

Helena Tlaskalová-Hogenová, Danka Eklová a kolektiv

Mikrobiom a zdraví



Mutaflor®

Escherichia coli (Nissle 1917)

Vaše volba pro přirozené zdraví střev

Probiotický lék

- profylaxe relapsu ulcerózní kolitidy
- poruchy flóry tlustého střeva a jejich následky
- vhodný pro těhotné a kojící ženy



Zkrácená informace o přípravku MUTAFLOR®

Složení: 1 enterosolventní tvrdá tobolka obsahuje: $2,5\text{--}25 \times 10^9$ CFU *Escherichia coli* (Nissle 1917). **Indikace:** K léčbě dospělých a dospívajících od 12 let. Profylaxe relapsu ulcerózní kolitidy. Poruchy flóry tlustého střeva a jejich následky; průjem, zácpa, meteorismus, colitis, alergie, ekzémy; novotvorba střevní flóry po jejím poškození antibiotiky, sulfonamidy nebo ozářením; uroinfekce. Aktivace obranyschopnosti organismu. **Dávkování a způsob podání:** Dospělí a dospívající od 12 let: 1.–4. den 1 tobolku Mutafloru, pak 2 tobolky denně. Při akutním průjmu: 1. den 3krát denně 2 tobolky a poté pokračovat 2 tobolkami denně (obvykle stačí celkově 20 tobolek). Při zvlášť úporné zácpě lze podávat až 4 tobolky denně. Při profylaxi relapsu ulcerózní kolitidy se doporučuje 1.–4. den podávat 1 tobolku denně, pak 2 tobolky denně. V případě ulcerózní kolitidy existují zkušenosti z kontrolovaných studií s délkou podávání 12 měsíců. K prevenci relapsu ulcerózní kolitidy se má Mutaflor užívat průběžně. Celá denní dávka se podává s jídlem, nejlépe spolu se snídaní, nerozkousaná a zapíjí se dostatečně tekutinou. **Kontraindikace:** Přecitlivělost na kteroukoli složku přípravku. **Zvláštní upozornění:** Nemá. **Interakce:** Antibiotika a sulfonamidy mohou účinnost Mutafloru snížit. **Těhotenství a kojení:** Přípravek mohou užívat těhotné a kojící ženy. **Účinky na schopnost řídit a obsluhovat stroje:** Nemá žádný vliv na schopnost řídit nebo obsluhovat stroje. **Nežádoucí účinky:** Časté: flatulence (na začátku léčby). **Farmakokinetické vlastnosti:** Tobolky jsou acidorezistentně potaženy a rozpouštějí se v terminálním ileu. **Doba použitelnosti:** 1 rok. **Uchovávání:** Uchovávejte v chladničce (2–8 °C). **Velikost balení:** 20 a 100 tobolek. **Držitel rozhodnutí o registraci:** ARDEYPHARM GmbH, Loerfeldstr. 20, 58313 Herdecke, Německo. **Registrační číslo:** 49/442/00-C. **Datum revize textu:** 18. 4. 2019.

Výdej přípravku je vázán na lékařský předpis. V udržovací terapii pacientů s ulcerózní kolitidou je přípravek hrazen z prostředků veřejného zdravotního pojištění. Před předepsáním léku se, prosím, seznamte s podrobnými informacemi v platném Souhrnu údajů o přípravku.

Určeno pro odbornou zdravotnickou veřejnost. Datum přípravy: 10/2024



Distributor v ČR:
S&D Pharma CZ, spol. s r.o.
Pisnická 22, 142 00 Praha 4

www.sdpharma.cz



***Děkujeme společnostem, které v této publikaci inzerují
nebo její vydání jiným způsobem podpořily***
(v abecedním pořadí):

- Bencos s.r.o.
- Bristol-Myers Squibb spol. s r.o.
- Česká mikrobiomová společnost
České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně, z.s.
- DYNEX TECHNOLOGIES, spol. s r.o.
- Ewopharma, spol. s r. o.
- FAVEA Plus a.s.
- Gedeon Richter Marketing ČR, s.r.o.
- Kosmetika CAPRI spol. s r.o.
- STADA PHARMA CZ s.r.o.
- S&D Pharma CZ, spol. s r.o.

Helena Tlaskalová-Hogenová, Danka Eklová a kolektiv

Mikrobiom a zdraví

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **tretně stíháno**.

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice 2019/790/EU a použití této knihy k trénování AI jsou **bez souhlasu nositele práv zakázány**.

prof. MUDr. Helena Tlaskalová-Hogenová, DrSc., MUDr. Danka Eklová a kolektiv

Mikrobiom a zdraví

Editorky:

prof. MUDr. Helena Tlaskalová-Hogenová, DrSc.

MUDr. Danka Eklová

Kolektiv autorů:

MUDr. Václava Adámková, Ph.D.

prof. RNDr. Pavel Anzenbacher, DrSc.

RNDr. Petr Baldrian, Ph.D.

prof. MUDr. Jiří Beneš, CSc.

RNDr. Šárka Bobková, Ph.D.

MUDr. Michaela Brichová

RNDr. Kristýna Brožová

MUDr. Jan Březina, Ph.D.

Mgr. Eva Budinská, Ph.D.

doc. RNDr. Monika Cahová, Ph.D.

MUDr. Jan Cibulka, Ph.D.

RNDr. Štěpán Coufal, Ph.D.

Mgr. Martina Čarnogurská

RNDr. Ondřej Černý, Ph.D.

Mgr. Adéla Čmoková, Ph.D.

doc. MUDr. Pavel Drastich, Ph.D.

MUDr. Danka Eklová

Mgr. Natalie Galanová

doc. MUDr. Jan Gojda, Ph.D.

prof. MUDr. Jarmila Heissigerová, Ph.D., MBA

doc. MUDr. Iva Hoffmanová, Ph.D.

prof. MUDr. Cyril Höschl, DrSc., FRCPsych.

MUDr. Jan Hrbáček, Ph.D.

doc. RNDr. Jiří Hrdý, Ph.D.

MUDr. Tomáš Hrnčíř, Ph.D.

Ing. Tomáš Hudcovic, CSc.

Mgr. Kateřina Chudá

Mgr. Lea Jakob

MUDr. Hana Jeligová

RNDr. Zuzana Jirásková Zákostelská, Ph.D.

MVDr. Kateřina Jirků, Ph.D.

RNDr. Milan Jirků

Mgr. Lenka Jourová, Ph.D.

doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

MUDr. Alena Kokešová, Ph.D., MBA

doc. Mgr. Miroslav Kolařík, Ph.D.

Mgr. Klára Kostovčíková, Ph.D.

RNDr. Hana Kozáková, CSc.

prof. MUDr. Martina Koziar Vašáková, Ph.D.

MUDr. František Kožíšek, CSc.

prof. MUDr. Eva Kubala Havrdová, CSc.

MUDr. Miloslav Kverka, Ph.D.

RNDr. Zuzana Lhotská, Ph.D.

prof. MUDr. Milan Lukáš, CSc., AGAF

Mgr. Alena Moudrá, Ph.D.

doc. Ing. Šárka Musilová, Ph.D.

MUDr. Jaroslav Myšák, Ph.D.

Mgr. Lucie Najmanová, Ph.D.

doc. Ing. Věra Neužil Bunešová, Ph.D.

prof. MUDr. Jiří Nevorál, CSc.

doc. MUDr. Zuzana Ozaniak Strážová, Ph.D.

prof. MUDr. Hana Papežová, CSc., FAED

prof. MUDr. Karel Pavelka, DrSc.

RNDr. Petra Procházková, Ph.D.

doc. MUDr. Filip Rob, Ph.D.

RNDr. Radka Roubalová, Ph.D.

doc. RNDr. Ivan Rychlík, Ph.D.

RNDr. Ing. Daniel Sánchez, Ph.D.

Mgr. Dagmar Schierová, Ph.D.
Mgr. Martin Schwarzer, Ph.D.
MUDr. Markéta Skružná
prof. MUDr. Ilja Stříž, CSc.
RNDr. Petr Šíma, CSc.
RNDr. Marek Šinkora, Ph.D.
RNDr. Milada Šírová, Ph.D.
prof. MUDr. Karel Šonka, DrSc., FCMA
doc. Ing. Bc. Igor Šplíchal, CSc.
RNDr. Dagmar Šrůtková, Ph.D.
prof. MUDr. Jan Štěpán, DrSc.
RNDr. Renata Štěpánková, CSc.

prof. MUDr. Vladimír Tesař, DrSc., MBA,
FASN, FERA, FISN
prof. MUDr. Petra Tesařová, CSc.
prof. MUDr. Helena Tlaskalová-Hogenová, DrSc.
Ing. Jiří Trávníček, CSc.
RNDr. Ilja Trebichavský, CSc.
prof. Ing. Bc. Ondřej Uhlík, Ph.D.
MUDr. Luca Vannucci, Ph.D.
MUDr. Jiří Vejmelka
Mgr. Petra Videňská, Ph.D.
prof. MUDr. Libor Vítek, Ph.D., MBA

Recenzentka:

prof. MUDr. Klára Látalová, Ph.D.

Lékařská fakulta Univerzity Palackého v Olomouci

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

Obrázky dodali autoři. Created in BioRender.com.

Cover Illustration © Danka Eklová, OpenAI. ChatGPT, 2024

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2024

© Grada Publishing, a.s., 2024

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 9841. publikaci

Šéfredaktorka lékařské literatury MUDr. Michaela Lízlerová

Odpovědné redaktorky Eva Frašková a Petra Královcová

Jazyková korektura a redakce Jiřina Vyorálková

Sazba a zlom Vladimír Fára

Počet stran 520

1. vydání, Praha 2024

Vytiskla tiskárna FINIDR, s.r.o., Český Těšín

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-7707-3 (pdf)

ISBN 978-80-271-5192-9 (print)

Seznam autorů

MUDr. Václava Adámková, Ph.D.

Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prof. RNDr. Pavel Anzenbacher, DrSc.

Ústav farmakologie Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

RNDr. Petr Baldrian, Ph.D.

Laboratoř enviromentální mikrobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. MUDr. Jiří Beneš, CSc.

Klinika infekčních nemocí 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Bulovka v Praze

RNDr. Šárka Bobková, Ph.D.

Laboratoř mikrobiální genetiky a genové exprese Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

MUDr. Michaela Brichová

Oční klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

RNDr. Kristýna Brožová

Laboratoř parazitární terapie Parazitologického ústavu Akademie věd České republiky

MUDr. Jan Březina, Ph.D.

Klinika hepatogastroenterologie Institutu klinické a experimentální medicíny v Praze

Mgr. Eva Budinská, Ph.D.

Ústav RECETOX Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně

doc. RNDr. Monika Cahová, Ph.D.

Institut klinické a experimentální medicíny v Praze

MUDr. Jan Cibulka, Ph.D.

Next Fertility centrum (IVF) v Plzni

RNDr. Štěpán Coufal, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Mgr. Martina Čarnogurská

Ústav RECETOX Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně

RNDr. Ondřej Černý, Ph.D.

Laboratoř buněčné biologie infekcí Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Mgr. Adéla Čmoková, Ph.D.

Laboratoř genetiky a metabolismu hub Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

doc. MUDr. Pavel Drastich, Ph.D.

Ambulance biologické léčby Institutu klinické a experimentální medicíny v Praze

MUDr. Danka Eklová

Gedeon Richter Marketing ČR, s.r.o., Praha

Mgr. Natalie Galanová

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

doc. MUDr. Jan Gojda, Ph.D.

Interní klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Královské Vinohrady v Praze

prof. MUDr. Jarmila Heissigerová, Ph.D., MBA

Oční klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. MUDr. Iva Hoffmanová, Ph.D.

Interní klinika 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

prof. MUDr. Cyril Höschl, DrSc., FRCPsych.

Klinika psychiatrie a lékařské psychologie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Národního ústavu duševního zdraví v Klecanech

MUDr. Jan Hrbáček, Ph.D.

Urologické oddělení Fakultní nemocnice Bulovka v Praze

doc. RNDr. Jiří Hrdý, Ph.D.

Ústav imunologie a mikrobiologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Tomáš Hrnčíř, Ph.D.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Ing. Tomáš Hudcovic, CSc.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Mgr. Kateřina Chudá

Pediatrická klinika 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha



Mgr. Lea Jakob

University of New York in Prague

MUDr. Hana Jeligová

Oddělení hygieny vody, Státní zdravotní ústav v Praze

RNDr. Zuzana Jirásková Zákostelská, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

MVDr. Kateřina Jirků, Ph.D.

Laboratoř parazitární terapie Parazitologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Milan Jirků

Laboratoř parazitární terapie Parazitologického ústavu Akademie věd České republiky

Mgr. Lenka Jourová, Ph.D.

Ústav lékařské chemie a biochemie Lékařské fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D.

Interní klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerovy nemocnice v Praze

MUDr. Alena Kokešová, Ph.D., MBA

Klinika dětské chirurgie 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice

doc. Mgr. Miroslav Kolařík, Ph.D.

Laboratoř genetiky a metabolismu hub Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Mgr. Klára Kostovčíková, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Hana Kozáková, CSc.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. MUDr. Martina Koziar Vašáková, Ph.D.

Pneumologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerovy nemocnice v Praze

MUDr. František Kožíšek, CSc.

Oddělení hygieny vody, Státní zdravotní ústav v Praze

prof. MUDr. Eva Kubala Havrdová, CSc.

Neurologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

MUDr. Miloslav Kverka, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Zuzana Lhotská, Ph.D.

Laboratoř parazitární terapie Parazitologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. MUDr. Milan Lukáš, CSc., AGAF

Klinické centrum ISCARE a.s., Praha

Mgr. Alena Moudrá, Ph.D.

Národní ústav duševního zdraví v Klecanech

doc. Ing. Šárka Musilová, Ph.D.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze

MUDr. Jaroslav Myšák, Ph.D.

Stomatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

Mgr. Lucie Najmanová, Ph.D.

Laboratoř biologie sekundárního metabolismu Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

doc. Ing. Věra Neužil Bunešová, Ph.D.

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze

prof. MUDr. Jiří Nevorál, CSc.

Pediatrická klinika 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

doc. MUDr. Zuzana Ozaniak Strížová, Ph.D.

Ústav imunologie 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

prof. MUDr. Hana Papežová, CSc., FAED

Psychiatrická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prof. MUDr. Karel Pavelka, DrSc.

Revmatologický ústav a Revmatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze

RNDr. Petra Procházková, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky



doc. MUDr. Filip Rob, Ph.D.

Dermatovenerologická klinika 2. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Bulovka v Praze

RNDr. Radka Roubalová, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

doc. RNDr. Ivan Rychlík, Ph.D.

Výzkumný ústav veterinárního lékařství v Brně

RNDr. Ing. Daniel Sánchez, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Mgr. Dagmar Schierová, Ph.D.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Oddělení zpracování dat Immunai, New York

Mgr. Martin Schwarzer, Ph.D.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

MUDr. Markéta Skružná

Oddělení klinické mikrobiologie Institutu klinické a experimentální medicíny v Praze

prof. MUDr. Ilja Stríž, CSc.

Pracoviště laboratorních metod a Pracoviště klinické a transplantační imunologie Institutu klinické a experimentální medicíny v Praze

RNDr. Petr Šíma, CSc.

Laboratoř imunoterapie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Marek Šinkora, Ph.D.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Milada Šírová, Ph.D.

Laboratoř nádorové imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. MUDr. Karel Šonka, DrSc., FCMA

Neurologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

doc. Ing. Bc. Igor Šplíchal, CSc.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Dagmar Šrůtková, Ph.D.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. MUDr. Jan Štěpán, DrSc.

Revmatologický ústav a Revmatologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze

RNDr. Renata Štěpánková, CSc.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. MUDr. Vladimír Tesař, DrSc., MBA, FASN, FERA, FISN

Klinika nefrologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prof. MUDr. Petra Tesařová, CSc.

Ústav radiační onkologie 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice Bulovka v Praze

Onkologická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

prof. MUDr. Helena Tlaskalová-Hogenová, DrSc.

Laboratoř buněčné a molekulární imunologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

Ing. Jiří Trávníček, CSc.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

RNDr. Ilja Trebichavský, CSc.

Laboratoř gnotobiologie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

prof. Ing. Bc. Ondřej Uhlík, Ph.D.

Ústav biochemie a mikrobiologie Vysoké školy chemicko-technologické v Praze

MUDr. Luca Vannucci, Ph.D.

Laboratoř imunoterapie Mikrobiologického ústavu Akademie věd České republiky

MUDr. Jiří Vejmelka

Interní klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Fakultní Thomayerovy nemocnice v Praze

Mgr. Petra Vídeňská, Ph.D.

Ústav chemie a biochemie Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně

prof. MUDr. Libor Vítěk, Ph.D., MBA

IV. interní klinika a Ústav lékařské biochemie a laboratorní diagnostiky 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy a Všeobecné fakultní nemocnice v Praze



Obsah

Úvod	19
Poděkování	20
Předmluva	23
I. Úvod do problematiky mikrobiomu	25
1 O mikrobiomu a mikrobiomové vědě	27
2 Srovnání staré a nové taxonomie	29
II. Metodické přístupy	31
3 Metodické přístupy ke studiu mikrobiomu	33
3.1 Mikroorganismy a jak je zkoumat	33
3.2 Základní postupy při výzkumu bakterií	34
3.3 Jak studovat nemožné	36
3.4 Masivně paralelní sekvenace	37
3.5 Sekvenační přístupy ve výzkumu mikrobiomu	38
3.6 Studium eukaryot za pomoci sekvenačních přístupů	40
3.7 Studium virů za pomoci sekvenačních přístupů	40
3.8 Studium funkce mikrobiomu	41
4 Mikrobiom a bioinformatika	44
4.1 Základy bioinformatiky	44
4.2 Práce bioinformatika v analýze mikrobiomových dat	45
4.3 Praktické příklady	45
4.4 Výzvy a budoucí směry v bioinformatice a studiu mikrobiomu	46
5 Gnotobiologie jako metoda analýzy účinků mikrobioty	48
5.1 Historie gnotobiologie	49
5.2 Gnotobiologické metody	50
5.3 Využití gnotobiologických modelů ve výzkumu komplexních onemocnění	54
5.4 Budoucnost gnotobiologie	58
6 Historie české gnotobiologie a její přínos pro studium úlohy mikrobioty	61
6.1 Bezmikrobní prasata	63
6.2 Bezmikrobní potkani	64
6.3 Bezmikrobní králíci	65
6.4 Bezmikrobní myši	65
III. Lékařské aspekty mikrobiomu	69
7 Mikrobiota a chronické nemoci: úvod	71
7.1 Účast komenzálních bakterií ve vývoji metabolických, zánětlivých, autoimunitních a nádorových onemocnění	72
7.2 Význam slizniční imunity při interakci s mikrobiotou	75
7.3 Možnosti ovlivnění mikrobioty	77
8 Komenzální a patogenní bakterie	80
8.1 Kochovy postuláty	80
8.2 Obligátní patogeny	81
8.3 Oportunní patogeny	81
8.4 Patobionti	82
8.5 Komenzálové	82
8.6 Co dělá patogen patogenem?	82
8.7 Jak se patogenezе vyvinula?	84
8.8 Jak hostitelský imunitní systém rozliší mezi komenzálem a patogenem?	85
9 Mikrobiom novorozence	88
9.1 Ustavení střevní mikrobioty	88
9.2 Mateřské mléko a novorozenecká střevní mikrobiota	89

9.3	Novorozenecký kožní mikrobiom	90
9.4	Antibiotika a mikrobiota novorozence	90
9.5	Předčasně narozené děti vs. доноšené děti	90
10	Role mikrobiomu v patogenezi nekrotizující enterokolitidy	93
10.1	Střevní mikrobiota v patogenezi nekrotizující enterokolitidy	93
10.2	Střevní bariéra v patogenezi nekrotizující enterokolitidy	94
11	Orální mikrobiom	98
11.1	Fyziologické funkce orálního mikrobiomu	98
11.2	Fyziologické proměny orálního mikrobiomu v průběhu života	99
11.3	Dysbióza a onemocnění dutiny ústní	102
11.4	Péče o orální mikrobiom	104
12	Idiopatické střevní záněty: účast mikrobioty	107
12.1	Střevní mikrobiota v etiologii a patogenezi Crohnovy nemoci	107
12.2	Střevní mikrobiota v etiologii a patogenezi ulcerózní kolitidy	108
12.3	Vliv anti-TNF terapie na složení střevní mikrobioty	109
12.4	Změna složení střevní mikrobioty při lokální terapii mesalazinem a fekální transplantací	111
12.5	Fekální mikrobiální terapie	112
12.6	Postavení probiotické terapie	114
13	Mikrobiota a dráždivý tračník	117
13.1	Dysbióza a dráždivý tračník	118
13.2	Role střevní mikrobioty v patogenezi dráždivého tračníku	119
13.3	Osa střevo–mozek	121
13.4	Léčba dráždivého tračníku a regulace mikrobioty	122
14	Mikrobiom a celiakie	125
14.1	Charakteristika celiakie	125
14.2	Podmínky nutné k rozvoji celiakie	126
14.3	Nerovnováha mikrobiomu u celiakie a její role v rozvoji celiakie	127
14.4	Interakce střevního mikrobiomu a glutenu	128
14.5	Role infekčních a mikrobiálních podnětů v patofyziologii celiakie	129
14.6	Modulace střevního mikrobiomu u pacientů s celiakií	130
15	Mikrobiota v regulaci energetické homeostázy a rozvoji obezity	133
15.1	Pionýrské doby výzkumu	134
15.2	Může střevní mikrobiota za obezitu?	135
15.3	Můžeme určit, co přesně je „obézní mikrobiota“?	137
15.4	Přispívá mikrobiota ke klidové spotřebě energie?	138
15.5	Může mikrobiom za to, že „nás honí mlsná“?	139
15.6	Střevní mikrobiom a homeostatická regulace příjmu potravy	140
15.7	Střevní mikrobiom a hedonická regulace příjmu potravy	141
15.8	Rozhodujících prvních 1 000 dní	142
16	Mikrobiom a podvýživa	145
16.1	Akutní podvýživa	145
16.2	Chronická podvýživa	146
17	Mikrobiom a duševní zdraví	151
17.1	Osa mikrobiota–střevo–mozek	152
17.2	Pochopení mechanismů vlivu mikrobiomu na duševní zdraví	153
17.3	Přehled výzkumu, který spojuje mikrobiom s duševním zdravím	154
17.4	Důsledky pro léčbu a prevenci psychiatrických poruch	158
18	Mikrobiom a poruchy příjmu potravy	160
18.1	Diagnózy poruch příjmu potravy	160
18.2	Složení střevního mikrobiomu	161
18.3	Signalizace mezi střevem a mozkem	162
18.4	Střevní mikrobiální metabolismy	163
18.5	Osa hypothalamus–hypofýza–nadledviny	166
18.6	Molekulární mimikry	166
18.7	Komunikace mozku a imunitního systému	167
18.8	Myší modely	167
18.9	Ovlivnění mikrobiomu jako terapeutická možnost	168

19	Mikrobiom a neurodegenerativní onemocnění	171
19.1	Role signalizace přes nervus vagus	172
19.2	Mikrobiální metabolisme	173
19.3	Dysbióza a zánět	174
19.4	Transplantace fekální mikrobioty – validace	174
19.5	SCFA jako terapie	175
20	Mikrobiom a roztroušená skleróza	178
20.1	Základní fakta o roztroušené skleróze	178
20.2	Imunopatogeneze roztroušené sklerózy	179
20.3	Diagnóza a léčba roztroušené sklerózy	179
20.4	Mikrobiom u roztroušené sklerózy	180
20.5	Animální studie, experimentální autoimunitní encefalomyelitida (EAE)	182
20.6	Parazité a roztroušená skleróza	183
20.7	Současné poznatky o využití fekální transplantace u pacientů s roztroušenou sklerózou	183
20.8	Diety a roztroušená skleróza	184
21	Mikrobiom v posteli aneb střevní mikrobiom, spánek a jeho poruchy	186
21.1	Spánek	186
21.2	Mikrobiom a spánek	187
21.3	Souvislost mezi spánkem, regulací chuti k jídlu a mikrobiomem	190
21.4	Mikrobiom a cirkadiánní rytmy	190
21.5	Poruchy spánku a co o nich víme v souvislosti s mikrobiomem	191
22	Mikrobiom a jeho vliv na oko a oční onemocnění	197
22.1	Vliv místní mikrobioty na onemocnění oka	197
22.2	Vliv vzdálené mikrobioty na onemocnění oka	198
23	Mikrobiom a plíce	203
23.1	Plicní zdraví a střevní mikrobiom	203
23.2	Plicní zdraví a plicní mikrobiom	204
23.3	Poruchy osy střeva–plíce	204
23.4	Mikrobiom a plicní nemoci	206
24	Mikrobiom a alergie	213
24.1	Pojem alergie	213
24.2	Etiopatogeneze alergie	214
24.3	Mikrobiom dýchacích cest	216
24.4	Střevní mikrobiom	218
24.5	Mykobiom a alergie	220
24.6	Mikrobiální terapie alergického onemocnění – věda a praxe	221
25	Střevní mikrobiom a revmatická onemocnění	226
25.1	Revmatoidní artritida	226
25.2	Spondylartritidy	231
26	Mikrobiom a ledviny	235
26.1	Mikrobiom a chronické onemocnění ledvin	235
26.2	Dietní intervence a probiotika u pacientů s chronickým onemocněním ledvin	238
26.3	Orální zdraví a chronické onemocnění ledvin	239
26.4	Střevní a ústní mikrobiom u pacientů s IgA nefropatií	240
26.5	Střevní mikrobiom u pacientů s diabetickým onemocněním ledvin	241
27	Mikrobiom močových cest	244
27.1	Taxonomické složení lidského močového mikrobiomu	245
27.2	Změny močového mikrobiomu v průběhu života	246
27.3	Mikrobiom močových cest ve zdraví a nemoci	246
27.4	Souvislost močového mikrobiomu s funkcí orgánů a orgánových systémů	249
27.5	Souvislost mikrobiomu s funkcí orgánů močového traktu	250
27.6	Jiné než prokaryotní složky močového mikrobiomu	251
27.7	Potenciální role močového mikrobiomu a výhled do budoucna	251
28	Mikrobiom ženského genitálního traktu	253
28.1	Vaginom	253
28.2	Mikrobiota	254
28.3	Proměnlivost	254

28.4	Vyšetření	254
28.5	Typizace	255
28.6	Eubióza	255
28.7	Metabolom	256
28.8	Klinicky nemá dysbióza	257
28.9	Dysbióza	257
28.10	Typy komunitního stavu vaginomu	257
28.11	Struktura vaginální bakteriální komunity	258
28.12	Souhrn a výzvy pro klinické aplikace	259
28.13	Cervikální mikrobiom	259
28.14	Děložní mikrobiom	259
28.15	Mikrobiom a rozvoj endometriózy	259
29	Mikrobiom a transplantace	261
29.1	Infekce u transplantace orgánů	261
29.2	Transplantace ledviny	262
29.3	Transplantace jater a střeva	263
29.4	Transplantace plic	263
29.5	Transplantace krevetvorných buněk	264
30	Mikrobiom a zhoubné nádory	267
30.1	Historie	268
30.2	Mechanismy ovlivňující karcinogenezi	269
30.3	Vliv mikrobiomu na zhoubné nádory	271
30.4	Protinádorová léčba a mikrobiom	276
30.5	Mikrobiom ovlivňuje účinnost imunoterapie	279
30.6	Závěr a perspektivy do budoucna	279
31	Mikrobiom v solidních nádorech	281
31.1	Mikrobiom na nádoru, v nádoru a uvnitř buněk	282
31.2	Mechanismy interakce mikrobiomu s nádory	284
31.3	Přímá léčba nádorů mikrobiomem	290
32	Úloha mikrobiomu v imunoterapii nádorových onemocnění	296
32.1	Imunoterapie maligních onemocnění	297
32.2	Mikrobiom a imunoterapie	299
32.3	Využití upravených bakterií pro léčbu	305
33	Může mikrobiom ovlivnit vznik nádorů? Poznátky o spontánních a experimentálně indukovaných nádorech u bezmikrobních a konvenčních zvířat	309
33.1	Spontánní nádory u bezmikrobních zvířat	310
33.2	Indukovaná karcinogeneze u bezmikrobních a konvenčních zvířat	311
33.3	Diskuze: mikrobiom může ovlivnit vývoj nádoru	314
34	Kožní mikrobiom	317
34.1	Fyziologické funkce kožního mikrobiomu	317
34.2	Topografie kožního mikrobiomu	318
34.3	Dynamika změn ve složení kožního mikrobiomu v průběhu života	320
34.4	Kožní mikrobiom u dermatologických chorob	321
34.5	Přístupy k využití kožního mikrobiomu během léčby kožních onemocnění	324
35	Lidský mykobiom	327
35.1	Interakce s hostitelem a bakteriálním mikrobiomem (biofilmy)	327
35.2	Kožní mykobiom	328
35.3	Mykobiom dolního respiračního traktu	329
35.4	Orální mykobiom	329
35.5	Střevní mykobiom	329
35.6	Mykobiom nádorových onemocnění	330
36	Střevní eukaryom	333
36.1	Definice a význam střevního eukaryomu	333
36.2	Střevní prvoci	334
36.3	Střevní helminti	335
37	Lidský virom	340
37.1	Jak se žije virům v nás?	341

37.2	Co ovlivňuje náš virom?	341
37.3	Proměny lidského viromu v průběhu života	342
37.4	Proč o viromech doted' víme tak málo?	342
38	Mikrobiom, stárnutí a dlouhověkost	344
38.1	Stárnutí lidského organismu	344
38.2	Stárnutí mikrobioty	347
38.3	Horváthovy epigenetické hodiny a biologický věk jako ukazatele rychlosti stárnutí	349
38.4	Diurnální rytmy a intestinální (střevní) hodiny	350
38.5	Senescence (biologické stárnutí) a mikrobiom	351
IV.	Prostředí a další faktory ovlivňující lidský mikrobiom	355
39	Střevní mikrobiom a způsob výživy	357
39.1	Naše mikrobiota je to, co jíme	358
39.2	Způsob života dříve a nyní	359
39.3	Hledání ztracené mikrobioty	360
39.4	Jídelníček našich předků	361
39.5	Jak se změna životního stylu podepsala na střevním mikrobiomu	363
39.6	Zdravotní stav předindustriálních komunit	367
39.7	Zdravý mikrobiom?	368
39.8	Případ <i>Prevotella</i> a další	368
39.9	Modulace střevního mikrobiomu	369
40	Léky a mikrobiom	374
40.1	Metabolismus léčiv v lidském organismu	375
40.2	Mechanismy působení střevního mikrobiomu na metabolismus léčiv	377
40.3	Vliv střevního mikrobiomu na expresi jaterních biotransformačních enzymů	380
40.4	Farmakomikrobiomika: vzájemný vztah léčiv a střevního mikrobiomu	381
41	Podávání antibiotik a střevní ekosystém	386
41.1	Postantibiotická enterokolitida (antibiotic-associated diarrhoea, AAD; antibiotic-associate colitis, AAC)	387
41.2	Pseudomembranózní kolitida (pseudomembranous colitis, PMC)	387
41.3	Infekce způsobené bakterií <i>Clostridioides difficile</i> (<i>C. difficile</i> infection, CDI)	388
41.4	Rizika antibiotické léčby pro střevní mikrobiotu	389
41.5	Léčba klostridiové kolitidy	392
42	Antibiotická rezistence a mikrobiom	395
43	Mikrobiom, pohyb a sport	398
43.1	Střevní mikrobiom u sportovců	398
43.2	Střevní mikrobiom a sportovní výkonnost	399
43.3	Analýza střevního mikrobiomu u individuálních sportovců?	400
43.4	Doporučení ohledně používání probiotik a dalších látek ovlivňujících střevní mikrobiom	400
43.5	Význam prebiotik, synbiotik a fermentovaných potravin pro mikrobiom vrcholových sportovců	402
44	Mikrobiom domácích mazlíčků	405
44.1	Mikrobiom domácích mazlíčků	407
45	Střevní mikrobiota vybraných hospodářských zvířat	412
45.1	Mikrobiota podél trávicího traktu	412
45.2	Obecné vlastnosti vybraných skupin bakterií střevní mikrobioty	413
45.3	Lokalizace bakterií střevní mikrobioty	414
45.4	Střevní mikrobiota kuřat	418
45.5	Střevní mikrobiota prasat	420
45.6	Možnosti aktivní manipulace se střevní mikrobiotou	421
45.7	Budoucí směřování výzkumu v problematice střevní mikrobioty	424
46	Půdní mikrobiom	425
46.1	Půda a její mikrobiota	425
46.2	<i>Rhizobium</i> a další půdní fixátoři dusíku: ti, kteří se starají o přísun jedné z klíčových živin	426
46.3	<i>Glomus</i> a další půdní mykorhizní houby: ti, kteří pomáhají rostlinám absorbovat živiny	428
46.4	<i>Pseudomonas</i> a další půdní dekompozitoři: ti, kteří se starají o o(d)pad	430
46.5	<i>Streptomyces</i> a další půdní producenti antibiotik: ti, kteří zneškodňují ostatní mikroby	431
46.6	<i>Microcoleus</i> a další autotrofové v půdních biokrustách: ti, kteří napomáhají půdu stabilizovat	432
46.7	Půdní mikrobiom a koncept jednoho zdraví	433

47	Mikrobiom vody	436
47.1	Mikrobiom pitné vody	437
V.	Cílená manipulace lidského mikrobiomu	441
48	Probiotika a jiná mikrobiální „biotika“	443
48.1	Historie probiotik a jejich definice	443
48.2	Výběr vhodných probiotických kmenů	444
48.3	Mechanismy účinku probiotik	447
48.4	Nejčastěji používané probiotické mikroorganismy	447
48.5	Fermentované potraviny s obsahem probiotik	450
48.6	Další mikrobiální varianty k probiotikům: postbiotika, paraprobiotika a metabiotika	451
48.6	Psychobiotika: probiotika s neuropsychickými účinky	451
49	Možnosti ovlivnění lidského mikrobiomu prebiotiky	453
49.1	Mechanismus účinku prebiotik na hostitele	454
49.2	Fruktooligosacharidy	456
49.3	Galaktooligosacharidy	456
49.4	Rezistentní škrob, isomaltooligosacharidy a xylooligosacharidy	459
49.5	Pektinové oligosacharidy	460
49.6	Mananoligosacharidy a manany	461
49.7	Polyfenoly	461
49.8	Polynenasycené mastné kyseliny	462
49.9	Vliv prebiotik na orální mikrobiom	463
49.10	Vliv prebiotik na kožní mikrobiom	463
49.11	Vliv prebiotik na minerální absorpci	464
50	Probiotika a jejich využití v klinické praxi	466
50.1	Probiotika, mikrobiom a imunitní systém	466
50.2	Alergická onemocnění	467
50.3	Probiotika v léčbě dětí s gastrointestinálními onemocněními	473
51	Přenosy mikrobioty: fekální mikrobiální terapie	482
51.1	Historie	483
51.2	Mechanismus účinku fekální mikrobiální terapie	483
51.3	Způsob provedení fekální mikrobiální terapie	484
51.4	Fekální mikrobiální terapie a klostridiová střevní infekce	484
51.5	FMT a onemocnění trávicího traktu: idiopatické střevní záněty, syndrom dráždivého tračníku	487
51.6	Rizika fekální mikrobiální terapie	488
51.7	Dárcovské banky stolice	488
51.8	Mikrobiální směs připravená z lidské stolice jako léčebný produkt	489
51.9	Modifikace fekální mikrobiální terapie	489
51.10	Perspektivy	490
51.11	Léčba predátorskými bakteriemi	490
51.12	Fágová terapie	490
	Medailonky autorů	493
	Seznam zkratk	507
	Rejstřík	514
	Souhrn	518
	Summary	519

MIKROBIOM NOVINY

Mikrobio(m)noviny České mikrobiomové společnosti ČLS JEP Vám přinášejí aktuální informace ze světa vědy a kliniky

www.mikrobiom-cms.cz



Konec 20. století byl charakterizován prudkým rozvojem nových metodických přístupů, které umožnily studovat biologické jevy na buněčné a molekulární úrovni. Analýza lidského genomu, jež proběhla v 90. letech, byla následována analýzou lidského mikrobiomu. Výsledky tohoto výzkumu přinesly revoluci v pohledu na fyziologické děje v organismu, a výrazně tak ovlivnily podstatu lékařské vědy. Výzkum mikrobiomu (mikrobioty) patří dnes k nejpoptulárnější oblasti biomedicíny. Hlavním a dominantním předmětem zájmu mikrobiologie byly donedávna choroboplodné zárodky způsobující infekční choroby. Objevy posledních dekád získané při studiu mikrobioty ukázaly, že většina mikrobů žijících v lidském těle a na jeho povrchích nejsou patogeny a že ovlivňují naše zdraví daleko více, než jsme si kdy mysleli. Mikrobiom je naším dalším orgánem, který obsahuje genetické bohatství mnohonásobně (500×) převyšující lidský genom a výrazně ovlivňuje naše metabolické, imunitní a nervové děje. Poznání, že základem života všech makroorganismů včetně lidí je symbiotické soužití s obrovským množstvím mikroorganismů, které interagují vzájemně mezi sebou i se svými hostiteli, je uváděno jako důležitá revoluce v biologických vědách. Musíme si ale uvědomit, že jsme teprve v počáteční fázi, kdy mikroby hledáme a mapujeme. Čeká nás dlouhá cesta, než se proboujeme k tomu, abychom pochopili jejich funkce, úlohu a mechanismy, kterými s námi a mezi sebou komunikují. Přesto již dílčí výsledky naznačují, že bude možné jejich působení ovlivnit a využít i v praxi, v klinické medicíně.

Cílem autorů této knihy bylo ukázat mikrobiom v plné šíři, tj. od metodických přístupů přes účast v patogenetických mechanismech některých nepřenositelných častých chorob až po možnosti cíleného ovlivnění mikrobioty. Kromě odborníků zabývajících se přímo výzkumem mikrobioty jsme vyzvali i ty klinické lékaře, kteří se o efekty komenzálních mikrobů zajímají, aby vyjádřili svá očekávání, jak poznatky o mikrobiomu mohou ovlivnit jejich obor. Výsledkem je tedy kniha multidisciplinární, komplexní. Věříme, že monografii nebo její části si rádi přečtou nejen lékaři různých specializací, ale i široké spektrum studentů a laiků, kteří chtějí rozšířit své znalosti a zajímají se o tento fantastický a rychle se vyvíjející biomedicínský obor.

Poděkování

Obrovskou a neocenitelnou úlohu při zrodu a přípravě knihy hrála Česká mikrobiomová společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (web: <https://www.mikrobiom-cms.cz>), a to především členové jejího výboru, z nichž většina je autory některých kapitol. Rády bychom samozřejmě poděkovaly všem autorům za obětavou práci nejen při psaní jednotlivých kapitol, ale i při kontrolním (beta) čtení a následné opravě kapitol jiných autorů. Panu doktorovi Radkinu Honzákovi děkujeme za předmluvu, ale především za velmi časnou popularizaci mikrobioty v naší zemi (knihy *Ať žijou mikrouti*). Děkujeme redaktorskému kolektivu vydavatelství Grada za perfektně odvedenou práci a trpělivost. Zvláštní poděkování patří paní profesorce Kláře Látalové za laskavou recenzi knihy. Jménem všech autorů děkujeme rodinám za podporu a trpělivost po dlouhou dobu vzniku knihy.

Helena Tlaskalová-Hogenová a Danka Eklová
editorky

Věnováno našim rodinám

Předmluva

„Francouz má rád svoje játra a váží si jich. Každý rok je vyveze do lázní, a když na ně nemá, tak alespoň k moři“ (z filmu *Zápisník majora Thompsona*).

Taková láska je příkladná a já jsem dlouho marně hledal orgán, ke kterému bych mohl takhle vzhlížet a přilnout. Srdce je profláklé od počátku puberty – moje srdce letí světem propíchnuté parapletem – a plíce nejsou zdaleka tak vzhledné jako játra. Mozek, jak mi vyzradil jeden neurochirurg, je taková blivanina, navíc ho spousta našich bližních postrádá a jedou na prodlouženou míchu, což také není obdivuhodný orgán, a svaly si vyhradili sportovci. Láska ke kostře mi připadá perverzní.

S novým tisíciletím se ale náhle vynořil nový orgán hodný obdivu, lásky a úcty: střevní mikrobiom – a ten mi na stará kolena posloužil jako systém hodný adorace. Pocítil jsem něco, co asi prožil Mečnikov, když objevil fagocytózu: radoval se a už se nikdy nesebevraždil, což dělal předtím dvakrát. Mám náhle miliardy malých přátel! Můj kamarád a adolescentní vzor Jarda Hašek jim tehdy říkal mikrouti, proto je na jeho paměť jako takové propaguji. Dávají mi skrze mé ódy vydělat. Je to model přetavující chaos v řád. Představuju si optimální stav uvnitř jako stav permanentního ozbrojeného příměří, v němž ve chvílích poruchy zákeřně útočí jakýsi bakteriální Hamás.

Na druhé straně je tolerantní. Představuju si, jak v koupelně s klozetem poskakují po zubních kartáčcích fekální bakterie a pak se složitou cestou dostávají „domů“, aniž působí škody. Důmyslné procesy začíná v ústech, kde už lze poznat, zda za rohem číhá infarkt, je pročištěno v žaludku, bez váhání projíždí další šlajsnou a pak se ukázněně ubírá na místa svého působení.

Máme tady útrobní mozek v břiše, který si obousměrně telefonuje s centrálním mozkiem v hlavě nejrůznějšími cestami, a tak se vzájemně ovlivňují. Když stůně hlava, ani břichu není dobře a naopak. Je proto nutné udržovat jak duševní hygienu a kupovat duši včas potřebné podněty, tak hygienu mikrobiomu a nepřipustit, aby si firmikuti počínali jako diktátoři. Systém, kterým nabývají na síle je zákeřný: saháte do lednice pro zdravou karotku a ke svému zděšení držíte náhle v ruce klobásu, která míří do úst.

FODMAP je náš ideál a moje hymna mastných kyselin s krátkými řetězci zazněla na mnoha místech, stejně jako další umělecká díla složená na počest útrobního mozku, jehož význam dobře chápali naši předkové a řada lidových písní dosvědčuje dobré stravovací zvyklosti. Jen pro připomenutí text: „Hrách a kroupy, to je hloupý, / to já mívám každý den, / ale vdolky z bílé mouky / jenom jednou za týden.“

Prozatím jsem ve své praxi nedospěl k fekální transplantaci, ale jedna pacientka trpící depresemi rezistentními na léky si to před několika roky zařídila samoobslužně s pomocí přátel a nesmírně si to pochválila, dokonce o tom někde ve Slezsku vydala knížku.

Mě ale momentálně zajímá cirkadiánní cyklus mikrobiomu a příznivý výsledek půstu na všechny funkce, protože se musím zase vejít do letních košil. U kdysi reakční mušky octomilky to funguje, jsem zvědav, jak to půjde u mne a který den v měsíci zvolit pro parciální půst. Teoreticky mě pak zajímá, kdy se mí malí kamarádi ukládají do postýlek, jaká je jejich potřeba spánku a zda i ve spánku drží stráž.

Chápu docela dobře, že maratonci méně prožívají svalovou únavu, protože mají plné břicho veillonel, které žerou kyselinu mléčnou, a čekám, kdy se objeví některá bakterie, která



podobným způsobemlepší práci mozku. Pak si koupím práškovací letadlo a budu tyhle mikrouty rozsévat po své vlasti, protože vím, že hloupost je horším nepřítelem dobra než zlo. Proti němu se můžeme vymezit, ale proti blbosti jsme bezmocní.

Radkin Honzák

Pacienti jsou smyslem
všeho, co děláme.
Inspirují nás. Motivují nás.

Bojujeme se závažnými
onemocněními

**Bristol Myers Squibb je globální
biofarmaceutická společnost. Naším
posláním je objevovat, vyvíjet a dodávat
moderní léky, které pomáhají pacientům
zvítězit nad závažnými onemocněními.**

Náš závazek vyvíjet inovativní léky je tak silný
jako vůle pacientů bojovat proti závažným
onemocněním. Nakonec bude náš úspěch
měřen jedinou věcí: jak úspěšně dokážeme
změnit životy pacientů.



NO-CZ-2400002

I. ÚVOD

DO PROBLEMATIKY MIKROBIOMU

I. Úvod do problematiky mikrobiomu

- 1 O mikrobiomu a mikrobiomové vědě 27
- 2 Srovnání staré a nové taxonomie 29

Živá a aktivní probiotika



Na vodním základu

Unikátní patentovaná technologie

Multi-kmenový bakteriální produkt

Účinnost při IBD a IBS dokázána studiiemi

70 ml obsahuje přibližně 10 miliard bakterií

Více informací pro lékaře a odborníky naleznete na:

<https://bioscience.symprove.cz>



1 0 mikrobiomu a mikrobiomové vědě

Lucie Najmanová, Petra Vídeňská

Termín **mikrobiom** byl poprvé použit v roce 1988 v souvislosti s ekologií kořenových systémů rostlin. Od té doby se toto slovo začalo ve veřejném prostoru objevovat čím dál častěji a dnes již nikdo nepochybuje o tom, že svůj mikrobiom máme i my, lidé, a že je nesmírně důležitý pro naše zdraví. Ne všechny veřejně prezentované informace jsou ale vědecky podložené a pravdivé, a je tak velmi obtížné se v dané problematice orientovat. Situaci nezlehčuje ani variabilita metod využívaných ve výzkumu mikrobiomu, která může působit potíže při interpretaci některých publikovaných výsledků. Kniha *Mikrobiom a zdraví*, na jejímž vzniku se podíleli přední čeští odborníci, má za cíl přehledně shrnout stávající stav poznání a srozumitelnou formou prezentovat fascinující svět soužití mikroorganismů s jejich prostředím, zejména s lidským tělem.

Co to ale ten mikrobiom ve skutečnosti je? Existuje celá řada definic. Ta první byla vytvořena již roku 1988 autory Whipps et al. jako „charakteristické mikrobiální společenstvo obývající dobře definované prostředí charakterizované specifickými fyzikálně-chemickými vlastnostmi“. Definice zahrnovala nejen přítomné mikroorganismy, ale i jejich interakce s prostředím rezultující ve vytvoření specifické ekologické niky. Později byl termín mikrobiom v literatuře používán v různých kontextech od nejužšího významu ve smyslu „soubor genetické informace všech mikroorganismů určitého společenstva“ přes „soubor všech mikroorganismů tohoto společenstva“ (správněji nazýváno **mikrobiota**) až po zmíněnou nejširší, ekologickou definici. Ekologická definice pravděpodobně nejlépe vystihuje komplexnost problematiky, neboť zohledňuje vzájemné působení všech složek ekosystému. Proto je doporučena i Českou mikrobiomovou společností ČLS JEP, z.s.

Ekologická definice mikrobiomu: Mikrobiom představuje charakteristickou mikrobiální komunitu, která obývá určitý racionálně vymezený habitat s typickými fyzikálními a chemickými podmínkami. Termín mikrobiom nezahrnuje pouze v něm zapojené mikroorganismy, ale také jejich pole působnosti, v kterém se formují specifické ekologické niky. Mikrobiom, který představuje dynamický a interaktivní mikroekosystém podléhající změnám v čase, je propojen s makroekosystémy včetně eukaryotických hostitelů, pro jejichž tělesné funkce a zdraví je potřebný, nebo dokonce nezbytný. (Černý, et al., 2023)

Bez mikroorganismů by život na zemi nebyl možný. Doslova. Právě mikroorganismy změnily anoxygenní (bezokyslíkatou) atmosféru, kterou byla Země obklopena, na dýchatelnou, jakou známe dnes, a umožnily tak rozvoj eukaryotním organismům. Ač o tom lidé nevěděli, mikroorganismy ve svůj prospěch využívali dávno před tím, než je začali poznávat. A to zejména při výrobě různých alkoholických nápojů (víno a pivo), mléčných výrobků (od jogurtu po celou řadu tradičních kysaných produktů), pečiva či kysané zeleniny.

Jak a proč tyto procesy fungují, ale nikdo dlouho netušil. Až v 17. století popsal první mikroorganismy amatérský přírodovědec Antonie van Leeuwenhoek pomocí prvního podomácku vyrobeného mikroskopu. Později Louis Pasteur ukázal jejich nezbytnost pro proces kvašení a Robert Koch odhalil jejich roli v patogenezi infekčních onemocnění. Vědci se naučili mikroorganismy pozorovat, kultivovali je na agarových plotnách i v baňkách s tekutou živnou půdou a objevovali stále větší variabilitu mikrosvěta. Přesto jsme po celá staletí viděli jen špičku ledovce.



Další zlom ve studiu mikroorganismů nastal s objevem DNA a rozvojem molekulárně-biologických metod. Tyto metody umožnily studovat i mikroorganismy, které neumíme kultivovat na agarových miskách, tedy nedokážeme vytvořit vhodné podmínky pro jejich růst a množení. Pro mnohé z nich je například toxická přítomnost kyslíku v atmosféře, jiné v něčem spoléhají na „podporu“ své komunity, ať už je to suplementace některou z živin, vytvoření prostředí vhodného k adhezi, nebo například ochrana před toxiny a antibiotiky a podobně. DNA v sobě ale mají všechny organismy a zároveň ji umíme identifikovat a přečíst. A protože sekvence DNA je pro každý organismus jedinečná, nemusíme už dnes mikroorganismus „vidět“, nemusíme si na něj „sáhnout“, abychom dokázali s jistotou potvrdit, že „tam“ je. Na základě analýzy DNA lze navíc nejenom identifikovat nové mikroorganismy a určit jejich příbuznost s ostatními (tzn. určit jejich taxonomické zařazení), ale můžeme i studovat jejich metabolický potenciál (tedy jak žijí a co vlastně umí) a další geny. Počty takto identifikovaných mikroorganismů, u nichž často známe jen úsek DNA, dalece přesahují počty kultivovatelných druhů.

Díky technologickému rozvoji sekvenačních metod a jejich dramatickému zlevnění došlo v posledních letech opakovaně ke skokovým nárůstům informací o původu a příbuznosti jednotlivých druhů bakterií, což vedlo i ke změnám v dříve popsaných příbuzenských vztazích mikroorganismů, a tedy ke korekci v zaběhlém taxonomickém systému prokaryot. Ačkoli k revizi zařazení jednotlivých druhů do taxonomického systému dochází na základě nových poznatků v podstatě kontinuálně, koncem roku 2021 byl taxonomický systém revidován komplexně s ohledem na sjednocení metodiky pojmenovávání jednotlivých taxonomických kategorií. V této souvislosti byly přejmenovány i některé velmi významné kmeny a nižší taxony, které jsou opakovaně zmiňovány v této knize. Příkladem mohou být bakteriální kmeny Firmicutes a Bacteroidetes (asi nejčastěji diskutované taxony v souvislosti s lidským mikrobiomem), které se nově nazývají Bacillota a Bacteroidota. Někteří autoři v knize používají starší názvosloví, které může být čtenáři bližší, neboť se se staršími názvy ve veřejném prostoru často setkává. Abychom učinili zadost vědecké správnosti, a přitom zůstali přívětiví vůči čtenáři, nabízíme zde pro snazší orientaci tabulku vybraných nejčastěji jmenovaných taxonů s jejich novým i původním názvem. Pro zvědavější čtenáře doporučujeme stránky Taxonomy Browser (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi>), provozované The National Center for Biotechnology Information, kde lze ověřit nejnovější taxonomickou klasifikaci kteréhokoli organismu včetně historického vývoje.

Mikroorganismy ovlivňují člověka a člověk zase mikroorganismy, což reflektuje pojem **holobiont** (superorganismus, uskupení hostitele a mikroorganismů žijících v něm i na něm ve vzájemné dynamické rovnováze). Tyto vztahy jsou tak složité, že je i při dnešních vyspělých technologiích nelze komplexně analyzovat s jednoznačnou interpretací. Ačkoli při analýzách mikrobiomů skládáme dohromady pohledy mikrobiologů, imunologů, lékařů nebo ekologů, mykologů, virologů, genetiků a bioinformatiků a mnoha dalších odborností, stále zbývá mnohem více toho, co ještě nevíme, než toho, co známe. Pokora v interpretaci poznatků a otevřenost novým objevům je tedy v mikrobiomové vědě na místě více než kde jinde.

Literatura

Černý V, Hrdý J, Beneš J, Tláskalová H. A word on the microbiome: considerations about the history, current state, and terminology of an emerging discipline. *Epidemiol Mikrobiol Imunol.* 2023;72(2):112–118.

Whipps JM, Lewis K, Cooke RC. Mycoparasitism and plant disease control. In Burge MN. *Fungi in biological control systems.* Manchester: Manchester University Press, 1988, s. 161–187.