

logie, v němž zásadní roli hraje koncept diverzity (blíže viz tabulka 2).

Lidský MM je dle dosavadních poznatků z drtivé většiny tvořen čtyřmi hlavními kmeny (z celkových devíti, které byly v moči popsány): *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* a *Actinobacteria* (8, 9, 10, 18) vlastní data autorů). V souvislosti s urogenitálním systémem bylo dosud popsáno 562 různých bakteriálních druhů náležejících do 210 rodů a představujících 21,4 % prokaryotické diverzity lidského organismu. Celkem 350 (62,3 %) z těchto 562 druhů se vyskytuje i jako součást střevního mikrobiomu (18).

MM se liší u obou pohlaví druhovou skladbou a zastoupením rodů z hlediska relativní abundance. Velmi často dominuje mikrobiomu pouze jeden rod, který představuje většinu detekovaných sekvencí; analogicky ke střevnímu mikrobiomu, kde se hovoří o enterotypech, se u MM používá výraz urotyp (1). U 60 % žen dominuje MM rod *Lactobacillus*, u 22 % rod *Gardnerella* a u ostatních se vyskytuje směs různých druhů bez zjevné dominance jednoho z nich (19, 20). Biologický význam ani potenciální klinický dopad tohoto fenoménu není zatím zřejmý (14). Další rody, které bývají v ženském MM běžně detekovatelné, jsou (metodikou EQUIC prokázané) *Corynebacterium*, *Streptococcus*, *Actinomyces* a *Staphylococcus* (8). EQUIC je schopna odhalit 66 % bakteriální abundance zdravého ženského MM. Zbylé mikroorganismy detekovatelné pomocí NGS představují anaerobní rody *Propionimicrobium*, *Varibaculum*,

Atopobium z kmene *Actinobacteria*; *Peptoniphilus*, *Megasphaera*, *Finegoldia* z kmene *Firmicutes*; a *Prevotella* z kmene *Bacteroidetes* (21). Mužský mikrobiom je dosud méně podrobně popsán než ženský. Jako dominantní rod se zpravidla uvádí *Staphylococcus*, *Streptococcus* a případně *Corynebacterium* (20, 22), dle našich vlastních dat se kromě nich (a v našem souboru častěji) vyskytovala *Pseudomonas* a *Prevotella*.

Stabilita MM v čase je jednou z důležitých otázek, na které se bude muset zaměřit další výzkum. Data z HMP naznačují, že mikrobiomy jednotlivých lokalizací v organismu jsou v čase stabilní (4). Vzhledem k fyziologickým změnám (včetně hormonálních) v procesu stárnutí se však vývoj MM dá předpokládat, byť dosavadní poznatky se v tomto ohledu rozcházejí (23, 24). Dle jedné studie se např. rody *Jonquetella*, *Parvimonas*, *Proteiniphilum* a *Saccharofermentans* vyskytovaly u obou pohlaví výhradně ve věkové skupině 70+ (23), což ale např. naše vlastní data nepotvrzují.

Vůbec první studií, která nabourala postulát o sterilitě zdravé moči, byla práce Siddiqui et al., kteří v moči osmi žen s negativním výsledkem standardní kultivace detekovali a metodou pyrosequenování (původní technika NGS před zavedením masivního paralelního sekvenování) dešifrovali bakteriální 16S rDNA. Nejvíce zastoupené kmeny byly kromě čtyř výše uvedených ještě *Fusobacteria* a nejčastějšími rody byly *Lactobacillus*, *Prevotella* a *Gardnerella* (3). Další prvenství, tentokrát pro detekci MM metodou EQUIC, patří týmu Hilt et al.,

Tab. 2. Koncept diverzity a další vybrané pojmy používané v popisu mikrobiomu (38). OTU – operační taxonomická jednotka, blíže viz text

Tab. 2. The notion of diversity and other selected terms explained (38). OTU – operational taxonomic unit, see text for details

| | |
|------------------|--|
| diverzita | rozmanitost zastoupení mikroorganismů ve vzorku alfa-diverzita = rozmanitost druhů v rámci vzorku (měřítkem alfa-diverzity jsou např. Chao index a dále také Simpsonův a Shannonův index, které berou v potaz druhovou bohatost (richness) i druhovou vyrovnanost (evenness)) beta-diverzita = rozdíly v zastoupení mikroorganismů mezi více vzorky (měřítkem beta-diverzity je např. Bray-Curtisův index nebo Sørensenův index) |
| abundance | počet jedinců ve vzorku; relativní abundance = poměr počtu jedinců dané OTU k celkovému počtu mikroorganismů ve vzorku |
| richness | bohatost – celkový počet odlišných OTU ve vzorku (záleží na hloubce sekvenování) |
| evenness | vyrovnanost – rovnoměrnost zastoupení OTU ve vzorku; dokonalá vyrovnanost nastává, pokud každá OTU (nebo obecně každá kategorie) ve vzorku má stejný počet členů |