

Problematika hubnutí a nabírání hmotnosti  
u sportovců  
RED-S, Female Athlete Triad

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

3.5.2023

# Obsah prezentace

- Přibírání u sportovců, proč a jak?
- Studie na přejídání a vliv na nabírání tělesné hmotnosti
- Hubnutí u sportovců, proč a hlavně jak?
- Důležitost příjmu proteinů v dietě
- Energetický deficit
- Metabolická adaptace na energetický deficit a jeho následky
- Úskalí energetické nerovnováhy u žen a mužů, RED-S, Female Athlete Triad

# Weight management, at' už dolů nebo nahoru

- Nebude cílová hmotnost zvyšovat riziko některých chorob či zranění?
- Bude cílová hmotnost v souladu s celkovým zdravím organismu?
- Nebude cílová hmotnost omezovat sportovní výkon?
- Bere cílová hmotnost v úvahu genetické pozadí daného sportovce?
- Může být cílová hmotnost dále udržována bez výskytu problémů popsaných výše?

# Přibírání u sportovců: jaké jsou důvody?

- Posun do vyšší hmotnostní kategorie (nezáleží na „kvalitě“ nově nabrané tkáně)
- Nabírání svalové hmoty a posun výkonnosti (ideálně nejčistší svalová hmota)
- Snížit riziko zranění („ochránit klouby tukem či svalovou hmotou“)
- Zvýšit sílu
  
- Nejčastější otázky:
- 1) **Jaký energetický přebytek je pro nabírání hmotnosti ten nejlepší?**
- 2) **Jaké živiny při přibírání zvolit?**
- 3) **Lze rychlost přibírání svalové hmoty nějak urychlit vyšším příjmem živin?**

# Konkrétní faktory zvyšující potřebu příjmu energie a bílkovin pro růst svalové hmoty



# Nastavení energetického přebytku

- 1) **Přebytek vyjádřený absolutními čísly v kJ/kcal**
- 2) **Přebytek vyjádřený v % CEP nad udržovací příjem**
  
- *Jaký přístup je lepší?*
  
- **Př.: Navýšení příjmu o 1 000 kJ:** v jídelníčku ženy se může jednat o zvýšení cca 15 %, zatímco 1 000 kJ v jídelníčku muže může znamenat navýšení např. pouze poloviční nárůst co do % CEP
  
- **Př.: Navýšení 10 % aktuálního CEP:** u obou příkladů (muž i žena) se bude jednat o navýšení příjmu vztaheného na konkrétní CEP

# Jak rychle nabírat hmotnost?

- **Rychlost nabírání hmotnosti (svalové i tukové tkáně) se bude odvíjet od různých aspektů:**
  - 1) Velikost energetického přebytku
  - 2) Fyzická aktivita (silový vs. vytrvalostní trénink, kvalitu tréninku)
  - 3) Genetické pozadí
  - 4) Trojpoměr živin a zastoupení bílkovin
  - 5) Doba zapojení do produktivního silového tréninku (čím delší „kariéra“, tím pomaleji se další svaly nabírají)
  - 6) Prostor pro regeneraci (objem celkových aktivit - souvisí s bodem 2)

# Bouchard (1990), The Response to Long-Term Overfeeding in Identical Twins

- 12 párů monozygotických dvojčat, energetický přebytek 1 000 kcal po dobu 84 dní
- Rozdíly mezi nabranými hmotnostmi jsou poměrně velké, menší samozřejmě u párů dvojčat

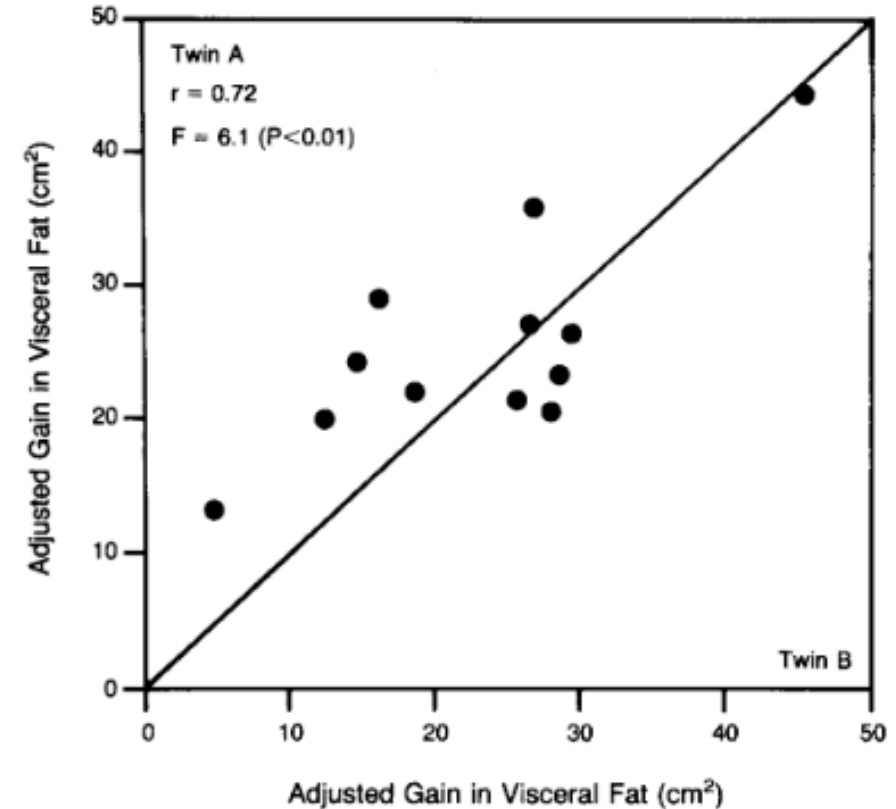
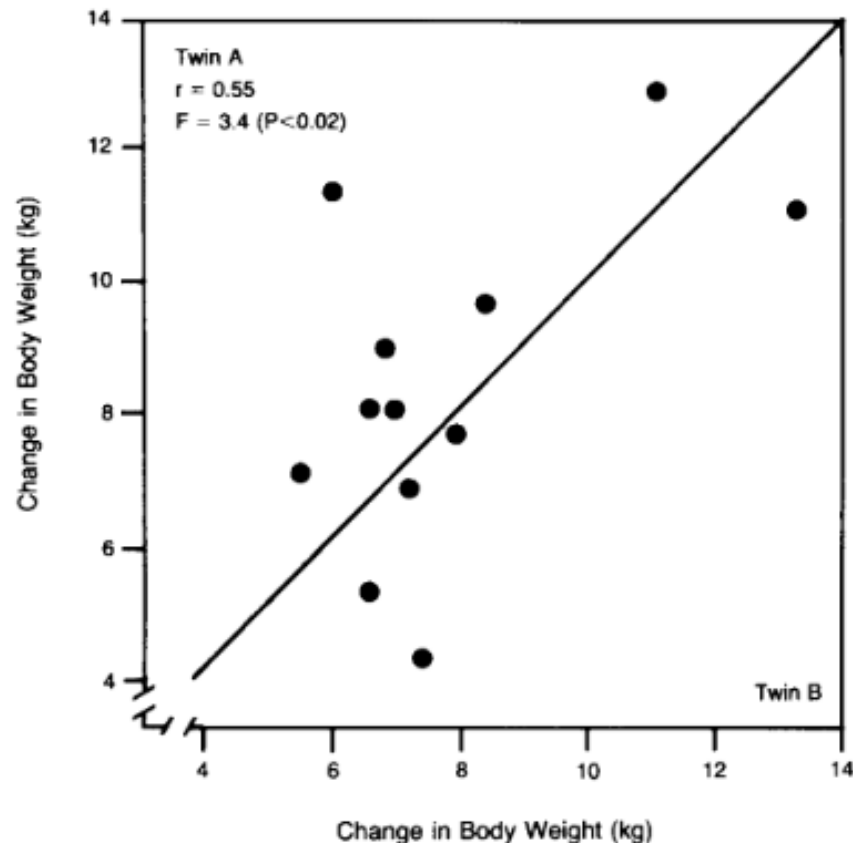
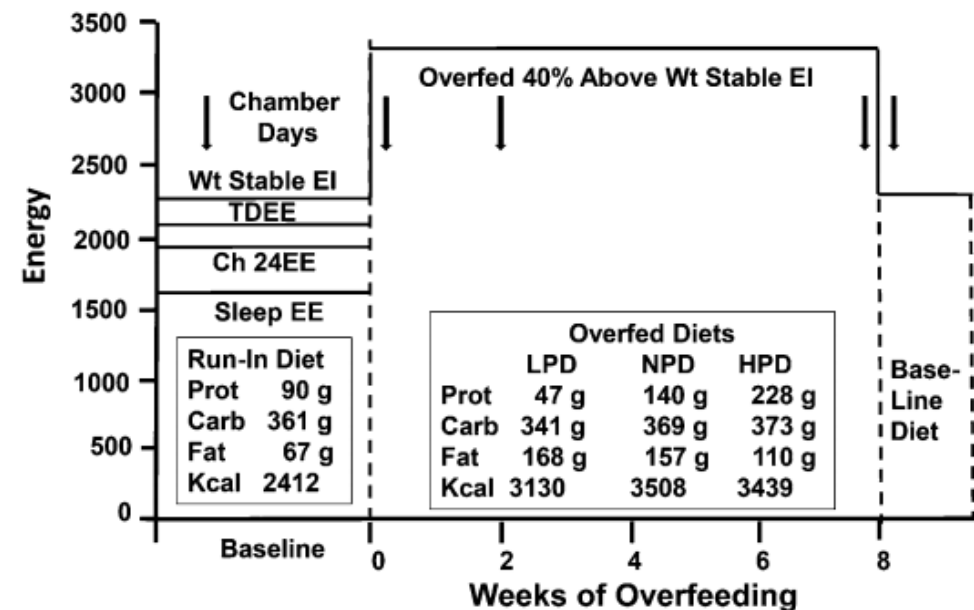


Figure 1: Comparison of the weight (left) and visceral fat (right) gains in twin pairs; high correlations were observed for both, but the correlation was significantly more pronounced for the unhealthy visceral fat than it was for the mere body weight (Bouchard, 1990).



# Bray (2012), Effect of Dietary Protein Content on Weight Gain, Energy Expenditure, and Body Composition During Overeating

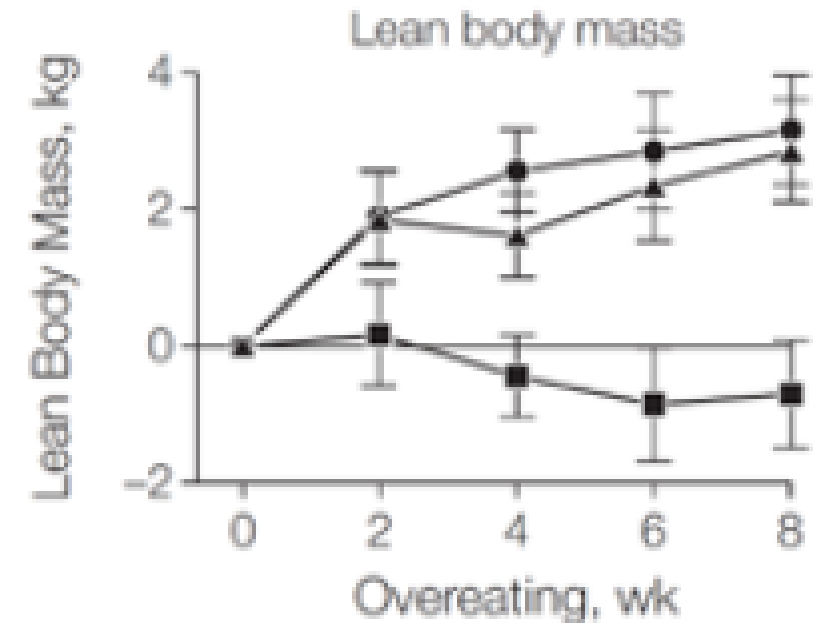
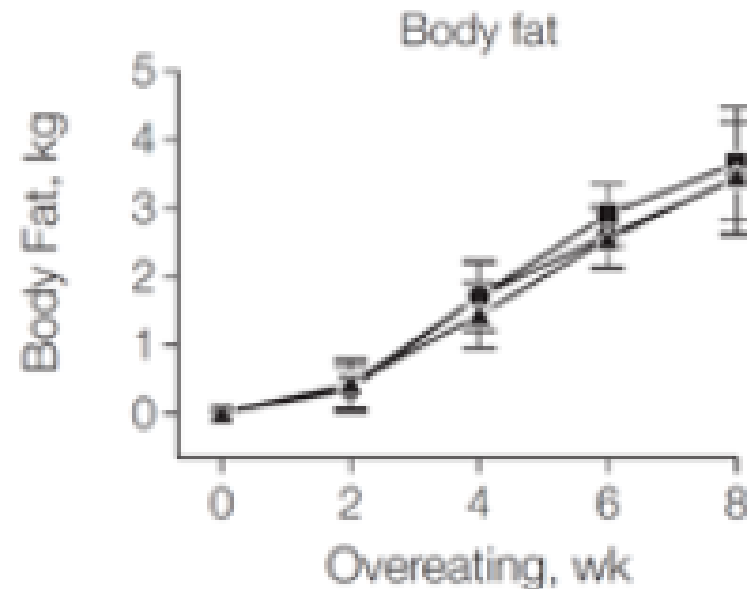
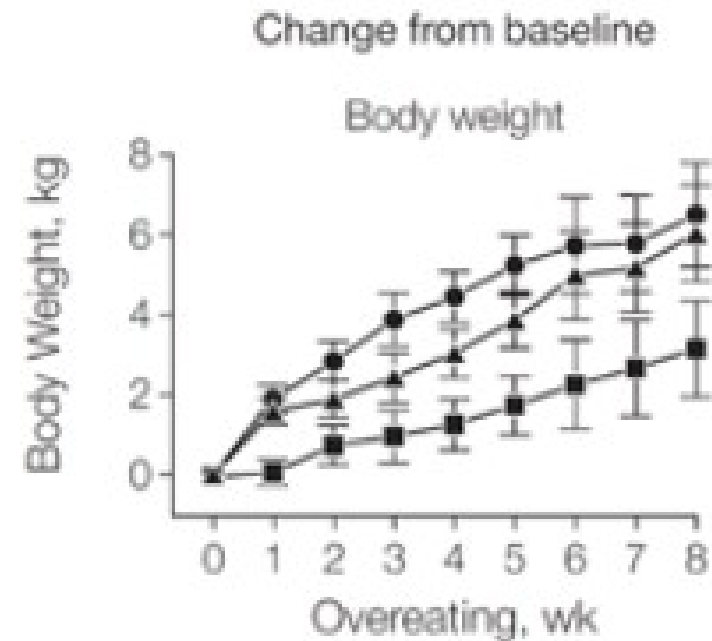
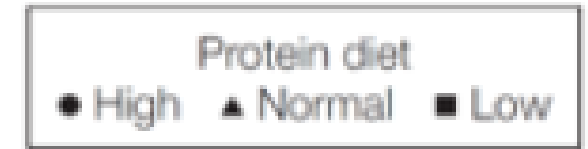
- 8 týdnů v energetickém přebytku cca 40 % nad CEP
- 3 skupiny účastníků s odlišným příjmem proteinů:



	LPD	NPD	HPD
<b>Proteiny</b>	47 g (0,7 g/kg TH)	140 g (1,8 g/kg TH)	228 g (3,0 g/kg TH)
<b>Sacharidy</b>	341 g	369 g	373 g
<b>Tuky</b>	168 g	157 g	110 g
<b>Energie</b>	3130 kcal	3508 kcal	3439 kcal

# Bray (2012), Vliv přejídání na tělesné složení

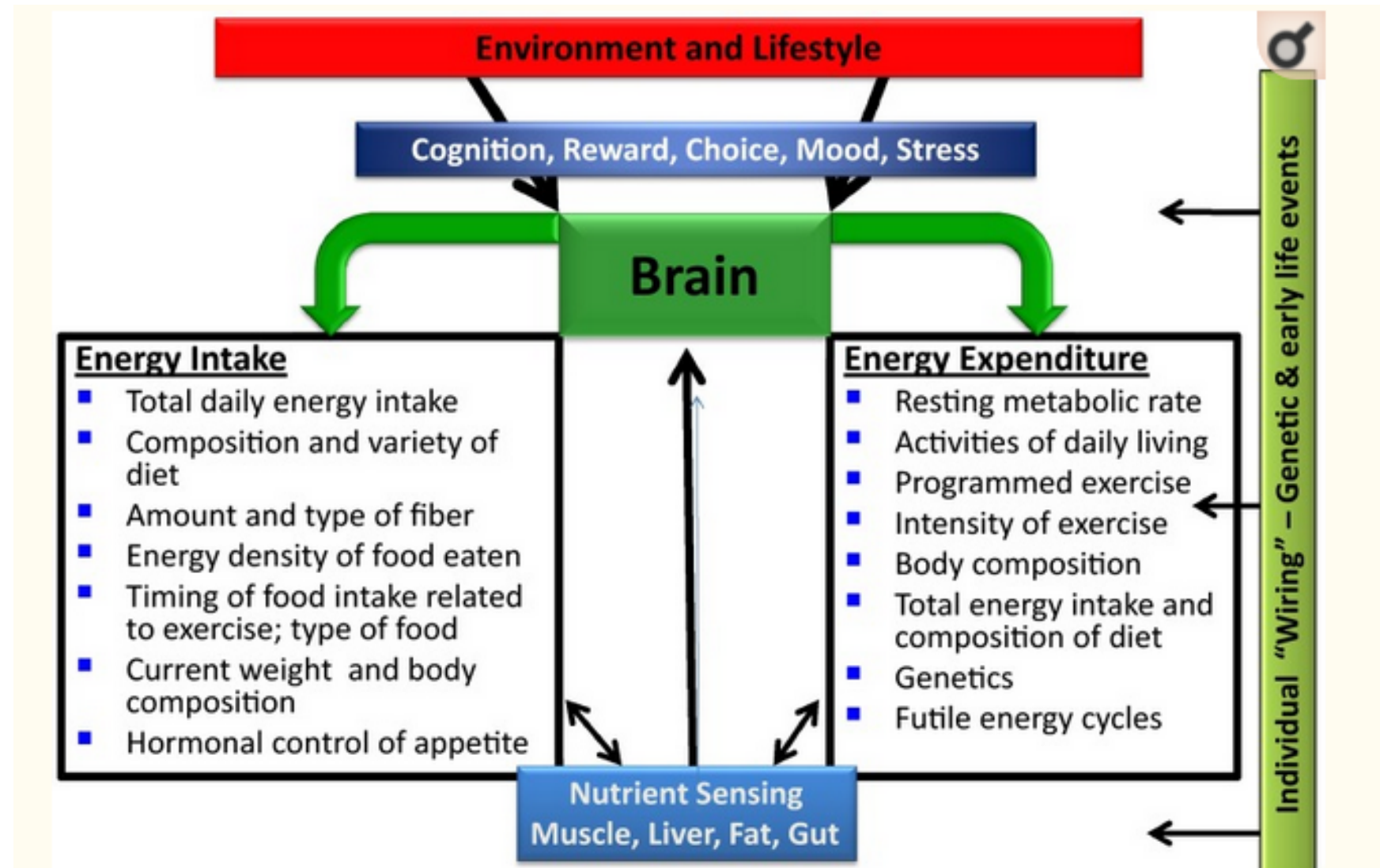
- Nízký příjem proteinů během přejídání vede k nárůstu pouze tukové tkáně. **Vyšší příjem proteinů vede i ke zvýšení FFM, a to i bez silového tréninku.**



# Jaký energetický přebytek tedy nastavit?

- Nutná spolupráce od klienta (např. 7denní záznam stravy pomocí vážení)
- Určení aktuálního energetického příjmu, na kterém klient drží hmotnost
- Nastavit nový příjem živin: **navýšení příjmu energie o 5–15 % (což je cca 200–500 kcal).**
- Ideálně každých 14 dnů vážení + měření obvodu tělesných partií (stehno, lýtko, pas, boky, obvod hrudníku, paže)
- Vyšetření na přístroji k odhadu tělesného složení
- Pozor na výkyvy retence vody v průběhu menstruačního cyklu
- **Obézní začátečníci mohou zároveň hubnout tuk a nabírat beztukovou hmotu (viz dále)**

# Galgani (2008), Energy metabolism, fuel selection and body weight regulation



# Jak rychle přibírat hmotnost?

- Pro maximálně čisté nabírání svalové hmoty se obecně nedoporučuje příliš rychlé nabírání tělesné hmotnosti, rychlost nabírání může být ovlivněna i roky aktivního tréninku a postupným přibližováním k naturálnímu limitu

Roky produktivního tréninku	Množství kilogramů nabraných za rok 1 kg = 2,2 lbs
1.	9–12 kg (až 1 kg za měsíc)
2.	4,5–6 kg (až půl kila za měsíc)
3.	2–3 kg (méně než půl kila za měsíc)
4. a více	1–1,5 kg (měsíčně nemá cenu počítat)

# Lze rychlost přibírání svalové hmoty nějak urychlit vyšším příjmem živin?

- Hormonální nastavení člověka nedovoluje nabírat svalovou hmotu rychleji než zhruba 0,25 kg za týden (tj. cca 1 kg za měsíc)
- Toto číslo platí navíc pouze v začátcích silového tréninku
- Z tohoto pohledu nemá smysl při honbě za svaly přibírat velkou hmotnost, velká část bude tvořena tělesnou vodou a tukem
- **Zvýšení tělesného tuku a jeho negativní dopady:**
  - 1) **Snížení citlivosti na inzulin** → **podpora nekvalitního přibírání na hmotnosti**
  - 2) **Zvýšení TK, zvýšená zátěž pro KV soustavu**
  - 3) **Snížení hladiny testosteronu (aromatizace v tukové tkáni)** → **zhoršení anabolického prostředí**
  - 4) **Zvýšená zátěž pro pohybový aparát**
  - 5) **Zhoršení celkového zdraví**
  - 6) **Obtíže s hubnutím po objemovém období**

# Suma sumárum: Živiny pro přibírání

- Nastavení energetického přebytku zhruba **5–15 % aktuálního CEP**
- **Bílkoviny**: minimálně zachovat v rozmezí dle ISSN (2017), tj. **1,4–2,0 g/kg TH**
- **Tuky**: Příjem tuků u sportovců by se mohl **pohybovat mezi 20–35 % CEP**, rozhodně **nejít pod 20 % CEP**
- **Sacharidy**: dopočítat do požadovaného příjmu energie, **většinou 4–7 g/kg TH**

[Front Nutr.](#) 2019; 6: 131.

PMCID: [PMC6710320](#)

Published online 2019 Aug 20. doi: [10.3389/fnut.2019.00131](https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00131)

PMID: [31482093](#)

## Is an Energy Surplus Required to Maximize Skeletal Muscle Hypertrophy Associated With Resistance Training

[Gary John Slater](#),<sup>1,2,\*</sup> [Brad P. Dieter](#),<sup>3</sup> [Damian James Marsh](#),<sup>4</sup> [Eric Russell Helms](#),<sup>5</sup> [Gregory Shaw](#),<sup>6</sup> and [Juma Iraki](#)<sup>7</sup>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6710320/>



# Hubnutí u sportovců: jaké jsou důvody?

- Akutní snížení hmotnosti z důvodu dosažení požadované hmotnostní kategorie
  - Nízká hmotnost jako konkurenční výhoda → vytrvalostní sporty
  - Zvýšení výkonnosti („zbytečná hmotnost navíc“)
  - Zlepšení zdravotního stavu (TK, krevní lipidy, glykémie, zánětlivost)
  - Estetika → nízké % tělesného tuku
- 
- Nejčastější otázky:
  - 1) **Jaký energetický deficit je pro redukci hmotnosti ten nejlepší?**
  - 2) **Jaké živiny při hubnutí neopomenout?**
  - 3) **Jaká rychlost ztráty tělesné hmotnosti se považuje za optimální?**

# Nastavení energetického deficitu

- 1) **Deficit vyjádřený absolutními čísly v kJ/kcal**
- 2) **Deficit vyjádřený v % CEP pod udržovací příjem**
- *Jaký přístup je lepší?*
- **Př.: Snížení příjmu např. o 500 kcal:** (500 kcal → cca 2 kg/měsíc),  
500 kcal může v jídelníčku představovat i více než 25 % CEP,  
v případě muže např. jen kolem 10–15 % CEP → odlišné deficity pro různé sportovce
- **Př.: Snížení příjmu energie o určité % z CEP:** Určité snížení příjmu energie  
o konkrétní % bude u obou případů vhodnější

# Rychlost ztráty tělesné hmotnosti

- Ztracená hmotnost by neměla být počítána na absolutní kilogramy
- Více motivační je **přepočet na ztracená % TH** (např. u žen)
- Optimální rychlost hubnutí: **0,5–1 % TH za týden**
- Ze začátku může být ztráta hmotnosti i rychlejší (tělesná voda)
- Rychlejší úbytek dále v dietě je většinou zapříčiněn vyšší ztrátou FFM

# Suma sumárum: Jaké živiny při hubnutí neopomenout?

- Nastavení energetického deficitu **15–20 % aktuálního CEP**
- **Bílkoviny:** minimálně zachovat v rozmezí dle ISSN (2017), tj. **1,4–2,0 g/kg TH**
- **U silových estetických sportovců možnost příjmu bílkovin ještě navýšit**
- **Příjmy bílkovin podporující hubnutí a zachování FFM ve studiích: 1,6 g/kg TH a více**
- **Tuky: ACSM, 2016 (Position Statement: Nutrition and Athletic Performance):**
- **20–35 % CEP, Příjem tuků** u sportovců by dlouhodobě **neměl klesnout pod 20 % CEP**
- **Sacharidy:** dopočítat do požadovaného příjmu energie, **většinou 3–5 g/kg TH**

# Jak na příjem bílkovin u sportovců při kalorické restrikci? Různé pohledy

A systematic review of dietary protein during caloric restriction in **resistance trained lean athletes**: A case for higher intakes, Helms (2014)

Při kalorické restrikci příjem 1,8–2,7 g/kg TH  
tj. 2,3–3,1 g/kg FFM

Týká se spíše estetických disciplín s maximální redukcí tělesného tuku (kulturistika, fitness)

Dietary Protein for Training Adaptation and Body Composition Manipulation in **Track and Field Athletes**, Witard (2019)

Při kalorické restrikci příjem 1,6–2,4 g/kg TH

Může se týkat atletických disciplín se silovými prvky, nebo obecně sportovců

# Poměr přijímaných základních živin: Shrnutí

	<b>Bílkoviny (g/kg TH)</b>	<b>Tuky</b>	<b>Sacharidy</b>
<b>Udržování hmotnosti</b>	<b>Sportovci obecně: 1,2–2,0 Siloví sportovci: 1,4–2,0 Běžná populace: 0,8–1,0</b>	<b>20–35 % z příjmu energie</b>	<b>Zbytek dle celkového energetického příjmu (3–X g)</b>
<b>Přibírání svalové hmoty</b>	<b>1,4–2,0</b>	<b>20–35 % z příjmu energie</b>	<b>Zbytek dle celkového energetického příjmu (3–X g)</b>
<b>Redukce tělesné hmotnosti</b>	<b>Sportovci obecně: 1,4–2,0 Běžná populace: alespoň 1,6 Silové sporty: 2,3–3,1 (g/kg FFM)</b>	<b>20–35 % z příjmu energie</b>	<b>Zbytek dle celkového energetického příjmu (cca 3–5 g)</b>

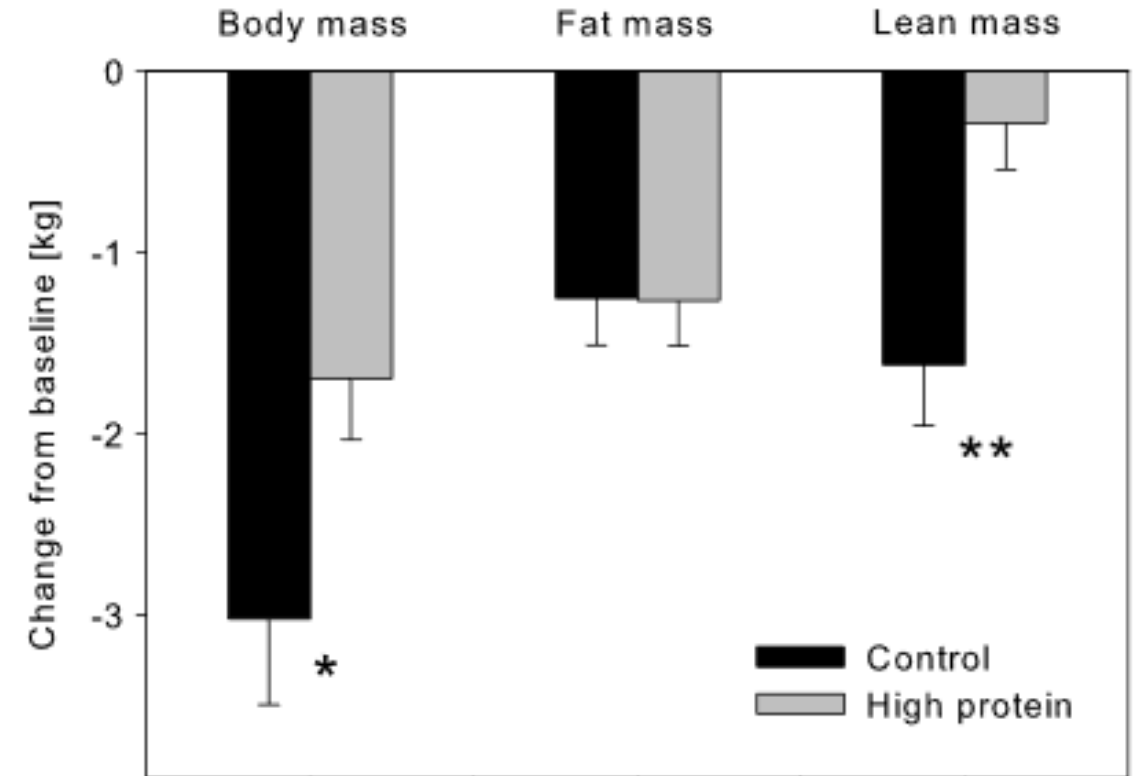
# Důležitost proteinů v dietě

<p><b>Acute energy deprivation affects skeletal muscle protein synthesis and associated intracellular signaling proteins in physically active adults, Pasiakos (2010)</b></p>	<p><b>Energetický deficit -20 % Snížení MPS o 19 %</b></p>
<p>Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit, Areta (2014)</p>	<p><b>V klidu snížení MPS o 27 % Spojení proteinu + cvičení + zvýšení MPS</b></p>
<p>Effects of short-term energy deficit on muscle protein breakdown and intramuscular proteolysis in normal-weight young adults, Carbone (2014)</p>	<p><b>Zvýšení MPB až o 60 %</b></p>
<p>Pronounced energy restriction with elevated protein intake results in no change in proteolysis and reductions in skeletal muscle protein synthesis that are mitigated by resistance exercise, Hector (2018)</p>	<p><b>Bez vlivu na MPB</b></p>
<p><b>Recent Advances in the Characterization of Skeletal Muscle and Whole-Body Protein Responses to Dietary Protein and Exercise during Negative Energy Balance, Carbone (2019) REVIEW Studií</b></p>	<p><b>Ztráta svalů během ED je dána hlavně snížením MPS než zvýšením MPB</b></p>



# Mettler (2010), Increased Protein Intake Reduces Lean Body Mass Loss during Weight Loss in Athletes

- 2 skupiny atletů, stejný energetický deficit (-40 %), ale odlišný příjem proteinů.
- **1. skupina:** příjem 1 g/kg TH B (cca 15 % CEP)
- **2. skupina:** příjem 2,3 g/kg TH B (cca 35 % CEP)



**FIGURE 2—Change of body mass, fat, and lean mass from baseline (average of the two measurements before the weight loss) to the end of the 2-wk weight loss for the control ( $n = 10$ ) and the high-protein ( $n = 10$ ) groups. Values are mean  $\pm$  SE. \*Significant difference between the two groups ( $P = 0.036$ ). \*\*Significant difference between the two groups ( $P = 0.006$ ).**

# Longland (2016), Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial

- Účastníci nikdy předtím nebyli zapojeni do silového tréninku, 1–2x týdně rekreační sport
- 4 týdny v energetickém deficitu 40 % („Body recomposition study“)
- 2 skupiny příjmu proteinů:

- 1) 2,4 g/kg TH

- 2) 1,2 g/kg TH

- Tréninky 6x týdně:

Silový trénink

HIIT

LIST

	PRO	CON
Věk	23 ± 2	23 ± 2
Hmotnost (kg)	100,1 ± 12,8	96 ± 14,6
Výška (m)	1,84 ± 0,06	1,84 ± 0,08
BMI (kg <sup>2</sup> /m)	29,7 ± 3,9	29,6 ± 2,7
Tuková hmota (kg)	22,1 ± 7,3	22,8 ± 7,2
Tělesný tuk (%)	23,6 ± 6,1	24,8 ± 6,3
Lean body mass (kg)	73 ± 6,8	69,2 ± 8,1

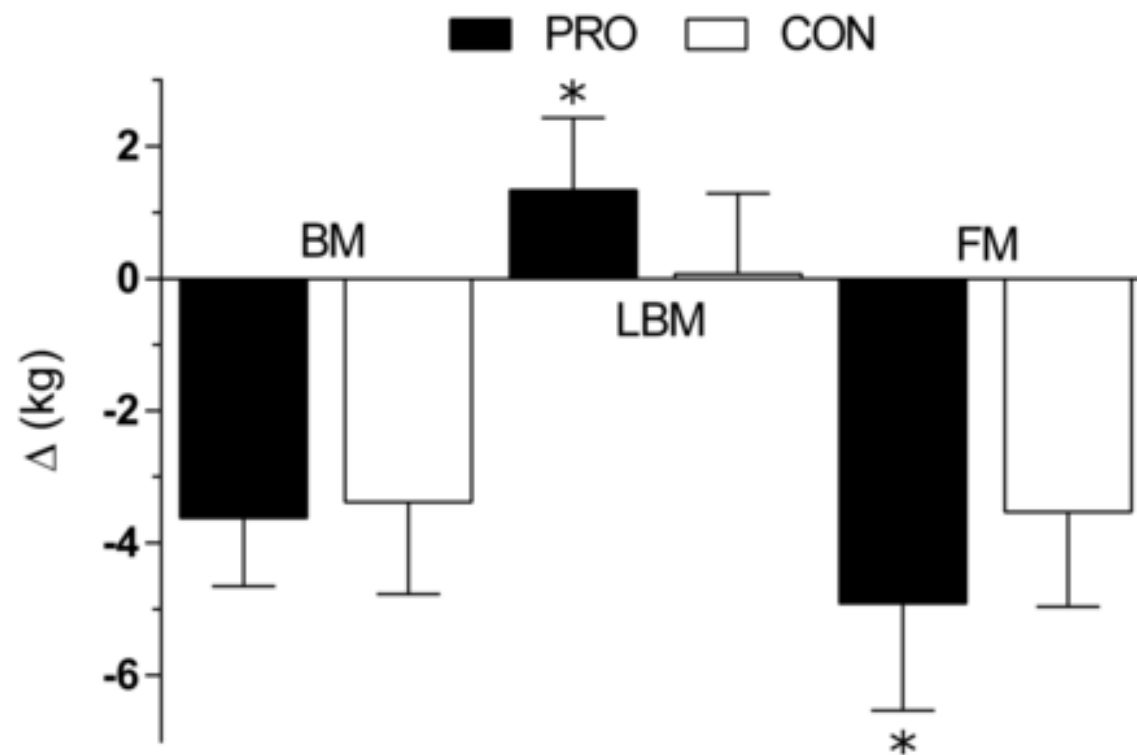
# Příjem živin během období

Dietary intake (including protein beverages) during the intervention<sup>1</sup>

	<b>PRO</b>	<b>CON</b>	<b><i>P</i></b>
Protein, g	245 ± 31	116 ± 19	<0.001
Protein, g/kg	2.4 ± 0.1	1.2 ± 0.1	<0.01
Protein, g/kg LBM	3.3 ± 0.1	1.7 ± 0.1	<0.001
Carbohydrate, g	311 ± 35	286 ± 35	0.21
Carbohydrate, g/kg	3.1 ± 0.3	3.0 ± 0.2	0.68
Fat, g	38 ± 6	86 ± 13	0.005
Fat, g/kg	0.4 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.012

# Longland (2016): Výsledky

- „Začátečníci mohou nabírat svaly také v energetickém deficitu.“



	PRO group	PRO group	CON group	CON group
	PRE	POST	PRE	POST
Body mass (kg)	100,1 ± 12,8	94,2 ± 13,7	96 ± 14,6	92,5 ± 14
Body fat (kg)	23,6 ± 5,6	18,8 ± 6,2	24,8 ± 6,1	21,1 ± 6,1
Lean mass (kg)	<b>73,1 ± 6,8</b>	<b>74,3 ± 6,7</b>	69,2 ± 6,1	69,2 ± 6,1

Mohou nabírat svaly (naturálně)  
i závodníci v dietě?

# The Effects of Intensive Weight Reduction on Body Composition and Serum Hormones in Female Fitness Competitors (2016)

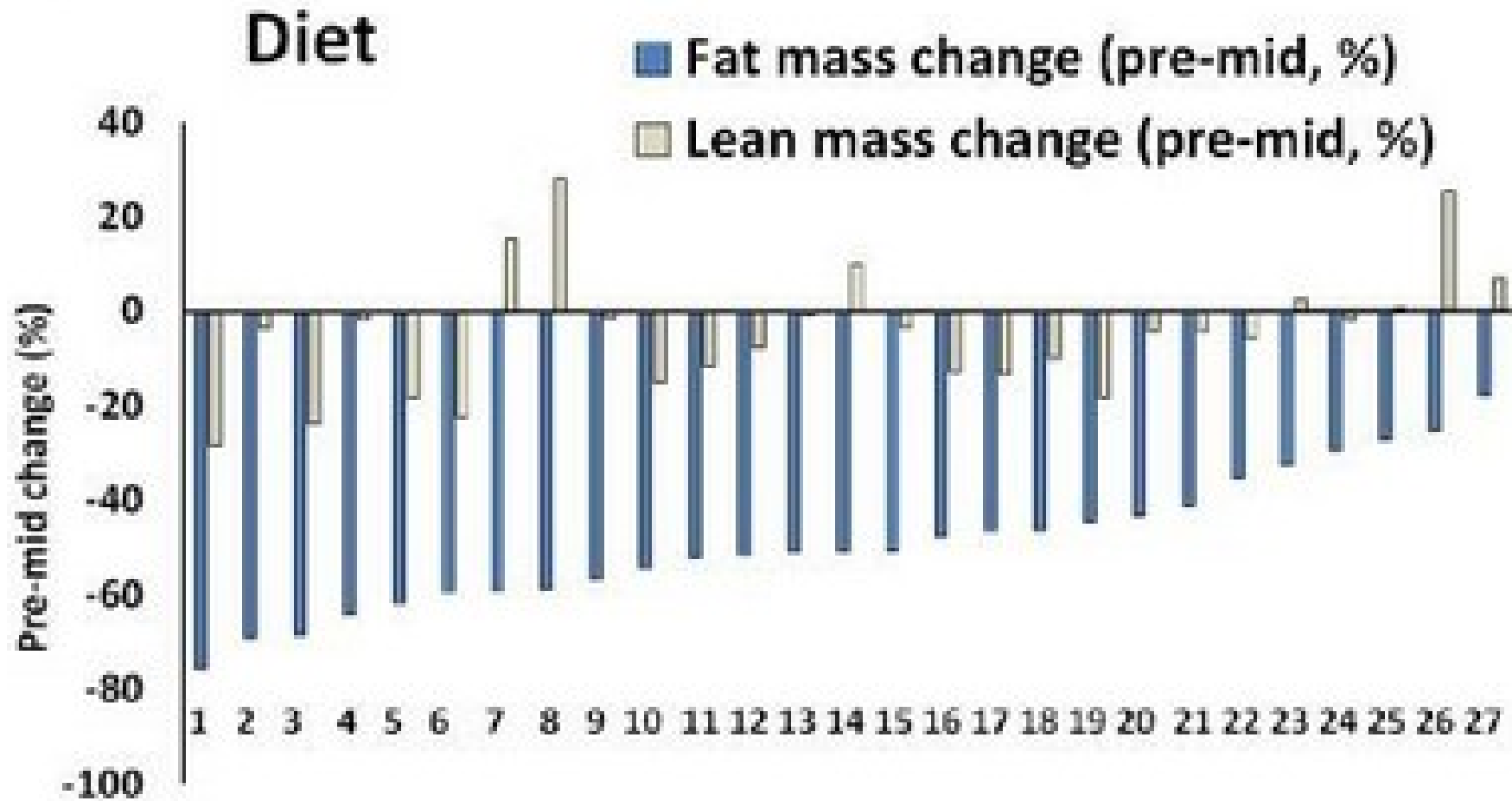
- 4měsíční dietní intervence v přípravě na závody v body a bikini fitness
- 27 účastnic
- Zkušenost s tréninkem  $3,5 \pm 1,4$  roku
- Kardio trénink a silový trénink 5x týdně
- Zkoumán vliv na hormony a tělesné složení (PRE-MID-POST)

# The Effects of Intensive Weight Reduction on Body Composition and Serum Hormones in Female Fitness Competitors (2016)

Energetický deficit	22.9 ± 13.8% v průměru		
Příjem energie (PRE-MID-POST)	9903.7 ± 1785.8	7887.6 ± 1440.9	9273.4 ± 2186.6
Příjem proteinů (PRE-MID-POST)	202.5 ± 44.1	189.7 ± 39.5	195.4 ± 41.5 (lehce nad 3 g/kg)
Příjem sacharidů (PRE-MID-POST)	215.6 ± 67.7	(3.35 ± 1 g/kg)	126.1 ± 49.1 (2.10 ± 0.84) 188.5 ± 72.5
Příjem tuků (PRE-MID-POST)	64.4 ± 16.2	56.8 ± 16.4	59.7 ± 13.0 (cca 1 g/kg TH)

# The Effects of Intensive Weight Reduction on Body Composition and Serum Hormones in Female Fitness Competitors (2016)

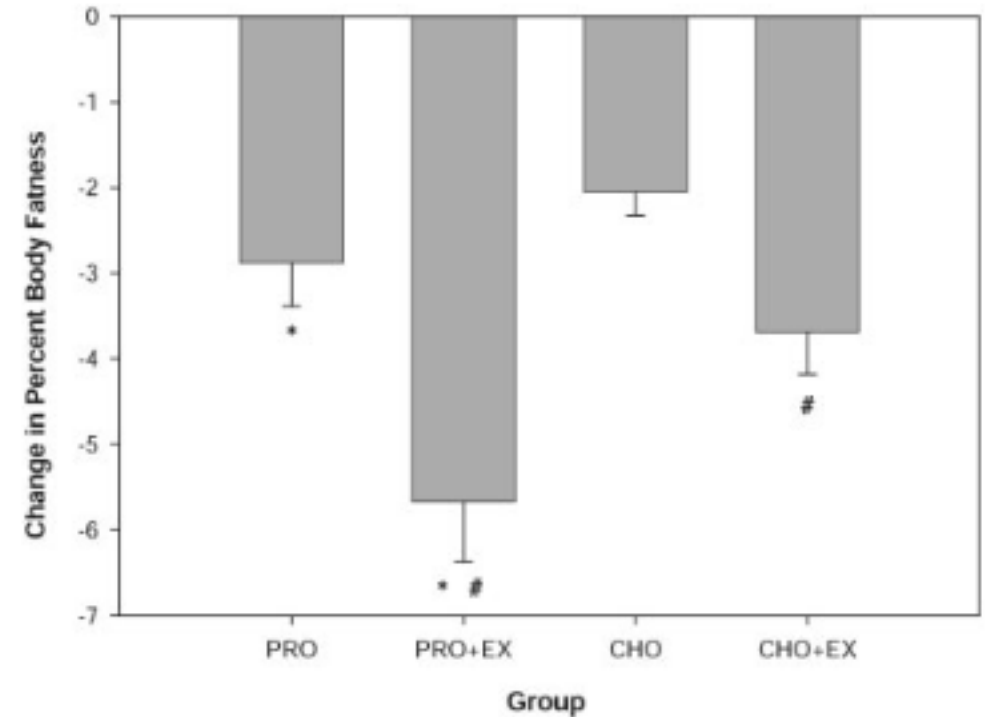
## Pohled na tělesné složení všech účastnic





# Layman (2005), Dietary Protein and Exercise Have Additive Effects on Body Composition during Weight Loss in Adult Women

- 4 skupiny žen, příjem energie 7,1 MJ, **skupina PRO (1,6 g/kg TH) (vyšší B)**, **skupina CHO (0,8 g/kg TH) (nižší B)**,  
+ cvičení (5x týdně chůze, 2x týdně silový trénink),
- doba trvání 4 měsíce



**FIGURE 1** Changes in relative body fatness (%Fat) for adult women after 16 wk of consuming reduced-energy diets with a ratio of carbohydrates:protein > 3.5 (CHO) or < 1.5 (PRO) with or without a supervised exercise program (EX: 5 d/wk walking and 2 d/wk resistance training). Values are means  $\pm$  SEM,  $n = 12$ . \*Significant main effect of diet,  $P < 0.05$ ; #significant main effect of exercise,  $P < 0.05$ .

# Layman (2005), Dietary Protein and Exercise Have Additive Effects on Body Composition during Weight Loss in Adult Women

	Vyšší B	Vyšší B + pohyb	Nižší B	Nižší B + pohyb
<b>Hmotnost</b>				
Před	91,1±5,1	86,1±4,6	93,7±3,5	79,8±2,7
Po	82,4±4,4	76,3±3,9	85,9±3,5	73,1±2,8
<b>Tuková hmota</b>				
Před	39,0±3,0	<b>40,9±3,6</b>	40,6±2,0	36,3±2,2
Po	33,1±2,4	<b>32,1±2,9</b>	35,6±2,1	30,8±2,3
<b>Beztuková hmota</b>				
Před	50,6±2,5	<b>42,6±1,4</b>	51,7±1,7	40,6±0,8
Po	48,6±2,4	<b>42,2±1,4</b>	49,0±1,8	39,6±0,8

Rizika (nepřiměřeného a dlouhodobého)  
energetického deficitu?

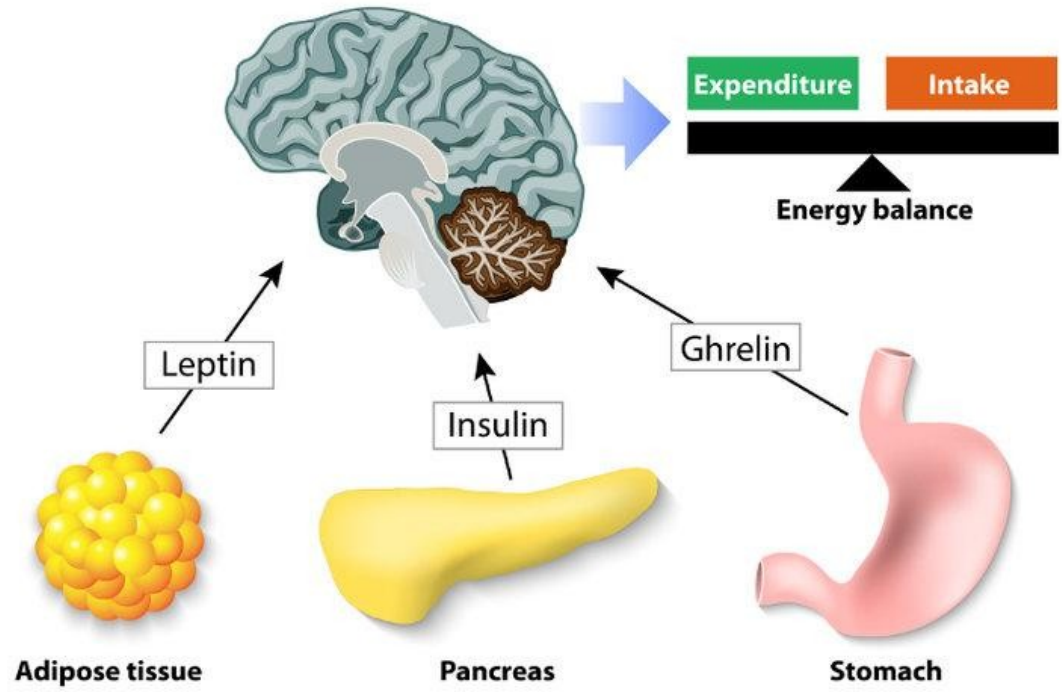
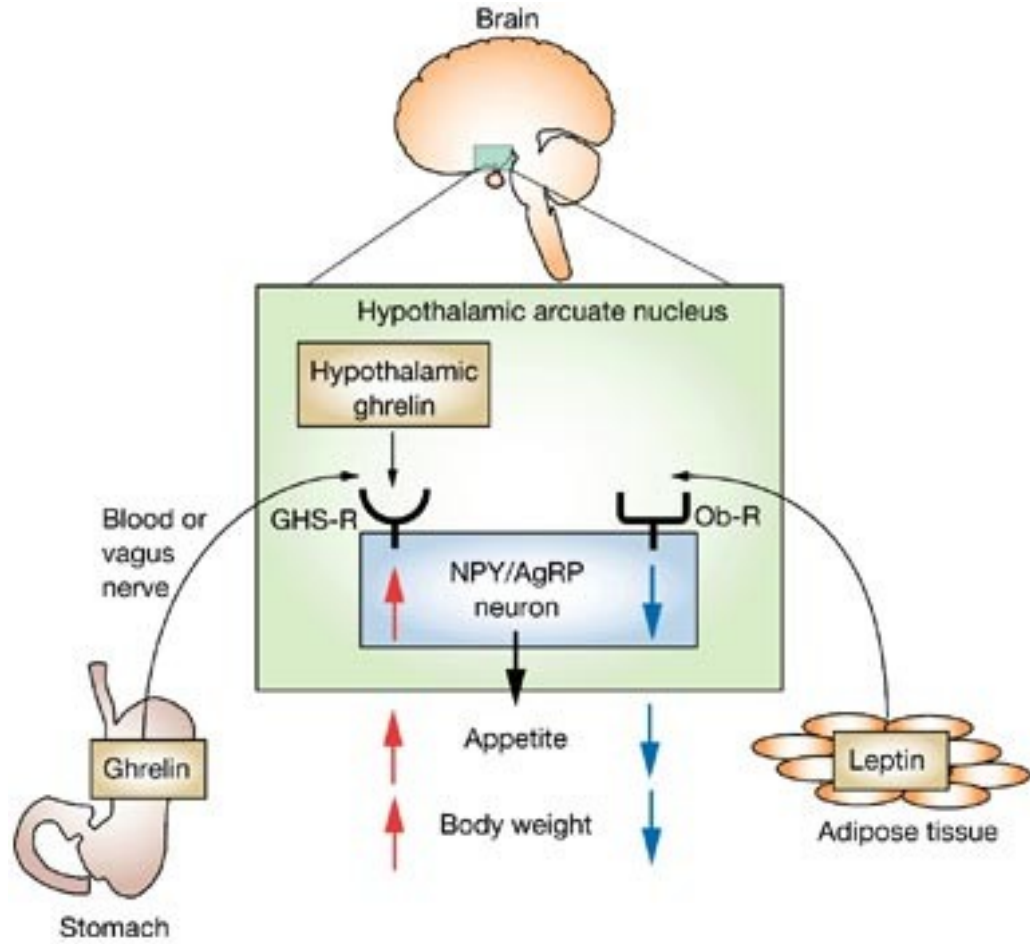
# (Ne)přiměřený energetický deficit

- Snížení sportovního výkonu, koordinace, koncentrace
- Snížení regenerace
- Riziko ztráty svalové hmoty
- Snížení síly, zásob svalového glykogenu
- Snížení pozitivních adaptačních mechanismů na trénink
- Vyšší riziko zranění
- Zvýšená psychická nepohoda (pocit hladu, podrážděnost, únava, deprese?)
- Snížení obranyschopnosti
- **Změny v hormonálních hladinách**

# Změny v hladinách hormonů během nízkého energetického příjmu: Trexler (2014), Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete

Hormon	Změna	Metabolický efekt
Leptin	Snížení	Snížení BMR
Ghrelin	Zvýšení	Zvýšení pocitu hladu
Testosteron	Snížení	Možný vliv na ztrátu svalové hmoty, libido
Kortizol	Zvýšení	Katabolické prostředí (podpora glukoneogeneze z AMK)
Inzulin	Snížení	Snížení antikatabolického působení inzulinu
Glukagon	Zvýšení	Podpora glukoneogeneze
T <sub>3</sub>	Snížení	Snížení BMR

# CONTROL OF FOOD INTAKE



# Jak zabránit metabolické adaptaci v dietě?

## Rozumný energetický deficit

Raději přidat na pohybu než ubírat energetický příjem

**Narušování energetického deficitu cílenými refeed dny (1–2x za 7–14 dní navýšení příjmu na udržovací, nebo cca 5–10 % nad udržovací příjem kalorií)**

- 1) Akutní navýšení energetického příjmu nad **aktuální příjem energie** zřejmě pozitivní vliv na hladinu leptinu a hormonů štítné žlázy → možné zvýšení BMR
  - 2) Toto navýšení energetického příjmu by mělo pocházet především ze sacharidů (výhoda tkví i v doplnění svalového glykogenu)
- Chin-Chance (2000), Twenty-four-hour leptin levels respond to cumulative short-term energy imbalance and predict subsequent intake
  - Jenkins (1997), Carbohydrate intake and short-term regulation of leptin in humans

# Možné výhody zařazení refeedů do redukční diety

**Vyšší redukce tělesného tuku**

**Nižší riziko ztráty svalové hmoty**

**Pozitivní dopad na hormonální systém (hladiny štítné žlázy, pohlavní hormony)**

**Snížení pocit'ování hladu a chutě na sladké**

**Vyšší efektivita v celkovém dodržování dietního režimu**

**Pozitivní dopad na psychiku**

**Možnost lepšího výkonu při fyzické aktivitě**

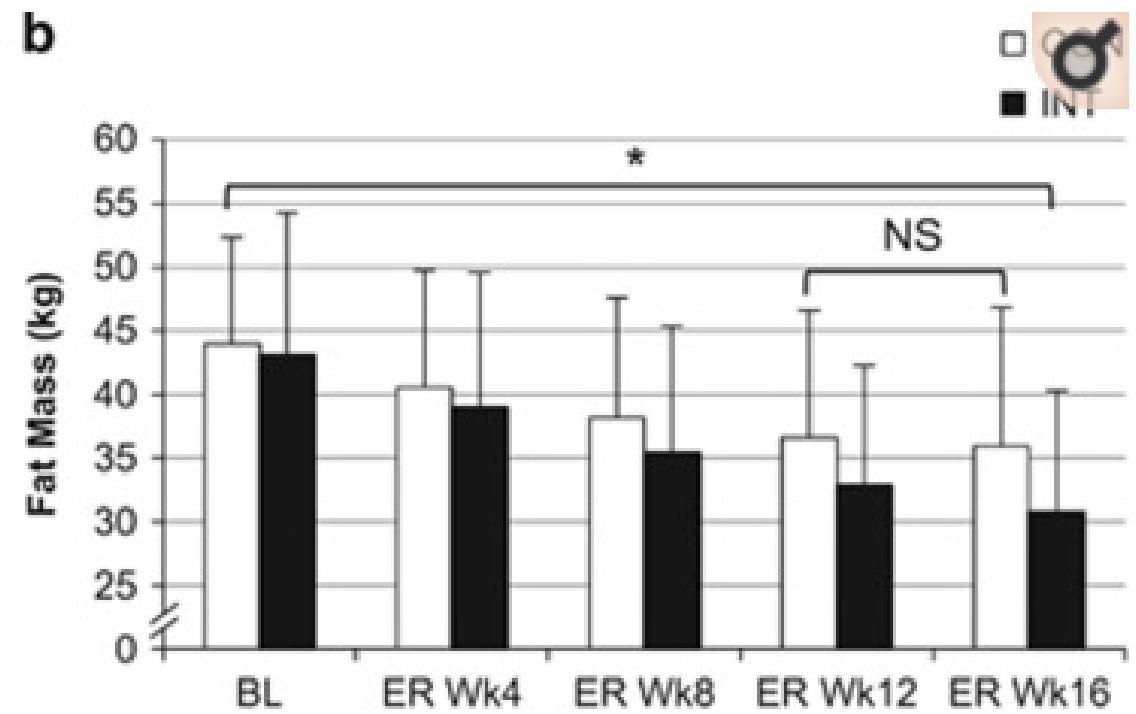
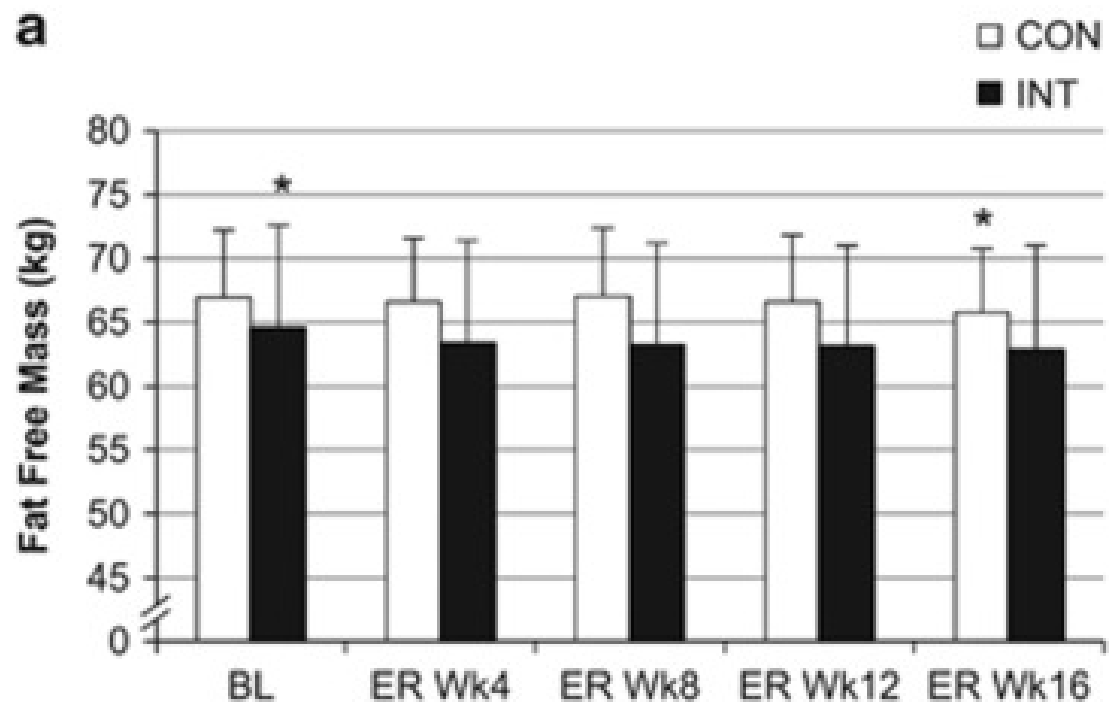
**Nižší riziko jojo-efektu po ukončení diety**

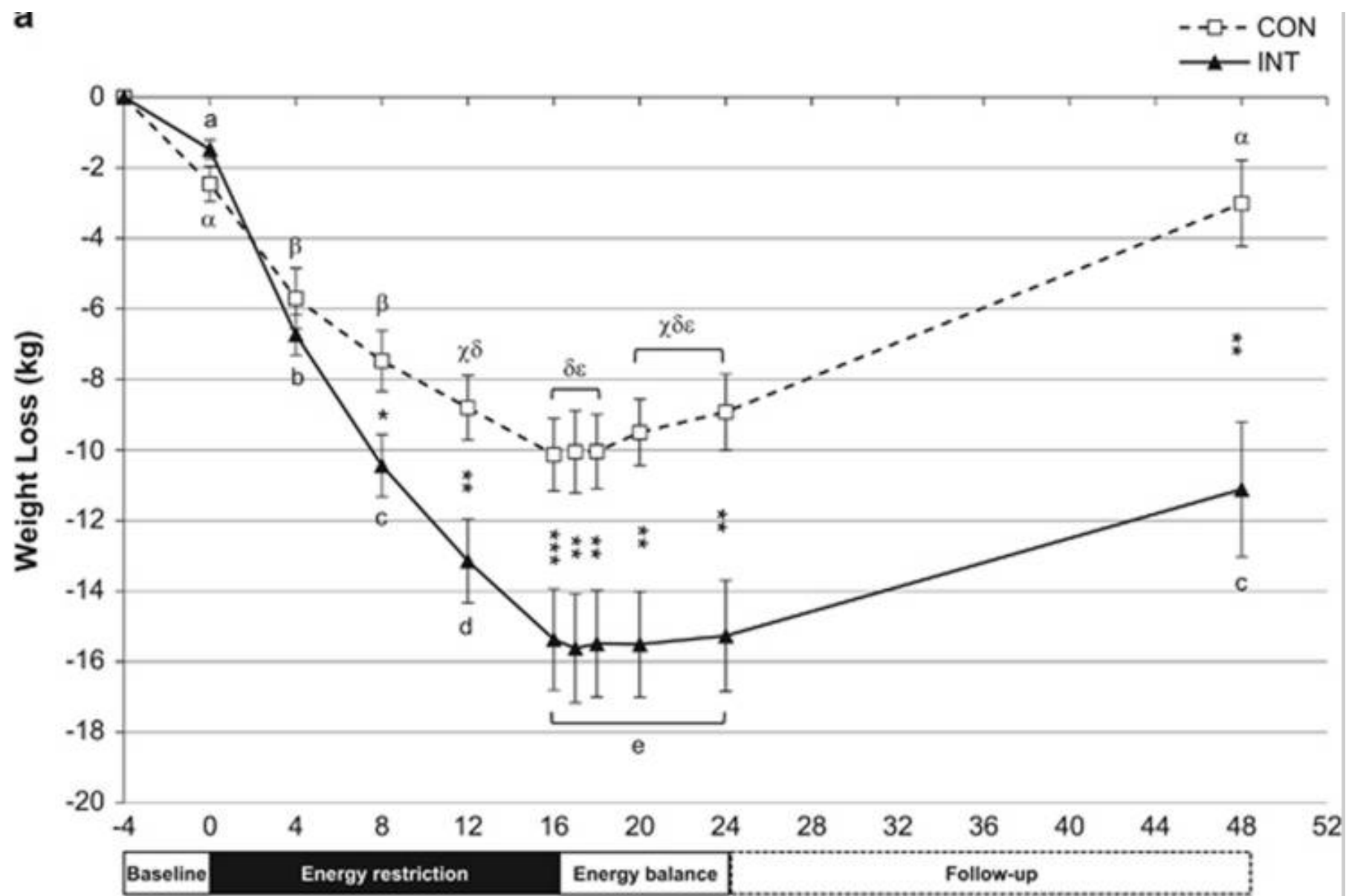


# Byrne (2018) Intermittent energy restriction improves weight loss efficiency in obese men: the MATADOR study

- Fifty-one men with obesity were randomised to 16 weeks of either: (1) continuous (CON), or (2) intermittent (INT) energy restriction (ER) completed as 8 × 2-week blocks of ER alternating with 7 × 2-week blocks of energy balance (30 weeks total). Forty-seven participants completed a 4-week baseline phase and commenced the intervention (CON:  $N=23$ ,  $39.4 \pm 6.8$  years,  $111.1 \pm 9.1$  kg,  $34.3 \pm 3.0$  kg m<sup>-2</sup>; INT:  $N=24$ ,  $39.8 \pm 9.5$  years,  $110.2 \pm 13.8$  kg,  $34.1 \pm 4.0$  kg m<sup>-2</sup>). During ER, energy intake was equivalent to 67% of weight maintenance requirements in both groups. Body weight, fat mass (FM), fat-free mass (FFM) and resting energy expenditure (REE) were measured throughout the study.

**Metoda „1+1“**





# Další literatura pro zájemce

*Article*

- 1) **Intermittent Energy Restriction Attenuates the Loss of Fat Free Mass in Resistance Trained Individuals. A Randomized Controlled Trial** Campbell, 2020

Metoda „5+2“

- 2) [Sports \(Basel\)](#). 2019 Jan; 7(1): 22.

PMCID: PMC6359485

Published online 2019 Jan 16. doi: [10.3390/sports7010022](https://doi.org/10.3390/sports7010022)

PMID: [30654501](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30654501/)

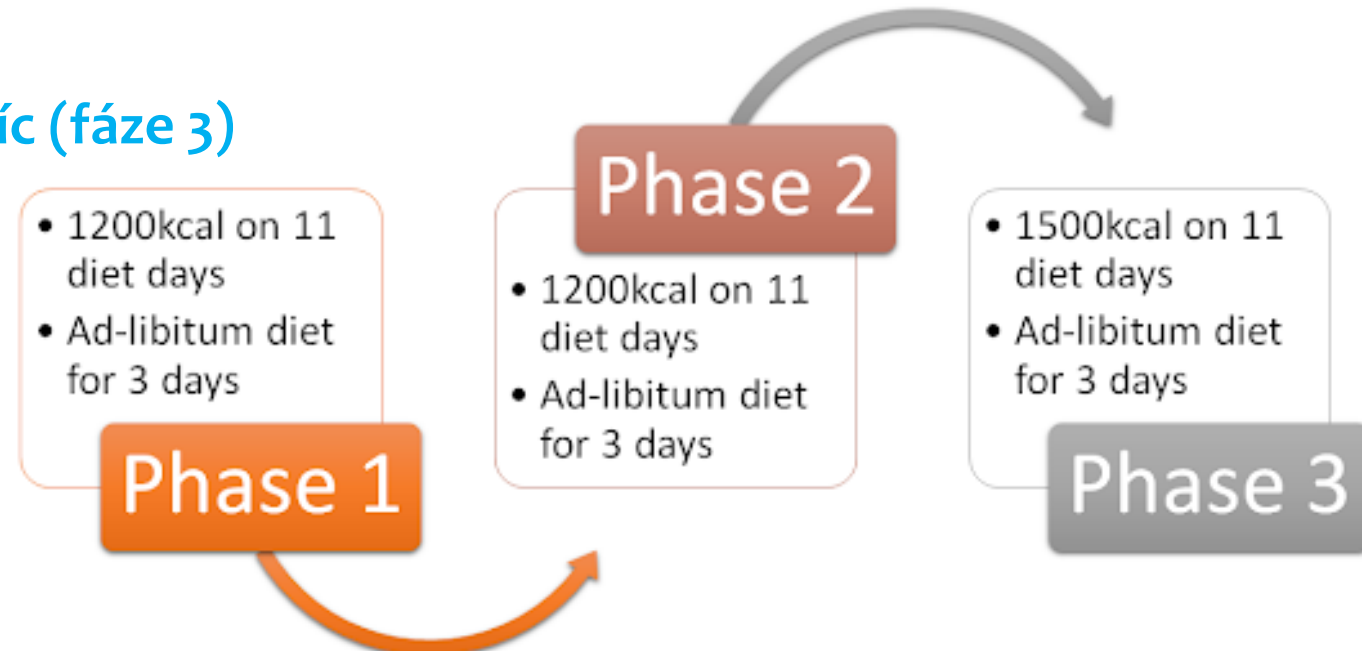
Intermittent Dieting: Theoretical Considerations for the Athlete

- 3) **Effectiveness of Diet Refeeds and Diet Breaks as a Precontest Strategy**

Guillermo Escalante, DSc, MBA, ATC, CSCS, CISSN,<sup>1</sup> Bill I. Campbell, PhD, CSCS, FISSN,<sup>2</sup> and Layne Norton, PhD<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>California State University San Bernardino, San Bernardino, California; <sup>2</sup>University of South Florida, Tampa, Florida; and <sup>3</sup>BioLayne LLC, Lutz, Florida

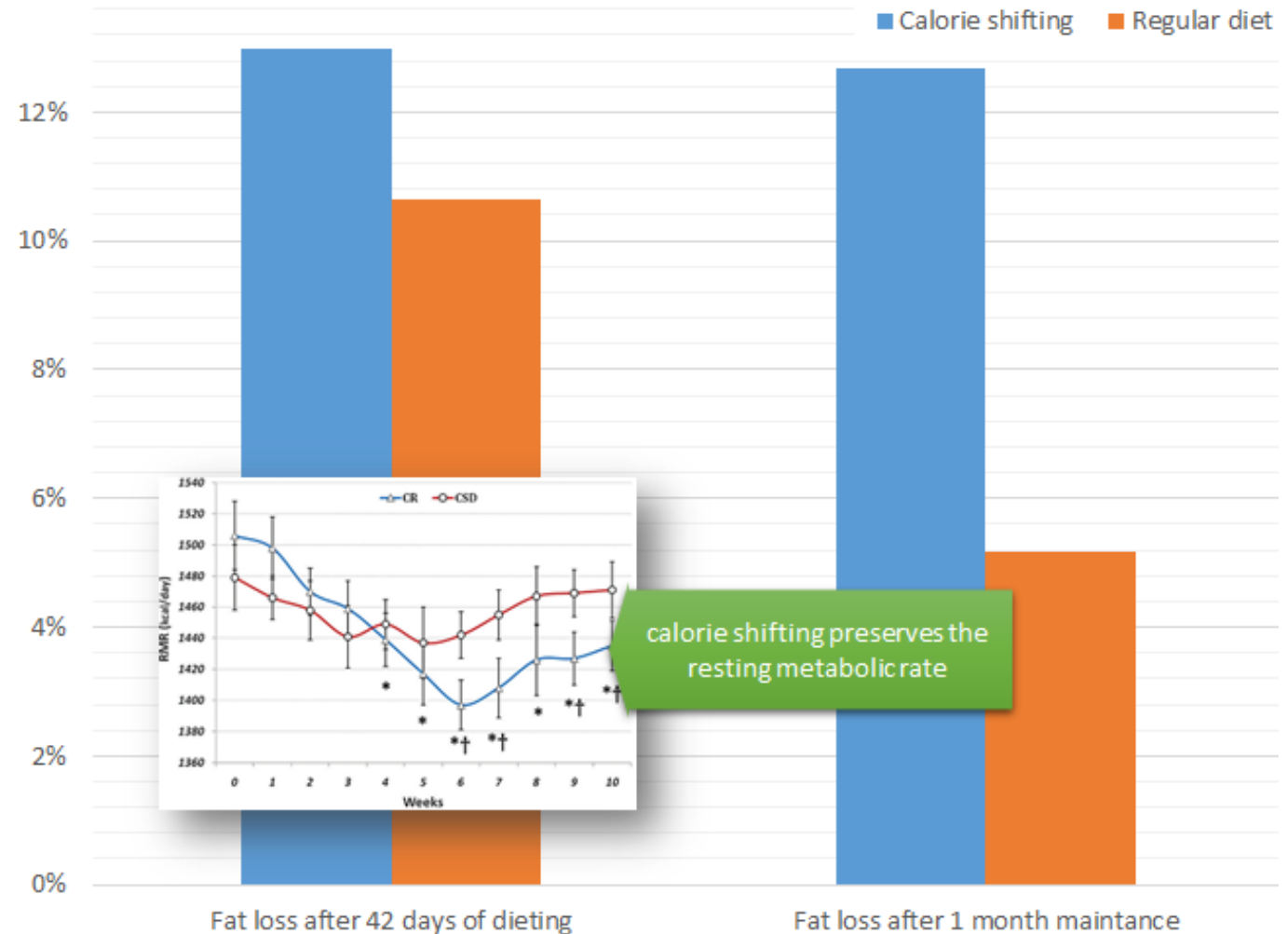
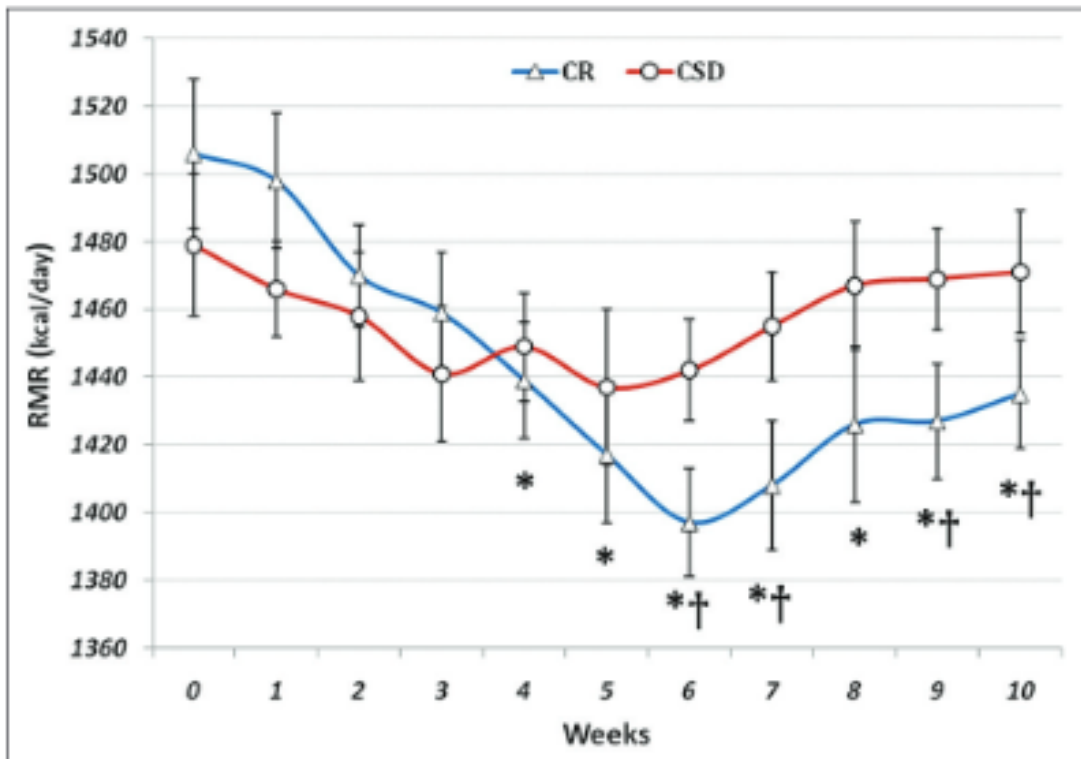
# Davoodi (2014), Calorie Shifting Diet Versus Calorie Restriction Diet: A Comparative Clinical Trial Study

- Studie používající 2 odlišné způsoby diety (navržení deficitu)
- 1) **Trvalý energetický deficit**
- 2) **Deficit energie s „refeed“ ad libitum periodami 11+3 (3x), tedy 42 dní (6 týdnů)**
- **Follow-up studie po ukončení studie 1 měsíc (fáze 3)**
- **Účastníci: obézní ženy (BMI=33, věk 37 let)**



	CSD				CR		
	Base line	11 days diet	3 days diet	Follow-up	Baseline	Diet	Follow-up
Energy (kcal/d)	2460±264	1365±214*	1971±224	1611±237*	2432±239	1186±163**	1562±208*

# Davoodi (2014), Calorie Shifting Diet Versus Calorie Restriction Diet: A Comparative Clinical Trial Study



# Dělá chronický nedostatečný příjem energie atleti náchylné k ukládání tuku?

- Deutz (2000), Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners

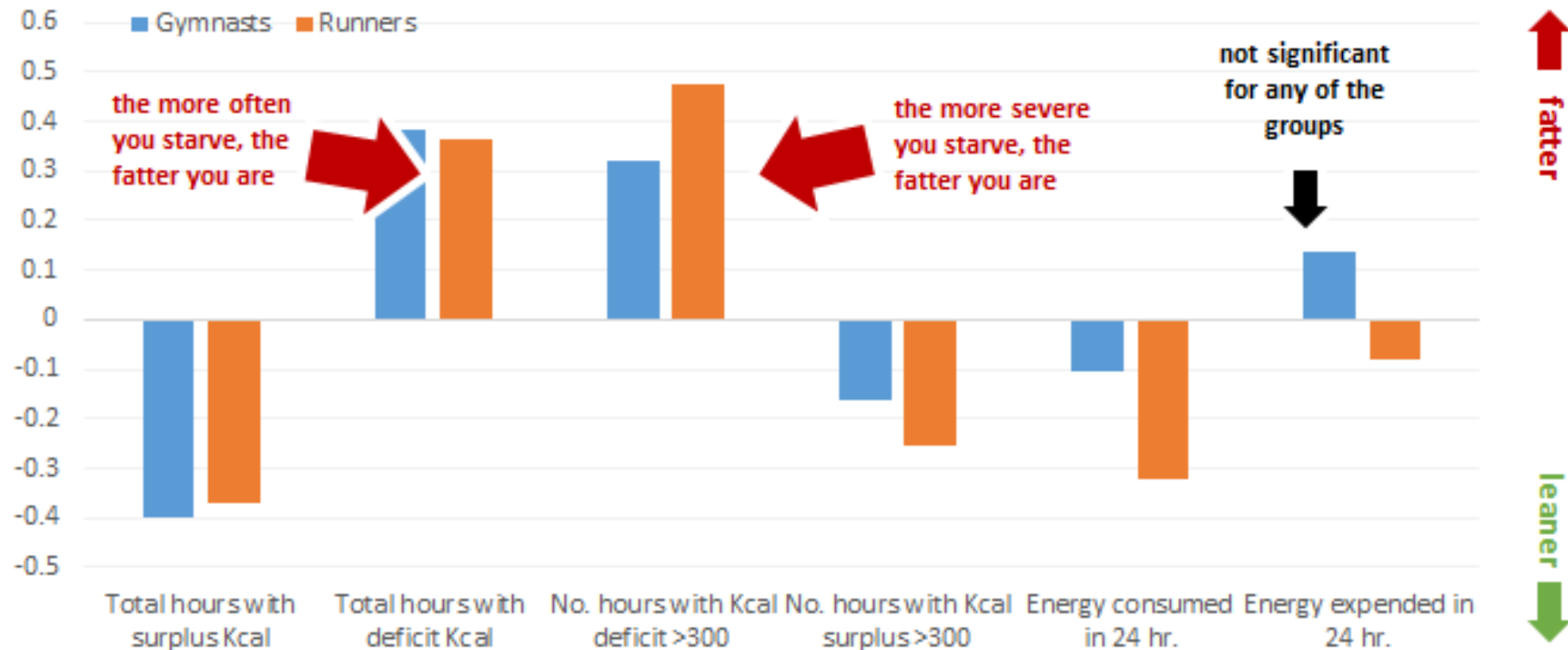


Figure 2: Relationships (Pearson correlations) between energy balance factors and body fat percentage in all athletes, gymnasts, and runners (Deutz, 2000)

# Změny v hladinách hormonů během nízkého energetického příjmu: **Trexler (2014), Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete**

Hormon	Změna	Metabolický efekt
Leptin	Snížení	Snížení BMR
Ghrelin	Zvýšení	Zvýšení pocitu hladu
Testosteron	Snížení	Možný vliv na ztrátu FFM, libido
Kortizol	Zvýšení	Katabolické prostředí
Inzulin	Snížení	Snížení antikatabolického působení inzulinu
T <sub>3</sub>	Snížení	Snížení BMR
<b>Estrogen</b>	<b>Snížení</b>	<b>Ztráta menstruace, ovlivnění kostního metabolismu</b>



Četná pozorování ukázala, že sportující ženy a dívky trpí ztrátou menstruace nebo sníženou kostní hustotou mnohem častěji než nespportující ženy stejného věku.

Jaká vysvětlení postupně existovala?  
K čemu se věda přiklání nyní?

# **1. Teorie o vymizení menstruace**

Procento tělesného tuku

## Body fat, menarche, fitness and fertility.

Frisch RE<sup>1</sup>.

### ⊕ Author information

### Abstract

Many well-trained athletes, ballet dancers and women who diet excessively have secondary or primary amenorrhoea. Less extensive training or weight loss may result in anovulatory menstrual cycles, or a shortened luteal phase. These disruptions of reproductive ability are due to hypothalamic dysfunction, which is correlated with weight loss or excessive leanness. It is proposed that these associations are causal and that the high percentage of body fat (26-28%) in the mature human female may influence reproduction directly. Four mechanisms are known: (i) adipose tissue converts androgens to oestrogen by aromatization. Body fat is thus a significant extragonadal source of oestrogen; (ii) body weight, hence fatness, influences the direction of oestrogen metabolism to more potent or less potent forms; leaner women make more catechol oestrogens, the less potent form; (iii) obese women and young, fat girls have a diminished capacity for oestrogen to bind sex-hormone-binding-globulin; (iv) adipose tissue can store steroid hormones. An indirect mechanism may be signals of abnormal control of temperature and changes in energy metabolism, which accompany excessive leanness. The hypothalamic reproductive dysfunction results in abnormal gonadotrophin secretion: there is an age inappropriate secretory pattern of luteinizing hormone (LH) and follicle stimulating hormone (FSH), resembling that of prepubertal children. The secretion of LH and the responses to LHRH are reduced in direct correlation with the amount of weight loss. Other evidence from non-athletic and athletic women and mammals is presented in support of the hypothesis that a particular, minimum ratio of fat to lean mass is normally necessary for menarche (approximately 17% fat/body wt) and the maintenance of female reproductive ability (approximately 22% fat/body wt). Nomograms are given for the prediction of these critical weights for height from a fatness index; these weights are useful clinically in the evaluation of nutritional amenorrhoea and the restoration of fertility in underweight women. Evidence is presented that undernutrition and hard physical work can affect the natural fertility of populations, by the delay of menarche, a longer period of adolescent subfecundity, a longer birth interval and an earlier age of menopause. Data from a study of the long-term reproductive health of 2622 former college athletes compared with 2766 non-athletes show that the former college athletes had a significantly lower lifetime occurrence of breast cancer and cancers of the reproductive system, and a lower lifetime occurrence of benign tumours of these tissues, compared with the non-athletes. (ABSTRACT TRUNCATED AT

# Body fat, menarche, fitness and fertility (1987)

- První teorie o plodnosti byly vázány na množství tělesného tuku
- Mladá dívka musí dosáhnout určitého množství tuku, aby proběhla menarché
- Nedostatek tělesného tuku → zpoždění menarché
- Nedostatek tělesného tuku dále v životě → ztráta menstruace a nemožnost otěhotnět (vykládáno tak, že žena nemá dostatek energetických zásob pro zdárné těhotenství a kojení)

**Minimální množství tělesného tuku pro menarché: 17 % BF**

Udržení reprodukčních schopností ženy dále v životě: minimálně 22 % BF

# Loucks (2003), Energy Availability, Not Body Fatness, Regulates Reproductive Function in Women

- **Neúspěch „BODY COMPOSITION HYPOTHESIS“ o tělesném tuku**
- **Di Carlo (1999), Hypogonadotropic hypogonadotropism in obese women after biliopancreatic diversion**

**Morbidně obézní žena (BMI = 47, 130 kg) po chirurgickém zmenšení žaludku → snížení BMI = 35, 97 kg**

**Ztráta menstruace → Tělesný tuk a jeho množství není hlavním regulátorem menstruace u žen**

This review highlights the author's current perspective on the most prominent hypotheses that have been proposed to explain the high prevalence of menstrual disorders observed in physically active women. Readers are referred to earlier reviews <sup>(7,13,14)</sup> as introductions to more comprehensive considerations of the related literature. In athletes, most menstrual disorders result from a disturbance of the gonadotropin releasing hormone (GnRH) pulse generator in the hypothalamus of the brain. This is reflected in a disruption of the pulsatile rhythm of luteinizing hormone (LH) pulsatility in the blood, on which ovarian function critically depends. What disturbs the GnRH pulse generator in athletes has been the subject of controversy for 20 yrs. The earliest hypothesis based on anthropometric measurements attributed these disruptions to insufficient body fat stores. Later hypotheses based on other behavioral observations and biochemical measurements attributed the disruptions to the stress of exercise and to energy deficiency caused by dietary restriction or exercise energy expenditure.

## **2. Teorie o vymizení menstruace**

Stres způsobený fyzickou aktivitou

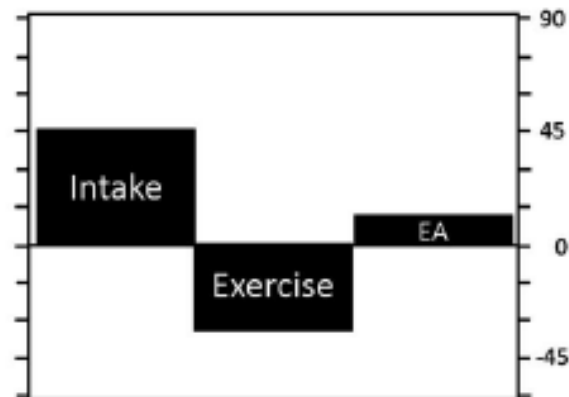
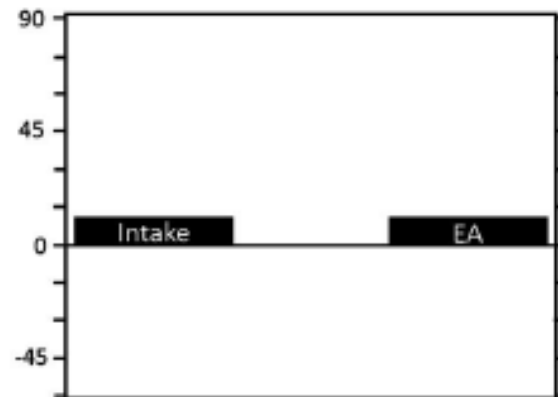
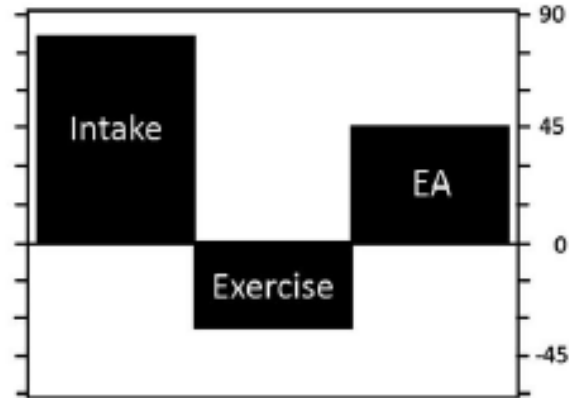
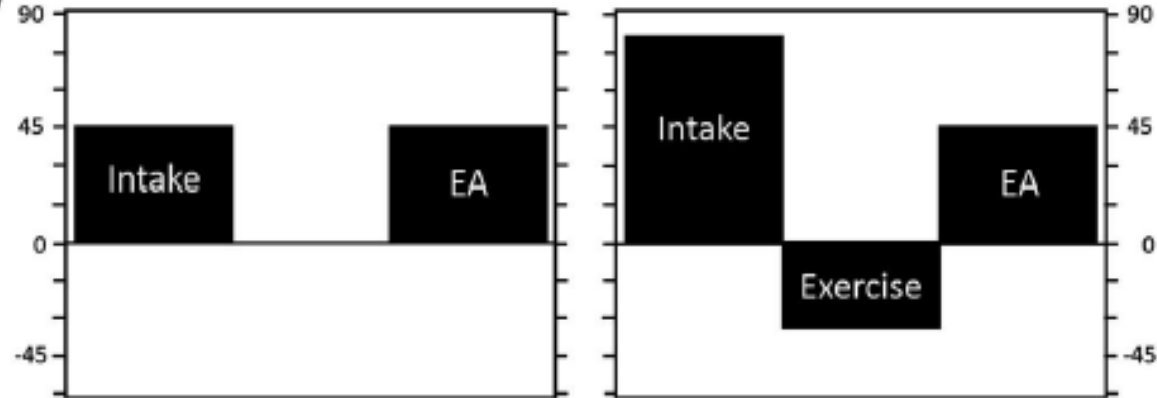
# Nízká vs. Dostatečná EA za různých situací

Jedna z prvních studií potvrzující klíčový vliv nízké energetické dostupnosti na poruchu menstruace.

Energy (kcal.kg<sup>-1</sup> LBM.d<sup>-1</sup>)

**Adequate EA**  
(~45 kcal.kg<sup>-1</sup> LBM.d<sup>-1</sup>)

**Low EA**  
(~10 kcal.kg<sup>-1</sup> LBM.d<sup>-1</sup>)



Low EA associated with:

- Reduced insulin
- Reduced IGF-1
- Increased cortisol
- Reduced pulse frequency of Luteinising Hormone (LH)
- Increased amplitude of LH pulse

**Sedentary Trial**  
(Exercise = 0)

**Exercise Trial**  
(Exercise = 30 kcal.kg<sup>-1</sup> LBM.d<sup>-1</sup>)

Loucks, (1998) Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women

# Endocrine markers of semistarvation in healthy lean men in a multistressor environment

K E Friedl<sup>1</sup>, R J Moore, R W Hoyt, L J Marchitelli, L E Martinez-Lopez, E W Askew

Affiliations + expand

PMID: 10797147 DOI: 10.1152/jappl.2000.88.5.1820

Free article

## Abstract

We tested the hypothesis that key endocrine responses to semistarvation would be attenuated by changing only the food intake in a multistressor environment that also included sustained workload, inadequate sleep, and thermal strain. Serum hormones were compared within and between two groups of healthy young male volunteers participating in the 8-wk US Army Ranger course, with four repeated cycles of restricted energy intakes and refeeding: group 1 (n = 49) and group 2 (n = 48); energy deficits averaged 1,200 and 1,000 kcal/day, respectively. After 8 wk, most of group 1 achieved a minimum body fat, serum 3,5,3'-triiodothyronine (T(3)) was below normal (78 +/- 20 ng/dl), testosterone (T) approached castrate levels (4.5 +/- 3.9 nmol/l), insulin-like growth factor I (IGF-I) declined by one-half (75 +/- 25 microg/l), and cholesterol rose from 158 +/- 31 to 217 +/- 39 mg/dl. Bioavailable T(3) and T were further reduced by increases in their specific binding proteins in response to declining insulin. Refeeding, even with continuation of the other stressors, produced prompt recovery of T(3), T, and IGF-I. Higher energy intakes in group 2 attenuated the subclinical hypothyroidism and hypercholesterolemia, whereas consistent luteinizing hormone suppression indicated centrally mediated threshold effects on gonadal hormone suppression. We conclude that low T, T(3), and IGF-I remained reliable markers of acute energy deficits in the presence of other stressors; elevated cholesterol and cortisol provided information about chronic status, corresponding to diminishing body fat stores.

Further data undermining the stress hypothesis have also been reported in a study of young male soldiers participating in the 8-wk U.S. Army Ranger training course<sup>(3)</sup>. This course is divided into four 2-wk phases in forest, desert, mountain, and swamp environments, during which trainees undergo daily military skill training, 8- to 12-km patrols carrying 32-kg rucksacks, sleep deprivation (~3.6 h of sleep nightly), and dietary intakes during alternate wk of ~2000 and ~5000 kcal·d<sup>-1</sup>. During the course, trainees lost ~12 kg of body weight. Blood sampling at the end of each wk revealed that triiodothyronine (T3), insulin-like growth factor I (IGF-I), and testosterone levels fell ~20%, ~50%, and ~70%, respectively, during wk on diets of 2000 kcal·d<sup>-1</sup> and returned to normal initial levels during alternate wk on diets of 5000 kcal·d<sup>-1</sup>, despite continued exposure to all other training stresses.

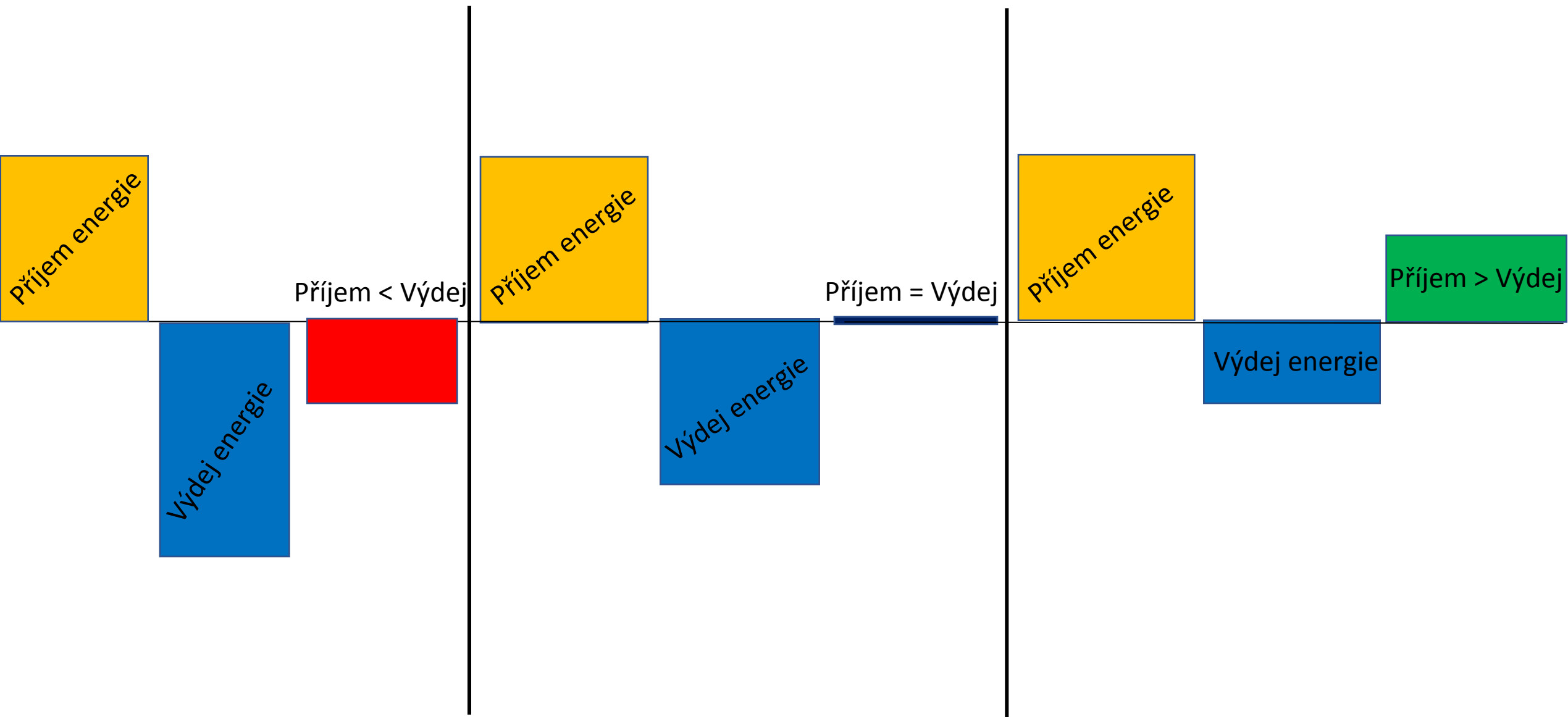
Thus, exercise appears to have no deleterious effect on reproductive function apart from the impact of its energy cost on energy availability. If the HPA axis disrupts the GnRH pulse generator in athletes, it probably does so by mediating the influence of energy availability.



### **3. Teorie o vymizení menstruace a dalších zdravotních problémech**

Tzv. Nízká energetická dostupnost  
(Low Energy Availability, LEA)

# Klasický pohled na energetickou bilanci



# Není to jen o energetické bilanci... Jiný pohled na složky výdeje energie člověka

Náš organismus potřebuje  
určité množství energie  
(energetickou dostupnost)  
pro základní tělesné funkce

## Koncept energetické dostupnosti

Údržba/obnova buněk, tělesných tkání

Pohyb

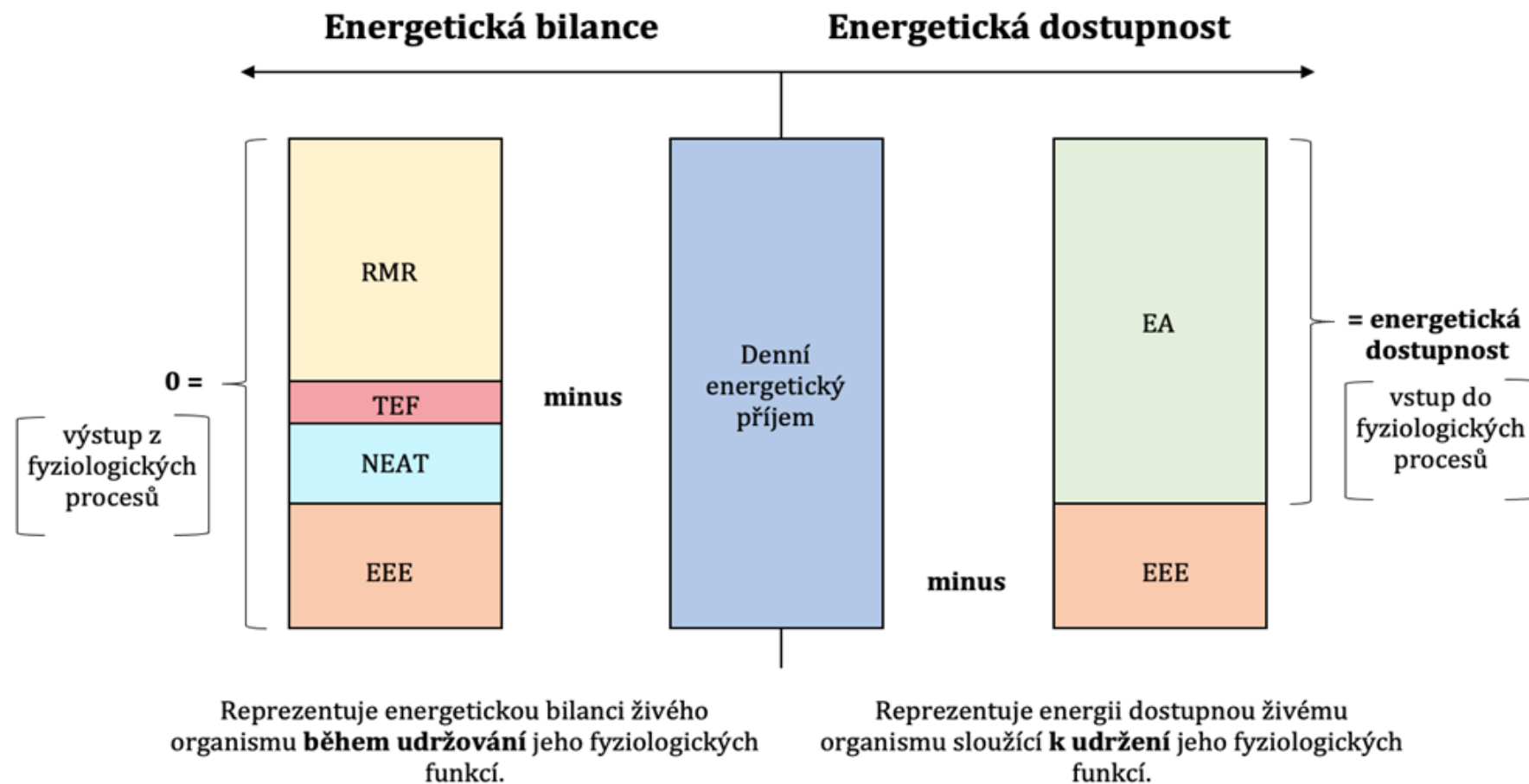
Termoregulace (tvorba tepla, udržování teploty)

Růst (vývoj, růst svalové hmoty, atd)

Reprodukce

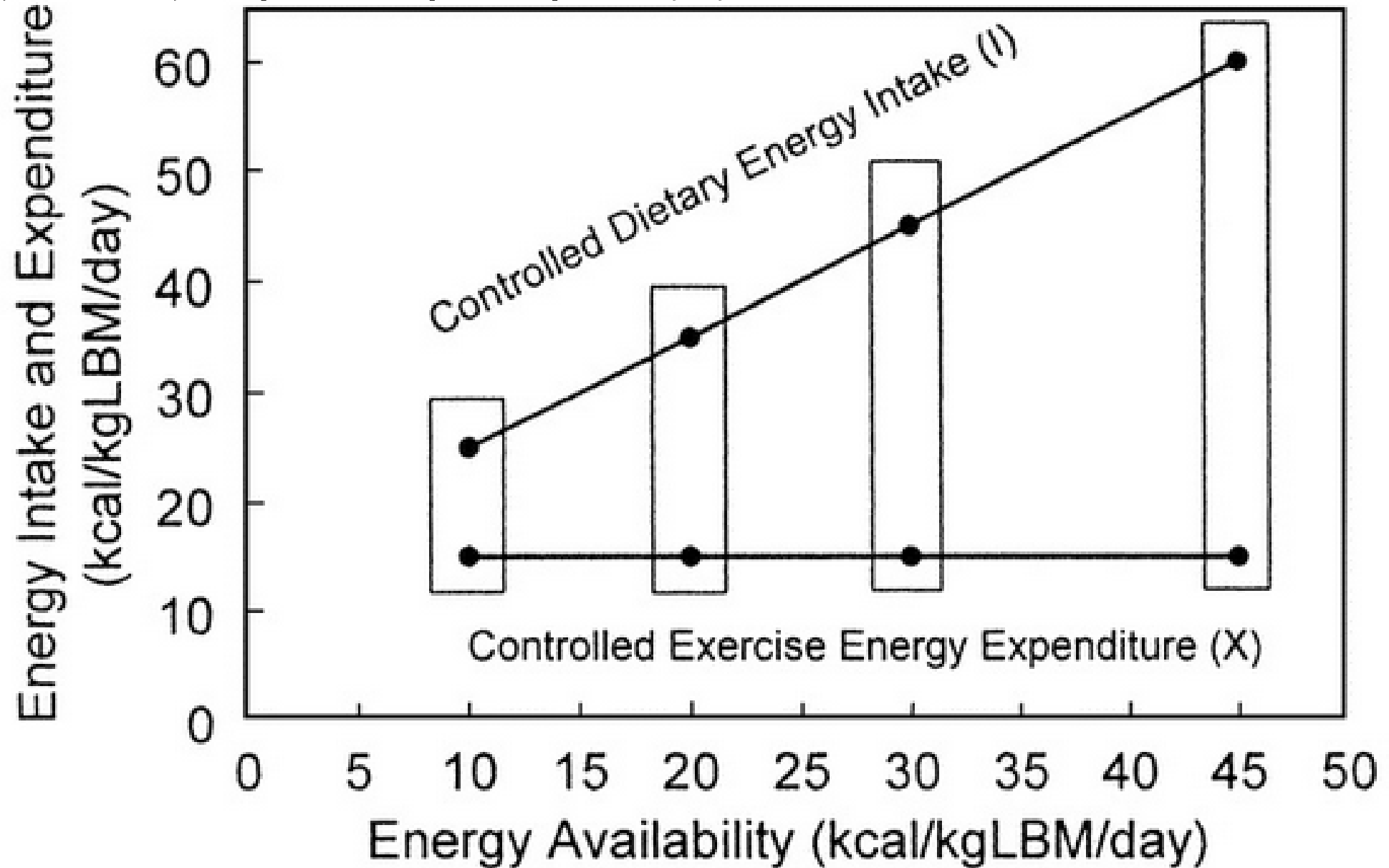
... Imunitní funkce, správná funkce orgánů atd...

Teorie energetické dostupnosti stojí na skutečnosti, že přijímaná energie je u savců vyčleněna pro 5 základních funkcí – **údržbu buněk, pohyb, termoregulaci, růst a reprodukci**. Za předpokladu, že je konkrétní kvantum energie vyhrazeno pro jeden proces, stává se tak pro další funkce nedostupnou. Kupříkladu pokud je velké množství energie vynakládáno na funkci pohybovou, nedostává se jí pro systém reprodukční, tudíž nemůže probíhat a organismus ho utlumuje.

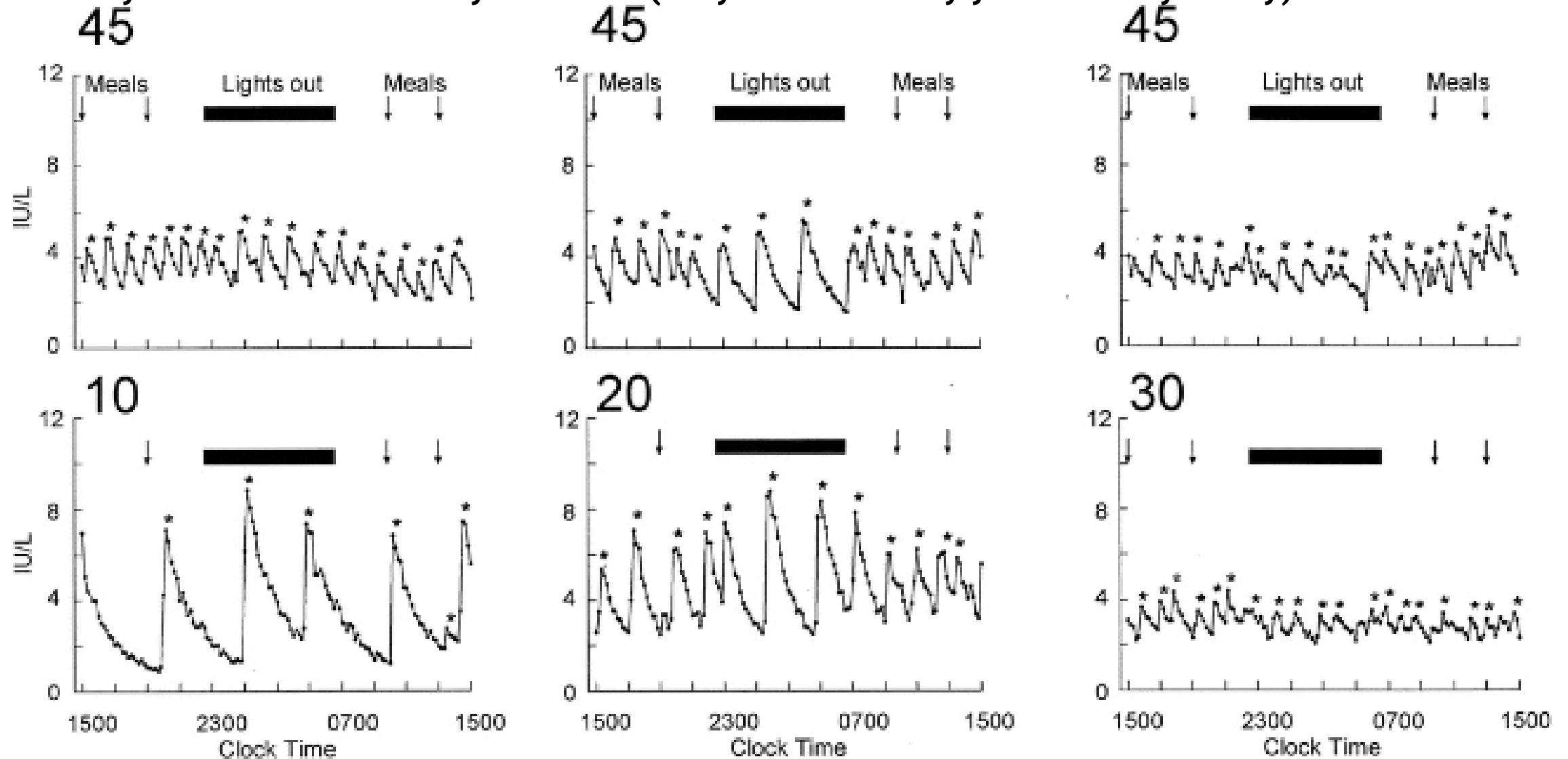


Mladé zdravé ženy byly vystaveny několika experimentům s různou energetickou dostupností po dobu 5 dní (různý příjem energie a stejný výdej energie skrze pohyb).

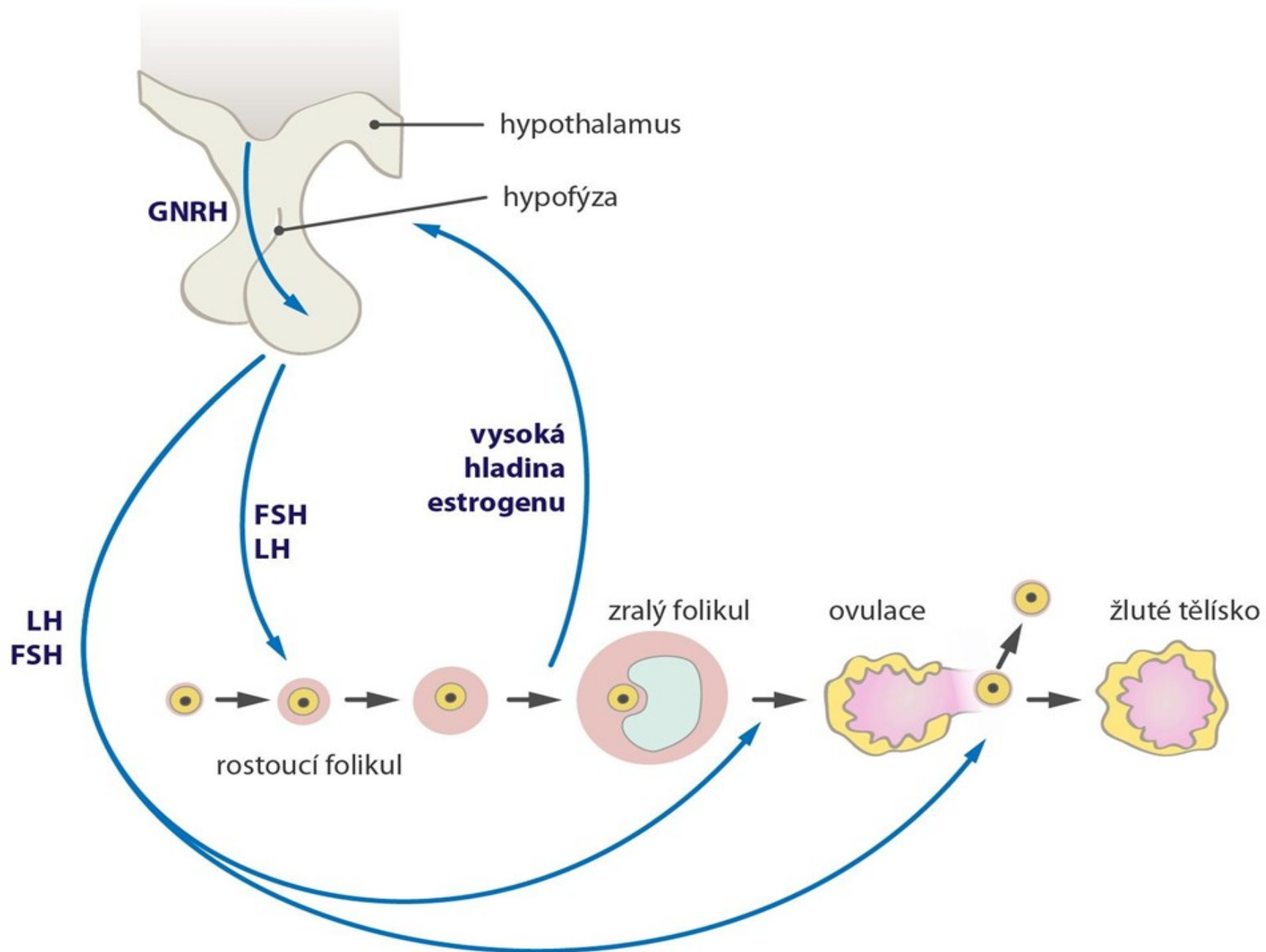
Výzkumníky zajímalo, při jaké EA dojde k porušení správné pulzality vylučování hormonu LH.



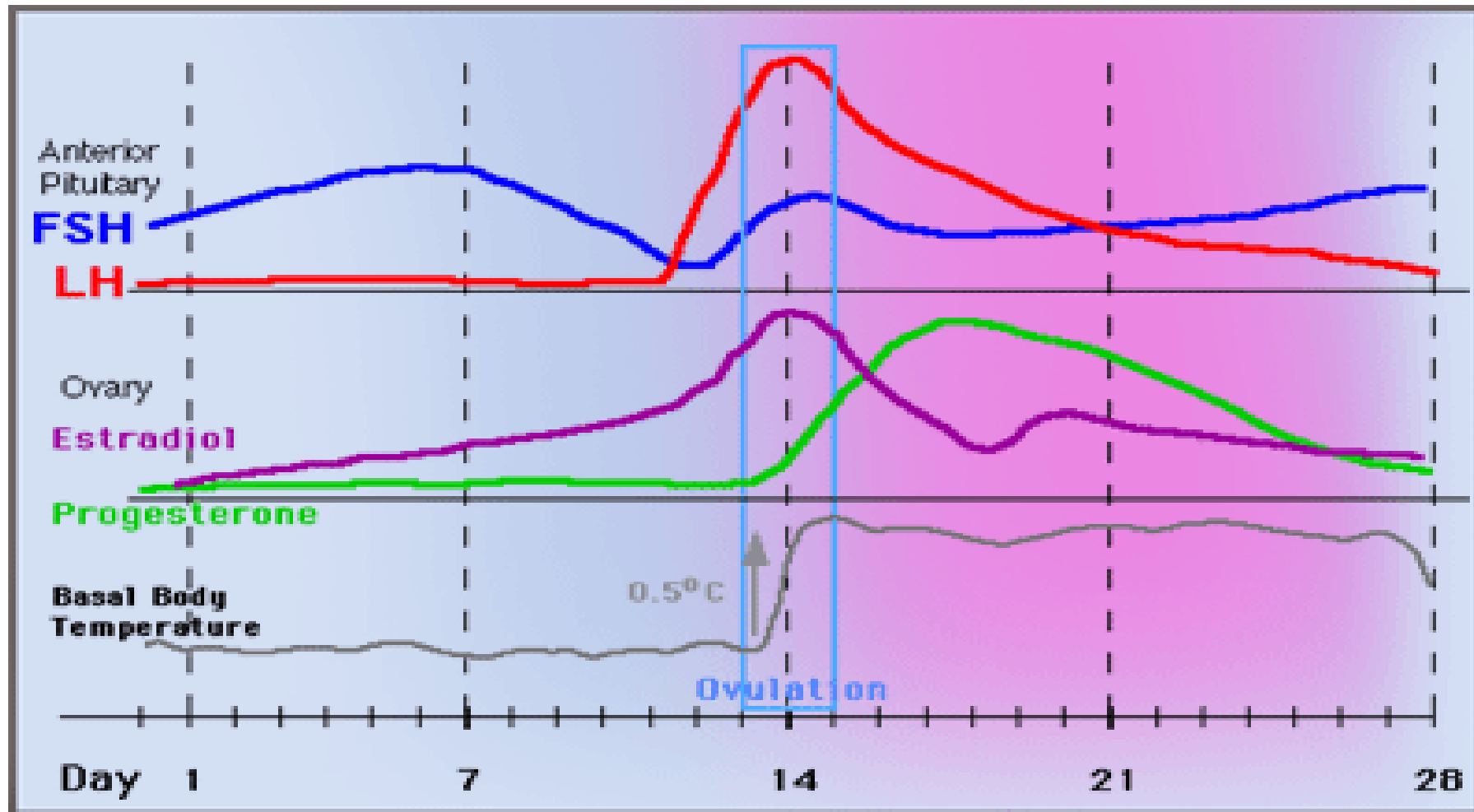
Výzkumníci pozorovali, že k narušení pulzality hormonu LH došlo při EA 20 kcal/kg FFM, zatímco při EA 30 kcal/kg FFM a 45 kcal/kg FFM byla pulzality zachována. Nejvíce náchylné byly k tomuto narušení ženy s kratší luteální fází cyklu - 11 dní (ženy s kratší fází byly ze studie vyřazeny).



LH pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women (2003)



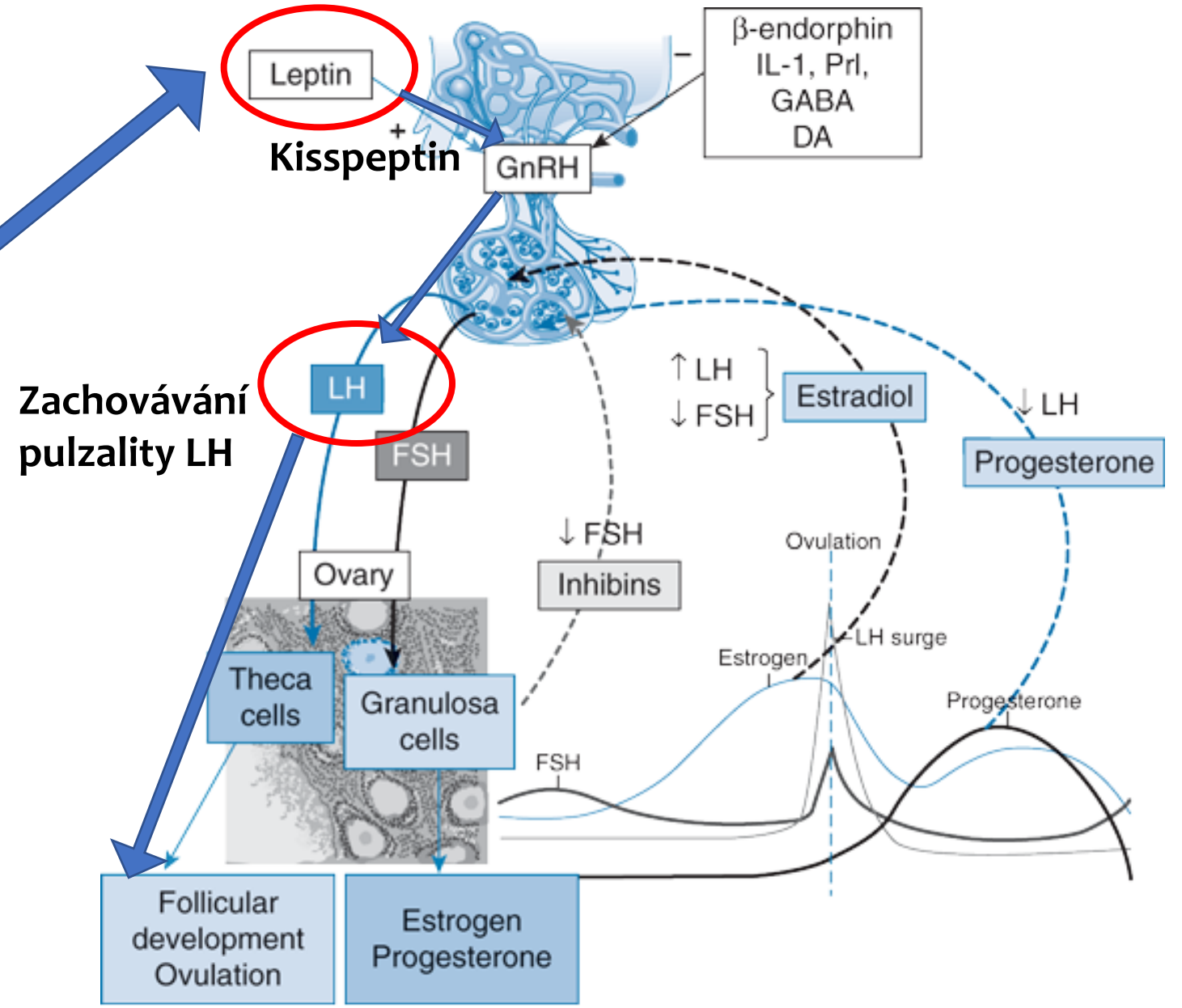
# Fáze menstruačního cyklu





Jak organismus zřejmě pozná,  
že je energetická dostupnost nízká?

Množství tukové tkáně (případ menarché)  
Energetická dostupnost



Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women (2003)

# Hormon štíhlosti leptin a jeho funkce

- Objeven teprve v 90. letech minulého století
- Hormon vylučovaný tukovými buňkami
- Vliv na řízení příjmu potravy (vysoké hladiny v krvi → navození sytosti)
- Hladiny leptinu při vyrovnané energetické bilanci úzce korelují s množstvím tuku v organismu, ale....
- **Ztráta 10 % z počáteční hmotnosti → propad hladin leptinu až o 50 %**
- Na jeho hladinu má totiž velký vliv i příjem energie. Leptin informuje centrum hypotalamu nejen o dlouhodobější energetické dostupnosti (množství tělesného tuku), **ale také o aktuální energetické dostupnosti (bilance příjmu a výdeje energie v rámci dnů a týdnů), která je důležitější.**

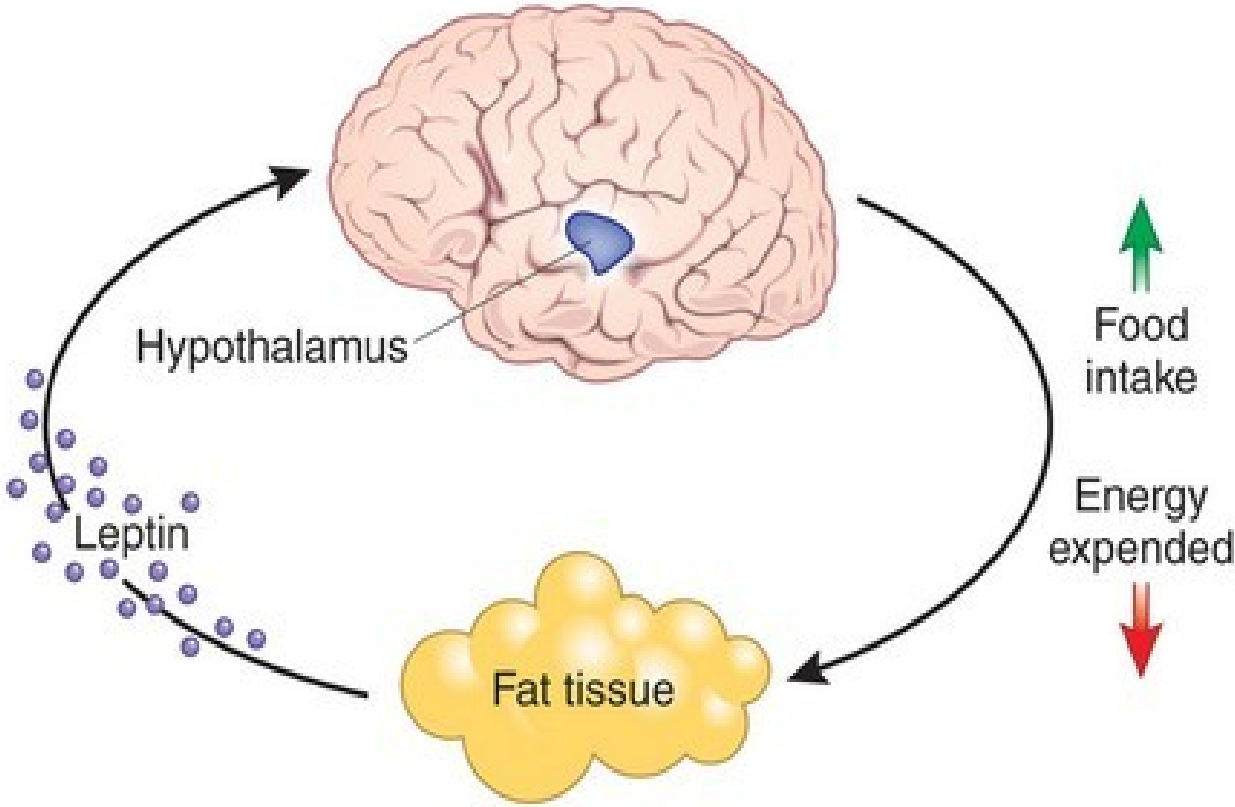
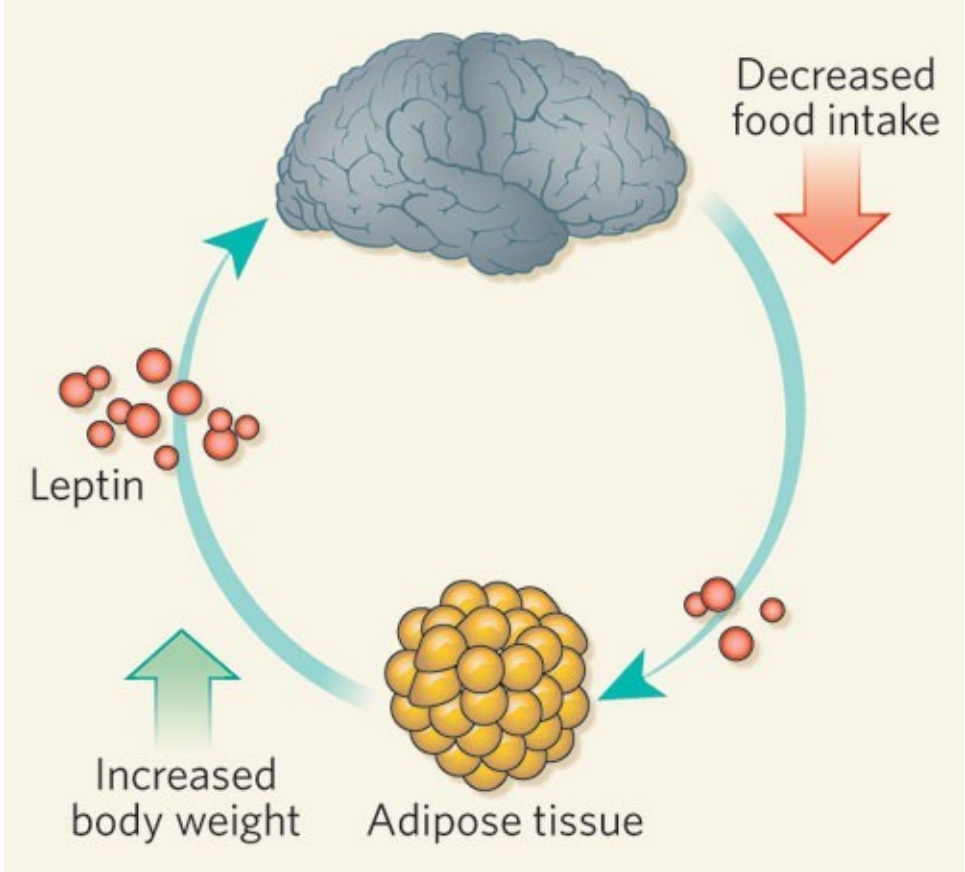
1) 4 dny vystavení LEA pokles leptinu o cca 55 % oproti dnům s dostatečnou EA

2) 5 dní LEA pokles leptinu o 67 %.

1) Low energy availability in exercising men is associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones (2016)

2) Decrease in serum leptin after prolonged physical activity in men (2002)

# Leptin

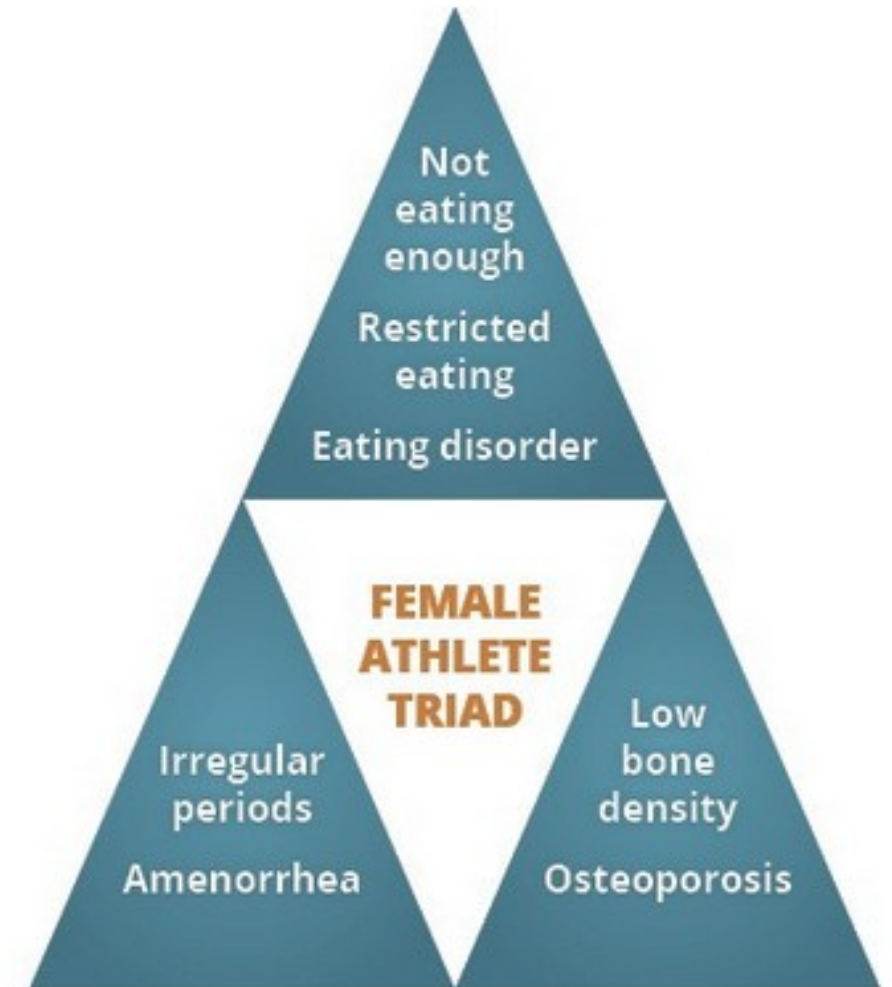


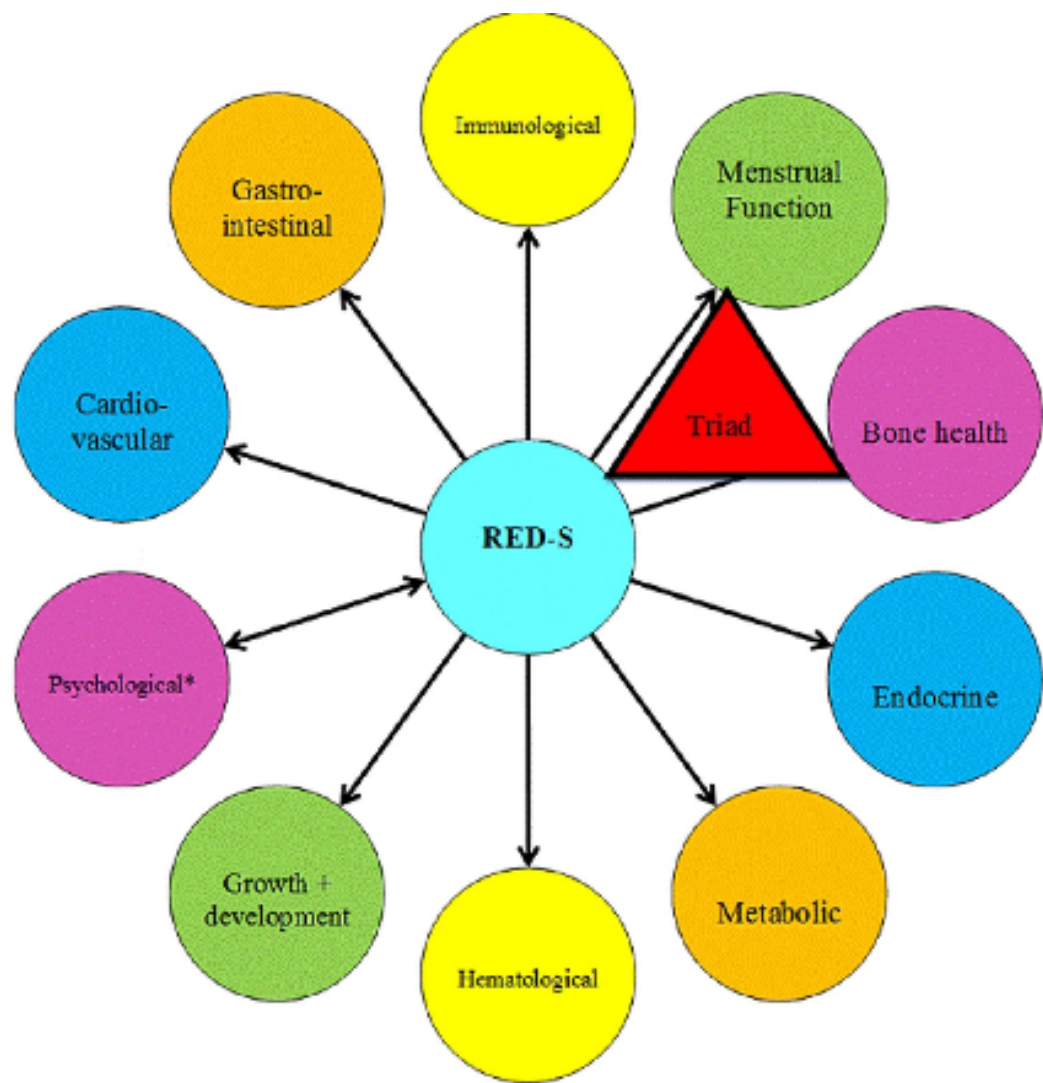
**Čím jsou ohroženy sportovkyně/sportovci  
při nízké energetické dostupnosti?**

# Female Athlete Triad

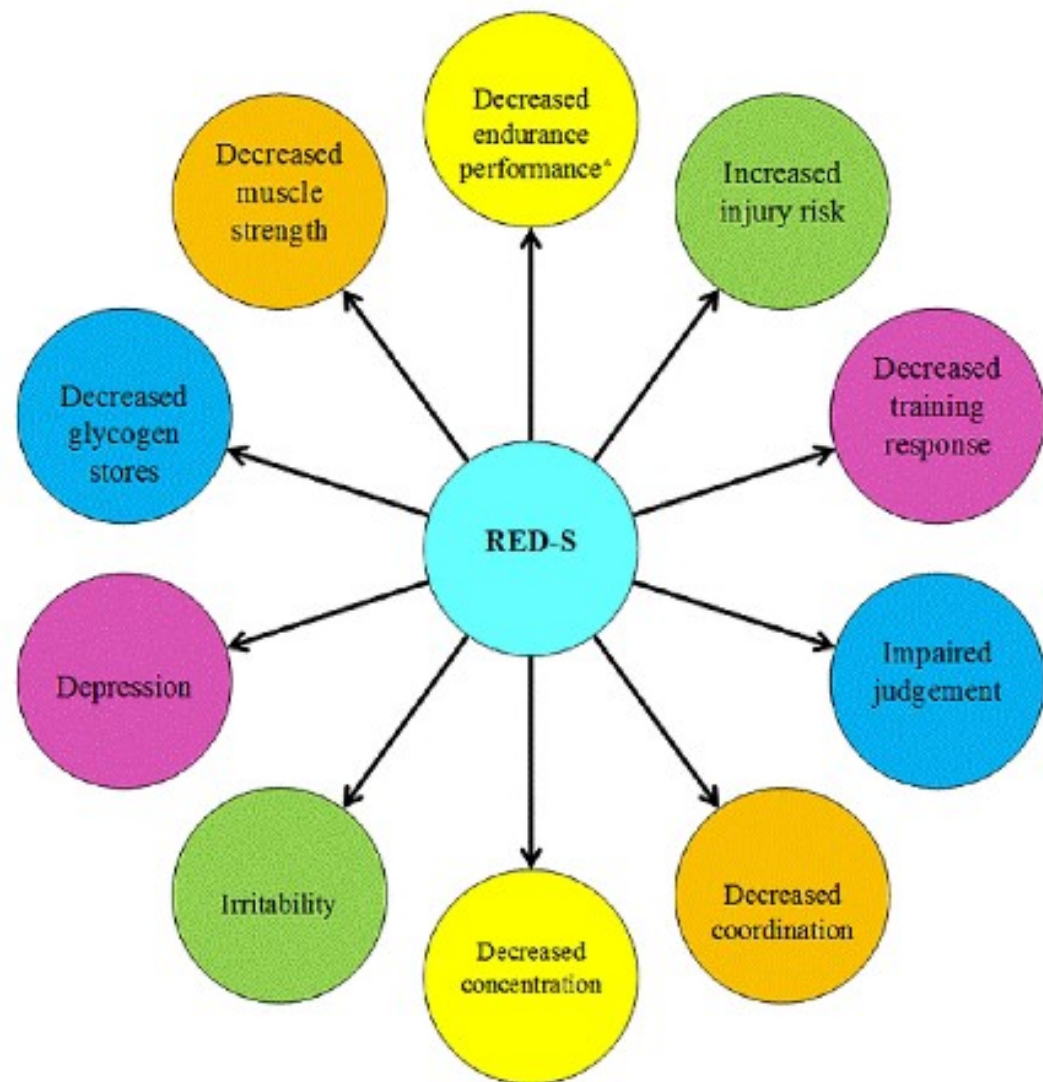
[American College of Sports Medicine \(2007\) The Female Athlete Triad](#)  
[VanBaak \(2016\) The Female Athlete Triad](#)

- Syndrom poprvé popsaný v roce 1992 společností American College of Sports Medicine
- Tento syndrom je definován:
- 1) **Nízká energetická dostupnost** (s nebo bez současného výskytu poruch příjmu potravy jako mentální anorexie, bulimie nebo jiných, blíže nespecifikovaných poruch)
- 2) **Menstruační dysfunkce** (nepravidelnost–oligomenorrhea nebo úplné vymizení cyklu–amenorrhea)
- 3) **Snížená kostní denzita** (osteopenie nebo závažnější osteoporóza)





**Figure 1** Health Consequences of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) showing an expanded concept of the Female Athlete Triad to acknowledge a wider range of outcomes and the application to male athletes (\*Psychological consequences can either precede RED-S or be the result of RED-S).



**Figure 2** Potential Performance Effects of Relative Energy Deficiency in Sport (\*Aerobic and anaerobic performance).

# Nejohroženější skupinou jsou mladé sportovkyně

- **Nejohroženější skupinou jsou mladé sportovkyně těch sportovních disciplín, kde je nutné:**
  - 1) Soutěžit s nízkým procentem tělesného tuku **z důvodu estetiky** (bikiny fitness, body fitness a další disciplíny, dále pak gymnastika, krasobruslení, baletky, atd.)
  - 2) Dlouhodobě udržovat nízkou tělesnou hmotnost, nebo nárazově hubnout **pro udržení hmotnostní kategorie**
  - 3) Udržovat nízké procentu tělesného tuku **z důvodu maximální výkonnosti** (vytrvalostní sporty, atletika)
  - 4) Jakékoliv sportovkyně, které absolvují velký objem tréninků a pohybové aktivity
  - 5) Sportovkyně, které se stravují alternativně



# Důvody nízké energetické dostupnosti

**(Špatně nastavená) Redukční dieta (příliš dlouhá, příliš tvrdá)**

Rizikové může být zhubnout již 10–15 % původní hmotnosti,  
tj. ztratit zhruba 1/3 tělesného tuku.

Nezamýšlený nedostatečný příjem energie, např. z důvodu špatných výživových znalostí a neznalosti správné výživy, **malému hladu**

Velmi vysoký energetický výdej, těžko vyrovnatelný energetickým příjmem z běžné stravy  
**(energetický deficit vytvořený pohybem nevyvolá takový hlad jako deficit vyvolaný kalorickou restrikcí)**

Alternativní výživové styly, vyřazování některých skupin potravin, omezení ve výživě z důvodu probíhajících chorob

Cíleně nízký příjem energie z důvodu poruch příjmu potravy  
(mentální anorexie, bulimie)

Chronická onemocnění s vlivem na příjem stravy nebo její vstřebatelnost a výdej energie  
(záněty GIT, nádorová onemocnění, onemocnění štítné žlázy)

# Loucks, (1998) Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women

- the exercising women in this experiment reported that *they were satisfied with the amount of food they consumed during the low energy availability treatment and that they had to force themselves to consume all the food they were administered in the balanced energy availability treatment*. Thus, hunger may be an insensitive indicator of the energy needs of physically active women, just as thirst is an insensitive indicator of water needs during prolonged exercise. Athletes may need to eat by discipline without hunger to prevent reproductive disorders while training, just as they drink by discipline without thirst to prevent dehydration during a long race.

# Důvody nízké energetické dostupnosti

## Únava z tréninku a nízká motivace/nedostatek sil pro přípravu jídla

Nedostatek příležitostí během dne najíst se

Malá kalorická denzita jídla (příliš „zdravé“ jídlo)

Nepravidelnosti ve stravování

Nedostatek financí pro kvalitní jídlo

Spoléhání se pouze na hlad, který nemusí odrážet skutečné potřeby energie

Neopodstatněné kategorické zavrhování doplňků stravy s obsahem energie  
(sacharidy, iontové nápoje, meal replacement)

Negativní role trenéra (zdůrazňování důležitosti štíhlosti), spoluhráčů

Negativní role sociálních médií a influencerů

# Rizikové faktory pro vznik poruch příjmu potravy

**Nízké sebevědomí**

Perfekcionismus

Problémy v rodině

Psychologické predispozice

Genetika

Alternativní stravování

# Výpočet energetické dostupnosti (Energy Availability, EA):

EA = (Celkový příjem energie – Energetický výdej skrze pohybovou aktivitu)/FFM  
(„Energy availability is defined as dietary energy intake minus exercise energy expenditure“)

EA = Výslednou hodnotu vydělíme množstvím beztukové tělesné hmotnosti (FFM)

EA = Energetická dostupnost by dlouhodobě **neměla klesnout pod hodnotu 30 kcal/kg FFM, hrozí projevy RED-S**

Za optimální hodnotu pro ideální funkci orgánových soustav je považováno 45 kcal/kg FFM  
Případně alespoň rozmezí 30–45 kcal/kg FFM

Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women (2003)

# Příklad: výpočet EA

- Žena ve věku 25 let s výškou 170 cm a hmotností 65 kg
- Zastoupení tělesného tuku: 20 %, FFM ( $65 \times 0,8 = 52$  kg)
- Aktuální průměrný energetický příjem: 2 000 kcal
- Průměrný výdej energie prostřednictvím tréninku: 600 kcal

**Energetická dostupnost = Celkový příjem energie – Energie vydaná pohybovou aktivitou**

Energetická dostupnost =  $(2\ 000 - 600) / \text{Beztuková tělesná hmotnost}$

$EA = 1\ 400 / 52$

**EA = 26,9 kcal/kg FFM → při dlouhodobém příjmu rizikové pro hormonální rovnováhu**

# Co je to beztuková hmotnost FFM (fat free mass)?

**Celková tělesná hmotnost bez započítání tělesného tuku**

FFM = Celková tělesná hmotnost – hmotnost tukové tkáně

**Je složena z:**

1) Tělesná voda (TBW, total body water)

2) Proteiny (hmota orgánů, svalová hmota)

3) Minerální látky (kostní hmota)

- Možnost zjistit na přístrojích měřící tělesné složení – pozor na pravidla pro správné měření

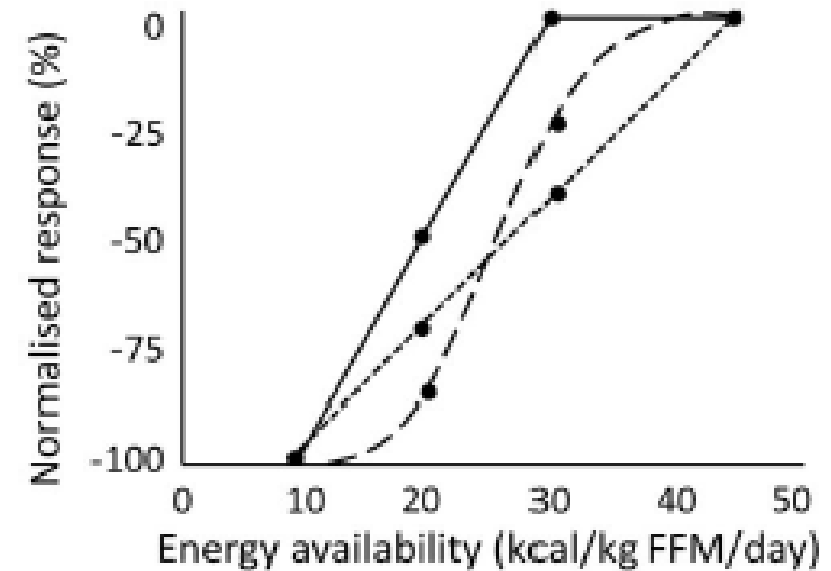
# Úskalí při výpočtu energetické dostupnosti v praxi

Faktor rovnice	Úskalí ☹️	Závažnost možné chyby
FFM	Nepřesnost určení FFM (vliv hydratace, denní doby, kvality přístroje)	Relativně malá (chyba max několik kg FFM)
Celkový příjem energie	Underreporting „nezdravých“ potravin, overreporting „zdravých potravin“ Neochota pečlivě zaznamenávat příjem Obecně lidé podhodnocují svůj příjem	Teoreticky vysoká (+/-100–500 kcal/d)
Energie vydaná na sportovní aktivitu	Jaké aktivity počítat? (tenká hranice mezi NEAT a EAT) př.: rychlá chůze	Teoreticky vysoká (+/-100–500 kcal/d)



Hranice 30 kcal/kg FFM  
není univerzální.  
Různé systémy v těle  
reagují odlišně.

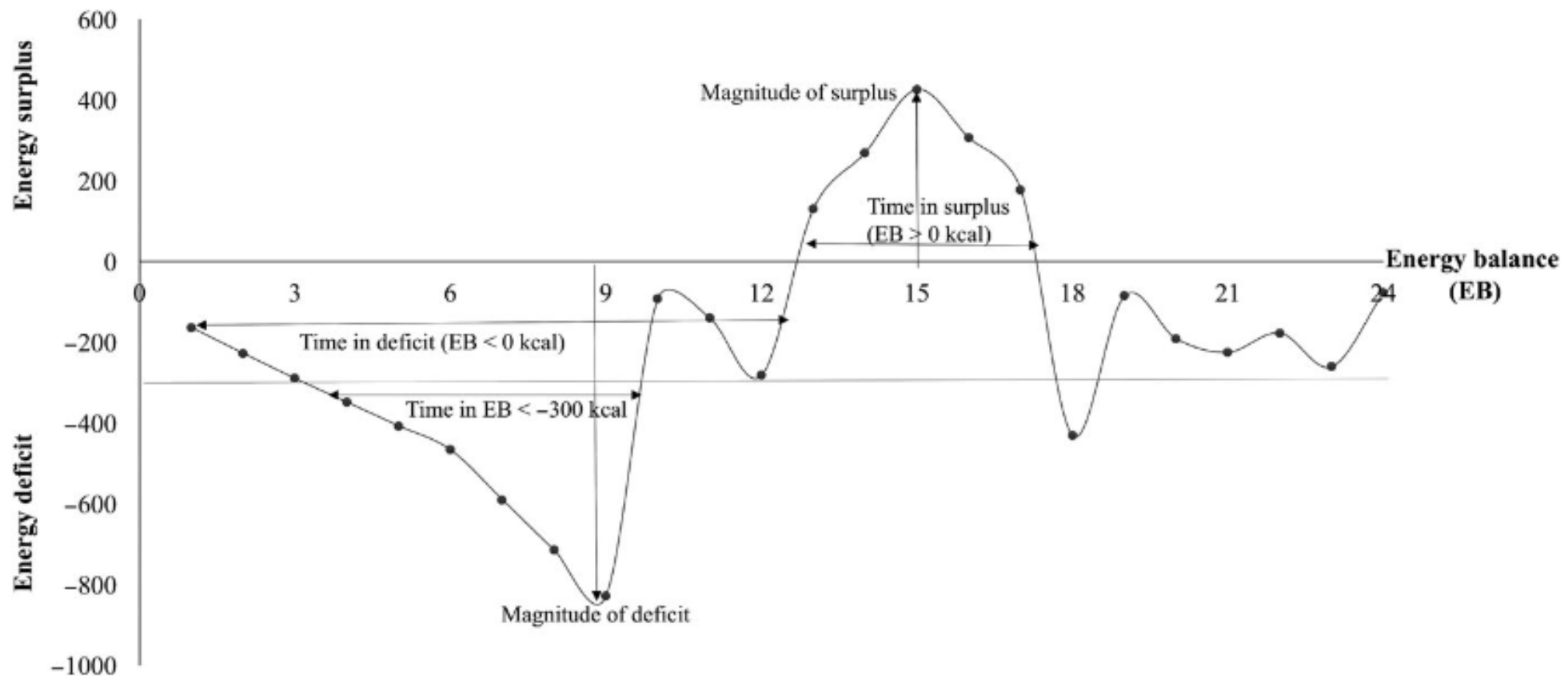
Zároveň existují také  
odlišnosti v citlivosti  
na hraniční nebo nízkou  
EA mezi sportovci



**Figure 2** — Summary of the effect of reduced EA on the activity of hormones representing different body functions in healthy females. The plots show differences in the dose–response impairments of LH (solid line) where normal pulse frequency is maintained until a threshold at around 125 kJ (30 kcal)·kg FFM<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>; while concentrations of insulin, leptin, and PICP (short dashes) are immediately reduced in response to a decrease in EA. The responses of T<sub>3</sub>, IGF-1, and OC (long dashes) are nonlinear with the largest reductions in concentrations occurring between EA of 84–125 kJ (20–30 kcal)·kg FFM<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>. EA = energy availability; FFM = fat-free mass; LH = luteinizing hormone; PICP = procollagen I C-terminal propeptide; T<sub>3</sub> = triiodothyronine; IGF-1 = insulin-like growth factor 1; OC = osteocalcin. (Adapted from Loucks, 2015.)

# Fahrenholtz (2017), Within-day energy deficiency and reproductive function in female endurance athletes

- Novější pohled na EA , která není posuzována souhrnně za období 24 hodin, ale orientačně každou hodinu.
- **Atletky s menstruační dysfunkcí v průměru denně strávily více hodin v relativním energetickém deficitu, měly nižší klidový metabolismus, nižší hladinu estrogenů a vyšší hladinu kortizolu navzdory podobné celkové EA jako atletky bez obtíží.**



# Možný modulující vliv rozvržení příjmu energie a LEA

**Table 3 Variations in Dietary Characteristics and Spread of EI and Exercise Expenditure Over a Week That Might Lead to the Same Mean Calculation of EA But Impose a Different Level of Metabolic Stress**

---

**Laboratory conditions under which EA has been manipulated and studied over 4–7 days**  
Equal EI and expenditure from day to day, with intake spread evenly over the day

**Dietary intake associated with laboratory studies of EA**

Macronutrient intake based on healthy eating guidelines with at least moderate carbohydrate availability and micronutrient intake meeting nutrient reference values

**Examples of different patterns of EI and expenditure in free-living individuals that might contribute to same mean EA over a week**

5 days of very restrained eating and 2 days of binge eating

7 days of equal EI but large fluctuations in training load from day to day

Little EI over the early part of the day when energy expenditure is high, and most EI consumed in the evening when inactive

**Examples of nutritional characteristics often associated with low EA in diets of free-living subjects**

Low carbohydrate intake and low carbohydrate availability in relation to training sessions

Inadequate protein intake and poor spread of protein over the day or in relation to training

Very high fiber intake and low energy density meaning that large volumes of food need to be consumed

High intake of water, artificially sweetened and other noncaloric beverages

High intake of caffeine (and possibly other stimulants)

---

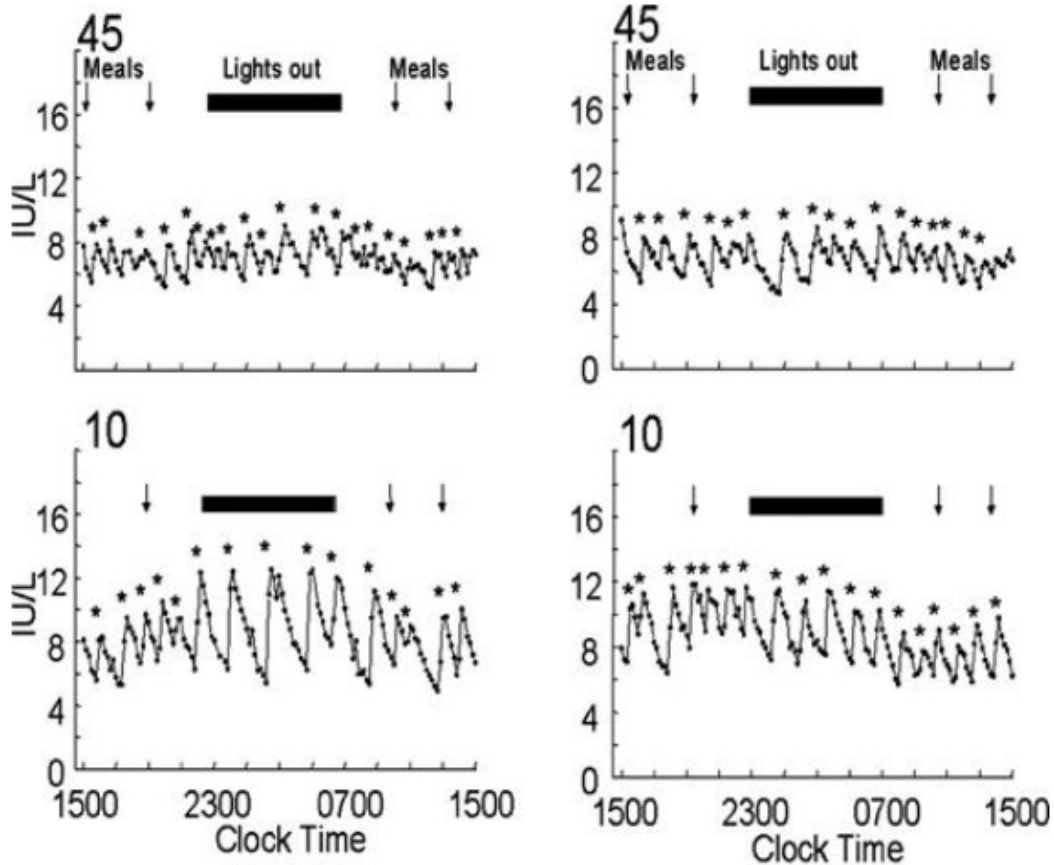
*Notes.* EA = energy availability; EI = energy intake.

# Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes, Torstveit (2018)

- *In conclusion, we found that male endurance athletes with suppressed RMR, despite similar 24-hr energy balance and energy availability, spent more time in energy deficits exceeding 400 kcal and had larger single-hour energy deficits compared with those with normal RMR. WDED was associated with higher cortisol levels and a lower testosterone:cortisol ratio. The results suggest that assessing energy status in intervals of 24 hr may not be sufficient for detecting athletes at risk for health-related consequences caused by energy deficiency.*

**Další důkazy o vlivu frekvence příjmu stravy na hormony, tentokrát u mužů**

# Hraje roli při EA gynecologický věk ženy?



**The response of luteinizing hormone pulsatility to 5 days of low energy availability disappears by 14 years of gynecological age (2006)**

**Context:** The incidence of menstrual disorders declines during adolescence. The mechanism responsible is unknown.

**Objective:** The objective of the study was to test the hypothesis, formulated a priori, that the dependence of LH pulsatility and ovarian function on energy availability declines with gynecological age (years since menarche).

**Design:** The study was a controlled experiment repeated in two menstrual cycles, performed 2001-2004.

**Setting:** The study was conducted at a university laboratory and general clinical research center.

**Participants:** The study population consisted of healthy, habitually sedentary, young women of normal body composition with 5-8 yr (adolescents,  $n = 9$ ) and 14-18 yr (adults,  $n = 10$ ) of gynecological age recruited by advertisement from approximately 9000 women aged 18-34 yr in a college community. Samples were similar in age of menarche, length of menstrual cycle and luteal phase, body size and composition, aerobic capacity, and dietary intake. None were withdrawn due to adverse effects.

**Interventions:** Interventions included energy availabilities of 45 and 10 kcal/kg of fat-free mass per day for 5 d in the early follicular phases of separate menstrual cycles in random order.

**Main outcome measures:** LH pulsatility, estradiol, and luteal phase length were measured.

**Results:** Low energy availability reduced LH pulse frequency in adolescents ( $P < 0.01$ ) but not adults ( $P = 0.39$ ), did not increase LH pulse amplitude in either group (both  $P = 0.13$ ), and suppressed 24-h mean LH in adolescents ( $P = 0.01$ ) but not adults ( $P = 0.72$ ). Estradiol was unaffected (both  $P = 0.48$ ), but the subsequent luteal phase was shorter in adolescents ( $P < 0.01$ ).

**Conclusions:** In women of normal body composition, the response of LH pulsatility and ovarian function to 5 d of low energy availability disappears by 14 yr of gynecological age.

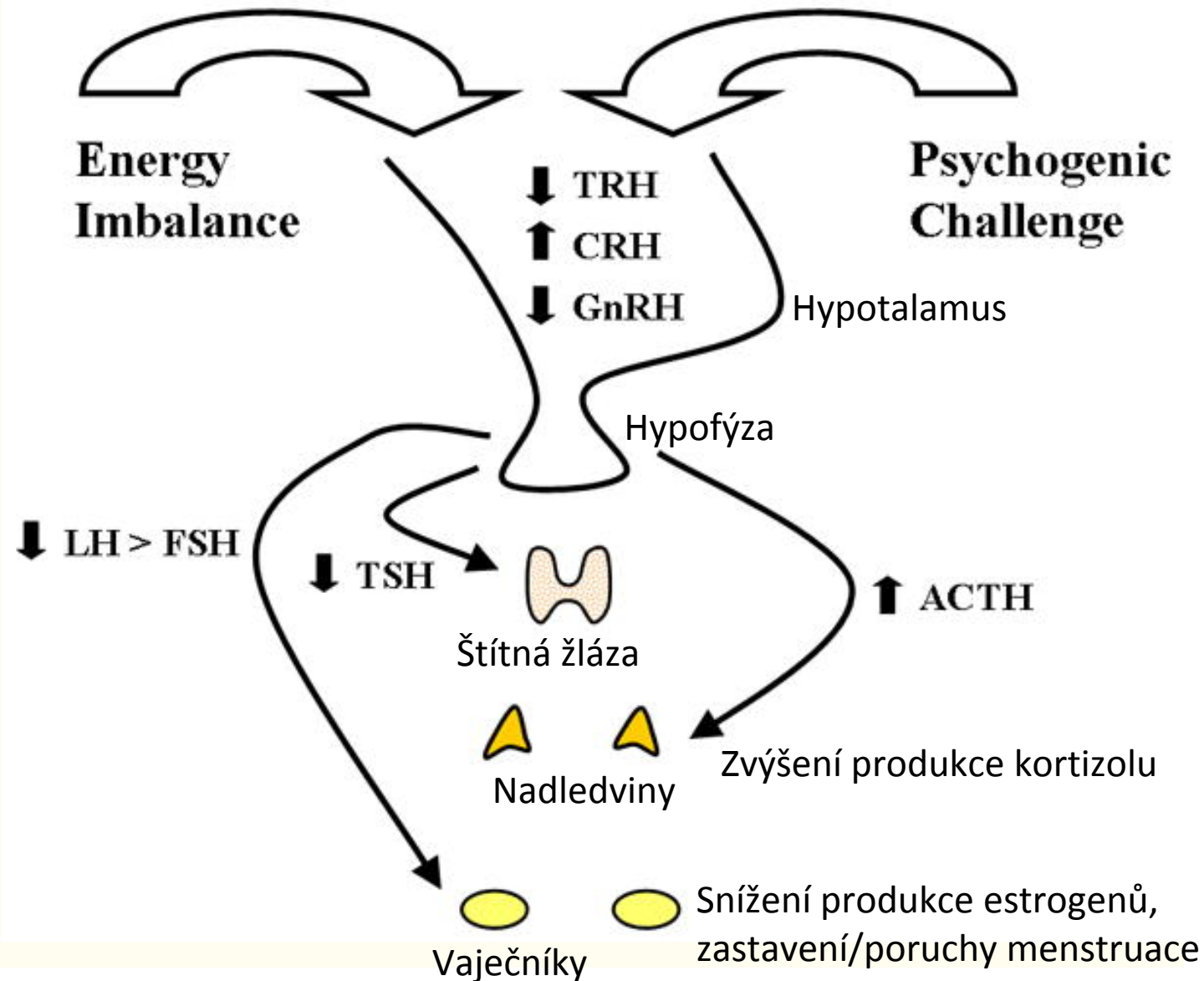
# Další modulující faktor: Psychický stres

## Odlíšná citlivost na působící stresory

Práce, škola, rodina, vztahy, stres ze závodů

Tento stres může přispívat k riziku ztráty menstruace u citlivějších žen

**Synergické působení s rizikově sníženou energetickou dostupností**



**Athletic amenorrhea: energy deficit or psychogenic challenge? (2010)**

# Obtíže vyvolané dlouhodobě sníženými hladinami estrogenů a menstruační dysfunkce

- Neplodnost (Nattiv et al., 2007)
- Nepravidelnost ovulace a z toho riziko nechtěného otěhotnění (Nattiv et al., 2007)
- Zhoršená funkce cévní stěny a zvýšené riziko vzniku chorob srdce a cév (Lieberman et al., 1994)
- Změny hodnot krevních lipidů (zvýšení „zlé“ LDL frakce cholesterolu) (Rickenlund et al., 2005)
- Snížená kostní denzita (Gilsanz, 2011)

# Součást Atletické triády i RED-S:

## 2) Menstruační dysfunkce

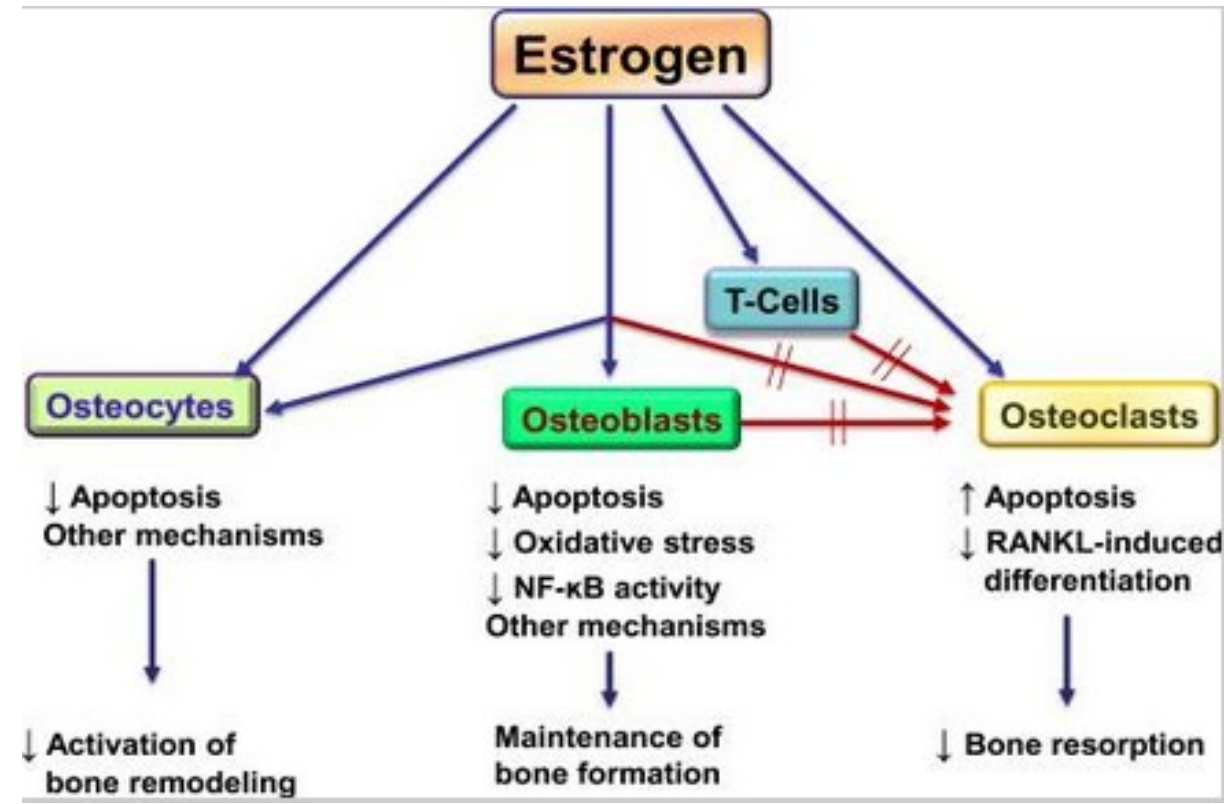
- **Primární amenorrhea:** pokud se menarché nedostaví do 15. roku věku
- **Sekundární amenorrhea:** 3 měsíce a déle trvající vynechání menstruace u ženy, která dosud menstruovala.
- **Oligomenorrhea:** délka cyklu více než 35 dní nebo méně než 9 za rok

Každý z těchto problémů může být součástí



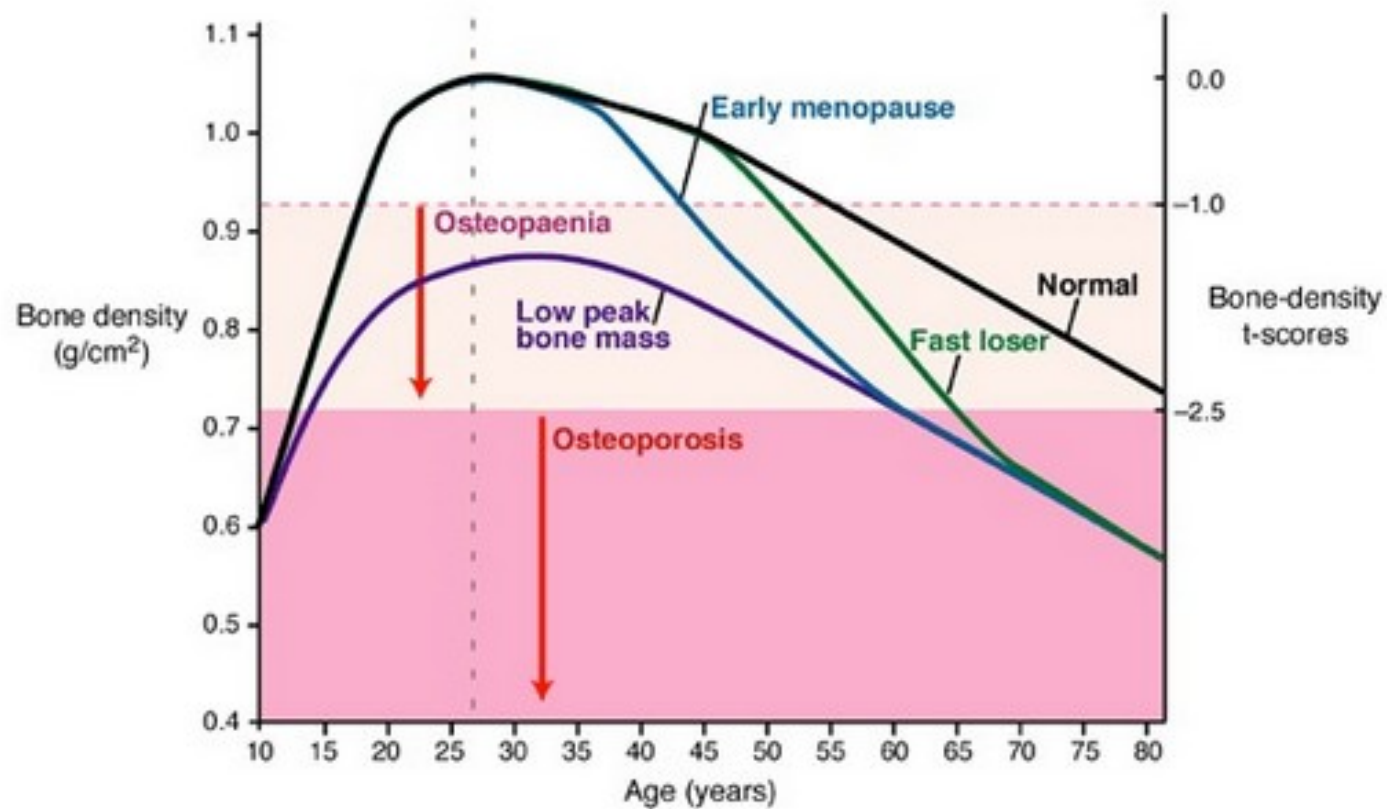
### 3. Syndrom Triády, jeden z mnoha RED-S: Snížená kostní denzita (low BMD)

- Působení estrogenů na kostní tkáň je v mladším věku nezbytné pro zvyšování kostní denzity
- Většina žen dosahuje maximální kostní hustoty ve 3. dekádě života
- Při vymizení menstruace se závažnost low BMD zvyšuje s počtem vynechaných cyklů
- Kostní denzita se nemusí maximálně obnovit, nebo dosáhnout svého přirozeného maxima
- Mnohem vyšší riziko vzniku tzv. stresové zlomeniny



# Snížená kostní denzita

- Působení estrogenů na kostní tkáň je nezbytné pro zvyšování kostní denzity
- Většina žen dosahuje maximální kostní hustoty ve 3. dekádě života



# Jsou ohroženi také muži?

- Problémy s nízkou energetickou dostupností, hypogonadismus (snížená hladina LH a testosteronu), snížená kostní denzita
- Zejména u vytrvalostních sportovců, ale mohou se týkat každého sportovce
- Problémy se netýkají jen výše zmíněného, ale jsou součástí syndromu RED-S
- Vliv na psychiku

**Towards a Sustainable Nutrition Paradigm in Physique Sport: A Narrative Review (2019)**

**Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes (2016)**

**Reproductive Dysfunction from the Stress of Exercise Training is not Gender Specific:**

**The “Exercise-Hypogonadal Male Condition (2014)**

# Problém se ale netýká jen žen, ale také mužů

**Obecně muži s vysokým výdejem energie při tréninku, nutností kontroly hmotnosti**

Oblast kulturistiky a fitness

Bojové sporty

Cyklisté, běžci a další vytrvalostní sportovci

Žokejové, veslaři

Obecně sporty, kde je kladen důraz na hmotnost (hmotnostní kategorie)  
a co nejlepší poměr síla/hmotnost

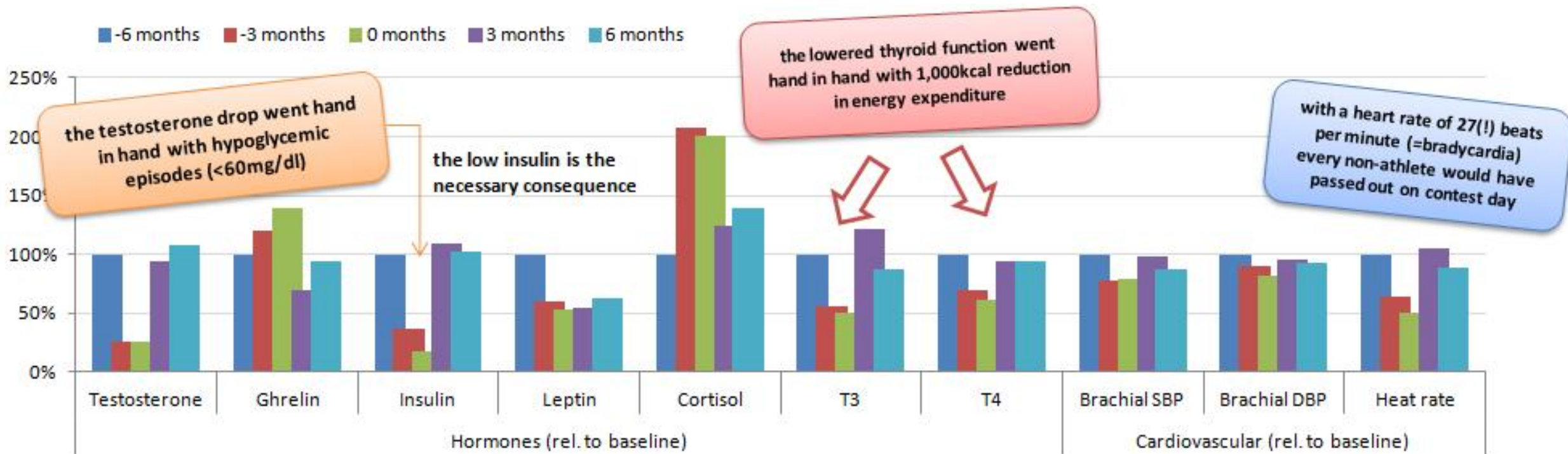
# Nízká energetická dostupnost u mužů. Jsou muži odolnější než ženy?

## Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review

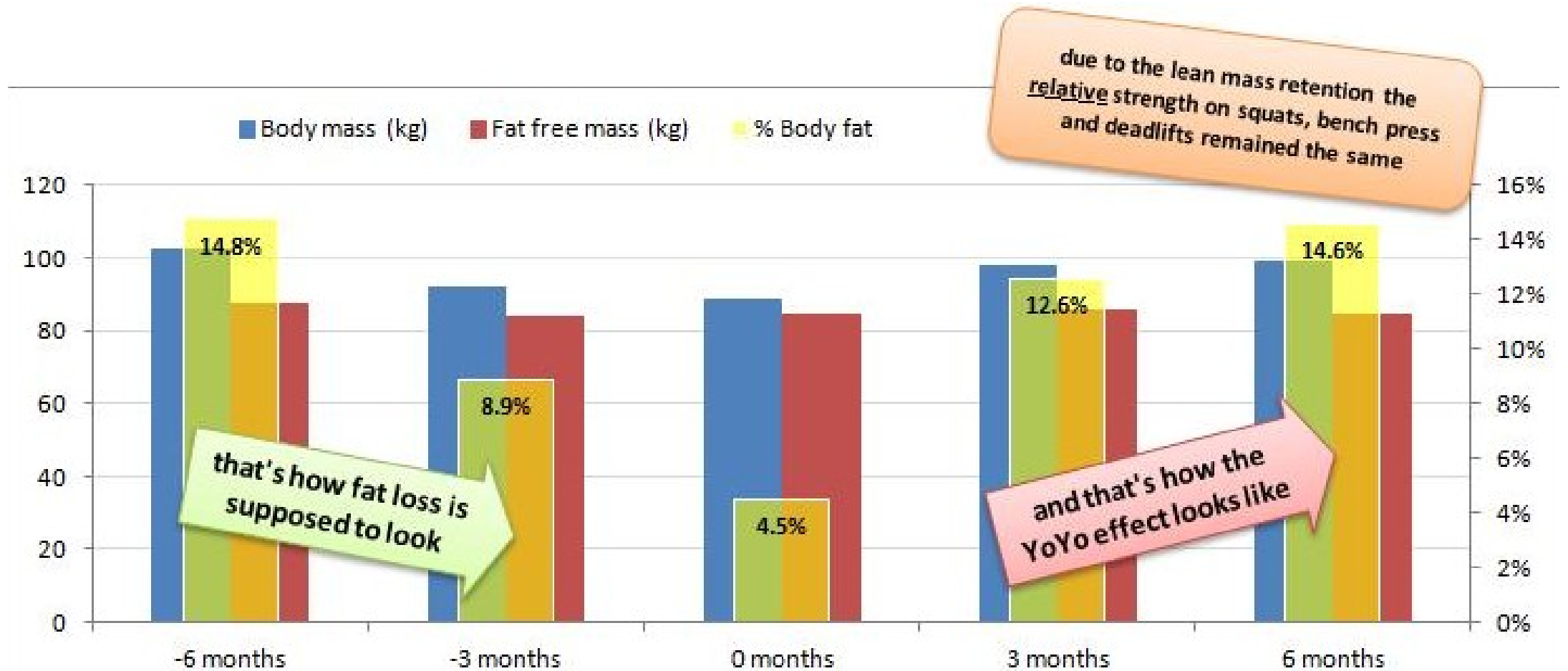
Petter Fagerberg  
Karolinska Institutet

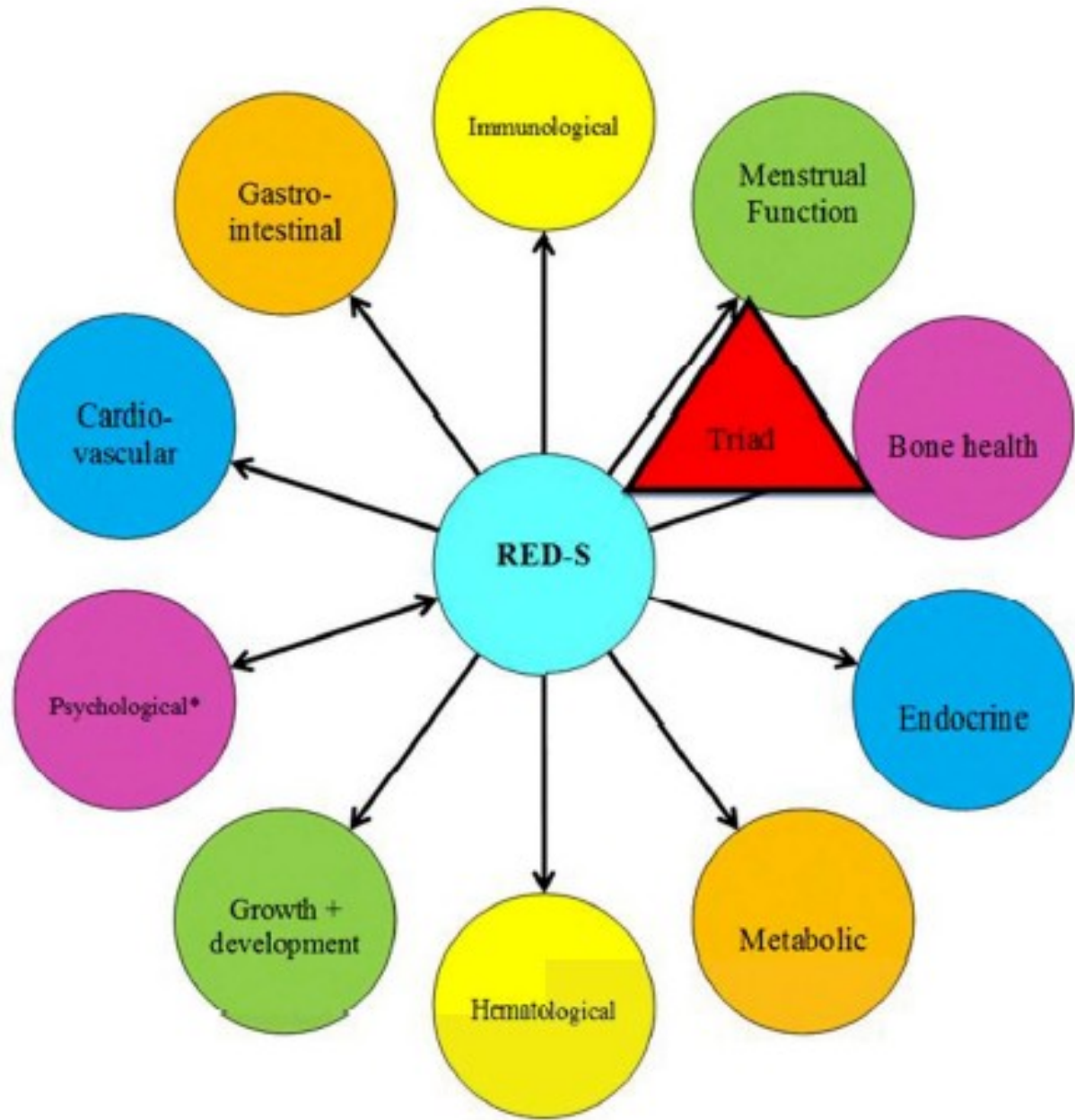
Energy availability (EA) is a scientific concept describing how much energy is available for basic metabolic functions such as reproduction, immunity, and skeletal homeostasis. Carefully controlled studies on women have shown pathological effects of  $EA < 30$  kcal/kg fat-free mass (FFM), and this state has been labeled low EA (LEA). Bodybuilding is a sport in which athletes compete to show muscular definition, symmetry, and low body fat (BF). The process of contest preparation in bodybuilding includes months of underfeeding, thus increasing the risk of LEA and its negative health consequences. As no well-controlled studies have been conducted in natural male bodybuilders on effects of LEA, the aim of this review was to summarize what can be extrapolated from previous relevant research findings in which EA can be calculated. The reviewed literature indicates that a prolonged  $EA < 25$  kcal/kg FFM results in muscle loss, hormonal imbalances, psychological problems, and negatively affects the cardiovascular system when approaching the lower limits of BF (~4%–5%) among males. Case studies on natural male bodybuilders who prepare for contest show muscle loss (>40% of total weight loss) with  $EA < 20$  kcal/kg FFM, and in the study with the lowest observed BF (~4 kg), major mood disturbance and hormonal imbalances co-occurred. Studies also underline the problem of BF overshoot during refeeding after extremes of LEA among males. A more tempered approach ( $EA > 25$  kcal/kg FFM) might result in less muscle loss among natural male bodybuilders who prepare for contest, but more research is needed.

# Problémy s nízkým testosteronem mohou mít i přírodní kulturisti: Rossow (2013), Natural Bodybuilding Competition Preparation and Recovery: A 12-Month Case Study



# Jojo efekt při přípravě na soutěž





**International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update**



# Konkrétní projevy RED-S

Hematologické	1) Anémie, změny metabolismu železa
Kardiovaskulární	1) Snížení krevního tlaku a zpomalení srdeční frekvence 2) Negativní změny v hladinách krevních lipidů (HDL)
Gastrointestinální	1) Zácpa 2) Zpomalená peristaltika 3) Zpomalené vyprazdňování žaludku
Imunologické	1) Vyšší náchylnost k onemocněním horních cest dýchacích 2) Změny v aktivitě imunitních buněk 3) Změny v množství protilátek v krvi
Růst a vývoj	1) Zpomalení růst a vývoje – nejzávažnější v pubertě 2) Změny sekrece hormonů spojených s růstem (Růstový hormon, TST, E)
Sportovní výkonnost	1) Snížení aerobního výkonu (VO <sub>2</sub> max. atd) 2) Snížení silových výkonů 3) Zhoršená regenerace

# Konkrétní projevy RED-S: Hormonální a metabolické

Hormon	Změna	Metabolický efekt
Leptin	Snížení	Snížení BMR, snížení pocitu sytosti
Ghrelin	Zvýšení	Zvýšení pocitu hladu
Testosteron	Snížení	Možný vliv na ztrátu svalové hmoty, libido, psychiku, kostní denzitu
Kortizol	Zvýšení	Katabolické prostředí
Inzulin	Snížení	Snížení antikatabolického působení
T3	Snížení	Snížení velikosti BMR („zpomalení metabolismu“)
Růstový hormon, IGF-1	Zvýšení (rezistence), snížení	Poruchy růstu, vývoje, regenerace
Estrogen	Snížení	Ztráta menstruace, ovlivnění kostního metabolismu

**Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete (2014)**

**Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport (2018)**

# Konkrétní projevy RED-S: Oblast psychiky

- Abnormality v oblasti psychického stavu sportovkyně mohou LEA předcházet a zároveň být i jejím následkem.
- Přílišné Ipění na fyzické aktivitě a kvalitě sportovního výkonu či patologická touha po štíhlosti → restrikce stravy, riziko poruch příjmu potravy
- Atletky s BMI pod hranicí normy uváděly signifikantně větší obavy z vynechání tréninku a silnější nutkání kontrolovat svůj příjem stravy a vývoj hmotnosti. U sportovkyň s ED bývají často přítomny také deprese, úzkostné stavy nebo snížené sebehodnocení, což může být podnětem pro vznik LEA.
- Větší sklony k depresi, psychosomatické poruchy a snížená schopnost zvládat stres byly zaznamenány také u dospívajících žen s diagnostikovanou RED-S.
- Přítomnost LEA negativně ovlivňuje celkovou psychickou pohodu sportovkyně.

# Diagnostika RED-S

**Monitoring skutečného energetického příjmu**

- 1) Výživová anamnéza – vynechávání potravin, alternativní styly stravování, frekvence stravy, doplňky stravy
- 2) Ideálně 7denní záznam stravy pomocí vážení
- 3) Energie z nápojů
- 4) Časy příjmu stravy

**Monitoring skutečného energetického výdeje**

- 1) V běžných podmínkách např. chytré hodinky nebo MET jednotky aktivit
- 2) Objem sportovních aktivit za týden
- 3) Vývoj výkonnosti (pokles, stagnace, růst)

**Endokrinologické vyšetření**

- 1) Hormonální profil – pohlavní hormony, LH, T<sub>3</sub>, TSH, kortizol

**Biochemické vyšetření krve**

- 1) Krevní obraz (anémie, imunitní buňky), základní krevní odběry (funkce orgánů, krevní lipidy)

<b>Antropometrické vyšetření</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Určení tělesného složení (svaly, tuk)</li><li>2) Laboratorní určení hodnoty BMR</li><li>3) Vývoj tělesné hmotnosti</li><li>4) Kostní hustota</li></ol>
<b>Celkové zdraví a četnost zranění</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Četnost nemocnosti (infekce, nachlazení)</li><li>2) Zranění (svalová zranění, zlomeniny)</li><li>3) Gastrointestinální problémy</li><li>4) Kardiovaskulární funkce – tepová frekvence, TK</li></ol>
<b>Psychologické či psychiatrické vyšetření (v případě podezření na PPP)</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Psychický stav – změny nálad, soustředěnost</li><li>2) Projevy PPP</li></ol>
<b>Užívaná léčiva</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Léčiva s vlivem na hmotnost, chuť k jídlu</li><li>2) Antikoncepce – exogenně dodávané hormony mohou maskovat některé projevy</li></ol>
<b>Menstruace</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Pravidelnost</li><li>2) Délka, míra krvácení</li><li>3) Ménarché</li></ol>

# Normalizace RED-S

1) Normalizace nízké EA zvýšením energetického příjmu o **cca 200–600 kcal/d**  
Navýšit energetickou dostupnost do rozmezí 30–45 kcal/kg FFM  
*Za ideální se považuje EA 45 kcal/kg FFM*

- Zvýšit kalorický obsah (přidat tuk, zvýšit sacharidové přílohy)
- Snížit příjem přehnaně „zdravých jídel“ (nízkokalorická jídla, příliš vlákniny)
- Užívání doplňků stravy pro zvýšení příjmu energie (gainery, sacharidy, iontové nápoje)
- Frekvence příjmu stravy (pravidelnost, ne příliš velké pauzy mezi jídly)
- Příprava jídel dopředu, jídlo s sebou (např. na sportoviště)

# Normalizace RED-S

**2) Zvážit snížení tréninkového objemu, pokud je příliš vysoký a je obtížné takto vysoký výdej energie hradit stravou**

- Potřebnost takto vysokého objemu aktivit (výkonnostní vs. rekreační sport)
- Lepší koordinace tréninku a stravy
- Kvantita vs. kvalita tréninků
- Periodizace tréninku

# Normalizace RED-S

## 3) Spolu s navýšením EA monitoring hladin hormonů – začátek kladných změn V případě zjištění snížené kostní denzity:

- Sportovkyně vytrvalostního charakteru se sníženou kostní hustotou by se měly s rozumem zapojit do odporového cvičení (pozitivní vliv na kostní hustotu)
- Zvýšit **příjem vápníku na 1 000–1 500 mg denně**
- Hladiny Vitaminu D 25, OH v rozmezí 32 to 50 ng·mL<sup>-1</sup>,  
suplementace vitaminem D v dávce 1 500–2 000 IU·d<sup>-1</sup>

## 4) V případě PPP terapie psychologem/psychiatrem – velmi důležité, psychofarmaka, kognitivně-behaviorální terapie

## 5) Orální kontraceptiva a aplikace hormonů: není řešením, pouze suplují produkci vlastních hormonů a zakrývají podstatu problému



# Péče o pacienta v „multidisciplinárním týmu“

1) Lékař se znalostí do problematiky RED-S (málo časté)

2) Nutriční specialista (určení EA, optimalizace příjmu energie)

3) Psycholog/psychiatr

4) Trenér

5) Spolupráce s nejbližší rodinou, partnerem

6) Role spoluhráčů, tréninkových kolegů

# Prevence RED-S, Female Athlete Triad

- Vzdělávání ve výživě, důležitost alespoň rámcového stravovacího plánu
- Povědomí o energetickém příjmu a výdeji
- Zodpovědný přístup k vlastní osobě
- V případě hubnutí rozumně vedené redukce tělesné hmotnosti
- Konzultace se specialisty
- Výběr rozumného trenéra se znalostí problematiky

# Použité zdroje

- Bouchard, C., Tremblay, A., Després, J.P., Nadeau, A., et al. (1990) The response to long-term overfeeding in identical twins. *The New England Journal of Medicine*. [Online] 322 (21), 1477–1482. Available from: doi:10.1056/NEJM199005243222101.
- Bray, G.A., Smith, S.R., de Jonge, L., Xie, H., et al. (2012) Effect of Dietary Protein Content on Weight Gain, Energy Expenditure, and Body Composition During Overeating. *JAMA : the journal of the American Medical Association*. [Online] 307 (1), 47–55. Available from: doi:10.1001/jama.2011.1918 [Accessed: 24 April 2018].
- Cannon, B. & Nedergaard, J. (2004) Brown adipose tissue: function and physiological significance. *Physiological Reviews*. [Online] 84 (1), 277–359. Available from: doi:10.1152/physrev.00015.2003.
- Chin-Chance, C., Polonsky, K.S. & Schoeller, D.A. (2000) Twenty-four-hour leptin levels respond to cumulative short-term energy imbalance and predict subsequent intake. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. [Online] 85 (8), 2685–2691. Available from: doi:10.1210/jcem.85.8.6755.
- Davoodi, S.H., Ajami, M., Ayatollahi, S.A., Dowlatshahi, K., et al. (2014) Calorie Shifting Diet Versus Calorie Restriction Diet: A Comparative Clinical Trial Study. *International Journal of Preventive Medicine*. [Online] 5 (4), 447–456. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4018593/> [Accessed: 24 April 2018].

- Deutz, R.C., Benardot, D., Martin, D.E. & Cody, M.M. (2000) Relationship between energy deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32 (3), 659–668.
- Frisch, R.E. (1987) Body fat, menarche, fitness and fertility. *Human Reproduction (Oxford, England)*. 2 (6), 521–533.
- Galgani, J. & Ravussin, E. (2008) Energy metabolism, fuel selection and body weight regulation. *International journal of obesity (2005)*. [Online] 32 (Suppl 7), S109–S119. Available from: doi:10.1038/ijo.2008.246 [Accessed: 23 April 2016].
- Helms, E.R., Zinn, C., Rowlands, D.S. & Brown, S.R. (2014) A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. [Online] 24 (2), 127–138. Available from: doi:10.1123/ijsnem.2013-0054.
- Jäger, R., Kerksick, C.M., Campbell, B.I., Cribb, P.J., et al. (2017) International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. [Online] 14, 20. Available from: doi:10.1186/s12970-017-0177-8 [Accessed: 25 July 2017].
- Jenkins, A.B., Markovic, T.P., Fleury, A. & Campbell, L.V. (1997) Carbohydrate intake and short-term regulation of leptin in humans. *Diabetologia*. [Online] 40 (3), 348–351. Available from: doi:10.1007/s001250050686.

- Kelesidis, T., Kelesidis, I., Chou, S. & Mantzoros, C.S. (2010) Narrative Review: The Role of Leptin in Human Physiology: Emerging Clinical Applications. *Annals of internal medicine*. [Online] 152 (2), 93–100. Available from: doi:10.1059/0003-4819-152-2-201001190-00008 [Accessed: 30 May 2017].
- Lane, A.R. & Hackney, A.C. (2014) Reproductive Dysfunction from the Stress of Exercise Training is not Gender Specific: The “Exercise-Hypogonadal Male Condition”. *Journal of endocrinology and diabetes*. [Online] 1 (2). Available from: doi:10.15226/2374-6890/1/2/00108 [Accessed: 24 April 2018].
- Layman, D.K., Evans, E., Baum, J.I., Seyler, J., et al. (2005) Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *The Journal of Nutrition*. [Online] 135 (8), 1903–1910. Available from: doi:10.1093/jn/135.8.1903.
- Longland, T.M., Oikawa, S.Y., Mitchell, C.J., Devries, M.C., et al. (2016) Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*. [Online] 103 (3), 738–746. Available from: doi:10.3945/ajcn.115.119339 [Accessed: 25 July 2017].
- Loucks, A.B. (2003) Energy availability, not body fatness, regulates reproductive function in women. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 31 (3), 144–148.
- Loucks, A.B., Verdun, M., Heath, E.M., Law, (With the Technical Assistance of T., et al. (1998) Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *Journal of Applied Physiology*. [Online] 84 (1), 37–46. Available from: <http://jap.physiology.org/content/84/1/37> [Accessed: 3 June 2017].

- Mettler, S., Mitchell, N. & Tipton, K.D. (2010) Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. [Online] 42 (2), 326–337. Available from: doi:10.1249/MSS.ob013e3181b2ef8e.
- Nattiv, A., Loucks, A.B., Manore, M.M., Sanborn, C.F., et al. (2007) American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. [Online] 39 (10), 1867–1882. Available from: doi:10.1249/mss.ob013e318149f111.
- Rossow, L.M., Fukuda, D.H., Fahs, C.A., Loenneke, J.P., et al. (2013) Natural bodybuilding competition preparation and recovery: a 12-month case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 8 (5), 582–592.
- Tenforde, A.S., Barrack, M.T., Nattiv, A. & Fredericson, M. (2016) Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. [Online] 46 (2), 171–182. Available from: doi:10.1007/s40279-015-0411-y.
- Thrush, A.B., Dent, R., McPherson, R. & Harper, M.-E. (2013) Implications of mitochondrial uncoupling in skeletal muscle in the development and treatment of obesity. *The FEBS journal*. [Online] 280 (20), 5015–5029. Available from: doi:10.1111/febs.12399.

- Trexler, E.T., Smith-Ryan, A.E. & Norton, L.E. (2014) Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. [Online] 11, 7. Available from: doi:10.1186/1550-2783-11-7 [Accessed: 23 April 2016].
- VanBaak, K. & Olson, D. (2016) The Female Athlete Triad. *Current Sports Medicine Reports*. [Online] 15 (1), 7. Available from: doi:10.1249/JSR.0000000000000222 [Accessed: 24 April 2018].
- Walder, K., Norman, R.A., Hanson, R.L., Schrauwen, P., et al. (1998) Association Between Uncoupling Protein Polymorphisms (UCP2–UCP3) and Energy Metabolism/Obesity in Pima Indians. *Human Molecular Genetics*. [Online] 7 (9), 1431–1435. Available from: doi:10.1093/hmg/7.9.1431 [Accessed: 31 October 2015].