eukaryot. Nemají žádnou vnitřní kostru. Postrádaly jádro. Neměly žádné mitochondrie (z důvodů, které si velice brzy osvětlíme). Byly si podobné i při povrchním zkoumání, a proto vědci původně věřili, že archea jsou bakterie. Vzhled však klame. Archea se od bakterií z biochemického hlediska liší stejně jako PC od MacBooků, co se operačního systému týká.

Po zhruba první 2,5 miliardy let života na Zemi se bakterie a archea řídily velice rozdílnými kurzy. Potom při jedné osudové příležitosti se bakterie jaksi sloučila s archeonem, přišla tak o svou samostatnost a zůstala navždy uvězněna ve svém novém hostiteli. Takto podle názoru mnoha vědců vznikla eukaryota. Jde o příběh našeho stvoření – dvě velké domény života se sloučily a vytvořily třetí při největší symbióze v dějinách. Archeon poskytl šasi eukaryotické buňky a bakterie se nakonec přeměnila na mitochondrie.⁵

Z tohoto osudového spojení pocházejí všechna eukaryota. Proto naše genomy obsahují mnoho genů archeálního charakteru a jiné zase připomínají spíše geny bakterií. Právě proto naše buňky také obsahují mitochondrie. Tyto domestikované bakterie změnily úplně všechno. Staly se dalším zdrojem energie, díky čemuž se eukaryotické buňky rozrostly, nashromáždily více

genů a staly se složitějšími. Tato skutečnost vysvětluje i pojem, který biochemik Nick Lane nazývá „černou dírou v srdci biologie“. Mezi jednoduššími buňkami bakterií a archeí a složitějšími buňkami eukaryot se nachází obrovská propast a životu se ji podařilo překlenout přesně jednou za čtyři miliardy let. Od té doby se nespočet bakterií a archeí stále vyvíjí závratnou rychlostí, ale ani jednou se jim znovu nepodařilo vytvořit eukaryotu. Jak to je možné? Jiné komplexní struktury od očí přes krunyře po mnohobuněčná těla se vyvinuly při mnoha nezávislých příležitostech, ale eukaryotická buňka zůstává jednorázovou inovací. Jak podotýká Lane a další, je to tím, že sloučení, které stálo za jejím vznikem – mezi archeonem a bakterií – bylo tak neskutečně nepravděpodobné, že se ho nikdy nepodařilo zopakovat, přinejmenším ne úspěšně. Tito dva mikrobiové uzavřeli spojenectví, podařilo se jim téměř nemožné a ve výsledku zapříčinili vznik rostlin, živočichů a všeho, co je viditelné pouhým okem – nebo také všeho, co má oči. Díky nim existuji já i vy a píšu tuto knihu a vy si ji právě čtete. Podle našeho imaginárního kalendáře k jejich sloučení došlo někdy v polovině července. Tato kniha se zabývá tím, co následovalo.

Když se eukaryotické buňky vyvinuly, některé z nich začaly spolupracovat a shlukovat se a tím zapříčinily vznik mnohobuněčných stvoření, například živočichů a rostlin. Živé organismy se poprvé staly velkými – tak velkými, že jejich těla mohla obsadit obrovská společenství mikrobů.⁶ Tito mikrobi se dají spočítat obtížně. Obvykle se říká, že průměrný jedinec obsahuje na každou lidskou buňku deset mikrobiálních, což z nás činí zaokrouhlovací nepřesnosti ve vlastním těle. Tento poměr 10:1 se objevuje v knihách, časopisech, přednáškách na TEDu a téměř ve všech vědeckých pracích na uvedené téma. Jde však o pouhý odhad od boku založený na provizorním výpočtu, ze kterého se bohužel stal pevný fakt.⁷

Podle nejnovějších odhadů obsahujeme zhruba 30 bilionů lidských buněk a 39 bilionů mikrobiálních buněk – což je zhruba

půl na půl. Ani tato čísla však nejsou přesná, což ale není podstatné – tak či tak obsahujeme davy.

Kdybychom si přiblížili vlastní kůži, viděli bychom je: kulaté korálky, párkovité tyčinky a fazolky ve tvaru čárky. Každý z nich měří na délku pouze pár miliontin metru. Jsou tak malé, že navzdory svému počtu všechny dohromady váží pouze pár kilogramů. Tucet mikrobů by se mohl pohodlně postavit do řady o šířce lidského vlasu. Milion by mohl tančit na hlavičce špendlíku.

Bez přístupu k mikroskopu většina z nás tyto miniaturní organismy nikdy nespatří. Všimáme si pouze následků jejich činnosti, převážně těch negativních. Cítíme bolestivé křeče v zanícených střevech a slyšíme zvuky neovladatelného kýčání. Bakterii *Mycobacterium tuberculosis* nespatříme pouhým okem, ale dokážeme vidět krev vykašlanou pacientem v pokročilém stadiu tuberkulózy. Další bakterie, *Yersinia pestis*, je pro nás podobně neviditelná, ale následky morových epidemií, které způsobuje, jsou viditelné až příliš. Tito infekční mikrobi – patogeny – v průběhu dějin sužovali lidstvo a zanechali na něm hlubokou kulturní jizvu. Většina z nás vnímá mikroby jako choroboplodné zárodky – nechtěné nositele nákazy, kterým se musíme za každou cenu vyhnout. V novinách se pravidelně objevují poplašné zprávy, podle nichž jsou všechny předměty kolem nás, od klávesnic po mobilní telefony a kliky – panebože! – pokryté bakteriemi. Je na nich dokonce víc bakterií než na záchodovém prkénku! Následkem toho lidé vnímají mikroby jako kontaminanty a jejich přítomnost jako známku špíny, bídy a bezprostředně hrozící nákazy. Tento předpoklad je velice nespravedlivý. Většina mikrobů nejsou patogeny. Nezpusobují nám nemoci. Infekční nemoci u lidí způsobuje méně než 100 druhů bakterií.⁸ Oproti tomu máme v tlustém střevě tisíce dalších druhů, které jsou vesměs neškodné. Ty se chovají přinejhorším jako pasažéři nebo stopaři. V nejlepších případech však tvoří nedílnou součást našeho těla – nepřipravují nás o život, ale stráží ho. Fungují jako skrytý orgán, který je stejně důležitý jako žaludek nebo oko, ale neskládá se z jednotné masy, ale spíše z bilionů hemžících se jednotlivých buněk.

Mikrobiom je rozhodně všestrannější než jakákoli z částí našeho těla. Vaše buňky nesou něco mezi 20 a 25 tisíci geny, ale podle různých odhadů mikrobi v nás disponují 500krát větším množstvím.⁹ Toto genetické bohatství v kombinaci s překotnou evolucí z mikrobů činí biochemické virtuosy schopné přizpůsobit se jakýmkoli představitelným výzvám. Pomáhají nám trávit potravu a přitom vylučují živiny, k nimž bychom se jinak nedostali. Produkují vitaminy a minerály, které nejsou obsaženy v naší stravě. Rozkládají toxiny a nebezpečné chemické látky. Chrání nás před onemocněním tak, že vytlačují nebezpečnější mikroby, nebo je přímo zabíjejí antimikrobiálními chemikáliemi. Produkují látky, které ovlivňují náš čich. Jejich přítomnost je nevyhnutelná – přesunuli jsme na ně zodpovědnost za překvapivé aspekty našeho života. Řídí stavbu našeho těla, vypouštějí molekuly a signály upravující růst našich orgánů. Trénují náš imunitní systém a učí ho rozpoznávat přátele od nepřátel. Ovlivňují rozvoj našeho nervového systému a pravděpodobně i naše chování. Přispívají k našemu životu významnými a širokosáhlými způsoby; sahají do všech zákoutí naší biologie. Ignorujeme-li je, nahlížíme na vlastní život skrz klíčovou díрку.

Tato kniha je zkoumá ze dveří otevřených dokořán. Zahledíme se do neuvěřitelného vesmíru, který existuje v našem vlastním těle. Dozvíme se víc o svém spojení s mikrobi, nečekaných způsobech, kterými formují naše tělo a každodenní život, a o tricích, jejichž prostřednictvím je držíme na uzdě a zajišťujeme vzájemný přátelský vztah. Zjistíme, jakými způsoby nevratně tyto vztahy ničíme a škodíme tak vlastnímu zdraví. Povíme si, jak tyto problémy můžeme zvrátit úpravou mikrobiomu v náš prospěch. Vyslechneme si příběhy nadšených, nápaditých a odhodlaných vědců, kteří své životy zasvětili zkoumání světa mikrobů často i navzdory posměchu, odmítnutí a neúspěchu.

Nezaměříme se pouze na člověka.¹⁰ Povíme si, jakými neobvyčejnými schopnostmi, evolučními příležitostmi, a dokonce i vlastními geny obdařili mikrobi různé živočichy. Dudek chocholatý, pták s čírem a tygřím zbarvením, své vejce natírá kapalinou

bohatou na bakterie, již vylučuje ze žlázy pod chvostem; bakterie uvolňují antibiotika, která zabraňují nebezpečnějším mikrobusům před napadením vajec a újmou mláďat. Mravenci rodů *Atta* a *Acromyrmex* na svém těle také nesou mikroby produkující antibiotika. Slouží jim k dezinfekci plísní, které si pěstují ve svých podzemních zahradách. Ostnatá, roztažitelná ryba fugu využívá bakterie k výrobě tetrodotoxinu – neobyčejně smrtící látky, která otráví jakéhokoli predátora, jenž se ji pokusí sníst. Proslulý a nebezpečný škůdce mandelinka bramborová používá bakterie ve svých slinách k oslabení obranyschopnosti rostlin, které požírá. Parmovec skvělý je hostitelem luminiscenčních bakterií, kterými láká kořist. Mravkolev, dravý hmyz s hrozivými kusadly, paralyzuje své oběti pomocí toxinů produkovaných bakteriemi v jeho slinách. Některé hlístice zabíjejí hmyz tím, že do jeho těla vyzvracejí toxické zářící bakterie;¹¹ jiné se prodírají rostlinnými buňkami a působí obrovské zemědělské škody pomocí genů ukradených od mikrobusů.

Naše spojení s mikroby opakovaně změnilo vývoj evoluce živočichů a přeměnilo svět kolem nás. Nejsnadnějším způsobem, jak docenit význam těchto partnerství, je zvážit, co by se stalo, kdyby se přerušila. Představte si, že všichni mikrobi na planetě najednou zmizí. Infekční choroby by se staly minulostí a mnoho hmyzích škůdců by začalo žít. To jsou však jediné představitelné výhody. Pasoucí se savci, jako jsou krávy, ovce, antilopy a jeleni, by zemřeli hladu, protože jsou zcela závislí na svých střevních mikrobech, kteří rozkládají tuhou vlákninu v rostlinách pozřených těmito savci. Veliká stáda afrických savan by zmizela. Termiti jsou na zaživacích službách mikrobusů podobně závislí, a proto by také zmizeli, stejně jako větší zvířata, která se jimi živí nebo s nimi sdílejí obydlí. Mšice, cikády a další hmyz sající mízu by také vyhynul bez bakterií, které jim dodávají chybějící živiny. Mnoho červů, měkkýšů a dalších živočichů v hlubokých oceánech spoléhá na bakterie jako na zdroj veškeré energie. Bez mikrobusů by také zemřeli a celé potravní sítě toho temného propastného světa by se zhroutily. V mělkých vodách

by situace nevypadala o mnoho lépe. Koráli jsou závislí na mikroskopických řasách a překvapivě rozmanité skupině bakterií, a proto by byli slabí a zranitelní. Majestátní útesy by vybledly a rozdrolily se a další život s nimi spojený by trpěl.

Podivné je, že lidé by zase takový problém neměli. Na rozdíl od ostatních živočichů, pro něž by sterilita znamenala rychlou smrt, bychom přežili týdny, měsíce, a dokonce i roky. Naše zdraví by nakonec utrpělo, ale trápily by nás mnohem naléhavější záležitosti. Odpad se by se začal rychle vršit všude kolem nás, protože mikrobi jsou přeborníky v rozkladu. Společně s dalšími přežvýkavci by vyhynul veškerý dobytek. Stejně tak naše úroda – bez mikrobu poskytujících dusík by Země zažila katastrofický úbytek zeleně. (Jelikož je tato kniha zaměřená čistě na živočichy, hluboce se omlouvám všem příznivcům botaniky.) „Předpovídáme úplný rozpad společnosti během pouhého roku, spojený s katastrofickým selháním potravinového řetězce,“ napsali mikrobiologové Jack Gilbert a Josh Neufeld po dokončení výše popsaného myšlenkového experimentu.¹² „Většina druhů na Zemi by vymřela a populace přeživších druhů by se drasticky snížila.“

Mikrobi jsou důležití. Přehlíželi jsme je. Báli jsme se jich a nenáviděli jsme je. Nyní však nastal čas docenit jejich zásluhy. Kdybychom to neudělali, naše chápání vlastní biologie by bylo značně ochuzené. V této knize bych vám rád ukázal, jak vypadá zvířecí říše ve skutečnosti a jak úchvatná je, když se na ni díváte jako na svět partnerských vztahů, kterým opravdu je. Jde o verzi přírodní historie, která prohlubuje povědomější verzi sestavenou největšími přírodovědci minulosti.

V březnu roku 1854 započal jednatřicetiletý Brit jménem Alfred Russel Wallace grandiózní osmiletou výpravu po malajských a indonéských ostrovech.¹³ Pozoroval orangutany s plamenně zbarvenou srstí, klokany poskakující v korunách stromů, oslnivé rajky, obří motýly, divoké prase babirusa s kly prorůstajícími ry-pákem směrem vzhůru a žábu, která plachtí ze stromu na strom

pomocí nohou připomínajících padák. Wallace chytil a střelil všechny ty divy, které viděl, a nakonec shromáždil ohromnou sbírku 125 000 exemplářů: mušle; rostliny; tisíce druhů hmyzu připíchaných na platech; ptáci a savci, stažení z kůže, vycpaní nebo naložení v lihu. Wallace však na rozdíl od mnoha svých současníků vše pečlivě dokumentoval a zaznamenával místo, kde daný exemplář našel.

Šlo o velice důležitý krok. Z těchto podrobností Wallace odvozoval vzory. U zvířat žijících na určitém místě si všiml mnoha proměnlivých znaků dokonce i v rámci stejného druhu. Zjistil, že některé ostrovy jsou domovem jedinečných druhů. Když se plavil na východ z Bali do Lomboku – pouhých 35 km, uvědomil si, že australsijská fauna se výrazně liší od asijských živočichů, jako kdyby zmíněné ostrovy dělila neviditelná bariéra (které se později začalo říkat Wallaceova linie). Wallace je dnes oprávněně prohlašován za otce biogeografie – vědy, která zkoumá, kde se které organismy vyskytují a kde ne. Ale jak uvádí David Quammen ve své knize *The Song of the Dodo* (Píseň blbouna nejpapeho): „V podání hloubavých vědců se biogeografie neptá pouze na otázky *Které druhy?* a *Kde?*, ale také se ptá *Proč?* Někdy také i na mnohem důležitější otázku *Proč ne?*“¹⁴

Studium mikrobiomů začíná stejně: katalogizací těch, které se nalézají na různých zvířatech nebo na různých částech těla jednoho konkrétního živočicha. Kde žijí jaké druhy? Proč? Proč ne? Než blíže pochopíme jejich přínos, musíme poznat jejich biogeografii. Exempláře a další zjištění navedly badatele k zásadnímu biologickému poznatku – druhy se mění. „*Každý druh vznikl současně v prostoru i čase s již existujícími blízce spřízněnými druhy,*“ napsal opakovaně a občas i kurzivou.¹⁵ Při konkurenčním boji živočichů přežívají nejsilnější jedinci, kteří se dále rozmnožují a předávají své výhodné vlastnosti svým potomkům. K jejich evoluci tedy dochází prostřednictvím přirozeného výběru. Byl to jeden z nejdůležitějších objevů ve světě vědy a zrodil se díky neúnavné zvědavosti, touze prozkoumat svět a schopnosti upozorovat, co kde žije.

Wallace byl pouze jedním z mnoha přírodovědců a průzkumníků, kteří se plahočili po celém světě a katalogizovali jeho bohatství. Charles Darwin přestál pětiletou výpravu kolem světa na palubě HMS *Beagle*, během níž objevil zkamenělé kosti obřích pozemních lenochodů a pásovců v Argentině a narazil na želvy obrovské, leguány mořské a rozmanité druhy drozdcovitých ptáků na Galapágách. Jeho zkušenosti a sbírky zasely intelektuální semena stejné myšlenky, která se zrodila ve Wallaceově hlavě – evoluční teorie, později neodmyslitelně spojená s Darwinovým jménem. Thomas Henry Huxley se proslavil jako „Darwinův buldok“, protože svehpě zastával přirozený výběr. Plavil se do Austrálie a na Novou Guineu, kde studoval tamější mořské obratlovce. Botanik Joseph Hooker doplul k Antarktidě a po cestě sbíral exempláře rostlin. V poměrně nedávné době sepsal E. O. Wilson učebnici biogeografie; předtím zkoumal melanéské mravence.

Lidé často mají za to, že tito legendární vědci se zaměřovali čistě na viditelný svět živočichů a rostlin a opomíjeli skryté světy mikrobů. Ve skutečnosti je to však malinko jinak. Darwin rozhodně pořizoval vzorky mikrobů – říkal jim „infusoria“ –, které vítr zavál na palubu *Beagle*. Zároveň udržoval korespondenci s tehdejšími předními mikrobiology.¹⁶ V té době měl však k dispozici pouze velice omezené nástroje.

Dnešní vědci oproti tomu mohou pořídit vzorky mikrobů, rozdělit je, extrahovat jejich DNA a identifikovat je pomocí sekvencování. Tímto způsobem mohou postupovat stejně jako Darwin a Wallace – pořídit vzorky z různých míst, identifikovat je a položit si základní otázku: „Co zde žije?“ Provozují tedy biogeografii – v odlišném měřítku. Jemné stěry na vatových tamponech dnes nahrazují mávnutí sítkou na motýly. „Čtení“ genů je srovnatelné s nahlédnutím do atlasu. Odpoledne strávené v zoologické zahradě přecházením od jedné klece k druhé můžeme zase vnímat jako plavbu lodi *Beagle* od ostrova k ostrovu.

Darwina, Wallacea a jejich současníky fascinovaly zejména ostrovy, a to z velice dobrého důvodu. Chcete-li najít život

v jeho nejexotičtější, nejnápadnější a obecně „nej“ podobě, vydáte se na ostrovy. Díky jejich izolovanosti, vytyčeným hranicím a omezené velikosti dokáže evoluce pracovat velice efektivně. Biologické vzory jsou mnohem zjevnější než na rozsáhlé souvislé pevnině. Ostrov však nemusí nutně být pouze pevnina obklopená vodou. Pro mikroby je každý hostitel technicky vzato ostrovem – světem plovoucím prázdnotou. Ruka, kterou hladím Babu v sandiegské zoo, je jako vor přenášející druhy z ostrova ve tvaru člověka na ostrov ve tvaru luskouna. Dospělý člověk sužovaný cholerou připomíná ostrov Guam pod nápořem invaze cizokrajných hadů. Že žádný člověk není ostrov sám o sobě? Tak to není – z pohledu bakterie představujeme ostrovy všichni.¹⁷

Každý z nás má vlastní jedinečný mikrobiom, jehož podoba se odvíjí od zděděných genů, míst pobytu, užívaných léků, přijímané potravy, odžitých let a také počtu rukou, s nimiž jsme si potřásli. Po mikrobiální stránce jsme podobní, ale odlišní. Když mikrobiologové začali mapovat kompletní lidský mikrobiom, doufali, že objeví „centrální“ mikrobiom – skupinu druhů, které sdílíme všichni. Dnes je však sporné, zda takové jádro mikrobiomu existuje.¹⁸ Některé druhy jsou společné, ale žádný z nich se nevyskytuje úplně všude. Existuje-li nějaké jádro, pak se nenachází na úrovni organismů, ale *funkcí*. Jisté úlohy, například strávení určité živiny nebo různé metabolické triky, má vždy na starost některý z mikrobů – jen to pokaždé nemusí být stejný mikrob. Tentýž trend můžete pozorovat i ve větším měřítku. Ptáci kiwi na se na Novém Zélandu prohrabují spadáním listím a hledají žížaly. Něco podobného dělá i jezevec v Anglii. Tygři a levharti obláčkoví se plíží po pralesích na Sumatře, ale na Madagaskaru žádné kočkovité šelmy nejsou, a tuto niku tedy vyplňuje vražedná šelma zvaná fosa. Na ostrově Komodo se zase role nejvyššího predátora ujal velký ještěř, varan komodský. Různé ostrovy, různé druhy, stejné úlohy. Těmito ostrovy mohou být obrovské kusy pevniny, nebo také konkrétní jedinci.

Každý člověk je ve skutečnosti spíše souostrovím. Jednotlivé části těla mají vlastní mikrobiální faunu podobně, jako mají

různé galapágské ostrovy jedinečné druhy želv a pěnkav. Mikrobiom na lidské kůži je říší *Propionobacteria*, *Corynebacteria* a *Staphylococca*, přičemž tlustému střevu vládnu *Bacteroides*, pochvě *Lactobacillus* a ústům *Streptococcus*. Každý orgán je také proměnlivý sám o sobě. Mikrobi žijící na začátku tenkého střeva se výrazně liší od mikrobů v konečniku. Druhy, které se vyskytují v zubním plaku, jsou různé v úrovních nad a pod dásněmi. Co se kůže týká, mikrobi v mastných jezírkách na obličejí a hrudníku se liší od mikrobů v horkých a vlhkých pralesích v rozkroku a podpaží a také od těch, kteří kolonizují vyprahlé pouště předloktí a dlaní. Když už mluvíme o dlaních – vaše pravá ruka sdílí s levou rukou pouze šestinu jejích mikrobiálních druhů.¹⁹ Variace mezi částmi těla jsou mnohonásobně vyšší než mezi jednotlivými lidmi. Jednoduše řečeno, bakterie na vašem předloktí se podobají více mikrobům na mém předloktí než těm, kteří žijí ve vašich ústech.

Mikrobiom má různou podobu v čase i prostoru. Při narození dítě opustí sterilní svět matčina lůna a hned nato ho začnou kolonizovat její vaginální mikrobi; téměř tři čtvrtiny kmenů novorozeněte pochází od matky. Poté následuje věk expanze. Dítě získává nové druhy od rodičů a prostředí a jeho mikrobiom se postupně stává rozmanitějším.²⁰ Nadvláda různých druhů se mění – po změně stravy dítěte se specialisté na trávení mléka jako *Bifidobacterium* stáhnou do ústraní a na jejich místo nastoupí požírači sacharidů, jako jsou *Bacteroides*. Se změnami mikrobů se také mění kousky, které provádějí. Začnou vyrábět jiné vitaminy a vyvinou si schopnost trávit dospělejší stravu.

Toto období je bouřlivé, ale probíhá v předvídatelných fázích. Představte si les čerstvě zdevastovaný ohněm, nebo ostrov, který se právě vynořil z moře. Obě místa by nejprve kolonizovaly jednoduché rostliny jako lišejníky a mechy. Poté by následovaly traviny a menší keře. Vyšší stromy by dorazily později. Ekologové tomuto jevu říkají *sukcese* a vztahuje se i na mikrobiy. Mikrobiom dítěte dospívá během jednoho až tří let. Potom dosáhne

trvale stabilního stavu. Mikrobiom se může měnit den ode dne, od úsvitu do soumraku, nebo dokonce mezi dvěma denními jídly, ale tyto variace jsou oproti raným změnám velice malé. Za dynamickou podobou dospělého mikrobiomu se skrývá konstantní pozadí.²¹

Přesné schéma sukcese se u různých zvířat liší, protože jsme podle všeho jako hostitelé vybíraví. Nekolonizují nás jen tak nějaký mikrobi, kteří si na nás přistanou. Dokážeme si také vybrat jejich mikrobiální partnery. O těchto tricích se dozvíme více, ale pro teď stačí poznamenat, že lidský mikrobiom se liší od mikrobiomu šimpanza, ten zase od mikrobiomu gorily, a to stejným způsobem jako pralesy na Borneu (orangutani, sloni indiští bornejští, giboni) od těch na Madagaskaru (lemuři, fosy, chameleoni) nebo na Nové Guineji (rajky, stromoví klokani, kasuáři). Víme to, protože vědci odebrali stěry celé živočišné říši a sekvenovali ji. Popsali mikrobiomy pand, klokana dlouhoocasého, varanů komodských, delfínů, loriů, žížal, pijavic, čmeláků, cikád, riftií, mšic, ledních medvědů, dugongů, krajt, aligátorů, much tse-tse, tučňáků, kakapů, ústřic, kapybar, upírů, leguánů mořských, kukaček, krocánů, kondorů krocánovitých, paviánů, strašilek a mnoha dalších. Sekvenovali mikrobiom kojenců, batolat, dětí, dospělých, těhotných žen, dvojčat, obyvatel velkých měst v USA a Číně, venkovanů Burkiný Faso a Malawi, lovců a sběračů z Kamerunu a Tanzanie, obyvatel Amazonie, kteří se do té doby nesetkali s okolním světem, štíhlých a tlustých lidí a lidí v perfektním zdravotním stavu a také nemocných lidí.

Podobné studie zažívají veliký rozmach. Přestože věda zaměřená na mikrobiom ve skutečnosti vznikla před staletími, v posledních pár desítkách let se rozvíjí zběsilým tempem, zejména díky rozvoji technologií a uvědomění, že mikrobi pro nás mají obrovský význam – především po zdravotní stránce. Ovlivňují nás tak silně, že určují, jak reagujeme na očkování, kolik živin dítě dokáže získat z potravy a jak dobře pacienti trpící rakovinou reagují na léky. Mnoho nemocí včetně obezity,

astmatu, karcinomu tlustého střeva, diabetu a autismu provází řada změn mikrobiomu, což poukazuje na to, že tito mikrobi jsou přinejmenším známkou onemocnění, nebo jeho příčinou. Jde-li o druhý případ, možná bychom mohli výrazně zlepšit své zdraví úpravou mikrobiálních společenství – přidáváním a odstraňováním určitých druhů, transplantací celých komunit z jednoho člověka do druhého a vytvářením syntetických organismů. Můžeme dokonce upravovat mikrobiomy jiných živočichů a přerušovat tak vztahy, které parazitickým červům dovolují nakazit lidského hostitele úděsnými tropickými chorobami. Zároveň tak dokážeme vytvořit nové symbiózy, díky nimž komáři zvládnou bojovat s virem způsobujícím horečku dengue. Toto vědecké odvětví se mění velice rychle a je stále zahalené oparem nejistoty, nevyzpytatelnosti a polemiky. Mnoho mikrobů v našem těle nedokážeme ani identifikovat, natož zjistit, jakým způsobem ovlivňují náš život nebo zdraví. To je však vzrušující! Je rozhodně lepší nacházet se na vrcholu vlny a dívat se vpřed, než čekat vyplavení na pláži. Na této vlně právě surfují stovky vědců. Zdrojů financí přibývá. Počet relevantních vědeckých prací exponenciálně vzrostl. Mikrobi vládnou planetě odjakživa, ale poprvé v dějinách jsou teď *v módě*. „Donedávna šlo o značně upozadněnou vědu. Dnes patří mezi obory v popředí,“ tvrdí bioložka Margaret McFall-Ngaiová. „S potěšením sleduji, jak si lidé postupně uvědomují, že mikrobi jsou v centru vesmíru a jak celé odvětví vzkvétá. Teď víme, že tvoří drtivou většinu biosféry, žijí v blízkém vztahu s živočichy a biologii zvířat utvářela právě interakce s mikroby. Podle mě jde o nejvýznamnější revoluci od Darwinových časů.“

Kritici namítají, že oblíbenost mikrobiomu je nezasloužená a že většina studií v tomto oboru odpovídá nanejvýš kratochvilnému sbírání známek. Víme tedy, kteří mikrobi žijí na obličejí luskouna a v tlustém střevě člověka. To znamená, že víme, *kde* je *co*, ale k zodpovězení otázek *proč* a *jak* tento poznatek nestačí. Proč někteří mikrobi žijí na určitých zvířatech a na jiných se nevyskytují, nebo pouze na určitých částech těla? Proč pozorujeme

vzory, které pozorujeme? Jak tyto vzory vznikly? Jakým způsobem se mikrobi poprvé dostanou do těla hostitele? Jak uzavírají další partnerské vztahy? Jak se mikrobi a hostitelé vzájemně ovlivňují, jakmile se spojí? Jak reagují, když se jejich spojení rozpadnou?

Právě tyto hluboké otázky se odvětví snaží zodpovědět. V této knize vám vysvětlím, do jaké míry se nám je zatím podařilo zodpovědět a co vše nás dělí od naplnění tohoto slibu. Prozatím můžeme říct, že tyto otázky zodpovíme pouze pomocí sběru menších množství dat, stejně jako Darwin a Wallace při svých stěžejních výpravách. Sbírání známek je důležité. „Dokonce i Darwinův deník byl pouze vědeckým cestopisem, okázalou přehlídkou rozmanitých živočichů a míst, a nijak nedokládal evoluční teorii,“ uvedl David Quammen.²² „Samotná teorie vznikla později.“ Tomuto okamžiku předcházela obrovská dřina. Klasifikace. Katalogizace. Sběr. „Zkoumáte-li nové kontinenty, než zjistíte, proč se věci nacházejí na svém místě, musíte nejdříve vypátrat, kde se nacházejí,“ tvrdí Rob Knight.

Ve stejném průzkumnickém duchu Knight poprvé přišel do sandiegské zoo. Chtěl pořídit vzorky z obličeje a kůže různých savců a charakterizovat jejich mikrobiomy i chemické látky – metabolity – produkované těmito mikrobi. Tyto látky utvářejí prostředí, v němž mikrobi žijí a vyvíjejí se, a kromě výskytu mikrobů prozrazují i jejich činnost. Výzkum metabolitů není pouhým sčítáním obyvatel metropole, ale spíše inventura její kultury, potravy, vynálezů a vývozu. Knight se nedávno pokusil prozkoumat metabolity na lidském obličeji, ale zjistil, že přirozené mikrobiální metabolity přehlušuje kosmetika, například opalovací a pleťové krémy.²³ Jak se tato situace dá řešit? Stěry obličejů zvířat. Luskoun Baba si přece jen pleť nezvlhčuje. „Doufáme, že se nám podaří pořídit i vzorky z dutiny ústní,“ říká Knight. „A snad i z pochvy.“ Tázavě krčím obočí. „V rámci zdejších programů pro chov gepardů a pand se v mrazácích nashromáždilo obrovské množství poševních stěrů,“ ujišťuje mě.

Ošetřovatel nám ukazuje kolonii rypošů lysých pobíhajících soustavou propojených plastových trubic. Na pohled tyto tvorové nepůsobí nijak vábně, připomínají svrasklé párky se zvláštními zuby. Kromě toho jsou i neskutečně divní – necítí bolest, jsou odolní vůči rakovině, dožívají se extrémně vysokého věku, nedokážou pořádně regulovat svou tělesnou teplotu a mají zdeformované neobratné spermie. Žijí v koloniích rozdělených na královnu a dělníky a v tomto ohledu jsou podobní mravencům. Navíc hloubí tunely, což je důvod, proč Knighta tolik zajímají. Právě se mu podařilo zajistit grant pro studium mikrobiomu zvířat sdílejících podobné vlastnosti nebo životní styl – hloubení tunelů, létání, výskyt ve vodě, přizpůsobení vysokým a nízkým teplotám, a dokonce i známky inteligence. „Jde spíše o spekulaci, ale ten nápad stojí na premise, že k zajištění energie pro některé z těchto exotických kousků jsou nutné předchozí adaptace,“ tvrdí. Samozřejmě že jde o spekulace, ale tato hypotéza rozhodně není přitažena za vlasy. Mikrobi živočichům otevřeli mnoho příležitostí a umožnili jim přijmout různé podivné životní styly, které by pro ně jinak nepřípadaly v úvahu. Když zvířata sdílejí návyky, jejich mikrobiomy jsou si často blízké. Knight a jeho kolegové například jednou dokázali, že savci požírající mravence (například luskouni, pásovci, mravenečníci, hrabáči kapští a hyenky hřivnaté) sdílejí podobné střevní mikroby, přestože se přibližně 100 milionů let vyvíjeli nezávisle.²⁴

Procházíme kolem tlupy surikat, některé stojí v pozoru, jiné si spolu hrají. Osamocená samička – matka – je jediná, od níž by mohl Knight odebrat vzorek, ale už je stará a má problémy se srdcem. To není neobvyklé. Surikaty občas útočí na mláďata ostatních nebo opouštějí svá vlastní. Když k tomu dojde, zoologická zahrada se jich ujme a mláďata odchová. Ta přežijí, ale ošetřovatel nám řekl, že z neznámých důvodů se u nich často v pokročilejším věku projeví problémy se srdcem. „To je velice zajímavé,“ říká Knight. „Víte něco o surikatím mléku?“ Ptá se, protože mléko savců obsahuje jedinečné sacharidy, které kojenec sám o sobě neumí strávit. Dokážou to však určité druhy

mikrobů. Když lidská matka kojí své dítě, neposkytuje mu pouze potravu; krmí také jeho první mikroby a zajišťuje, aby se v jeho tlustém střevě jako první usadili správní osadníci. Knight se zamýšlí nad tím, zda totéž neplatí i u surikat. Začínají opuštěná mláďata svůj život se špatnými mikroby, protože nedostávají mateřské mléko? Mají tyto rané změny vliv na zdravotní stav později v životě?

Knight již pracuje na dalších projektech zaměřených na zlepšování zdraví zvířat v zoologických zahradách. Když míváme klec plnou hulmanů stříbrných – překrásných opic sivé barvy s rozčepýřenou srstí kolem obličeje – říká mi, že se snaží zjistit, proč některé druhy opic v zajetí často trpí zánětem tlustého střeva (kolitidou) a jiné podobný problém nemají. Existuje rozumný důvod domnívat se, že se na tom podílejí mikrobi. U člověka je zánětlivé onemocnění střev často doprovázeno nadbytkem bakterií podněcujících činnost imunitního systému a nedostatkem bakterií, které jeho reakce tlumí. Podobné vzory se projevují u několika dalších onemocnění, jako je obezita, diabetes, astma, alergie a karcinom tlustého střeva. Tyto zdravotní obtíže jsou dnes vnímány jako ekologické. Vina neleží na jednom konkrétním mikrovovi, ale celá komunita se dostala do nezdravého stavu. V těchto případech jde o selhání symbiocy. Způsobují-li takto zdeformované mikrobiomy skutečně různá onemocnění, úprava mikrobů by měla vést k obnovení dobrého zdravotního stavu. I když se mikrobiální společenství mění *následkem* nemoci, stále mohou být užitečná při diagnostice choroby ještě před prvními projevy symptomů. Knight doufá, že se právě tato hypotéza potvrdí u opic. Porovnává živočichy s kolitidou a bez kolitidy například různými druhy a zjišťuje, zda existují projevy nemoci, které by ošetřovatelé mohli využít a rozpoznat ohrožené jedince bez příznaků. Podobné studie nám také pomáhají pochopit změny mikrobiomu u lidí se zánětlivým onemocněním střev.

Nakonec vejdemo do zadní místnosti, kde dočasně mimo zrak veřejnosti žije několik zvířat. V jedné z klecí se pohybuje obrovský stín – metrový tvor s černou srstí, který tvarem připomíná

lasičku, ale vzezřením medvěda. Je to binturong, velká huňatá cibetka, kterou Gerald Durrell popsal jako „nepovedenou předložku před krb“. Ošetřovatel je přesvědčený, že bychom mohli snadno pořídit stěry z jeho obličejce a nohou, ale skutečný cíl leží na jiném místě. Binturongové mají po obou stranách řítního otvoru pachové žlázy, které vytvářejí zápach připomínající vůni popcornu. I v tomto případě je pravděpodobné, že za pachy jsou zodpovědné bakterie. Vědci již popsalí mikrobiální zápachy vycházející z pachových žláz jezevců, slonů, surikat a hyen. Binturong je další na řadě!

„Mohli bychom provést stěr z okolí konečníku?“ ptám se.

Ošetřovatel se podívá na strach nahánějícího tvora v kleci a potom se pomalu obrátí k nám. „Myslím, že... ne.“

Podíváme-li se na zvířecí říši optikou mikrobů, dokonce i nejpovědomější části našich životů dostanou úžasný nový nádech. Když se hyena otře pachovými žlázami o stéblo trávy, její mikroby v té chvíli sepíší její autobiografii, kterou si pak mohou přečíst ostatní hyeny. Když surikatí matka kojí mláďata, buduje v jejich střevech nové světy. Když pásovec nasaje sousto mravenců, nakrmí jimi několikabilionové společenství, které pro něj na oplátku vyrobí energii. Když onemocní člověk nebo hulman, jejich problémy se podobají jezeru pokrytému řasami nebo louce zarostlé plevelem – porouchaným ekosystémům. Náš život ovlivňují vnější síly, které jsou ve skutečnosti uvnitř nás. Biliony organismů, které žijí odděleně, ale zároveň jsou naší velkou součástí. Pachy, zdravotní stav, trávení, vývoj a desítky dalších vlastností jsou zdánlivě věcí *jedinců*, ale ve skutečnosti jsou výsledkem složitého vyjednávání mezi hostitelem a mikroby.

Když už víme to, co víme, jak vlastně můžeme definovat jedince?²⁵ Popíšete-li ho z anatomického hlediska jako majitele určitého těla, musíte vzít na vědomí, že stejné místo s ním sdílejí mikrobi. Můžete ho také zkusit definovat z pohledu vývoje, podle něhož je jedinec vše, co vyroste z jednoho oplodněného

vajíčka. To však není úplně přesné, protože několik živočichů, od sépií po myši až k dániu pruhovanému, vytvářejí svá těla pomocí pokynů zakódovaných ve vlastních i mikrobiálních genech. Ve sterilní bublině by se nedokázali normálně vyvinout. Mohli byste teď kontrovat fyziologickou definicí, podle níž se jedinec skládá z částí – tkání a orgánů – které spolupracují pro dobro celku. Ale jak je to potom s hmyzem, jehož živiny vyrábějí enzymy bakterií a hostitele společně? Tito mikrobi jsou bezpochyby nepostradatelnou částí celku. Podle genetické definice se jedinec skládá z buněk sdílejících stejný genom – naráží tedy na tentýž problém.

Každý živočich má svůj vlastní genom, ale k němu i mnoho mikrobiálních genomů, které ovlivňují jeho život a vývoj. Mikrobiální geny mohou v některých případech trvale infiltrovat genomy svých hostitelů. Je tedy logické vnímat je jako samostatné entity? Už vám docházejí další možnosti a tak byste mohli zkusit zvážit imunitní systém, protože se podle všeho stará o rozlišování našich buněk od buněk vetřelců – rozpoznávání vlastních a cizích. To také není zcela pravda. Jak se ještě dočtete, naši rezidentní mikrobi nám pomáhají budovat imunitní systém a ten se je za to naučí tolerovat. Ať na problém nahlížíme, z jakého úhlu chceme, je zjevné, že mikrobi podvracejí naše ponětí o jedincích. Kromě toho ho utvářejí. Váš genom je z velké části stejný jako ten můj, ale naše mikrobiomy se mohou velice výrazně lišit (a naše viromy ještě víc). *Obsahuji davy?* Možná je to spíše *jsem davy*.

Tyto pojmy mohou být velice zneklidňující. Nezávislost, svobodná vůle a identita mají v našem životě ústřední roli. Průkopník na poli mikrobiomu David Relman jednou podotkl, že „ztráta ponětí o vlastní identitě, klamný pocit vlastní identity a dojem ‚cizí nadvlády‘“ představují pravděpodobně znaky duševního onemocnění.²⁶ „Považuji to za malý zázrak, že nedávne výzkumy symbiózy vzbudily velký zájem a pozornost.“ Kromě toho však také dodal: „[Takovéto studie] zvýrazňují krásu biologie. Jsme společenšší tvorové a snažíme se pochopit svá pouta

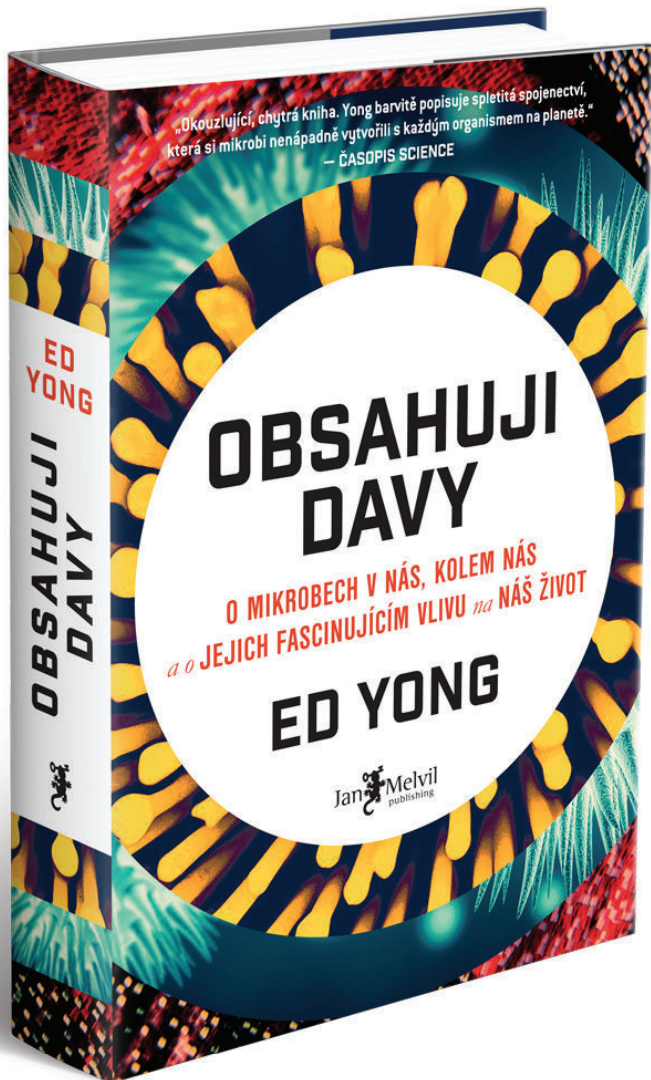
s ostatními žijícími organismy. Symbiózy představují nejnázornější příklady úspěšné spolupráce a obrovských výhod blízkých vztahů.“

Souhlasím. Existence symbiózy poukazuje na vlákna spojující veškerý život na Zemi. Proč mohou tak nesourodé organismy jako lidé a bakterie žít a pracovat pospolu? Protože sdílíme stejného předka. Ukládáme informace do DNA pomocí stejného kódovacího schématu. Používáme molekulu zvanou ATP jako energetické platidlo. Totéž platí napříč veškerým životem. Představte si BLT sendvič – každá z jeho součástí, od salátu a rajčat přes prase, které do něj poskytlo slaninu, po kvasnice, díky nimž se upekl chleba, a po mikroby, jež nepochybně sedí na jeho povrchu – to vše hovoří stejným molekulárním jazykem. Jak jednou řekl nizozemský biolog Albert Jan Kluyver: „Všechno je to stejné – od slona až po bakterii máselného kvašení!“

Jakmile pochopíme, jak moc jsme si podobní a jak hluboko sahají pouta mezi živočichy a mikroby, náš pohled na svět se nesmírně obohatí. U mě to tak jistě bylo. Zbožňuji přírodu už od malička. Moje knihovna je plná dokumentů o divokých zvířatech a knih přetékaných surikatami, pavouky, chameleony, medúzami a dinosaury. V žádné z nich se však nedočtete, jak mikrobi ovlivňují, posilují a řídí život svého hostitele, a proto nejsou úplně – obrazy bez rámu, dorty bez polevy, Lennon bez McCartneyho. Nyní vidím, jak životy těchto tvorů závisí na neviditelných organismech, s nimiž nevědomky žijí. Na organismech, které posilují jejich schopnosti (někdy jim je doslova propůjčují) a které se na této planetě nacházejí mnohem déle než hostitelé. Taková změna pohledu je závratná, ale zároveň úchvatná.

Zoologické zahrady navštěvuji už od dob, kdy jsem byl příliš malý na to, abych si tyto návštěvy pamatoval (nebo abych věděl, že nemám lézt do výběhu želvy obrovské). Moje návštěvy sandiegské zoo (a Baby) s Knightem je však jiná. Přestože je všude kolem mnoho pestrých barev a pozoruhodných zvuků, dochází mi, že většina života zde je neviditelná a neslyšitelná. Nádoby plné mikrobů u vchodu odevzdávají peníze, aby mohly projít

branou a podívat se na jinak tvarované nádoby lelující v klecích a výběžích. Po voliérách poletují těla pokrytá peřím skrývajícím biliony mikrobů. Další tlupy se houpají z větve na větev nebo cupitají v tunelech. Jeden dav bakterií hnízdící na zadnici černé předložky před krb vypouští do vzduchu vůni popcornu. Takový je skutečný živý svět; přestože je mým očím stále neviditelný, konečně ho vidím.



**KUPTÉ SI PAPIŘOVOU NEBO ELEKTRONICKOU VERZI KNIHY
ZA SKVĚLOU CENU NA
WWW.MELVIL.CZ**