

Mikrobiota za energijsko preskrbo telesa

(Črevesna mikrobiota je naša biorafinerija)

Energetska homeostaza je ključnega pomena za preživetje naše vrste.¹ Naše telo potrebuje določeno količino energije za izvajanje bistvenih funkcij (npr. homeostaza imunskega sistema, rast in obnova celic, dihanje, prenos krvi, možganska aktivnost), dodatno energijo pa potrebujemo tudi za telesno aktivnost (gibanje, hoja, vadba itd.). Dve glavni komponenti sta vključeni v regulacijo **energijskega ravnovesja**: vnos hranil in poraba energije.²

Potreba po energiji: energija iz hrane in energija za prebavo hrane

Hrana telesu zagotavlja različne hranilne snovi, vključno s tremi glavnimi kategorijami, ki oddajajo energijo v obliki kalorij (znane tudi kot džuli; 1 Joul = 0,239 kalorije, tako da je 1 kcal = 4,186 kJ). Te kategorije so ogljikovi hidrati, maščobe in beljakovine. Večino energije porabimo kot ogljikove hidrate (35 do 70 % (škrob, sladkorji), na drugem mestu so maščobe (20 do 45 %) in na koncu beljakovine (10 do 23 %).³

Prav tako porablamo energijo med uživanjem in prebavo hrane ter biokemičnim ravnanjem s hranili, ki je znano kot **termični učinek hrane**.⁴ Količina potrebne energije se razlikuje glede na hrano. Poraba energije za prebavo je na primer največja pri beljakovinah in najmanjša pri maščobah. Na splošno velja, da prebava mešane hrane povzroči povečanje porabe energije, ki ustreza 10 % energijske vsebnosti hrane.⁴ Tako obstaja nekaj kalorično negativnih in nekaj povsem nekaloričnih živil. Ta so pogosta predvsem v raznih priporočilih za hujšanje (hrana, ki jo promovirajo kot kalorično negativno, sta običajno sadje in zelenjava z visoko vsebnostjo vode: kumare, korenje, zelena, limone ...).⁵

Energijo v hrani lahko izrazimo na različne načine (glej tabelo 1); kot prebavljivo (DE), presnovljivo (ME) ali neto energijo (NE) ob upoštevanju izgube energije med prebavo in presnovo iz bruto energije (GE).⁶ Ljudje kažejo občutne razlike v odzivu na prehranske posege, kar je delno mogoče pripisati genetski heterogenosti.⁷

Tabela 1: Prebavljivost energije.⁶

Izraz	Pojasnilo
Bruto energija (GE):	količina energije v hrani
Prebavljiva energija (DE)	količina energije v hrani <u>manj</u> količina energije, ki se izgubi v blatu
Presnovljiva energija (ME)	količina energije v hrani <u>minus</u> izguba energije z blatom in urinom
Neto energija (NE)	količina energije v hrani <u>minus</u> energija, izgubljena v blatu, urinu in v proizvodnji toplote s prebavnimi in presnovnimi procesi, tj. povečanjem toplote.

Energija, proizvedena s hrano v človeškem telesu, se v glavnem uporablja za vzdrževanje osnovnih telesnih funkcij (glej tabelo 2 *Terminologija za porabo energije*).

Ocenjena potreba po energiji je količina energije v hrani, ki je potrebna za uravnoteženje porabe energije za ohranjanje telesne velikosti, telesne sestave in ravni potrebne in zaželeno telesne aktivnosti v skladu z dolgoročnim dobrim zdravjem. Običajno so stopnje porabe energije pri odraslih v mirovanju približno 1 kcal/min (več pri moških).⁸

Tabela 2: Terminologija za porabo energije^{9, 10, 11, 12, 13}

Izraz	Definicija
Bazalna hitrost presnove (BMR)	Minimalna stopnja porabe energije, združljiva z normalnim življenjem. To je hitrost porabe energije za BEE, medtem ko je posameznik buden, vendar v popolnoma mirujočem stanju (npr. leži in ni jedel že 12-14 ur, saj uživanje hrane poveča porabo energije, ker mora telo porabiti energijo za prebavo zaužite hrane). To je stanje, ko imata hrana in telesna aktivnost minimalni vpliv na presnovo.
Bazalna poraba energije (BEE)	Energija, potrebna za vzdrževanje vitalnih telesnih funkcij. To je bazalna hitrost presnove, razširjena na 24 ur.
Poraba energije med počitkom (REE)	Energija, potrebna za podporo osnovnim telesnim presnovnim dejavnostim; lahko je 3 do 10 % višja od BEE. Znana je tudi kot bazalna poraba energije.
Poraba energije med dejavnostjo (AEE)	Energija, porabljena za podporo telesni aktivnosti (med vadbo in brez vadbe)
Z dieto povzročena termogeneza (DIT)	Po vnosu hrane potrebna energija za prebavo, absorpcijo, uporabo in shranjevanje hranil
Dnevna poraba energije (dnevni EE)	Skupna poraba energije je torej dnevna poraba energije; rezultat vsote EE-komponent BEE, DIT in AEE. Izračuna se tako, da se številki BEE doda 30 % kalorij BEE za sedečo aktivnost, 50 % kalorij BEE za zmerno aktivnost in 100 % kalorij za naporno aktivnost.

Pozitivno energijsko ravnovesje je povezano s shranjevanjem energije, odlaganjem tkiva in povečanjem telesne mase ter normalno linearno rastjo. Negativno energijsko ravnovesje je povezano z izčrpanjem tkiva in s tem z izgubo teže.¹¹

Vpliv mikrobiote na pridobivanje energije iz hrane

Prebavni sistem je odgovoren za prebavo hrane in absorpcijo hranil. Vključen je tudi v nevrnske, imunske in endokrine poti.²⁴

Črevesna mikrobiota je zelo kompleksen in dinamičen ekosistem z izjemnim metaboličnim potencialom.¹⁴ Je pomemben dejavnik, ki vpliva na pridobivanje energije iz prehrane (vključno s sposobnostjo pridobivanja energije iz sicer neprebavljivih prehranskih polisaharidov¹⁵) in shranjevanje energije v gostitelju.¹⁶ Torej bi lahko rekli da nam pomaga pri **trajnosti energije v telesu**.

Pri preučevanju presnovnega vpliva črevesne mikrobiote dokazi kažejo, da lahko uravnava ne samo pridobivanje energije iz prehrane s proizvodnjo kratkoveržnih maščobnih kislin (SCFA) iz neprebavljivih ogljikovih hidratov (glej spodaj), temveč lahko vpliva tudi na splošni vnos energije in mehanizme shranjevanja. Učinki črevesne mikrobiote na presnovo gostitelja so bili prvič prikazani z uporabo sterilnih miši (GF), torej takih brez črevesne mikrobiote, ki so pokazale zmanjšano adipoznost v primerjavi z običajnimi miši in pokazale odpornost proti debelosti, ki jo povzroča prehrana; značilnosti, ki so verjetno delno posledica manjšega pridobivanja energije iz prehrane.¹⁷

Osrednje funkcionalne mikrobne skupine in poti, ki so pomembne za življenje v črevesju, so tiste za presnovo ogljikovih hidratov in aminokislin: presnova fruktoze/manoze, presnova

aminosladkorja in razgradnja N-glikana.¹⁵ Neprekinjena izpostavljenost fruktozi in nadomestkom sladkorja lahko povzroči disbiozo z izgubo mikrobne genetske in filogenetske raznolikosti, kar spodbuja razvoj in vzdrževanje mikrobioma zahodnega črevesa. Po drugi strani pa prilagodljivi metabolizem ustvarja dodatne vire energije za gostitelja, kar lahko olajša nepravilne interakcije med gostiteljem in mikrobi, kar vodi v

moteno regulacijo energije in spremenjeni čas prehoda črevesja s poznejšim izboljšanjem pridobivanja energije s hrano. Te razlike v mikrobni sestavi in presnovni aktivnosti lahko na koncu zazna prirojeni in prilagodljivi imunski sistem, kar privede do črevesnega vnetja, ki se kasneje kaže kot endotoksemija. Kombinacija teh procesov lahko nedvomno prispeva k razvoju številnih presnovnih motenj, povezanih z debelostjo.¹⁹

SLADKORJI IN MIKROBIOTA¹⁸

Glukoza, fruktoza in saharoza povečajo vsebnost bifidobakterij v debelem črevesu, medtem ko umetna sladila zmanjšujejo tako bifidobakterije kot laktobacile. Mlečni sladkor (laktoza) poveča vsebnost bifidobakterij in laktobacilov.

Črevesna mikrobiota proizvaja tudi farmakološko aktivne signalne molekule, ki sodelujejo z metabolizmom gostitelja. V zvezi s tem so najbolj znane in raziskane kratkoverižne maščobne kisline (SCFA), ki nastanejo s fermentacijo prehranskih vlaknin s strani črevesnih bakterij (glej njihov učinek na zdravje v shemi 1). Njihova interakcija z receptorji, povezanimi z beljakovinami G, vpliva na občutljivost na inzulin v adipocitih in perifernih organih ter tako uravnava presnovno energije.¹⁶ Butirat je glavni in najprimernejši presnovni substrat za kolonocite, ki zagotavlja vsaj 60 do 70 % potreb po energiji, ki je potrebna za njihovo širjenje in diferenciacijo.²⁰

Shema 1: Značilnosti in učinki kratkoverižnih maščobnih kislin (SCFA). Najvišje ravni SCFA-jev najdemo v proksimalnem debelem črevesu, kjer jih lokalno uporabljajo enterociti ali se jih po črevesnem epiteliju prenese v krvni obtok. Njihova koncentracija in količinase razlikujeta glede na dejavnike, kot so prehrana, sestava mikrobiote, mesto fermentacije in genotip gostitelja. Predklinične študije so pokazale, da butirat in propionat nadzorujeta črevesne hormone ter zmanjšujeta vnos hrane in apetit. Klinične študije so pokazale, da večje količine SCFA-jev prispevajo k zdravi telesni teži in nižji odpornosti celic proti inzulinu.^{21, 22, 23}

<p style="text-align: center;">ACETAT (<i>Bacteroidetes</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Najpogostejša kratkoverižna maščobna kislina • Ključen za rast drugih bakterij • Igraja vlogo pri centralni regulaciji apetita • V perifernih tkivih sodeluje pri presnovi holesterola in lipogenezi 	<p style="text-align: center;">PROPIONAT (<i>Bacteroidetes</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prenese se v jetra, kjer uravnava glukoneogenezo • Signalizira občutek sitosti prek receptorjev maščobnih kislin v črevesju 	<p style="text-align: center;">BUTIRAT (<i>Firmicutes</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glavni vir energije za kolonocite • Uravnava presnovno energije • Spodbuja apoptozo rakotvornih kolonocitov • Poveča občutljivost na inzulin, aktivira glukoneogenezo • Vzdržuje nivo kisika v črevesju in preprečuje disbiozo • Poveča ekspresijo genov leptina (hormon uravnava energetsko bilanco z zaviranjem apetita)
---	---	---

Kljub velikemu zanimanju za vpliv črevesne mikrobiote na presnovno zdravje in intenzivnim raziskavam v zadnjem desetletju še vedno ne moremo natančno opredeliti kalorične koristi za ljudi, da gostijo mikrobo v svojih prebavilih.¹⁴

Vendar je gastrointestinalna homeostaza dinamično ravnovesje med prebavili, prehrano in presnovo energije.²⁴ Črevesna mikrobiota je naša glavna „tovarna za predelavo hrane“ in naš partner pri pridobivanju in uravnoteženju zalog energije.

Pripravila: Helena Strašek, medicinska svetovalka, Lek d. d.

SAMO ZA STROKOVNO JAVNOST

Informacija pripravljena: junij 2021

SI2106227518

¹ Galgani & Ravussin. International Journal of Obesity 2008; 32.

² Woo et al. Annu Rev Nutr. 1985; 5.

³ <https://www.nap.edu/read/10490/chapter/13#771>.

⁴ <https://www.nap.edu/read/10490/chapter/7#114>.

⁵ <https://www.healthline.com/nutrition/negative-calorie-foods#definition>

⁶ Energy digestibility. Kansas State University (dostop: <https://www.asi.k-state.edu/research-and-extension/swine/swinenutritionguide/energysystems.html>, zadnji dostop: 28. 5.2021).

⁷ Leng Loo et al. The American Journal of Clinical Nutrition 2018; 107. knjiga, 3. izdaja

⁸ <https://www.nap.edu/read/10490/chapter/7#108>.

⁹ <https://www.nap.edu/read/10490/chapter/7#112>.

¹⁰ Carneiro et al. Adv Nutr. maj 2016; 7(3).

¹¹ Wiskin et al. Arch Dis Child 2011; 96.

¹² <https://healthengine.com.au/info/energy-expenditure-how-the-body-burns-calories#c3>

¹³ <https://www.omnicalculator.com/health/bee#basal-energy-expenditure-definition>

¹⁴ Ch16. Microbiome and Diseases: Metabolic Disorders. in Haller D. The Gut Microbiome in Health and Disease, Springer International Publishing AG, del skupine Springer Nature 2018.

¹⁵ Turnbaugh et al. Nature; 457. knjiga

¹⁶ Boulangé et al. Genome Medicine 2016; 8: 42.

¹⁷ Bauer et al. Cell. Mol. Life Sci. 2016; 73.

¹⁸ Singh et al. J Transl Med 2017; 15: 73.

¹⁹ Payne et al. Obesity reviews 2012; 13.

²⁰ Suzuki et al. The British Journal of Nutrition, 2008; 100, 297.

²¹ Magne et al. Nutrients 2020 19. maj (doi: 10.3390/nu12051474).

²² Valdes et al. BMJ 2018; 361:k2179.

²³ Tan et al. Adv Immunol. 2014; 121.

²⁴ Chen et al. Curr Protein Pept Sci 2017; 18(6).