

Energie a pohyb

Energetická potřeba

Výpočet energetické potřeby pacienta nebo klienta je jedním ze základních podkladů nutričního terapeuta pro plánování nutriční intervence. Je proto nezbytné znát její komponenty a možnosti jejího stanovení. Energetickou potřebu člověka lze spočítat mnoha způsoby, které se od sebe liší použitými proměnnými a přesností. Základem je určit velikost jednotlivých složek energetického výdeje, které nám dohromady poskytnou ucelené informace o energetické potřebě.

Jednotky energie

Dříve se energie vyjadřovala v kilokaloriích (kcal), v současné době je obvyklejší používat jednotku SI soustavy kilojoul (kJ). Obě jednotky jsou však stále používané a najdeme je většinou obě i na obalu potravin. Pro přepočet platí vztah:

$$1 \text{ kcal} = 4,18 \text{ kJ}$$

Často se můžeme setkat s označením nápoje, potraviny, nebo třeba stravy jako „nízkokalorický/á“, vhodnější je však označení „nízkoenergetický/á“ neboť kalorie je jednotkou veličiny energie. Stejně tak mluvíme o energetickém příjmu či výdeji.

K celkovému energetickému přívodu přispívají:

- **sacharidy:** 17 kcal/g (4 kcal/g)
- **tuky:** 38 kJ/g (9 kcal/g)
- **bílkoviny:** 17 kJ/g (4 kcal/g)
- **vláknina:** 9 kJ/g (2 kcal/g)
- **alkohol:** 29 kJ/g (7 kcal/g)

Energie je získávána prostřednictvím zpracování makronutrientů množstvím metabolických drah jako je glykolýza, β -oxidace, nebo oxidativní fosforylace. Uvolněná energie je využita zejména k syntéze adenosin trifosfátu (ATP). Pro energii platí 1. termodynamický zákon (zákon zachování energie – např. chemická energie je ve svalech přeměňována na energii tepelnou a mechanickou):

„Energii nelze ani vytvořit, ani zničit, avšak může se měnit z jedné formy na druhou.“

Měření energetického výdeje

Přímá kalorimetrie

Při syntéze i využití ATP je hlavním vedlejším produktem reakce uvolněné teplo. Tvorba tepla je tedy indikátorem přeměny energie v těle, což je základem metody přímé kalorimetrie. Přímá kalorimetrie se musí provádět v uzavřené komoře, kde je senzory zaznamenáváno uvolněné teplo. Tato metoda není vhodná pro rutinní používání.

Nepřímá kalorimetrie

Praktičtější metodou je metoda nepřímé kalorimetrie, kde se využívá znalostí o výměně plynů během metabolických reakcí a s nimi spojeným uvolněním energie/tepla. Měření probíhá pomocí kanopy (plastové helmy), která se nasadí na horní část těla, příp. pomocí dýchací masky. Metoda měří spotřebovaný kyslík a vydechovaný oxid uhličitý a umožňuje tak vypočítat tzv. respirační kvocient (RQ), který vypovídá a míře oxidace jednotlivých živin.

RQ = 0,7 pro tuky; 0,82 pro bílkoviny; 1 pro sacharidy

Energetická bilance

Energetická rovnováha se zpravidla vyznačuje tím, že si osoba udržuje svoji tělesnou hmotnost, a znamená, že příjem a výdej energie je víceméně vyrovnaný. Pokud je výdej energie vyšší než příjem, dochází k ukládání energetických zásob nejčastěji do tukové tkáně.

Energetický příjem

Lidský organismus přijímá energii z potravin a nápojů. Energetická hodnota většiny základních potravin je známá a je možné ji dohledat v tabulkách složení potravin, nebo je zanesena do různých nutričních databází. Najdeme zde i energetickou hodnotu některých pokrmů a potravinářských výrobků. Dalším zdrojem informace o energetické hodnotě potravin jsou obaly potravin, nicméně ta většinou neodpovídá přesnému složení potraviny na základě analýzy, ale výrobce potraviny ji uvede např. jako součet tabulkových energetických hodnot použitých surovin.

Energetický výdej

Celkový energetický výdej (CEV, nebo CEP – celková energetická potřeba) se skládá ze tří hlavních komponent:

- bazální energetický výdej
- termický efekt potravy
- energie vydaná na pohybovou aktivitu

U dětí a dospívajících je potřeba připočítat ještě energii potřebnou pro růst.

1. Bazální energetický výdej (BMR – basal metabolic rate)

BEV je energie vydaná tělem v naprostém klidu, která je potřebná pro udržení základních životních funkcí, jako jsou aktivní transport přes buněčné membrány nebo kontrakce svalových vláken potřebných pro nezbytnou mechanickou práci (dýchání, práce srdečního svalu).

Při měření BEV musí být osoba nalačno, ve stavu mentálního a fyzického uvolnění, v termoneutrálním prostředí. Tyto podmínky je v praxi obtížné zajistit, proto se většinou přistupuje k měření tzv. **klidového energetického výdeje** (KEV; RMR – resting metabolic rate). RMR je za 24 hodin o cca 10 % vyšší než BMR. Tyto dva termíny však mohou být s jistou nepřesností zaměňovány.

Průměrný BMR pro dospělého člověka je asi 4,2 kJ/min (1 kcal/min). U žen je přibližně o 5–10 % nižší než u mužů. Mezi jednotlivci jsou však samozřejmě rozdíly v bazální energetické potřebě, které určuje zejména:

- **hmotnost:** čím větší buněčná hmota, tím větší energetický výdej.
- **pohlaví:** BMR souvisí s množstvím svalové hmoty, které je obvykle vyšší u mužů, proto muži mají při stejné tělesné hmotnosti vyšší BMR než ženy.
- **věk:** BMR vztažené na kilogram tělesné hmotnosti klesá od novorozeneckého věku po stáří, tak jak klesá podíl aktivní tělesné hmoty. Potřeba energie na růst nad rámec BMR je asi 21 kJ/g nabyté tkáně a nejvyšší je v období růstového spurtu v prvních měsících života a v období puberty.
- **genetické faktory:** asi 10 % variability BMR mezi lidmi je dáno genetickými faktory.
- **další faktory:** BMR může být dále ovlivněno konzumací některých léčiv nebo některými onemocněními (horečka, onemocnění štítné žlázy, nádorové onemocnění). Nikotin i kofein zvyšují výdej energie. Také podmínky prostředí ovlivňují BMR (extrémní okolní teploty), hladovění může způsobit pokles BMR jako adaptace organismu. BMR je také nižší ve spánku.

Při sedavém způsobu života se odhaduje, že BMR tvoří zhruba 60–70 % z celkového energetického výdeje. Přibližný podíl orgánů a tkání na spotřebě energie je pak následující:

- játra 30 %
- CNS 20 %
- střevo 20 %
- kosterní sval 17 %
- myokard 10 %
- ledviny 7 %

2. Termický efekt potravy

Při konzumaci potravy se zvyšuje produkce tepla. Tento proces se označuje jako stravou indukovaná termogeneze (postprandiální termogeneze) a je způsobená stimulací metabolismu při zpracování potravy a ukládání uvolněných nutrientů. Termický efekt potravy trvá asi 3–6 hodin a představuje asi 10 % z energetické hodnoty pokrmu. Vyšší termický efekt mají pokrmy obsahující bílkoviny (asi 20–30 %) a sacharidy (asi 5–10 %) než pokrmy s větším podílem tuku (asi 0–3 %).

3. Pohybová aktivita

Pohybová aktivita je nejvíce proměnlivou, nicméně nejlépe ovlivnitelnou složkou energetického výdeje. Energie vydaná pohybovou aktivitou může být vypočtena pomocí tzv. faktorů pohybové aktivity, které udávají, jak moc se zvýší BMR v průběhu aktivity. Je však potřeba mít na paměti, že faktory pohybové aktivity jsou průměrné hodnoty, a nemohou tedy správně postihnout intenzitu pohybové aktivity. Je potřeba respektovat délku pohybové aktivity s danou intenzitou a počítat zvýšení výdeje s daným faktorem jen po dobu pohybové aktivity. Po intenzivní fyzické zátěži však může být BMR zvýšené až po dobu několika hodin, což je pravděpodobně způsobeno regeneračními procesy ve svalech.

Intenzita činnosti	Typ aktivity	Faktory aktivity	EV (kJ/kg/den)
Velmi lehká	Sezení a stání, řízení, laboratorní práce, student, sekretářka, šití, psaní, žehlení, vaření, hraní karet, hraní na hudební nástroj, malování	Ž – 1,3 M – 1,3	Ž – 126 M – 130
Lehká	Chůze (4–5km/h), práce v garáži, truhlář, elektrikář, práce v restauraci, v domácnosti, péče o dítě, golf, plachtění, stolní tenis	Ž – 1,5 M – 1,6	Ž – 147 M – 160
Střední	Chůze (5–6,5 km/h), práce na zahradě, nesení zátěže, cyklistika, lyžování, tanec	Ž – 1,6 M – 1,7	Ž – 155 M – 172
Těžká	Chůze do kopce, těžká manuální práce, basketbal, fotbal, horolezectví	Ž – 1,9 M – 2,1	Ž – 185 M – 210
Mimořádná	Profesionální sportovci	Ž – 2,2 M – 2,4	Ž – 214 M – 244

Průměrný faktor aktivity (FA) za 24 hodin je však nutné správně vypočítat, tedy konkretizovat odhad denní potřeby energie dle počtu hodin a typu fyzické aktivity podle následujícího postupu:

1. výčet jednotlivých aktivit s uvedením doby trvání, celkem 24 hodin
2. vynásobení počtu hodin trvání každé aktivity odpovídajícím faktorem aktivity
3. vydělení součtu všech násobků 24
4. výsledek se násobí hodnotou bazálního nebo klidového energetického výdeje:
CEV = BMR x FA

Pohybová aktivita jako základ zdravého životního stylu

Pohybová aktivita zvyšuje celkový denní energetický výdej, a to jak plánované aktivity (např. cílený trénink) nebo běžné denní aktivity (chůze, práce...), tak neuvědomělá činnost svalů řízená sympatickým nervovým systémem a genetickými faktory (označovaná jako **fidgiting** a projevující se mimovolnými pohyby rukou, nohou nebo mimických svalů; je zcela individuální). Uvádí se, že fidgiting může zvýšit energetický výdej až o 20–40 %.

Jako minimální úroveň pohybové aktivity se doporučuje alespoň 30 minut chůze nebo jiné aktivity s mírnou zátěží denně. Častější a významnější aktivita je pak vhodná k prevenci mnoha onemocnění.

Pohybová aktivita snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění – zlepšuje funkci srdečního svalu, snižuje krevní cholesterol, snižuje krevní tlak a zlepšuje transport kyslíku. Pohybová aktivita také pomáhá kontrolovat glykemii zejména u diabetu mellitu 2. typu, pomáhá udržovat tělesnou hmotnost a působí jako prevence osteoporózy. Navíc pohybová aktivita stimuluje produkci endorfinů, které tlumí bolest a zlepšují náladu.

Cíle pohybové aktivity:

- výkonnostní (sport) – osobní úspěch, výkon
- rekreační – aktivní odpočinek
- cílené, zdravotně orientované – relaxační a kompenzační, preventivní, rehabilitační

Rovnice pro výpočet energetické potřeby:

Vzhledem k tomu, že měření RMR nebo BMR není zcela vhodné pro rutinní užívání v praxi, bylo pro odhad energetické potřeby vyvinuto několik rovnic založených na měření velkého souboru osob. Nejvíce užívanými rovnicemi jsou tzv. Schofieldova rovnice a Harris-Benedictova rovnice.

Harris-Benedictova rovnice:

Muži: $BMR = 66,473 + (13,7516 \times W) + (5,0033 \times H) - (6,755 \times A)$ kcal/den

Ženy: $BMR = 655,0955 + (9,5634 \times W) + (1,8496 \times H) - (4,6756 \times A)$ kcal/den

H-B rovnici využívá většina kalkulačků dostupných v aplikacích nebo online.

Schofieldova rovnice:

Pohlaví	Věk	Regresní rovnice pro BMR (MJ/den)
Muži	10–17	$0,074 \times H + 2,754$
	18–29	$0,063 \times H + 2,896$
	30–59	$0,048 \times H + 3,653$
	60–74	$0,0499 \times H + 2,930$
	75+	$0,0350 \times H + 3,434$
Ženy	10–17	$0,056 \times H + 3,434$
	18–29	$0,062 \times H + 2,036$
	30–59	$0,034 \times H + 3,538$
	60–74	$0,0386 \times H + 2,875$
	75+	$0,0410 \times H + 2,610$

Mifflin-St. Jeorova rovnice

Muži: $BMR = 10 \times W + 6,25 \times H - 5 \times A + 5$ kcal/den

Ženy: $BMR = 10 \times W + 6,25 \times H - 5 \times A - 161$ kcal/den

Katch-McArdleova rovnice

$BMR = 370 + 21,6 \times LBM$

Boerova rovnice pro LBM:

Muži: $LBM (kg) = 0,407 \times W + 0,267 \times H - 19,2$

Ženy: $LBM (kg) = 0,252 \times W + 0,473 \times H - 48,3$

Katch-McArdleovu rovnici používají pro výpočet BMR bioimpedanční přístroje.

Faustův vzorec

Muži: $BMR = 24 \times W$ kcal/den

Ženy: $BMR = 23 \times W$ kcal/den

Hrubý odhad

Muži: $BMR = 1$ kcal/kg/hod

Ženy: $BMR = 0,9$ kcal/kg/hod

Vysvětlivky pro rovnice:

$W =$ hmotnost (kg); $H =$ výška (cm); $A =$ věk (roky); $LBM =$ lean body mass (kg)

Použití prediktivních rovnic však není vhodné vždy. Potíže při určování klidového energetického výdeje jsou časté u skupiny osob s vysokým podílem svalové hmoty, nadváhou a hlavně s obezitou. Jelikož se ve většině rovnic, hlavně těch nejčastěji používaných, počítá s hmotností, jsou výsledky kvůli menší metabolické aktivitě tukové tkáně nadhodnocené. V těchto případech se doporučuje vypočítat energetickou potřebu na tzv. ideální tělesnou hmotnost – tedy hmotnost odpovídající BMI 25 – příp. adjustovanou tělesnou hmotnost, kdy přičteme zpět čtvrtinu rozdílu. U jedinců trpících podvýživou je situace opačná, neboť jejich tělo je tvořeno především aktivní tělesnou hmotou a jejich bazální metabolismus může být podhodnocený. Na místě tedy může být i zde korekce tělesné hmotnosti.

Doporučení pro energetický příjem jsou uvedena jako průměrný požadavek pro jednotlivé věkové skupiny rozdělené podle pohlaví – viz Přílohy. Doporučení pro energetický příjem má hlavní cíl udržet rovnovážný stav tělesné hmotnosti. Doporučení energetického příjmu se používají spíše jako referenční hodnoty pro určité skupiny populace. Na individuální úrovni má přednost stanovení energetické potřeby, která byla uvedena výše.

Přílohy – k doplnění:

Evropské výživové referenční hodnoty: EFSA 2017

Tabulka 1.
Průměrná potřeba energie

Věk ^(a)	Průměrná potřeba energie v MJ ^(b) /den při různých úrovních fyzické aktivity (ÚFA)									
			ÚFA=1,4 ^(c)		ÚFA=1,6 ^(c)		ÚFA=1,8 ^(c)		ÚFA=2 ^(c)	
	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž
7 měs.	2,7									
8 měs.	2,8	2,5								
9 měs.	2,9	2,6								
10 měs.	3,0	2,7								
11 měs.	3,1	2,8								
1 rok			3,3	3,0						
2 roky			4,3	4,0						
3 let			4,9	4,6						
4 let			5,3	4,9	6,0	5,6	6,8	6,3		
5 let			5,6	5,2	6,4	5,9	7,2	6,7		
6 let			5,9	5,5	6,7	6,3	7,6	7,1		
7 let			6,3	5,8	7,2	6,7	8,1	7,5		
8 let			6,7	6,2	7,6	7,1	8,6	7,9		
9 let			7,0	6,6	8,1	7,5	9,1	8,4		
10 let					8,1	7,6	9,1	8,6	10,1	9,5
11 let					8,5	8,0	9,6	9,0	10,7	10,0
12 let					9,1	8,4	10,2	9,4	11,4	10,5
13 let					9,8	8,8	11,0	9,9	12,2	11,0
14 let					10,5	9,1	11,8	10,2	13,1	11,4
15 let					11,3	9,3	12,7	10,5	14,1	11,7
16 let					11,9	9,5	13,4	10,6	14,9	11,8
17 let					12,3	9,5	13,8	10,7	15,4	11,9
18-29 let			9,8	7,9	11,2	9,0	12,6	10,1	14,0	11,2
30-39 let			9,5	7,6	10,8	8,7	12,2	9,8	13,5	10,8
40-49 let			9,3	7,5	10,7	8,6	12,0	9,7	13,4	10,7
50-59 let			9,2	7,5	10,5	8,5	11,9	9,6	13,2	10,7
60-69 let			8,4	6,8	9,6	7,8	10,9	8,8	12,1	9,7
70-79 let			8,3	6,8	9,5	7,7	10,7	8,7	22,9	9,6
Těhotenství										
1. trimestr	+0,29 ^(d)									
2. trimestr	+1,1 ^(d)									
3. trimestr	+2,1 ^(d)									
Kojení										
0-6 měs. po porodu	+2,1 ^(d)									

M – muži, Ž – ženy

^(a) 1 MJ = 238,83 kcal.

^(b) Hodnoty průměrné potřeby energie byly vypočítány vynásobením odhadů klidového výdeje energie hodnotami úrovně fyzické aktivity. Pro odhad klidového výdeje energie byla použita data z národních reprezentativních studií států EU. Průměrná potřeba energie pro věkovou skupinu ≥ 80 let nebyla stanovena pro nedostatek antropometrických dat ze studií v zemích EU pro tuto skupinu.

^(c) ÚFA – Hodnoty úrovně fyzické aktivity: nízká – sedavý způsob života (1,4), mírně aktivní (1,6) aktivní (1,8) a vysoce aktivní (2,0) životní styl.

^(d) Navíc k průměrné potřebě energie žen, které nejsou těhotné a nekojí.

Doporučení pro příjem energie pro osoby s normálním BMI a žádoucí fyzickou aktivitou (PAL 1,6–1,75) dle DACH, 2008

Populační skupina	Muži (kcal/den)	Ženy (kcal/den)
Kojenci		
0–3 měsíce	500	450
4–11 měsíců	700	700
Děti		
1–3 roky	1100	1000
4–6 let	1500	1400
7–9 let	1900	1700
10–12 let	2300	2000
13–14 let	2700	2200
Dospívající a dospělí		
15–18 let	3100	2500
19–24 let	3000	2400
25–50 let	2900	2300
51–64 let	2500	2000
65 let a více	2300	1800
Těhotné	-	2150
Kojící (do 4. měs.)	-	2530