

# ZDRAVÁ STŘEVA

Poznejte tajemství mikrobioty a získejte dlouhodobou kontrolu nad svou váhou, náladou a zdravím



Justin a Erica Sonnenburgovi

## ZDRAVÁ STŘEVA

*Poznejte tajemství mikrobioty a získejte dlouhodobou kontrolu nad svou váhou, náladou a zdravím*

Justin a Erica Sonnenburgovi

Copyright © 2015 by Justin Sonnenburg and Erica Sonnenburg  
All rights reserved

Podle anglického originálu *The Good Gut: Taking Control of Your Weight, Your Mood and Your Long-term Health* vydalo v edici *Fit & Food* nakladatelství Jan Melvil Publishing v Brně roku 2016. Žádná část této knihy nesmí být nijak použita či reprodukována bez písemného svolení, s výjimkou případů krátkých citací jako součásti kritických článků a recenzí.

Fotografie:

Strany 22 a 23: © Justin Sonnenburg, Jaime Dant, and Jeffrey Gordon.

Strana 26: Pascal Gagneux

Strana 74: © Kristen Earle and Justin Sonnenburg

Nakladatelství ani autoři prostřednictvím této knihy neposkytují individuálnímu čtenáři žádné odborné rady ani služby. Myšlenky, postupy a doporučení uvedená v této knize nenahrazují návštěvu lékaře. Všechny záležitosti spojené s vaším zdravím vyžadují lékařský dohled. Autoři a nakladatel nejsou odpovědní za jakékoli škody či ztráty považované za vzniklé na základě informací nebo doporučení v této knize.

Překlad Filip Drlík

Odpovědná redaktorka Vendula Kůrková

Redakční spolupráce Tomáš Baránek, Vít Šebor, Pavel Polák,

Michaela Němcová

Sazba a grafická úprava David Dvořák

Jazyková korektura Vilém Kmuniček

Obálka Alex Gutrai

Tisk a vazba PBTisk, a. s., Příbram

Vydání první

Jan Melvil Publishing, 2016

melvil.cz

mikrobiota.cz

Chyby a připomínky: nelibisemi@melvil.cz

Pochvaly a recenze: melvil.cz/kniha-zdrava-streva nebo libisemi@melvil.cz

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

Knihy vyšla také elektronicky.

ISBN 978-80-7555-999-9

VĚNOVÁNO NAŠIM DCERÁM, CLAIRE A CAMILLE,  
které nám poskytly inspiraci k napsání této knihy,  
a  
bilionům mikrobiálních obyvatel našich těl – necht' nám vaše  
tajemství obohacují životy i v budoucnosti.



---

## OBSAH

---

Předmluva	9
Úvod	12
1   Co je mikrobiota a proč bychom se o ni měli zajímat?	19
2   Partáci na celý život	41
3   Nastavení imunitního systému	63
4   Dočasní spolubydlíci	84
5   Biliony hladových krků	107
6   Šimrání v břiše	130
7   Léčivý koktejl	152
8   Stárnoucí mikrobiota	172
9   Kontrola vnitřního kvašení	190
Jídelníčky a recepty	206
Poděkování	240
Příloha	242
Poznámky	244
Bibliografie	259
Rejstřík	269



---

## PŘEDMLUVA

---

Andrew Weil, MD

V polovině 60. let 20. století jsem se na lékařské fakultě dozvěděl, že lidské tlusté střevo obsahuje obrovské množství bakterií nezbytných pro správné trávení a asimilaci živin. Zároveň jsem zjistil, že delší užívání antibiotik může vést k přemnožení nežádoucích organismů a může tak narušit rovnováhu v tomto orgánu. Když v té době někdo jedl jogurty nebo polykal acidofilní potravinové doplňky pro lepší zažívání, byl hned označen za „blázna do zdravé výživy“. Naprostá většina zdravotnických institucí věřila, že střevní mikroflóra\* nemá mimo zaživací trakt žádný význam. Tehdy neexistoval koncept lidského mikrobiomu sestávajícího ze všech mikroorganismů v těle a na pokožce, jejichž celkový objem DNA přesahuje velikost lidské DNA.

Dnes je však výzkum lidského mikrobiomu jednou z nejpoužívanějších oblastí lékařské vědy. Přináší skutečnou revoluci v našem chápání fyziologie a nabízí úžasný příslib optimalizace zdraví

---

\* Se slovem mikroflóra se v současnosti už příliš často neseťkáte. Jak zjistíte v dalších kapitolách, vědci a lékaři dnes užívají pojem mikrobiota (popř. mikrobiom), který je přesnější a nevztahuje se pouze na střevní „flóru“, ale na všechny organismy přítomné v zaživacím ústrojí.

a nových způsobů léčby chorob. Druhy bakterií a hub, které sídlí v našich střevech, mohou řídit naše interakce s prostředím a ovlivňovat vznik alergií a autoimunity. Mohou rozhodovat o tom, zda budeme trpět obezitou nebo cukrovkou. Mohou reagovat na umělá sladidla a u některých jedinců tak způsobit vznik inzulinové rezistence a přibývání na váze. Mohou dokonce ovlivnit psychické funkce a citovou stabilitu.

Poprvé jsem se o novém pohledu na mikrobiom doslechl od jednoho z autorů této knihy, od Justina Sonnenburga. On a jeho žena Erica jsou předními výzkumníky v oboru a vedou vlastní laboratoř na katedře mikrobiologie a imunologie Lékařské fakulty Stanfordovy univerzity. V roce 2013 jsem Justina požádal, aby přednášel na desáté výroční Konferenci o výživě a zdraví organizované Centrem integrační medicíny pod Arizonskou univerzitou. Konference se uskutečnila v Seattlu a zúčastnily se jí stovky lékařů, dietologů a dalších zdravotnických pracovníků. Justinova přednáška byla nejen pro mě zlatým hřebem celé události. Předal nám nadšení z objevů spojených s lidským mikrobiomem a navrhl také řadu odpovědí na mé otázky ohledně nemocí, které jsou nyní na vzestupu.

V Severní Americe a v dalších rozvinutých částech světa se zvýšil výskyt astmatu, alergie a autoimunity. Proč je dnes alergie na arašidy o tolik častější než v padesátých letech, v době mého dětství? A jak můžeme vysvětlit tak výrazný nárůst citlivosti na lepek?

Poslední otázka mě trápila ze všech nejvíc. Nesnášenlivost lepku je diagnóza založená na výpovědích a zkušenostech pacientů, která není podložena objektivními testy. Přesto se objevuje čím dál více lidí, u nichž se symptomy přestanou po vysazení lepku projevovat a po opětovném zavedení do stravy se zase objeví. Zcela odmítám názor, že obiloviny obecně a pšenice konkrétně jsou špatné potraviny. Pochybuji o argumentu, že pšenice se po genetické stránce za posledních pár let změnila natolik, aby byla příčinou nesnášenlivosti lepku. Tento jev se pravděpodobně nejvýrazněji projevuje u obyvatelstva Severní Ameriky. V Číně i v Japonsku se izolovaný lepek podává ve většině restaurací – v pokrmech, jako je lepek s omáčkou z černých fazolí nebo sladkokyselý lepek. Ani v jedné



z uvedených zemí se citlivost na tuto bílkovinu nevyskytuje. Co se v Severní Americe změnilo? Jak to můžeme vysvětlit?

Díky Justinu Sonnenburgovi jsem pochopil, že na vině jsou pravděpodobně změny našeho mikrobiomu. Za posledních pár desítek let se na střevní mikroflóře jedinců v naší populaci výrazně podepsaly čtyři hlavní faktory. Jsou to: 1. rostoucí spotřeba průmyslově zpracovaných potravin, 2. nadužívání antibiotik, 3. znepokojivý nárůst porodů císařským řezem, 4. pokles počtu kojících matek. V této knize se dozvíte, jak každá z těchto skutečností přispěla k drastickým změnám lidského mikrobiomu. Tyto změny by mohly být zodpovědné za rostoucí výskyt různých chronických zdravotních potíží, jako je například autismus, deprese a další psychické/emoční poruchy.

Sonnenburgovi také rozebírají možnosti využití mikrobiomu v nové diagnostické metodě a zamýšlejí se nad velice závažnou otázkou, zda (a jak) můžeme upravit svůj mikrobiom a snížit tak zdravotní rizika a upevnit své zdraví. Odpověď na tuto otázku se u každého jedince liší a vyvíjí se s věkem. Měli bychom brát probiotické doplňky stravy? Fungují? Které jsou nejúčinnější? A co kvašené potraviny, které tvoří tak velkou část stravy obyvatel východní Asie? (Věřím, že bychom jich měli vyrábět a jíst víc.) Tato kniha vám poradí, jak se v těchto otázkách můžete rozhodnout.

Považuji Zdravá střeva za zásadní četbu pro všechny zdravotníky a obecně pro všechny, kdo se snaží pochopit širší souvislosti ohledně zdraví a duševní pohody. Jsem si jistý, že se také nadchnete pro nové objevy o mikroorganismech, které jsou naší nedílnou součástí.

Tucson, Arizona  
Říjen 2014

---

## ÚVOD

---

Všichni víme, že naše zdraví z velké části předurčují geny. Jsme si také vědomi, že své zdraví můžeme zlepšit správnou stravou, cvičením a omezením stresu. Není však zcela jasné, jak bychom to přesně měli dělat. Mnoho dobře míněných zdravotních programů se soustřeďuje výhradně na redukci váhy nebo kardiovaskulární zdraví. Co kdyby však existoval další klíč k celkovému zdraví, druhý, tvárný genom, který by mohl ovlivnit naši váhu, náladu a dlouhodobou tělesnou i duševní pohodu? Co kdybychom tento genom mohli upravit velice konkrétními (a často překvapivými) změnami životního stylu? Tento druhý genom existuje. Patří bakteriím sídlícím v našich střevech a v mnoha ohledech hraje zásadní roli v našem celkovém zdraví. Na povrch začínají vycházet poznatky o neoddelitelném spojení našeho zdraví a nemoci se společenstvím mikrobů známým jako mikrobiota. Naš pohled na to, co znamená být člověkem, se radikálně mění.

Zatímco se vědci snaží odhalit příčinu rostoucího výskytu převážně západních onemocnění, jako je rakovina, cukrovka, alergie, astma, autismus a zánětlivá onemocnění střeva, začíná být jasné, že mikrobiota hraje důležitou roli při vzniku všech těchto chorob a v mnoha ohledech i v našem zdraví. Naši bakteriální obyvatelé

se nějakým způsobem, přímo i nepřímo, dotýkají všech aspektů naší biologie.

Obyvatelé našich střev se v nás vyvíjeli celá tisíciletí, dnes ale musejí čelit novým hrozbám. Moderní doba změnila způsob našeho stravování (nadměrně zpracované, vysokokalorické, průmyslově vyrobené potraviny) a životního stylu (domovy sterilizované antibakteriálními čisticími prostředky a nadužívání antibiotik). Tyto změny představují pro naši střevní mikrobiotu hrozbu.

Náš zažívací trakt je mnohem víc než jen shluk buněk obklopujících posledních pár snědených jídel. Obsahuje i velice početné společenství bakterií a dalších mikrobů. Přestože se celý povrch našeho těla, všechny otvory a dutiny hemží mikroby, naprostá většina z nich sídlí v tlustém střevě. Tyto bakterie mimo jiné chemicky rozkládají a konzumují nestravitelnou vlákninu a přeměňují ji na sloučeniny, které dokážeme vstřebat. Některé z nich jsou pro naše zdraví velice důležité a představují jedinou možnost, jak získat živiny z těžko stravitelné dietní vlákniny. Rozhodneme-li se o své střevní bakterie pečovat, aby produkovaly sloučeniny, které naše tělo potřebuje, prokážeme svému zdraví lví službu.

Střevní mikrobiota řídí náš imunitní systém více, než jsme kdy čekali. Na imunitním systému naše zdraví stojí a padá. Funguje-li dobře, dokážeme efektivně bojovat proti infekcím a likvidovat choroby v samém zárodku. Když nepracuje optimálně, může to vést k mnoha onemocněním. Jsou-li střevní bakterie zdravé, je pravděpodobné, že náš imunitní systém funguje dobře. Když nejsou zdravé, hrozí nám větší riziko autoimunitního onemocnění a rakoviny. Chemické látky produkováné mikrobiotou mohou mít dopad na míru zanícení – naši obrannou reakci na zranění nebo možnou hrozbu projevující se otokem, zarudnutím a podrážděním – našeho střeva a v celém těle. Zánět pak může spustit celou lavinu dalších zdravotních potíží.

Některé z chemických látek vytvářených mikrobiotou dokonce komunikují přímo s naší centrální nervovou soustavou přes osu mozek–střevo. O této komunikaci se dozvídáme stále nové poznatky. Osa mozek–střevo má obrovský vliv na náš zdravotní stav,

a rozhodně nás tedy jen neinformuje o tom, kdy se máme najít. Střevní bakterie mohou ovlivnit naši náladu a chování a upravit průběh některých neurologických stavů.

Spojení s mikroby začíná u každého z nás při narození. Přestože je matčino lůno sterilní prostředí, po příchodu do vnějšího světa začnou mikrobi velice rychle kolonizovat panenské území. Tyto mikroorganismy pocházejí od naší matky, přátel a členů rodiny a také z prostředí. Jak jednou prohlásil významný biolog Stan Falkow: „Svět je pokrytý vrstvou výkalů.“ Nebo, chcete-li, je pokrytý vrstvou bakterií. To není nic špatného. Až si vaše malé dítě příště strčí do pusy nějakou novou věc, tak mu ji neberte (pokud se s ní nemůže zadusit) a nesterilizujte. Místo toho se zamyslete, jak mu ta nová vrstva bakterií utváří mikrobiotu. Naše mikrobiální společenství se v průběhu života formují například podle toho, jestli jsme přišli na svět přirozenou cestou, nebo císařským řezem, jestli nás matky kojily, nebo krmily umělým mlékem. Rozhoduje také to, jak často bereme antibiotika, jestli vlastníme psa a co jíme.

Nepopíratelné důkazy o obrovském významu těchto bakterií pro naše zdraví poukazují na to, že všechna rozhodnutí týkající se životního stylu, léků a stravy musíme provádět s velkým ohledem na následky pro naše střevní mikrobioty. Technologie sekvenování DNA přináší v jednadvacátém století detailní pohled na více než dva miliony mikrobiálních genů v naší mikrobiotě – které souhrnně označujeme jako *mikrobiom*. Už dnes se podařilo zjistit několik pozoruhodných faktů. Za prvé, mikrobiota mající takový dopad na predispozice k určitým chorobám je stejně jedinečná jako otisk prstu. Za druhé, mikrobiota může být poškozená, což může vést ke vzniku chorob a stavů, jako je například obezita, které jsme kdysi přisuzovali výhradně životnímu stylu. A za třetí, díky způsobilosti mikrobioty ke změnám můžeme v průběhu života měnit své celkové zdraví.

Porozumění mikrobiotě a řádná péče o ni má zásadní význam pro dobrý zdravotní stav. Díky těmto novým zjištěním můžeme zodpovědět řadu otázek, například: Jak můžeme mikrobiotu řídit u dětí hned od narození, aby byla v průběhu života co nejzdravější? Jak můžeme optimalizovat vlastní mikrobiotu v dospělosti,

posílit si tak imunitní systém a snížit riziko vzniku autoimunitních onemocnění a alergií? Když už nemáme na výběr a musíme brát antibiotika, jak můžeme znovu získat vzkvétající mikrobiotu? Jak můžeme zmírnit úbytek druhů v mikrobiotě s věkem? Jak najdeme správnou kombinaci mikrobů pro své vlastní střevo?

Máme sice ještě co objevovat, ale v posledním desetiletí se naše chápání společenství mikrobů a jejich vlivu na lidské zdraví a nemoci radikálně zvýšilo. Před deseti lety bylo jasné, že mikrobiota představuje důležitou a velice chabě zmapovanou součást lidské biologie. Hojnost nezodpovězených otázek představovala plodnou oblast pro vybudování kariéry v oblasti biomedicíny. Bylo jisté, že toto téma se stane stěžejním v mnoha aspektech lidského zdraví.

Naše střevo je domovem více než 100 bilionů bakterií. Kdybyste je všechny seřadili vedle sebe, dosáhly by až na Měsíc.\* Najdeme je v celém našem zažívacím traktu. Podle toho, o jaký druh jde, se mohou rozhodnout žít v žaludku (většina to však neudělá, protože jsou tam drsné a kyselé podmínky) nebo v tenkém střevu, ale téměř všechny se usadí v tlustém střevě. V něm pospolu žijí stovky druhů bakterií, jejichž počet sahá do řádu bilionů, v hustotě 500 miliard buněk na kávovou lžičku obsahu střeva.

Naše střeva tedy zcela zjevně netrpí žádným nedostatkem bakterií, a proto bude možná těžké uvěřit následujícímu tvrzení. Naše střevní bakterie patří na seznam ohrožených druhů. Ve střevě průměrného dospělého Severoameričana sídlí přibližně 1 200 různých druhů bakterií. Může nám to připadat jako hodně, zvažme ale, že průměrný jihoamerický indián žijící v Amazonii nebo Venezuele v sobě nosí zhruba 1 600 druhů, tedy o celou třetinu více. Podobné je to i s ostatními skupinami lidí, které se svým životním stylem a skladbou potravy podobají našim pradávným předkům. Také

---

\* Autoři vycházejí z údajů, které byly v době psaní knihy považovány za správné. V současnosti však vědci zjišťují, že doposud odhadovaný poměr bakteriálních buněk vůči lidským buňkám 10:1 neodpovídá skutečnosti. Podle předběžných závěrů je poměr 1,3:1. Přesná čísla však ještě nebyla s jistotou potvrzena. Pozn. red.

mají více různých druhů střevních bakterií než Američané. Proč se to děje? Naše průmyslově zpracovaná západní potrava, nadužívání antibiotik a sterilní domovy ohrožují zdraví a stabilitu obyvatel našich střev.

Kdyby vaše střevní bakterie mohly vejít do průměrného supermarketu pro něco k snědku, bylo by to podobné, jako kdyby se člověk snažil najít jídlo v domácích potřebách. Stojany se sladkostmi u pokladny se nepočítají, protože nejsou naplněné jídlem, ale „jídlo připomínajícími substancemi“, jak velice trefně podotkl Michael Pollan. Naše střevní bakterie vinou moderní skladby potravy umírají hlady. K tomu ještě párkrát do roka dostaneme předepsaný jed na střevní bakterie neboli antibiotika, jak se jim říká častěji. A jako třešničku na dortu utrácíme téměř sedm set dolarů ročně za domácí čisticí prostředky a sterilizujeme své domovy jako operační sály. A ještě bychom měli zmínit ty všudypřítomné lahvičky s dezinfekcí na ruce, které najdete u vchodu do každého supermarketu, na přepážce v knihovně a dokonce občas visící i na školních aktovkách.

Nemůžeme s jistotou vědět, kam nás tato cesta vede. Budeme mít v blízké budoucnosti polovinu druhů bakterií ve srovnání s našimi předky, nebo dokonce i méně? A jestli ano, co to pro nás bude znamenat? Účinky moderního životního stylu se na našem zdraví již začaly projevovat vzestupem obezity, cukrovky a autoimunitních onemocnění. Takové problémy ve společnostech s rozmanitou mikrobiotou obvykle nenajdeme. Budou tyto choroby čím dál tím častější? Začnou se projevovat v průběhu života dříve? A až se svět přizpůsobí životnímu stylu škodlivému pro mikrobiotu, rozšíří se po celé planetě? Je možné, že vymřou druhy střevních bakterií, které mají obrovský přínos pro naše zdraví. Nebo mohou být tak vzácné, že naše mikrobiota přestane připomínat mikrobiotu prvních zástupců našeho živočišného druhu. Možná se to už do jisté míry stalo.

Ze Spojených států se stal národ závislý na nezdravém jídle. Mladí Američané tuto nesmírně nebezpečnou situaci vnímají již od dětství jako normální. Stávají se tak nicnetušícími oběťmi našeho životního stylu poškozujícího mikrobiotu, a trpí proto nemocemi a zkracují délku svého života.

My jako vědci píšeme o výzkumu mikrobioty své práce, tímto způsobem se ale informace k širší veřejnosti dostávají velice těžko. Jinými slovy, je to tak trochu pro geeky. Vědci se učí uvažovat skepticky. Proto nemáme v povaze uveřejňovat jakákoli doporučení, dokud neprojdou dvojitě zaslepenou placebem kontrolovanou studií. Naše rodina však už před nějakou dobou upravila svou stravu a životní styl podle poznatků z naší i z jiných laboratoří studujících mikrobiotu. Když naše dcery rostly a my jsme se setkávali s dalšími rodinami s malými dětmi, zjistili jsme, že se rodiče snaží rozumně rozhodovat o jejich stravě. Nikdo z nich však nebral v potaz klíčovou součást zdraví – vývoj mikrobioty dětí. Jak by však mohli, když neměli k dispozici žádné informace? Věděli jsme, že máme jedinečný náhled na biologii zažívacího traktu a mikroby v něm a uzpůsobili jsme mu svá rozhodnutí ohledně stravy v naší rodině. Kromě toho jsme se snažili kontrolovat náš životní styl i v dalších ohledech.

Do psaní této knihy jsme se pustili s nadějí, že laikům poskytneme všechny zásadní informace k tomu, aby se vyznali ve smřšti všech nových poznatků z výzkumu mikrobioty. Pomocí dostupných aktuálních dat jsme sestavili praktické rady a doporučení pro rozhodování ohledně stravy a životního stylu. Naším cílem bylo vytvořit postup, díky němuž můžete optimalizovat své zdraví a přitom se zaměřit na entitu ležící v samotných základech naší biologie – na střevní mikrobiotu.

Knihu jsme koncipovali tak, aby vás provedla nejzajímavějšími a nejrelevantnějšími poznatky v našem oboru a popsala vám jejich dopady v průběhu lidského života. Podíváme se na to, co vlastně mikrobiota je a jakým způsobem nás osídlila, jak ji můžeme živit, jak úžasné má vlastnosti, jak slibnou budoucnost má další výzkum na tomto poli, jak mikrobiota stárne a jak se o ni v průběhu života starat.

Po krátkém úvodu do mikrobioty vysvětlíme vývoj střevní mikrobioty. Začneme naším sterilním trávicím ústrojím před narozením a následně se zaměříme na dětství. V této části se dozvíte, jak můžete dětem při přechodu na pevnou stravu vštípit návyky prospěšné pro mikrobiotu. Jde o zcela zásadní informace pro

čerstvé nebo nastávající rodiče. Pozdější kapitoly se zabývají spojeními vytvořenými mezi naší mikrobiotou a imunitním systémem a metabolismem. Povíme si, jak moderní společnost zanedbává péči o střevní mikrobiotu. Probereme způsoby, jakými můžeme změnit stravu a životní styl a podpořit tak mikrobiotu a bojovat proti vzniku chronických chorob. Zmíníme i vzrušující spojení mezi střevní mikrobiotou a mozkem a představíme vám nejnovější poznatky v rychle rostoucím výzkumu dávajícím do souvislosti mikrobiotu s náladou a chováním. V sedmé kapitole popíšeme nejnovější vývoj v léčbě problematické mikrobioty k obnovení zdraví a probereme zárnou budoucnost této nové oblasti terapie. V osmé kapitole se zabýváme nedávno zdokumentovaným rozkladem mikrobioty během stárnutí a připojujeme návrhy, jak jej co nejvíce zmírnit. Na konci shrneme všechny praktické rady do konkrétního plánu, díky kterému svou mikrobiotu navedete na správnou dráhu a dlouhodobě si zajistíte co nejlepší zdravotní stav. Najdete zde recepty a jídelníčky, které pomohou chutně a zdravě posílit mikrobiotu i zdraví celé rodině, dokonce i těm nejvytíženějším z nás.

Oblast výzkumu mikrobioty je prakticky stále v plenkách, ale již nyní můžeme s jistotou využít naše současné poznatky a řídit podle nich své životní rozhodování. Věříme, že už máme dostatečné množství informací k vyvození obecných doporučení. Je však důležité, aby se jednotlivci před jejich uplatněním poradili se svými lékaři, zejména v případech specifických zdravotních potíží.

Chceme vás také poučit o velice důležité roli tohoto společenství pro naše celkové zdraví. Doufáme, že tato kniha poskytne čtenářům základ pro výklad a pochopení nových objevů a umožní jim tyto poznatky zařadit do rozhodování o stravě a životním stylu. Lidský genom je před narozením pevně daný – mikrobiom oproti němu můžeme celý život upravovat pomocí vlastních strategických rozhodnutí. Tvárnost mikrobiomu nám poskytuje obrovskou příležitost upravit jej tak, aby optimalizoval naše zdraví.

Jako složené organismy sestávající z lidské a mikrobiální části si musíme uvědomit, že jsme s nimi neoddělitelně spjati. Mikrobi jsou našimi celoživotními partnery. Budeme-li je živit a pečovat o ně, na oplátku ochrání svůj domov – lidské tělo.



---

## CO JE MIKROBIOTA A PROČ BYCHOM SE O NI MĚLI ZAJÍMAT?

---

### SVĚT MIKROBŮ

Rádi věříme tomu, že světu vládnou lidé. Náš druh vytvořil složitá společenská zřízení, vybudoval velkolepá města a zplodil úžasná umělecká díla a klenoty hudby a literatury. Projevy lidské činnosti na této planetě jsou všudypřítomné – mnoho dálnic, přehrad a osvětlených panoramat je dokonce vidět z vesmíru! Na Zemi máme nepochybně velký vliv, ale pravda je taková, že lidé jsou relativně novými a nepříliš početnými obyvateli naší planety. Žijeme ve světě mikrobů. Země je pokrytá mikroorganismy, neboli mikroby, již celé miliardy let. Mezi mikroby patří veškerý mikroskopický život, jako jsou například bakterie a archea. Na jedné ruce nosíme víc mikrobů, než kolik je lidí na světě. Kdybyste dali dohromady všechny bakterie na Zemi, vznikla by biomasa větší než všechny rostliny a zvířata dohromady. (Uložte si tento obrázek do paměti, budete ho potřebovat, až vám o pár stránek dál popíšeme, jaké následky má naše antibiotické tažení proti mikrobům.) Podle jednoho odhadu je na Zemi celkem 5 trilionů bilionů (nebo správněji 5 kvintilionů)

mikrobů. Chcete-li si to napsat, začněte pětkou a dejte za ni třicet nul.

Bakterie jsou všude; ve studených temných jezerech pohřbených kilometr pod antarktickým ledem, v hydrotermálních průduších o teplotě přesahující 93 °C a také ve vašem hrdle, které se vám stáhlo při představě tolika bakterií. Najdeme-li vůbec někdy mimozemský život, je pravděpodobné, že to budou mikrobi. (Právě proto je jedním z úkolů roverů na Marsu hledat známky prostředí schopného podporovat mikrobiální život.) Jednobuněční mikrobi jsou tu více než 3,5 miliardy let a jsou tak nejstarší formou života na Zemi. Pro srovnání – lidé se objevili teprve před 200 tisíci lety. Kdybyste znázornili historii Země na jednom 24hodinovém dni, události by postupovaly takto – o půlnoci vznikla Země, mikrobi se objevili krátce po čtvrté hodině ráno a lidé teprve pár vteřin před půlnocí. Bez mikrobů by lidé neexistovali, ale kdybychom všichni najednou zmizeli, mikrobi by to nijak nezaregistrovali.

Ačkoli nám mohou připadat jako primitivní organismy, dnešní mikrobi jsou produktem miliard let evoluce. Jsou tedy stejně vyvinutí jako my. Zamyslíme-li se však nad obrovským počtem generací, kterými mikrobi prošli (rozmnožují se v řádu minut až hodin), můžeme prohlásit, že se současnému prostředí přizpůsobili lépe než lidé. Vezměte si například houby, které se rozmnožily v okolí černobylské jaderné elektrárny. U těchto mikrobů se během pouhých pár desetiletí vyvinula schopnost těžít energii z radiace. Kdyby naši planetu zasáhla obrovská katastrofa, některé druhy mikrobů by se pravděpodobně dokázaly rychle přizpůsobit novému prostředí a množit se v něm. Lidské tělo se však tak snadno adaptovat nedokáže.

Pro mikrobi představuje každé novorozeně čerstvé prostředí k osídlení. Vzhledem k tomu, že mikrobů je tolik a dokážou se bleskově aklimatizovat v nových prostředích, okamžitě se usídlí i ve všech tělech na planetě – lidských i ostatních. Nacházejí domov v pokožce, uších, ústech a každém otvoru na našem těle, včetně celé trávicí soustavy, kde jich žije většina. Mikrobi, kteří nás obývají, na začátku sice pouze hledali potravu a úkryt,

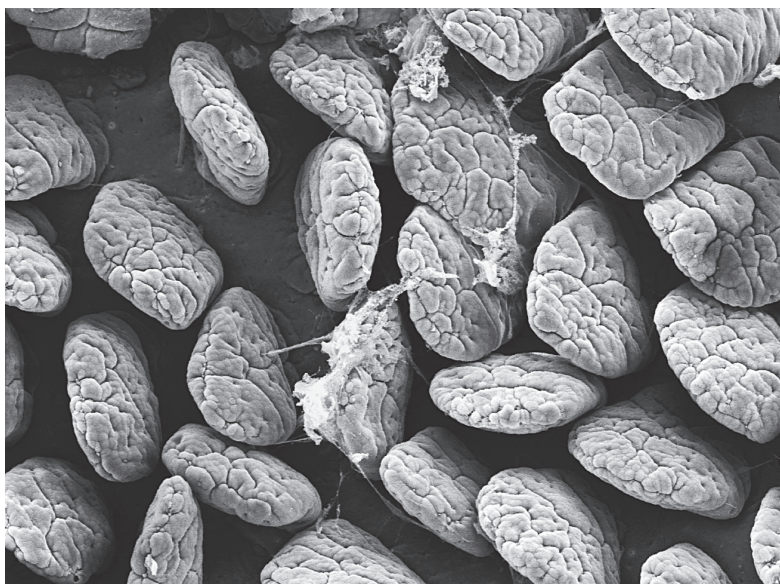
v průběhu naší společné evoluce se z nich však stala nezbytná součást naší biologie.

## TRUBICE PLNÁ BAKTERIÍ (ALIAS LIDSKÉ TĚLO)

Lidské tělo je ve své podstatě vysoce důmyslná trubice s ústí na jednom konci a konečníkem na druhém. Uvnitř této trubice se nachází zažívací trakt neboli střeva. Jak uvedla Mary Roachová ve velmi zábavné knize *Gulp: Adventures on the Alimentary Canal* (Chlamst: Dobrodružství v zažívacím traktu), z tohoto pohledu jsme dost podobní žížalám. Potrava vstoupí jedním koncem, při průchodu trubicí se stráví a nakonec dojde k jejímu vyloučení na druhé straně. Než začnete klesat na duchu kvůli tomu, jak je naše trávicí soustava „nesofistikovaná“, uvědomte si, že trubice se dvěma otvory představovala oproti původní trubici s jedním otvorem velký pokrok. Hydra, mikroskopický organismus žijící ve sladkovodních rybnících, má pouze ústa. To znamená, že k příjmu potravy a k vylučování používá jeden a týž otvor. Naše „trubice“ najednou zas tak hrozná není, že?

Na rozdíl od žížaly má naše trubice řadu nezbytných doplňků, které se vyvinuly k tomu, aby ji vyživovaly a chránily. Paže a ruce slouží k podávání a uchopení potravy, ke krmení naší trubice. Vyvinuli jsme si nohy a chodidla, abychom se mohli přesouvat a hledat další jídlo pro trubicí. Všechny naše smysly a náš neskutečně složitý mozek můžeme považovat za „bonusy“ umožňující nám získat víc potravy pro trubicí, chránit ji před újmou a množit se – tedy vyrábět další trubice. Ty představují nová prostředí k osídlení neustále rostoucím množstvím bakterií.

Přestože mají mikrobi sídlící v našich střevech velký vliv na trávení, potrava se s nimi pořádně setká až potom, co projde většinou zažívacího traktu. Požitě jídlo cestuje skrz jícnem do žaludku, kde přistane v koupeli z kyseliny a enzymů, které zahajují proces trávení a vstřebávání živin. Zhruba po třech hodinách mechanického míchání v drsném kyselém prostředí bez jakýchkoli mikrobů se natrávené jídlo pomalu vyprázdní do tenkého střeva. To je místo, v němž trávicí soustava skutečně začíná připomínat trubicí. Tato



*Mikroskopický snímek klků v tenkém střevě myši.* © JUSTIN SONNENBURG, JAIME DANT, JEFFREY GORDON

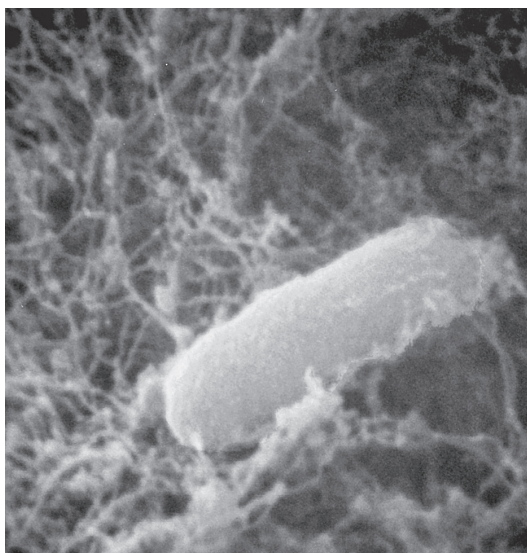
pružná hadice je zhruba 5–6 metrů dlouhá, 3–3,5 centimetru široká a v našem těle je poskládaná jako talíř špaget. Zevnitř je tenké střevo pokryté výběžky prstovitého tvaru – takzvanými klky – které urychlují vstřebávání a odvod živin do krevního oběhu.

Slinivka obalí procházející potravu enzymy usnadňujícími trávení zkonsumovaných bílkovin, tuků a sacharidů. V tomto místě, v tenkém střevě, je mikrobů poměrně poskrovnu – *pouze* zhruba 50 milionů bakterií na lžičku obsahu.

Poslední zastávkou na této zhruba padesátihodinové cestě je tlusté střevo, kterým potravina prochází šnečím tempem. Není tak dlouhé jako tenké střevo, v průměru měří 1,5 metru. Je však širší (jak ostatně napovídá jeho název), jeho průměr dosahuje 5–7 centimetrů. Vnitřní povrch tlustého střeva pokrývá vrstva vazkého hleunu. Právě zde se zbytek sněžené potravy poprvé setká s obrovským a neustále hladovým společenstvím mikrobů, které označujeme slovem mikrobiota. (Tlusté střevo obsahuje nejméně desettisíckrát více bakterií na lžičku obsahu než tenké střevo.) Střevní bakterie

žijí ze zbytků (a vlastně se jim díky nim i daří), především ze složitých rostlinných polysacharidů známých jako vláknina. Pokud bakterie něco nezkonsumují (nebo nemohou zkonsumovat), například semínka nebo slupky kukuřičných zrn, tělo tyto nestrávené kousky vyloučí po 24 až 72 hodinách od počátečního vstupu do jícnu. Společně s tímto odpadem se vyloučí i mnoho bakterií – některé mrtvé, jiné živé. Bakterie tvoří zhruba polovinu celé stolice, ale ve střevech jich pořád zůstává hodně – aby naše trubice zůstala hustě osídlená. Někteří přeživší mikrobi se mohou rozšířit do blízkého vodního zdroje a najít si tak nový domov v trubici někoho jiného – to záleží na sanitačních a dezinfekčních opatřeních po spláchnutí.

Jak se ale všechny ty bakterie vlastně dostaly do našeho trávicího systému? Často si své útroby představujeme jako něco, co je... zkrátka... uvnitř nás. Pravda je ale taková, že útroby našich střev



*Snímek příslušníka lidské mikrobioty zanořené v hlenu, pořízený elektronovým mikroskopem. © JUSTIN SONNENBURG, JAIME DANT, JEFFREY GORDON*

jsou vystavené vnějšímu prostředí stejně jako povrch naší pokožky. Tak už trubice zkrátka fungují. Díky opakovanému vystavení mikrobům v našem okolí (na našich rukou, v potravě a na domácích zvířatech) do naší trubice neustále pronikají mikrobi. Někteří zase vyjdou ven, ale někteří v nás zůstanou na celé roky nebo dokonce po celý život.

I když je mikrobů v tlustém střevě tolik, rozhodně nemají lehký život. Nejprve musejí ustát kyselinovou koupel v žaludku a nakonec si musejí najít příbytek v temné vlhké jeskyni (v našich střevech), kterou už obývá více než tisíc různých druhů. Potrava do této jeskyně pravidelně přichází sama, ale bitva o zdroje ve střevě je nelítostná. Přežití mikrobů závisí na tom, podaří-li se jim ukořistit co nejvíce potravy předtím, než se k ní dostanou ostatní. V období mezi jednotlivými chody někteří mikrobi přežívají díky tomu, že požívají vrstvu hlenu pokrývající vnitřní povrch střeva.

Střevní mikrobi o svůj život museli bojovat odjakživa, ale nikdy to pro ně nebylo tak těžké jako v současném západním světě.

## ZŘÍCENÝ LETOUN ZÁPADNÍ MIKROBIOTY

Představte si, že byste letadlo viděli poprvé v životě na fotografii jeho troskek po zřícení. Bez znalostí o letectví by bylo velice těžké zjistit, jak vypadalo před havárií. V podobné situaci se nacházejí vědci, když se snaží pochopit fungování lidské mikrobioty. Naprostá většina výzkumu mikrobioty byla provedena na lidech ze Spojených států a Evropy, na jedincích, kteří jsou predisponovaní k západním nemocem. Při srovnávání mikrobioty lidí trpících závažným onemocněním střev (IBD) s mikrobiotou zdravých jedinců jsou si výzkumníci vědomi skutečnosti, že „zdraví jedinci“ nemusejí být dobrým příkladem zdravé mikrobioty, protože žijí západním způsobem života. Riziko vzniku IBD se vztahuje na každého, kdo žije v moderní společnosti. Tito lidé nemusejí trpět IBD, ale jejich mikrobiota už může být v nezdravém stavu směřujícím k rozvoji choroby v relativně blízké budoucnosti. Je to stejné, jako kdybychom srovnávali nachlazeného člověka s horečkou a kašlem

s někým, kdo má horečku, ale zatím nekašle. V takovém scénáři by se nám mohlo zdát, že mít horečku je normální (dokonce i „zdravý“ člověk má horečku), ale kašel už je problém. Naše definice „zdravé“ mikrobioty vychází ze studia Američanů a Evropanů, a je tedy pravděpodobné, že náš pohled na to, co je normální, je silně zkreslený.

Od zrození lidstva až do doby před zhruba 12 tisíci lety (časové rozpětí zhruba 200 tisíc let) získávali lidé většinu potravy výhradně prostřednictvím lovu a sběru. Strava pravěkých lidí se skládala z kyselých planých rostlin bohatých na vlákninu a z libové zvěřiny nebo ryb. Počátek zemědělství předznamenal velkou změnu lidského stravování. Běžnou potravou našeho druhu se staly domestikované ovoce a zelenina (vyšlechtěné tak, aby byly sladší a šťavnatější, s menším obsahem vlákniny), obilím krmená zvířata a živočišné produkty (jako je mléko) a vyšlechtěné zemědělské plodiny (rýže, pšenice). Průmyslová revoluce přinesla v posledních 400 letech bezprecedentní a náhlou změnu naší stravy – ta se stala čím dál tím více závislou na masově produkováných potravinách. Moderní technologie posledních padesáti let umožnily existenci obchodů plných zdánlivě neomezeného množství průmyslově zpracovaných, přeslazených a velmi kalorických potravin, které byly připraveny o dietní vlákninu a sterilizovány, aby se daly déle skladovat. Jídelníček sestávající z těchto nových potravin představuje obrovský odklon od toho, co lidé jedli po většinu své evoluční historie. Střevní mikrobiota v průběhu lidských dějin řídila tuto stravovací horskou dráhu a neustále se přizpůsobovala všem změnám v potravinářství a ve skladbě potravy. Bohužel se však zdá, že další vývoj směřuje k možné katastrofě.

Jednou z věcí, kterými nás střevní mikrobiota ohromuje, je její schopnost přizpůsobit se změnám ve stravě. Bakterie ve střevě se rychle dělí a jejich počet se zdvojnásobuje každých 30 až 40 minut. Konzumuje-li jedinec pravidelně určitý typ jídla, relativně rychle vzroste počet mikrobů, kterým tato potrava prospívá. Avšak druhy vyžadující jídlo, jež není součástí běžné stravy, mohou být vytlačeny a donuceny k přežívání na intestinálním hleny. V extrémních podmínkách jim může hrozit i vymření. Tato schopnost

přizpůsobení je v biologii známá jako plasticita – a u střevní mikrobioty je nesmírně rozvinutá. Strava našich předků – lovců a sběračů – se měnila s ročními obdobími a jejich mikrobiota se díky plasticitě dokázala přizpůsobit a zajistit maximální přísun živin. Ale znamená to také, že kdysi hojné druhy zvyklé na stravu sběračů zmizely s příchodem moderní stravy. Projevuje se to i naopak. Mikrobi prosperující v prostředí hamburgerů a hranolků začínají postupně tvořit větší část mikrobioty, kterou nazýváme západní mikrobiotou. Tu má ve střevech většina z nás, dokonce i ti, kteří se považují za zdravé. A bohužel pravděpodobně připomíná spíše havarovaný letoun než plně funkční stroj.

Chceme-li zjistit, jak by mohla vypadat plně funkční mikrobiota, můžeme studovat poslední zbývající skutečné lovce-sběrače v Africe, kmen Hadzů. Žijí v kolébce lidské evoluce, ve Velké příkopové propadlině v Tanzánii, v domově nejstarších pozůstatků našich lidských předků, kteří zde žili před miliony let. Jejich strava a mikrobiota se nejvíc blíží našim pravěkým předkům před zrozením zemědělství.



*Děvčátko ze kmene Hadzů s čerstvě uvařenou a oloupanou hlízou rostliny *Vigna frutescens*. © PASCAL GAGNEUX*



Hadzové jedí maso ulovených zvířat, bobule, ovoce a semínka baobabu, med a hlízy – podzemní zásobní orgány rostlin. Ty obsahují tolik vlákniny, že příslušníci tohoto kmene po nějaké době žvýkání musejí vyplivnout chuchvalec nestravitelných vláken. Výzkumníci zabývající se studiem Hadzů odhadují, že konzumují 100 až 150 gramů vlákniny denně. Uvedeme si tato čísla do našeho kontextu – Američané obvykle za den snědí pouze 10 až 15 gramů vlákniny. V porovnání s lidmi ze Západu je mikrobiota Hadzů domovem mnohem rozmanitější komunity mikrobů. Představíte-li si mikrobiotu jako sklenici bonbonů s různými příchutěmi (různými druhy bakterií), mikrobiota lovce-sběrače je jako sklenice s pestrou směsí mnoha barev a příchutí, přičemž některé z nich jsou navíc velice neobvyklé. Ve sklenici zastupující západní mikrobiotu je mnohem méně příchutí a celá směs je jednodušší.

Mikrobiota jedinců žijících tradičním rolnickým stylem života podobným stylu života lidí před 10 tisíci lety také obsahuje rozmanitější sbírku mikrobů než střeva lidí ze Západu. Tyto rozdíly mezi Západem a tradičním způsobem stravování se nevztahují pouze na mikrobiom dospělých. Děti z rolnické osady v Burkina Fasu a z bangladéšských slumů mají také mikrobiotu vypadající jinak než mikrobiota jejich vrstevníků v Evropě a Americe. Podobně jako v případě dospělých, i děti ze Západu mají ve střevech méně rozmanité společenství mikrobů než děti žijící tradičním rolnickým způsobem života. Stále větší množství důkazů prozrazuje, že západní mikrobiota hostí méně rozmanitou komunitu mikrobů oproti mikrobiotě ve střevech lidí, kteří nejedí téměř žádné nebo žádné průmyslově zpracované potraviny, nedostávají každoročně několik dávek antibiotik a nenosí s sebou dezinfekční gely na ruce.

Rozmanitost je důležitá. V případě střevního ekosystému může chránit systém před zhroutilím. Představte si ekosystém zahrnující mnoho druhů hmyzu a ptáků. Když zmizí jeden druh hmyzu, ptáci si pořád budou moct vybírat (ačkoli jejich výběr bude omezenější). Bude-li však mizet čím dál více druhů hmyzu, ptáci nakonec začnou umírat hladu, a dojde tak k rozsáhlému úhynu druhů v ekosystému. Ekosystému západní mikrobioty tedy vinou

ztráty rozmanitosti hrozí vyšší riziko zhroucení. A takový kolaps může nepříznivě ovlivnit zdraví hostitele tohoto dynamického ekosystému.



Kupte si papírovou nebo elektronickou  
verzi knihy za skvělou cenu na  
[www.melvil.cz](http://www.melvil.cz)