

ÚLOHA A VÝZNAM MIKROORGANISMŮ V ŽIVOTĚ ČLOVĚKA – MŮŽEME ŽÍT BEZ NICH?

Souhrn přednášky z Letní školy pro středoškolské učitele a studenty středních škol

PETRA LOVECKÁ

*Ústav biochemie a mikrobiologie, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6
loveckap@vscht.cz*

Klíčová slova: výskyt mikroorganismů, lidské mikrobiální osídlení, střevní mikrobiom

Zhruba lze říci, že mikrobiologie se zabývá organismy, které sestávají z jedné či jen několika buněk (prokaryotních nebo eukaryotních). K jejich pozorování vždy potřebujeme mikroskop. V laickovi vyvolá slovo mikrob, bakterie či plíseň představu choroby. Avšak mikroby jsou ve většině případů neškodné či dokonce prospěšné.

Tato nepatrná stvoření obývají každý kout země, najdeme je i tam, kde by jiná forma života dlouho nepřetrvala. Biosféra je prostor kolem povrchu zemské kůry, v kterém žijí organismy. Většina jich žije na rozmezí mezi zemí a atmosférou. Ptáci rozšířili prostor o několik metrů výš a ryby zase mohou žít až v hloubce 2000 m. Spory plísní však byly nalezeny ve výšce 30 km. Biosféra zaujímá přibližně 40 km silný pás, ve kterém probíhají aktivní životní pochody.

Jaké je množství mikroorganismů ve srovnání s ostatními organismy? V každém gramu půdy žije přibližně 100 milionů bakterií. Ve světovém měřítku to znamená, že celková masa mikrobiálních forem života je nesmírná a odhaduje se, že její hmotnost je 25krát větší než hmotnost suchozemských a vodních zvířat.

Mikroorganismy kolem nás hrají důležitou a nezastupitelnou úlohu ve zpracování odpadů v půdě, vodě, kanalizacích a na skládkách. Koloběh prvků by bez nich neexistoval. Jako příklad můžeme uvést koloběh dusíku, který názorně představuje důležitou roli mikroorganismů v jeho setrvávání v organické hmotě. Po smrti organismů dochází k jejich rozkladu a dusík může být uvolněn ke stavbě nových organických těl. Některé mikroorganismy uvolňují dusík do ovzduší (denitrifikační bakterie), jiné jej opět vážou do organických sloučenin (N-fixující bakterie). Půdní bakterie převádějí amoniak na dusitany a dusičnany, které jsou zdrojem dusíku pro rostliny. Úrodnost půdy závisí na přítomnosti a rovnoměrném zastoupení půdních bakterií metabolizujících dusík. Důležitá je také role endofytních bakterií a hub ve spojitosti s rostlinami. Tyto mikroorganismy hrají důležitou roli v zemědělství vzhledem k podpoře a ochraně rostlin.

Význam mikroorganismů v produkci biologicky aktivních a pro potravinářský průmysl důležitých látek je téma na jiný článek.

Věnujme se nyní více mikroorganismům, které se vyskytují v lidském organismu. Vztahy mezi mikro- a makroorganismem se odehrávají na třech vzájemných mechanismech. Komenzalizmu, během kterého si mikrobi a hostitel navzájem neškodí, symbióze, která je oběma stranám ku prospěchu a parazitismu, v jehož případě mikrobi ochuzují hostitele o živiny nebo ho přímo poškozují svými produkty a činnostmi.

Mikroflóra kůže a sliznic je ovlivněna hygienou, stravou a hormonálními hladinami. Zastoupení mikroorganismů je rozmanité. V dutině ústní je 10^{11} CFU/ml mikroorganismů – streptokoky, laktobacily, aktinomycey. I zde je mikroflóra ovlivněna stravou a vlivy vnějšího prostředí. Přítomnost gramnegativních anaerobů jako např. *Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Actinomyces* a *Leptotrichia* může vést např. ke vzniku parodontitidy.

Další bakterie z horních cest dýchacích, kde jich může být 10^5 CFU/ml, přecházejí do žaludku a horní části trávicího traktu. V žaludku je jich přítomno malé množství, jsou vázány na epitel nebo přítomny v mucinu. Bakterie *Helicobacter pylori* může způsobovat duodenální vředy.

Poznání o střevní mikroflóře je spojeno hlavně se jmény Roberta Kocha, Luise Pasteura a Theodora Escherichia (druhá polovina 19. století). Již lékaři ve starověku si však uvědomovali úlohu trávicího traktu pro rozvoj řady nemocí, což se projevovalo jejich důrazem na dietní návyky.

Celková hmotnost bakterií v trávicím traktu je kolem 1,5 kg. Lidský genom obsahuje $3 \cdot 10^4$ genů. Druhý lidský genom, jak se někdy střevnímu mikrobiomu říká, obsahuje $3,3 \cdot 10^6$ genů. Při počtu bakterií 10^{14} se tedy v lidském organismu vyskytuje 10krát více buněk bakteriálních než všech buněk lidského organismu a 100krát více genů bakteriálního původu. Dalo by se říci, že jsme lidmi jen z 10 %. Zajímavá je i skutečnost, že 70 % bakterií je nekultivovatelných. Aplikací metod molekulární genetiky bylo zjištěno, že mikroflóra zdravých jedinců obsahuje převážně dva mikrobiální kmény, a to *Firmicutes* a *Bacteroidetes*, přičemž počet rodů je 1800 a druhů 15 000.

Mikrobiální osídlení trávicího traktu představuje specificky vyváženou soustavu, mikrobiální ekosystém, ve kterém je rovnováha jednou ze základních vlastností.

Až 10^{16} mikrobiálních elementů asociuje s epiteliálními buňkami lidského organismu, celkový počet mikroorganismů zahrnuje 400–600 mikrobiálních druhů. Stoupá od 10^9 CFU/ml v tenkém střevě až po 10^{14} CFU/ml ve střevě tlustém.

V tenkém střevě jsou přítomny streptokoky, koliformní bakterie, laktobacily, bakteroidy a bifidobakterie. Největší koncentrace je v tlustém střevě, ve kterém se nachází až 600 druhů z 10–20 rodů. Je velmi obtížné stanovit tzv. normální fyziologickou mikroflóru trávicího traktu.

Je jasné, že probíhá postupná proměna mikrobiálního ekosystému, neboť se v trávicím systému postupně zvyšuje poměr anaerobních mikroorganismů k aerobním. Aeroby zajišťují tzv. Scavenger effect (vychytávají volné kyslíkové radikály) a tím zajišťují vhodné podmínky pro růst anaerobů.

Lidský mikrobiom má poměrně širokou variabilitu nejen kvantitativní, ale zejména kvalitativní, liší se v jednotlivých geografických oblastech, je ovlivněn stravovacími návyky a vyvíjí se během lidského života.

Z klinického hlediska je mikrobiom definován jako soubor mikroorganismů, které mohou být přítomny v trávicím traktu zdravého člověka. Patogenní mikroorganismy v tomto prostředí přítomny být nesmí.

Výrazem porušení rovnováhy v důsledku selhání kontrolních mechanismů může být tzv. dismikrobie, během které je kvalitativní struktura ekosystému zachována, ale kvantitativní poměry se zásadně mění. Dochází k nárůstu mikroorganismů, které jsou za normálních okolností v menšině, a v důsledku toho může dojít k oportunní infekci až superinfekci.

Základní fyziologické funkce mikroflóry trávicího traktu jsou: mikrobiální bariéra proti patogenům a potenciálním patogenům, tvorba produktů mikroflóry a jejich pozitivní vlivy na motilitu a prokrvení střevní stěny, stimulace imunitního střevního systému a tzv. společného slizničního imunitního systému a redukce bakteriální translokace.

Do okamžiku narození je předpoklad, že je trávicí trakt plodu prostý mikrobiální flórou. Dnes již byly bakterie mléčného kvašení izolovány i z placenty, pupečnickových cév i ze smolky narozených dětí.

Osídlování probíhá v prvních dnech po narození orální cestou, během které je přes dutinu ústní osídlován žaludek a následně střeva. Hlavním zdrojem této nové mikroflóry je matka. Kolonizace trávicího traktu u dětí narozených císařským řezem je opožděná a je charakteristická nižším výskytem bifidobakterií a laktobacilů.

V kojeneckém věku dochází k prudkému osídlování trávicího traktu, a to z mateřského mléka nebo jeho náhražek. Dochází k nárůstu bakterií ze skupin *Enterobacteriaceae*, *Bacteroides* a rodu *Clostridium perfringens*. Významné rozdíly při formaci definitivní mikroflóry lze pozorovat mezi kojenci a příjemci náhražek mateřského mléka. U kojeneckých dětí dominují anaerobní bifidobakterie (actinomycetes). Z mateřského mléka je možné izolovat rody *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Enterobacter*, *Staphylococcus* a *Micrococcus*. V 800 ml mateřského mléka dítě přijme 10^5 – 10^7 bakterií a už čtvrtý den po narození je dětské střevo osídleno 10^{10} CFU/ml. Existuje hypotéza, že některé mikroorganismy se mohou dostat do mléčné žlázy endogenní cestou z trávicího traktu. U nekojených dětí se tvoří velmi rychle komplex úplného spektra mikroflóry za celkové dominance *Enterobacteriaceae*, *Bacteroides* a *Clostridium*. U odstavených dětí se mikroflóra sblíží, prudce vzrůstá počet bakteroidů a koliformních bakterií, enterokoků a clostridií a klesá počet bifidobakterií. Důležitě je osídlení bakterií *E. coli*.

Následně se asi 3–5 let lidský mikrobiom individuálně konstituuje a přetrvává do dospělosti. Je konstituován místem dlouhodobého pobytu a individuálními stravovacími návyky. U západní společnosti, díky stravě bohaté na tuky a sacharidy, převládají bakteroidy, klostridia, bifidobakterie a peptokoky. Naopak u lidí, jejichž strava je bohatá na vlákninu, jsou v mikrobiomu více zastoupeny laktobacily a klebsiely. Mikrobiom střev převládá dlouhodobě i po přesídlení.

U obézních lidí je zvýšená míra mikrobů kmene *Firmicutes* a snížené množství *Bacteroidetes*, přičemž právě pro *Firmicutes* je charakteristická enzymová výbava umožňující trávení nestravitelných součástí potravy, čímž je organismu dodávána energie navíc.

Mikrobiom v našem trávicím ústrojí je ovlivňován naším tělem a zároveň působí na organismus svou přítomností a metabolismem. Napomáhá s trávením, produkuje potřebné látky pro naše tělo a v neposlední řadě chrání slizniční povrch před patogeny. Mohou však nastat i případy, kdy jinak přátelská mikroflóra se stane příčinou obtíží, jak bylo zmíněno výše.

Závěrem této přednášky v rámci Letní školy pro středoškolské učitele a studenty středních škol můžeme konstatovat, že naše současné znalosti fyziologických funkcí mikrobiálního ekosystému trávicího traktu jsou sice v počátcích, nicméně i tyto znalosti nás vedou k daleko širšímu pohledu na souvislosti týkající se například řady nemocí, a to nejen trávicího ústrojí.

LITERATURA

1. Zbořil V. a kolektiv: *Mikroflóra trávicího traktu, klinické souvislosti*. Grada Publishing, a.s., Praha 2005.
2. Dupont H. L., Jiang Z. D., Dupont A. W., Utay N.: *Trans Am. Clin. Climatol. Assoc.* 131, 178 (2020).

P. Lovecká (*Department of Biochemistry and Microbiology, University of Chemistry and Technology Prague*): **The Role and Importance of Microorganisms in Human Life – Can We Live without Them?**

Microorganisms are ubiquitous and have an indisputable role in the environment. Undoubtedly, no life on the Earth would exist without them. In recent years (or decades), many research laboratories have focused on microorganisms which occupy the human gastrointestinal tract (GIT). The so called gut microbiome consists of all types of microorganisms: bacteria, viruses, protozoa, and fungi, and their present collective genetic material. Out of them, bacteria are the most studied ones. They play an important role in the development of the immune system and the protection of human health. This topic will be presented at one of the lectures at the Summer School for Secondary School Teachers in 2021.

Keywords: occurrence of microorganisms, human microbial settlement, intestinal microbiom