

SCI CELL

ODBORNÝ MAGAZÍN
WWW.SCICELL.ORG

2026

ISSN 2585-9137
Vydavateľstvo SciCell





Črevný mikrobióm a plodnosť: úloha mikroorganizmov v regulácii reprodukčných funkcií

Publikované 6. mája 2026

Alexandra Gúcka, Lukáš Hleba

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta biotechnológie a potravinárstva, Ústav Biotechnológie, Tr. Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra.

Abstrakt

Črevný mikrobióm predstavuje dynamický biologický systém, ktorý zohráva kľúčovú úlohu v regulácii metabolických, imunitných a hormonálnych procesov. V posledných rokoch sa čoraz viac pozornosti venuje jeho potenciálnemu vplyvu na reprodukčné zdravie. Tento článok sumarizuje aktuálne poznatky o vzťahu medzi mikrobiómom a plodnosťou, so zameraním na molekulárne mechanizmy zahŕňajúce epigenetickú reguláciu, metabolity mikrobioty a interakcie s imunitným systémom. Diskutované sú rozdiely medzi mužskou a ženskou plodnosťou, úloha reprodukčného mikrobiómu a perspektívy personalizovanej medicíny.

1. Úvod

Plodnosť predstavuje komplexnú biologickú funkciu, ktorá je výsledkom koordinovanej interakcie genetických, hormonálnych, metabolických a environmentálnych faktorov. Úspešná reprodukcia si vyžaduje presnú reguláciu procesov od gametogenézy, hormonálnej signalizácie a oplodnenia až po implantáciu embrya a udržanie gravidity. Narušenie ktorejkoľvek z týchto úrovní môže viesť k zníženej fertilitate alebo neplodnosti.

V posledných desaťročiach sa napriek pokroku v oblasti asistovanej reprodukcie (ART) pozoruje globálny nárast výskytu neplodnosti. Tento trend naznačuje, že tradičné vysvetlenia založené výlučne na genetických alebo hormonálnych faktoroch nie sú postačujúce. Keďže genetická výbava populácie sa mení relatívne pomaly, pozornosť výskumu sa čoraz viac presúva na environmentálne a životné faktory, ktoré môžu ovplyvňovať reprodukčné zdravie.

V tomto kontexte sa formuje koncept tzv. *preconception health*, ktorý zdôrazňuje, že stav organizmu pred počatím významne ovplyvňuje nielen pravdepodobnosť oplodnenia, ale aj kvalitu gamét, priebeh gravidity a dlhodobé zdravie potomstva. Tento prístup posúva vnímanie plodnosti od

izolovanej funkcie reprodukčných orgánov k systémovej vlastnosti celého organizmu.

Jedným z kľúčových regulačných systémov, ktorý sa dostáva do popredia záujmu, je črevný mikrobióm. Ten predstavuje komplexnú komunitu mikroorganizmov, ktorá aktívne ovplyvňuje metabolizmus, imunitnú odpoveď a hormonálnu rovnováhu hostiteľa. Prostredníctvom produkcie bioaktívnych metabolitov, modulácie zápalových procesov a interakcie s endokrinným systémom môže mikrobióm zasahovať do viacerých úrovní reprodukčnej regulácie.

V posledných rokoch pribúdajú dôkazy naznačujúce, že črevný mikrobióm môže predstavovať dôležitý spojovací článok medzi životným štýlom a reprodukčným zdravím. Napriek tomu zostáva mnoho mechanizmov neobjasnených a výskum sa nachádza na rozhraní medzi observačnými asociáciami a kauzálnymi vzťahmi.

Cieľom tohto článku je sumarizovať aktuálne poznatky o úlohe črevného mikrobiómu v regulácii plodnosti, so zameraním na molekulárne mechanizmy, rozdiely medzi pohlaviami a potenciálne terapeutické implikácie.

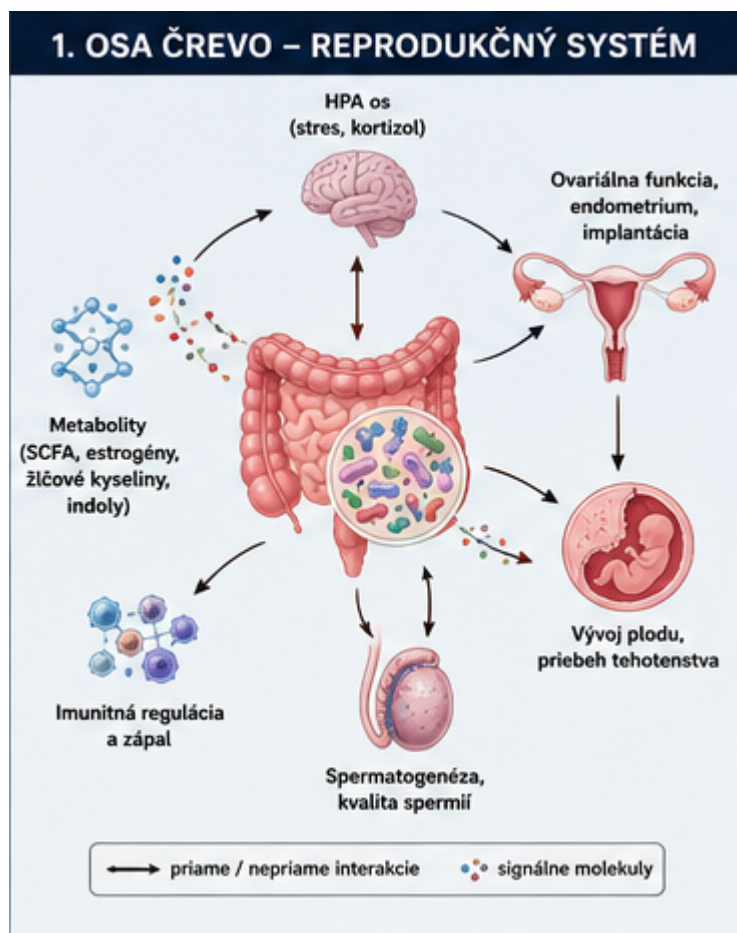
2. Mikrobióm ako regulačný systém organizmu

Ludský mikrobióm predstavuje komplexnú a dynamickú komunitu mikroorganizmov, ktoré kolonizujú rôzne časti tela vrátane kože, slizníc a gastrointestinálneho traktu. Najvyššia diverzita a metabolická aktivita sa nachádza v čreve, kde mikrobiota tvorí funkčný „metabolický orgán“ s výrazným vplyvom na fyziológiu hostiteľa.

Črevná mikrobiota sa podieľa na širokom spektre biologických procesov, vrátane:

- metabolizmu makroživín a xenobiotík,
- syntézy vitamínov (napr. vitamín K, niektoré vitamíny skupiny B),
- regulácie imunitnej odpovede,
- produkcie biologicky aktívnych metabolitov.

Kľúčovú úlohu zohrávajú krátkoreťazcové mastné kyseliny (SCFA), ako acetát, propionát a butyrát, ktoré vznikajú fermentáciou vlákniny. Tieto metabolity pôsobia ako signálne molekuly ovplyvňujúce génovú expresiu, diferenciáciu imunitných buniek a integritu črevnej bariéry. Butyrát napríklad slúži ako energetický substrát pre enterocyty a zároveň pôsobí ako inhibítor histón deacetyláz (HDAC), čím ovplyvňuje epigenetickú reguláciu.



Mikrobióm tak predstavuje integračný systém prepájajúci environmentálne faktory – najmä výživu a životný štýl – s metabolickými a imunitnými procesmi organizmu.

3. Molekulárne mechanizmy ovplyvňujúce plodnosť

3.1 Epigenetická regulácia

Epigenetická regulácia predstavuje jeden z hlavných mechanizmov, prostredníctvom ktorých mikrobióm ovplyvňuje reprodukčné funkcie. Metabolity mikrobioty, najmä SCFA, sa podieľajú na modifikácii chromatinovej štruktúry prostredníctvom acetylácie a metylácie histónov.

Tieto procesy sú kľúčové počas gametogenézy, kde regulujú expresiu génov zodpovedných za:

- dozrievanie oocytov,
- spermatogézu,
- stabilitu genetickej informácie.

Epigenetické zmeny môžu byť dlhodobé a potenciálne prenosné na potomstvo, čo naznačuje úlohu mikrobiómu aj v transgeneračných efektoch reprodukčného zdravia.

3.2 Imunitná regulácia

Črevný mikrobióm je úzko prepojený s imunitným systémom, pričom približne 70 % imunitných buniek sa nachádza v gastrointestinálnom trakte. Interakcia medzi mikrobiotou a imunitným systémom je nevyhnutná pre udržanie imunologickej homeostázy.

Dysbióza vedie k narušeniu tejto rovnováhy a môže spôsobiť:

- zvýšenú permeabilitu črevnej bariéry („leaky gut“),
- translokáciu bakteriálnych endotoxínov (napr. lipopolysacharidov),
- chronický nízkostupňový zápal.

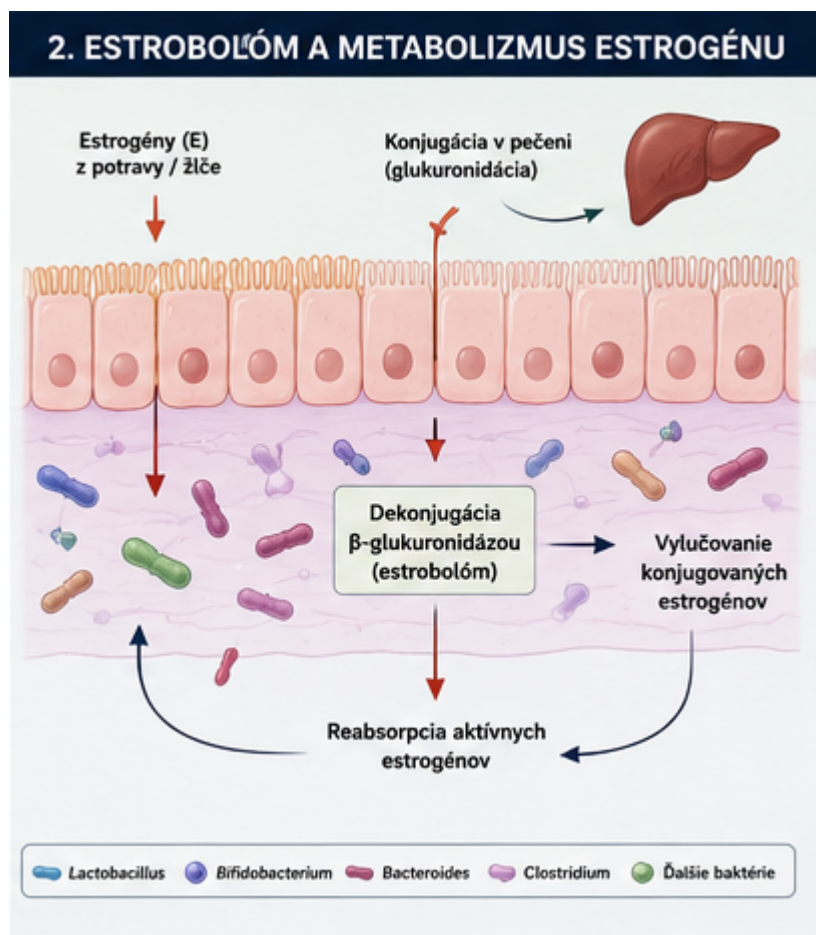
Tento zápal môže negatívne ovplyvňovať reprodukčné procesy prostredníctvom narušenia hormonálnej signalizácie, poškodenia gamét a zhoršenia implantácie embrya.

3.3 Metabolické a hormonálne interakcie

Mikrobióm významne zasahuje aj do metabolizmu steroidných hormónov. Estrobolóm – súbor baktérií produkujúcich β -glukuronidázu – reguluje enterohepatálny obeh estrogénov.

Porucha tejto regulácie vedie k:

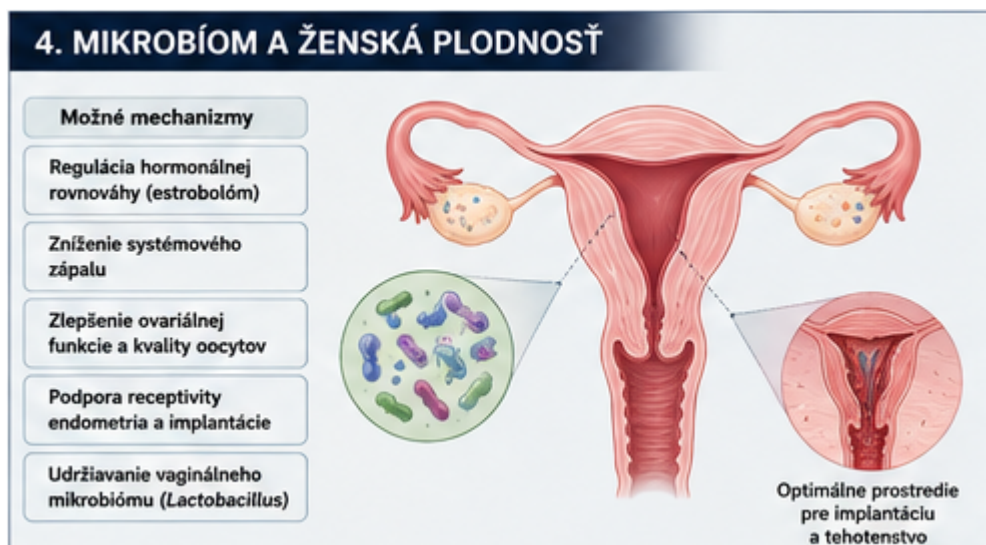
- zvýšenej alebo zníženej hladine cirkulujúcich estrogénov,
- narušeniu hormonálnej rovnováhy,
- zvýšenému riziku gynekologických ochorení.



Tieto zmeny sú spojené s patogenézou ochorení ako PCOS, endometrióza či poruchy menštruačného cyklu, ktoré patria medzi hlavné príčiny ženskej neplodnosti.

4. Vplyv mikrobiómu na ženskú plodnosť

Mikrobióm ovplyvňuje ženskú plodnosť na viacerých úrovniach, vrátane hormonálnej regulácie, kvality oocytov a procesu implantácie.



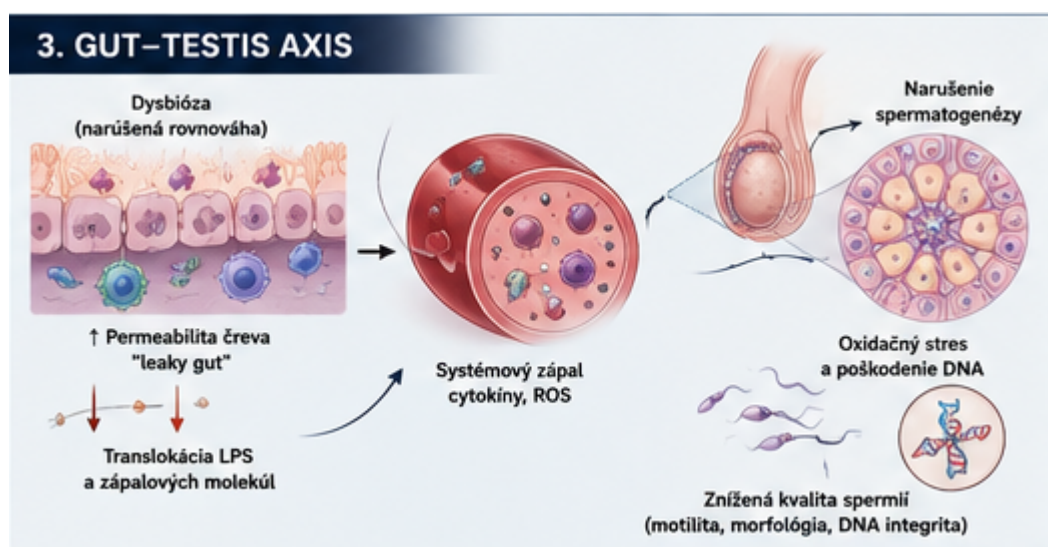
Experimentálne modely ukazujú, že absencia mikrobioty vedie k:

- urýchlenému starnutiu ovariálneho tkaniva,
- zníženej ovariálnej rezerve,
- zhoršenej fertilitate.

Okrem črevného mikrobiómu zohráva významnú úlohu aj vaginálny mikrobióm. Dominancia baktérií rodu *Lactobacillus* zabezpečuje nízke pH a ochranu pred patogénmi. Narušenie tejto rovnováhy (napr. bakteriálna vaginóza) je spojené so zníženou úspešnosťou implantácie a vyšším rizikom potratu.

5. Vplyv mikrobiómu na mužskú plodnosť

Koncept osi črevo–semenníky (*gut–testis axis*) poukazuje na systémové prepojenie medzi črevnou mikrobiotou a mužskou reprodukciou.



Dysbióza vedie k:

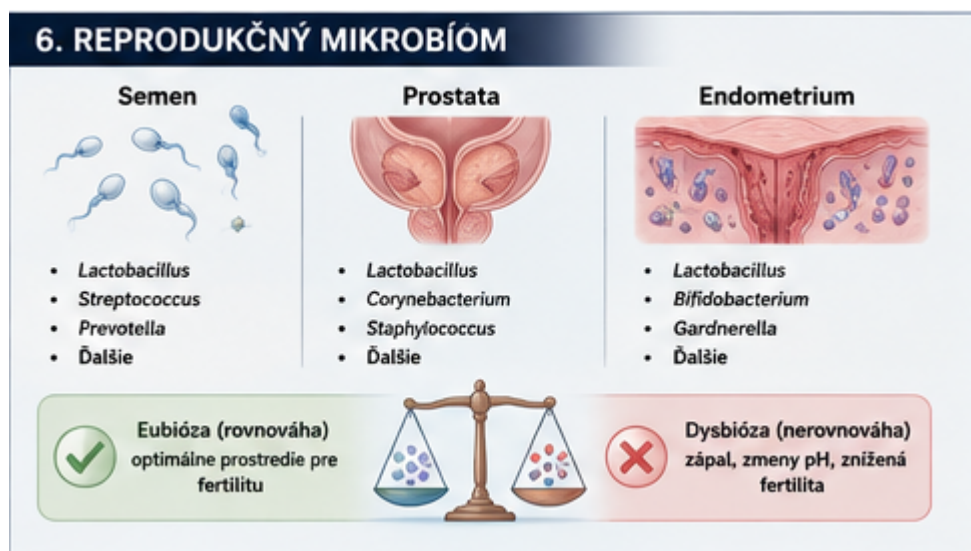
- zvýšenej produkcii reaktívnych foriem kyslíka (ROS),
- oxidačnému stresu,
- poškodeniu lipidov, proteínov a DNA spermií.

Oxidačný stres je jedným z hlavných faktorov znižujúcich kvalitu spermií, ich motilitu a schopnosť oplodniť oocyt. Mikrobióm môže zároveň ovplyvňovať endokrinnú reguláciu vrátane produkcie testosterónu.



6. Reprodukčný mikrobióm

Moderné metódy sekvenovania ukázali, že reprodukčné orgány nie sú sterilné, ale obsahujú špecifické mikrobiálne komunity.



Mikrobiota bola identifikovaná:

- v semene,
- v prostate,
- v endometriu.

Rovnováha týchto mikrobiálnych komunit je kľúčová pre optimálne reprodukčné prostredie. Dysbióza môže viesť k zápalu, zmenám pH a narušeniu bunkovej signalizácie, čo negatívne ovplyvňuje fertilitu.

7. Mikrobióm počas tehotenstva

Počas gravidity dochádza k významným zmenám v zložení mikrobiómu, ktoré odrážajú metabolické a imunitné adaptácie organizmu.



Tieto zmeny podporujú:

- imunitnú toleranciu voči plodu,
- energetický metabolizmus matky,
- správny vývoj plodu.

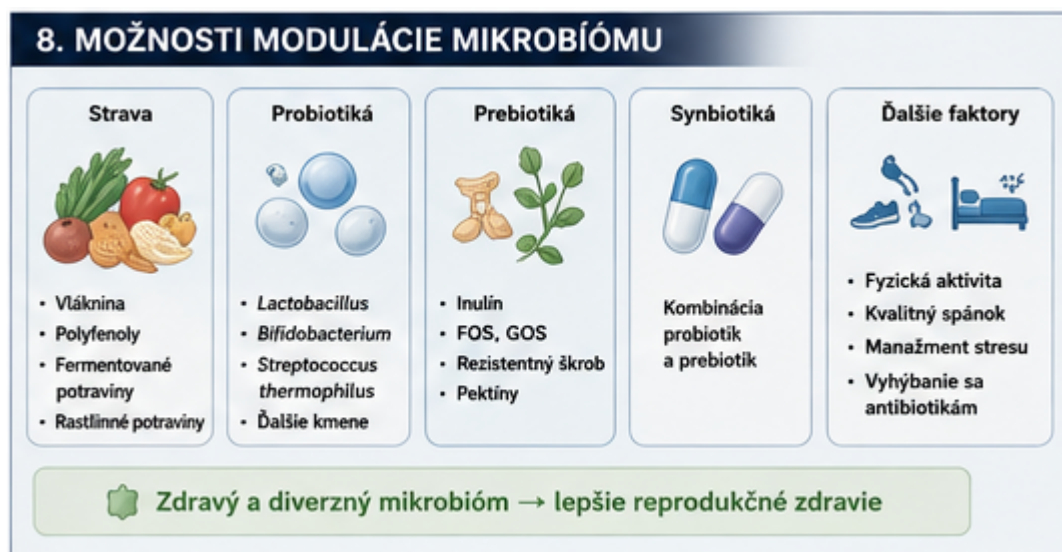
Narušenie mikrobiómu je spojené s komplikáciami, ako sú:

- predčasný pôrod,
- preeklampsia,
- spontánny potrat.

Mikrobiálne metabolity zohrávajú kľúčovú úlohu pri udržiavaní rovnováhy medzi imunitnou toleranciou a ochranou pred infekciami.

8. Možnosti modulácie mikrobiómu

Mikrobióm je dynamický systém ovplyvnený najmä životným štýlom a stravou. Strava bohatá na vlákninu podporuje diverzitu mikrobioty a produkciu SCFA.



Možnosti intervencie zahŕňajú:

- dietetické úpravy,
- probiotiká,
- prebiotiká,
- synbiotiká.

Napriek sľubným výsledkom zostáva výzvou identifikácia konkrétnych mikrobiálnych profilov a terapeutických stratégií vhodných pre klinickú prax.

9. Diskusia

Súčasný výskum poukazuje na významnú asociáciu medzi mikrobiómom a plodnosťou, avšak kauzálne mechanizmy nie sú úplne objasnené. Väčšina dostupných štúdií má observačný charakter, čo limituje interpretáciu výsledkov.

Kľúčovou výzvou zostáva:

- identifikácia kauzálnych vzťahov,
- šandardizácia metodík výskumu,
- preklad experimentálnych poznatkov do klinickej praxe.

Budúcnosť smeruje k personalizovanej medicíne, kde bude mikrobióm súčasťou diagnostických a terapeutických stratégií.

10. Záver

Črevný mikrobióm predstavuje významný regulačný faktor reprodukčného zdravia. Jeho vplyv sa realizuje prostredníctvom komplexných interakcií zahŕňajúcich epigenetické, imunitné a metabolické mechanizmy.

Plodnosť je tak výsledkom systémovej rovnováhy organizmu, v ktorej mikrobióm zohráva integrálnu úlohu. Lepšie pochopenie týchto mechanizmov môže viesť k novým prístupom v prevencii a liečbe neplodnosti.

Použitá literatúra

Ashonibare, V. J., Akorede, B. A., Ashonibare, P. J., Akhigbe, T. M., & Akhigbe, R. E. (2024). Gut microbiota-gonadal axis: The impact of gut microbiota on reproductive functions. *Frontiers in*

Immunology, 15, 1346035. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1346035>

Magill, R. G., & MacDonald, S. M. (2023). Male infertility and the human microbiome. *Frontiers in Reproductive Health*, 5, 1166201. <https://doi.org/10.3389/frph.2023.1166201>

Munyoki, S. K., Vukmer, N., Rios, J. M., Kallen, A., & Jašarević, E. (2025). From gut to gamete: How the microbiome influences fertility and preconception health. *Microbiome*, 13(1), 195. <https://doi.org/10.1186/s40168-025-02230-7>

Wang, Y., & Xie, Z. (2022). Exploring the role of gut microbiome in male reproduction. *Andrology*, 10(3), 441–450. <https://doi.org/10.1111/andr.13143>

Lynch, S. V., & Pedersen, O. (2016). The human intestinal microbiome in health and disease. *New England Journal of Medicine*, 375(24), 2369–2379. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1600266>

Belkaid, Y., & Hand, T. W. (2014). Role of the microbiota in immunity and inflammation. *Cell*, 157(1), 121–141. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.011>

Koh, A., De Vadder, F., Kovatcheva-Datchary, P., & Bäckhed, F. (2016). From dietary fiber to host physiology: Short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell*, 165(6), 1332–1345. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.05.041>

Dalile, B., Van Oudenhove, L., Vervliet, B., & Verbeke, K. (2019). The role of short-chain fatty acids in microbiota–gut–brain communication. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 16(8), 461–478. <https://doi.org/10.1038/s41575-019-0157-3>

Baker, J. M., Al-Nakkash, L., & Herbst-Kralovetz, M. M. (2017). Estrogen–gut microbiome axis: Physiological and clinical implications. *Maturitas*, 103, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.06.025>

Kwa, M., Plottel, C. S., Blaser, M. J., & Adams, S. (2016). The intestinal microbiome and estrogen receptor-positive female breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 108(8). <https://doi.org/10.1093/jnci/djw029>

Tremellen, K., & Pearce, K. (2012). Dysbiosis of gut microbiota (DOGMA) – A novel theory for the development of polycystic ovarian syndrome. *Medical Hypotheses*, 79(1), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2012.04.016>

Franasiak, J. M., Scott, R. T. (2015). Introduction to reproductive microbiome. *Fertility and Sterility*, 104(6), 1341–1343. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2015.10.021>

Použité obrázky:

Všetky použité obrázky v článku boli generované s pomocou AI (ChatGPT)