

Problematika hubnutí a nabírání hmotnosti u sportovců Female athlete triad

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

30.4.2019

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, aneb 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“ 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?**

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 se bude odvíjet od různých aspektů:**
 - 1) Velikost energetického přebytku
 - 2) Fyzická aktivita (silový vs. vytrvalostní trénink a celková energetická bilance)
 - 3) **Genetické pozadí**
 - 4) Trojpoměr živin a zastoupení bílkovin
 - 5) Doba silového tréninku (čím delší „kariéra“, tím pomaleji se svaly nabírají)

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

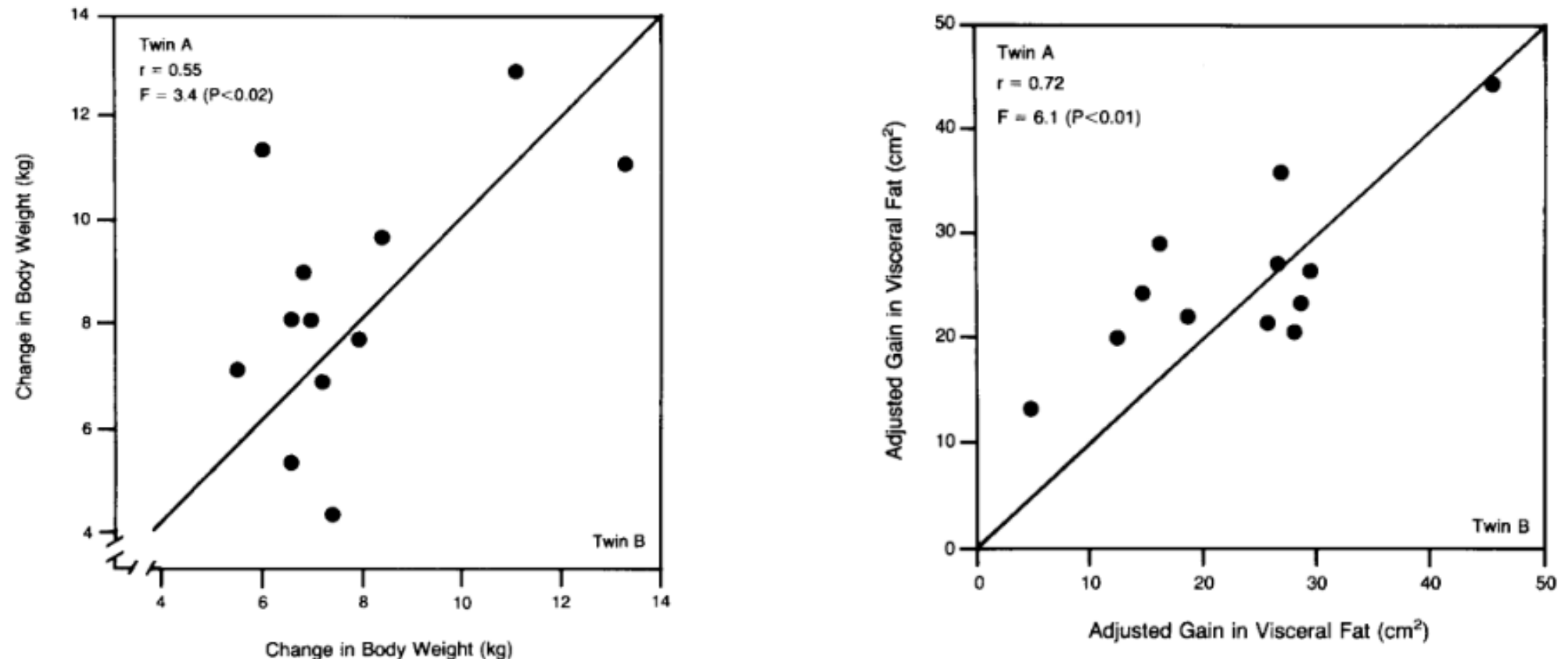
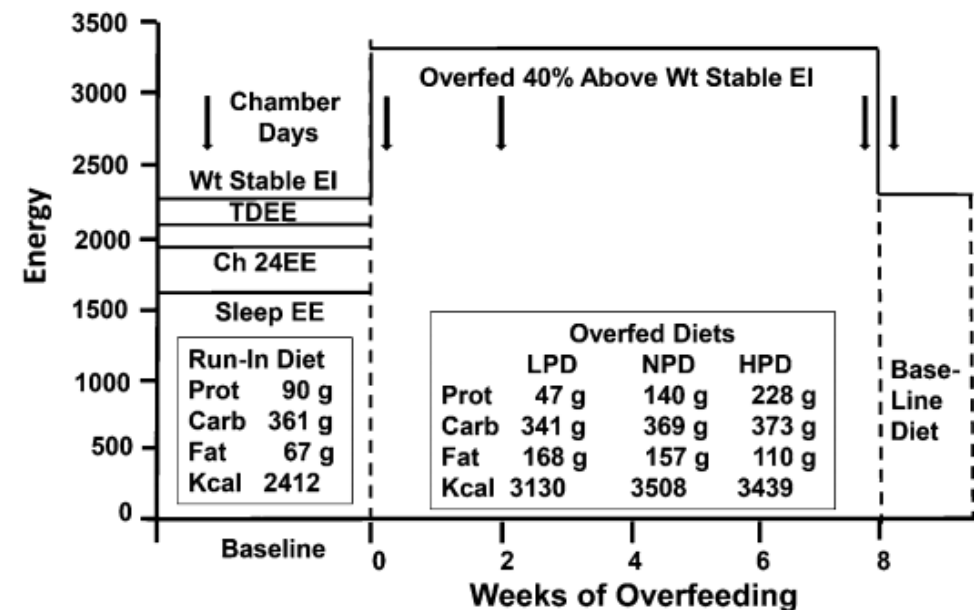


Figure 1: Comparison of the weight (left) and visceral fat (right) gains in twin pairs; high correlations were observed for both, but the correlation was significantly more pronounced for the unhealthy visceral fat than it was for the mere body weight (Bouchard, 1990).

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

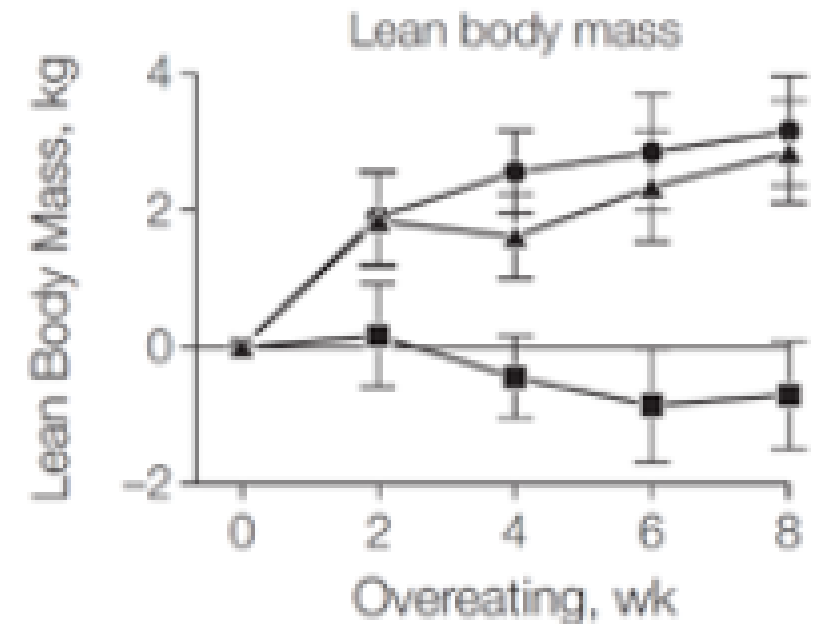
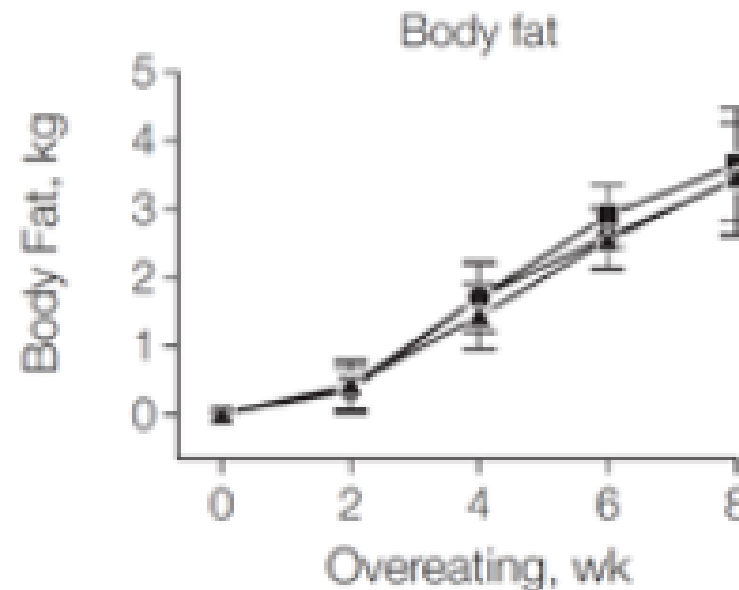
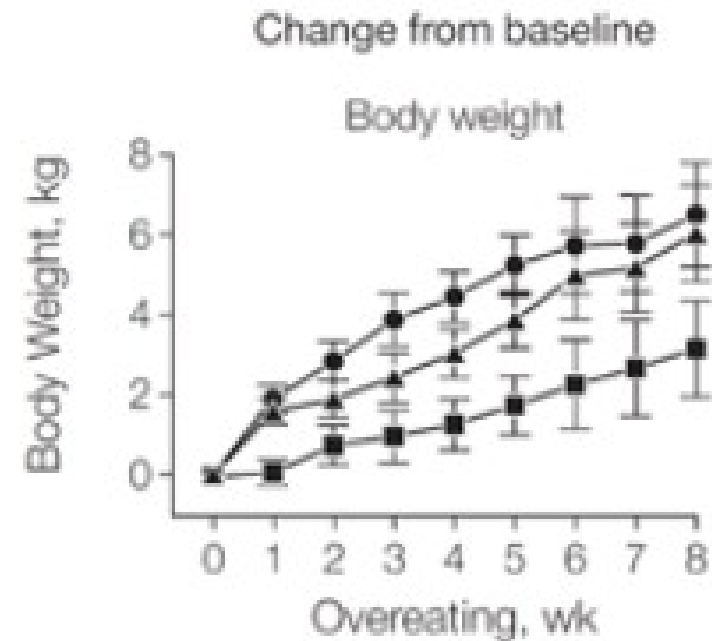
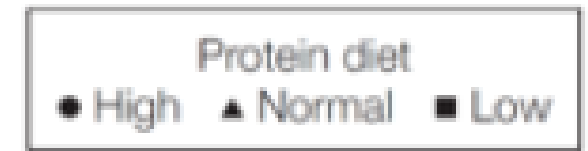
- 8 týdnů v energetickém přebytku cca 40 % nad CEP
- 3 skupiny účastníků s odlišným příjmem proteinů:



	LPD	NPD	HPD
Proteiny	47 g (0,7 g/kg TH)	140 g (1,8 g/kg TH)	228 g (3,0 g/kg TH)
Sacharidy	341 g	369 g	373 g
Tuky	168 g	157 g	110 g
Energie	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 tvorbě nové svalové hmoty, a to i bez tréninku.**

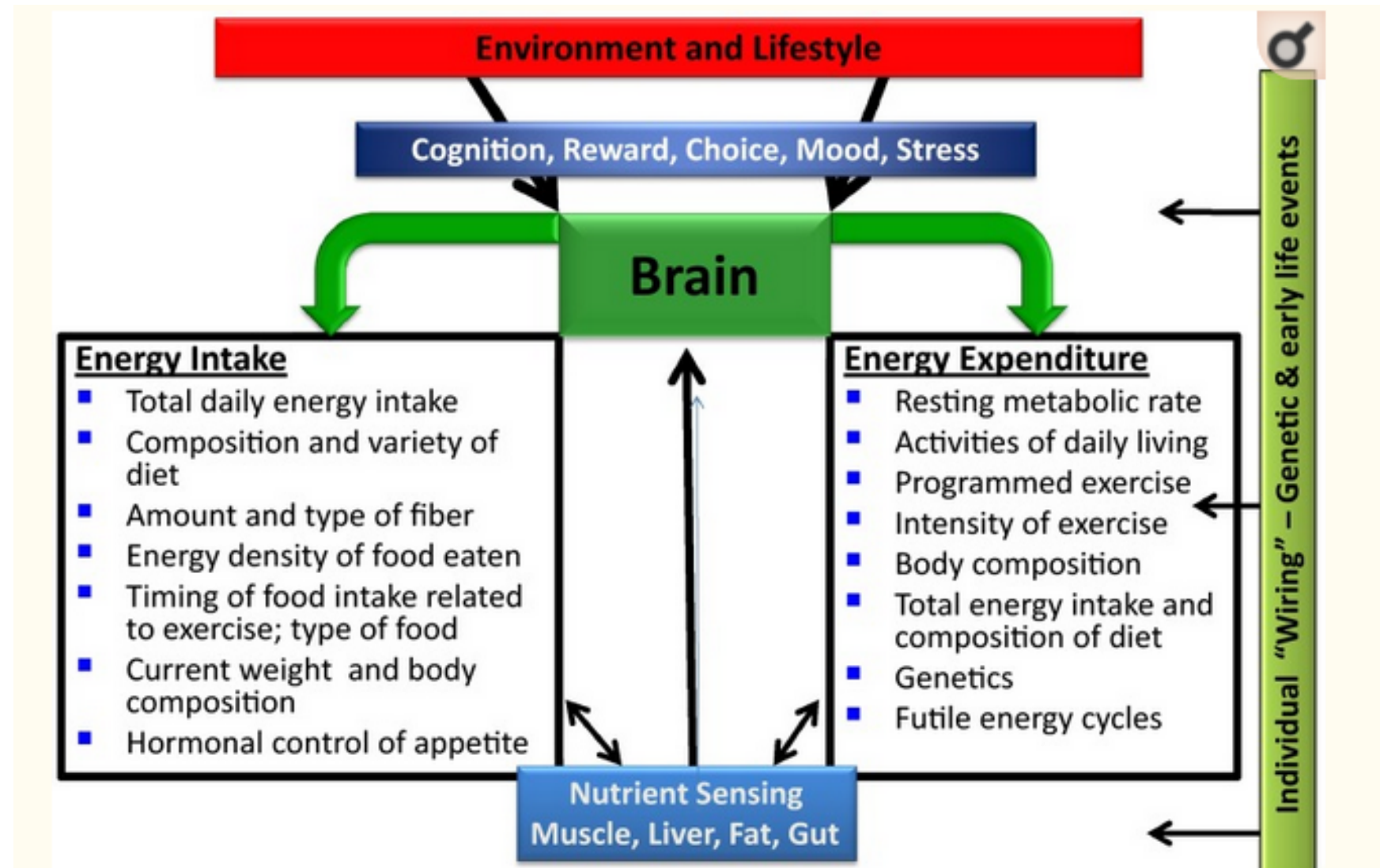


Jaký energetický přebytek tedy nastavit?

- Nutná spolupráce od klienta (např. 3denní záznam stravy pomocí vážení)
- Určení aktuálního energetického příjmu, na kterém klient drží hmotnost
- Nastavit nový příjem živin: **navýšení příjmu energie o 10–15 %**

- 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 nedoporučuje příliš rychlé nabírání tělesné hmotnosti, rychlost nabírání může být ovlivněna i roky aktivního tréninku a postupným přibližováním k naturálnímu limitu (zřejmě někde v okolí FFMI= 25)

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) a mnoho dalších...

Suma sumárum: Živiny pro přibírání

- Nastavení energetického přebytku zhruba **10–15 % 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 25–30 % CEP**, rozhodně **nejít pod 20 % CEP**
- **Sacharidy**: dopočítat do požadovaného příjmu energie, **většinou 4–7 g/kg TH**

Hubnutí u sportovců: jaké jsou důvody?

- Akutní snížení hmotnosti z důvodu vejítí se do požadované hmotnostní kategorie
- Nízká TH jako konkurenční výhoda → vytrvalostní sporty
- Zvýšení výkonnosti („zbytečná hmotnost navíc“)
- Zlepšení zdravotního stavu
- 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. kolem 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**
- **Helms, 2014** (A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes.): **2,3–3,1g/kg FFM**
- **Tuky: ACSM, 2016** (Position Statement: Nutrition and Athletic Performance):
- **Příjem tuků** u sportovců by dlouhodobě **neměl klesnout pod 20 % CEP**
- **Sacharidy:** dopočítat do požadovaného příjmu energie, **většinou 2–4 g/kg TH**

Poměr přijímaných základních živin: Shrnutí

	Bílkoviny (g/kg TH)	Tuky	Sacharidy
Udržování hmotnosti	Sportovci obecně: 1,2–2,0 Siloví sportovci: 1,4–2,0 Běžná populace: 0,8–1,0	20–35 % z příjmu energie	Zbytek dle celkového energetického příjmu (3–X g)
Přibírání svalové hmoty	1,4–2,0	25–35 % z příjmu energie	Zbytek dle celkového energetického příjmu (3–X g)
Dieta	Sportovci obecně: 1,4–2,0 Běžná populace: alespoň 1,6 Silové sporty: 2,3–3,1 (g/kg FFM)	20–30 % z příjmu energie	Zbytek dle celkového energetického příjmu (cca 2–5 g)

Důležitost proteinů v dietě

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)

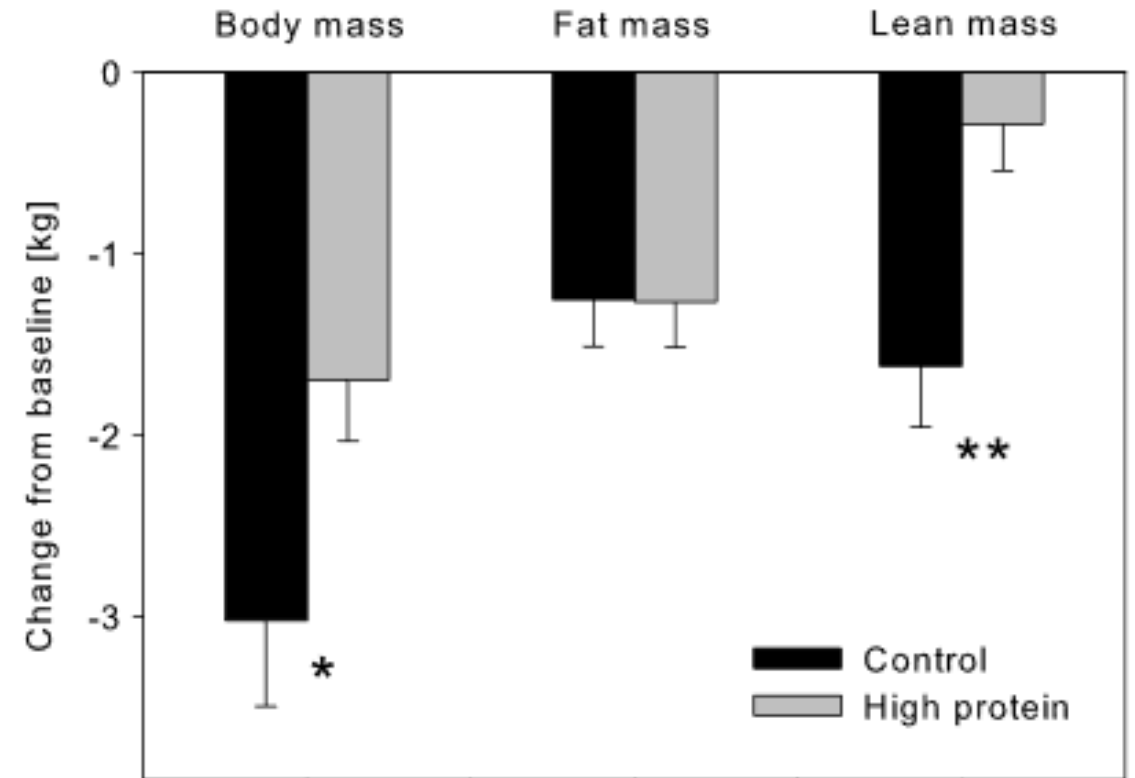


FIGURE 2—Change of body mass, fat, and lean mass from baseline (average of the two measurements before the weight loss) to the end of the 2-wk weight loss for the control ($n = 10$) and the high-protein ($n = 10$) groups. Values are mean \pm SE. *Significant difference between the two groups ($P = 0.036$).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

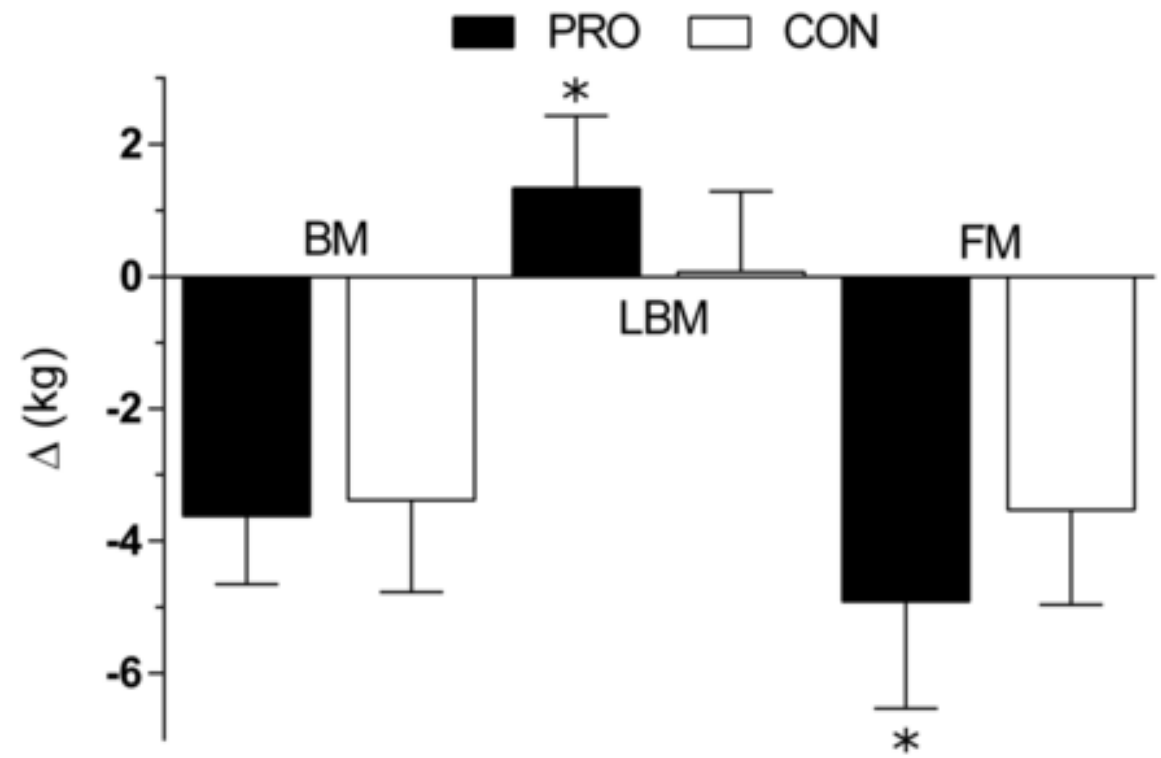
Příjem živin během období

Dietary intake (including protein beverages) during the intervention¹

	PRO	CON	<i>P</i>
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 v energetickém deficitu“



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

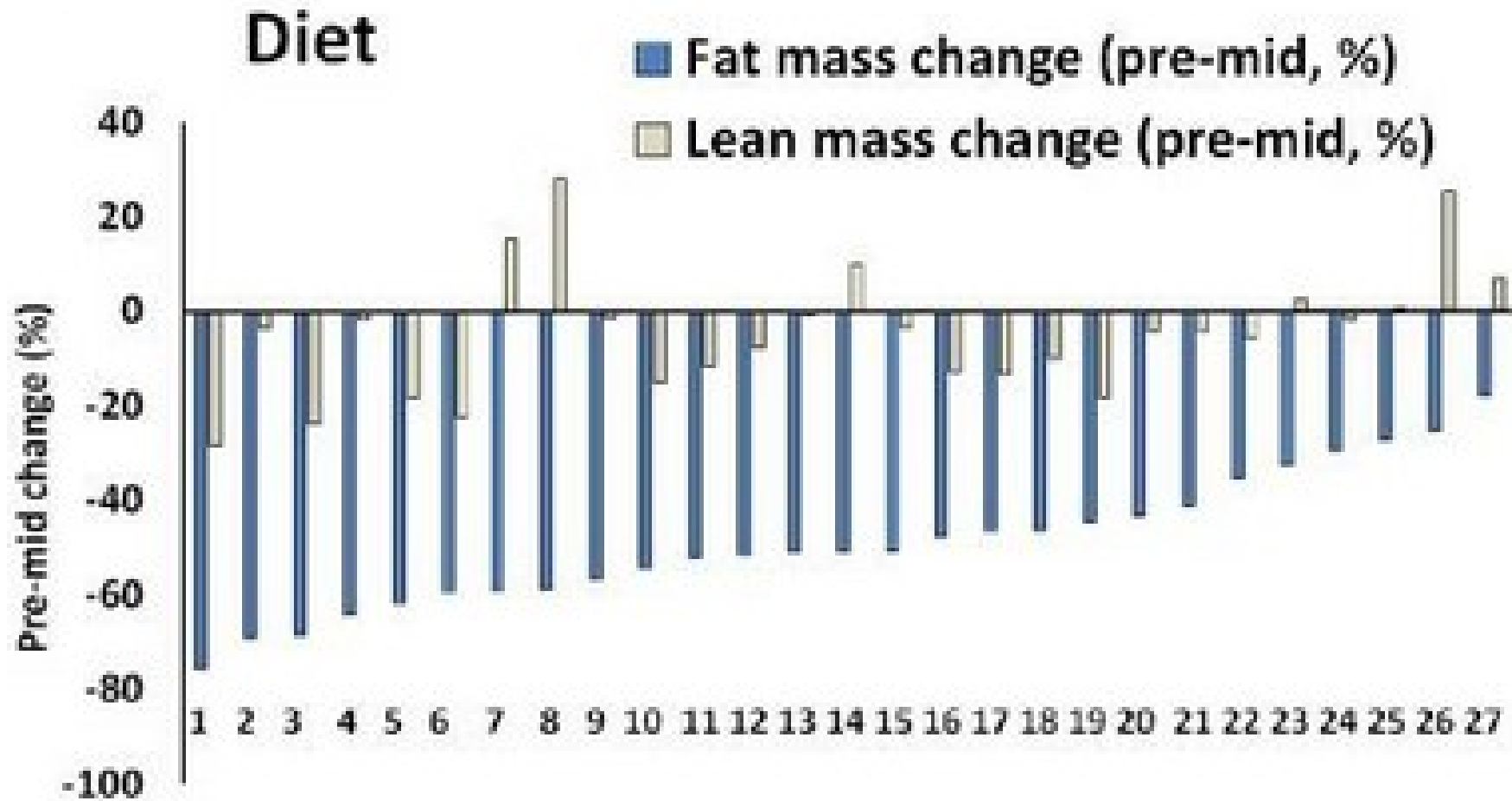
- 4měsíční dietní intervence v přípravě na závody v body a bikini fitness
- 27 účastnic
- Zkušenost s tréninkem $3,5 \pm 1,4$ roku
- Kardio trénink a silový trénink 5x týdně
- Zkoumán vliv na hormony a tělesné složení (PRE-MID-POST)

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

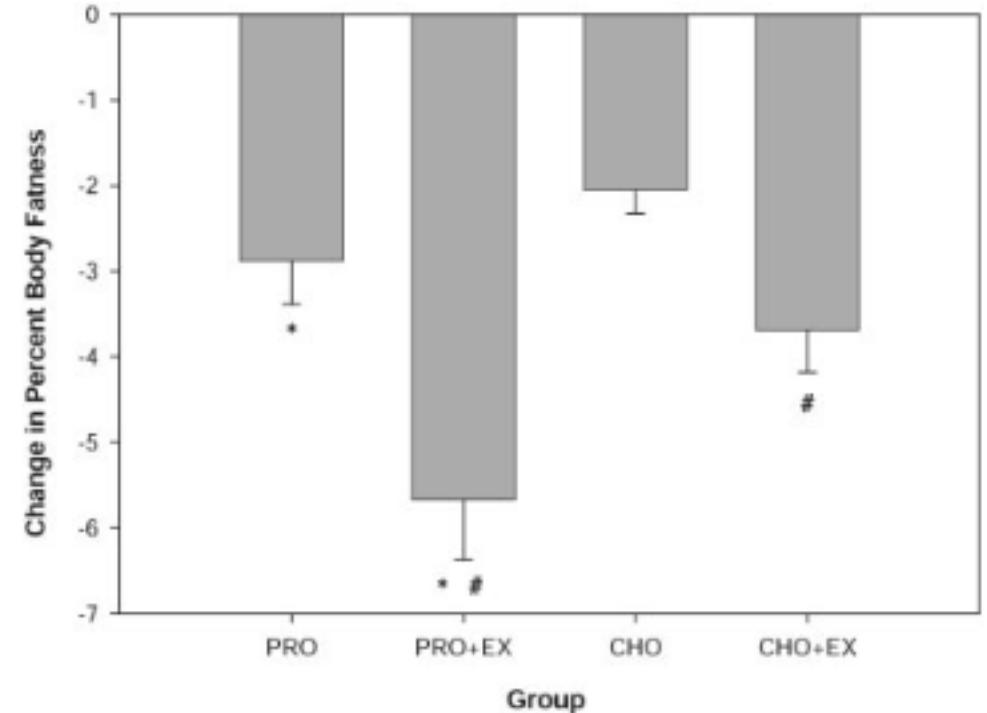


FIGURE 1 Changes in relative body fatness (%Fat) for adult women after 16 wk of consuming reduced-energy diets with a ratio of carbohydrates:protein > 3.5 (CHO) or < 1.5 (PRO) with or without a supervised exercise program (EX: 5 d/wk walking and 2 d/wk resistance training). Values are means \pm SEM, $n = 12$. *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
Hmotnost				
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
Tuková hmota				
Před	39,0±3,0	40,9±3,6	40,6±2,0	36,3±2,2
Po	33,1±2,4	32,1±2,9	35,6±2,1	30,8±2,3
Beztuková hmota				
Před	50,6±2,5	42,6±1,4	51,7±1,7	40,6±0,8
Po	48,6±2,4	42,2±1,4	49,0±1,8	39,6±0,8

Rizika nepřiměřeného energetického deficitu?

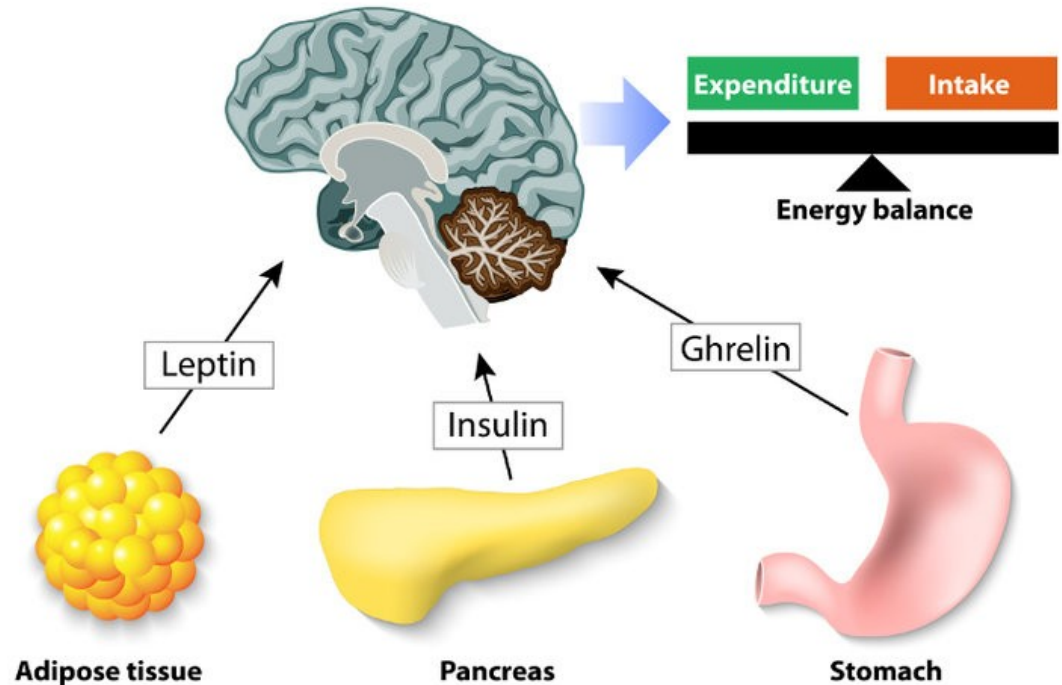
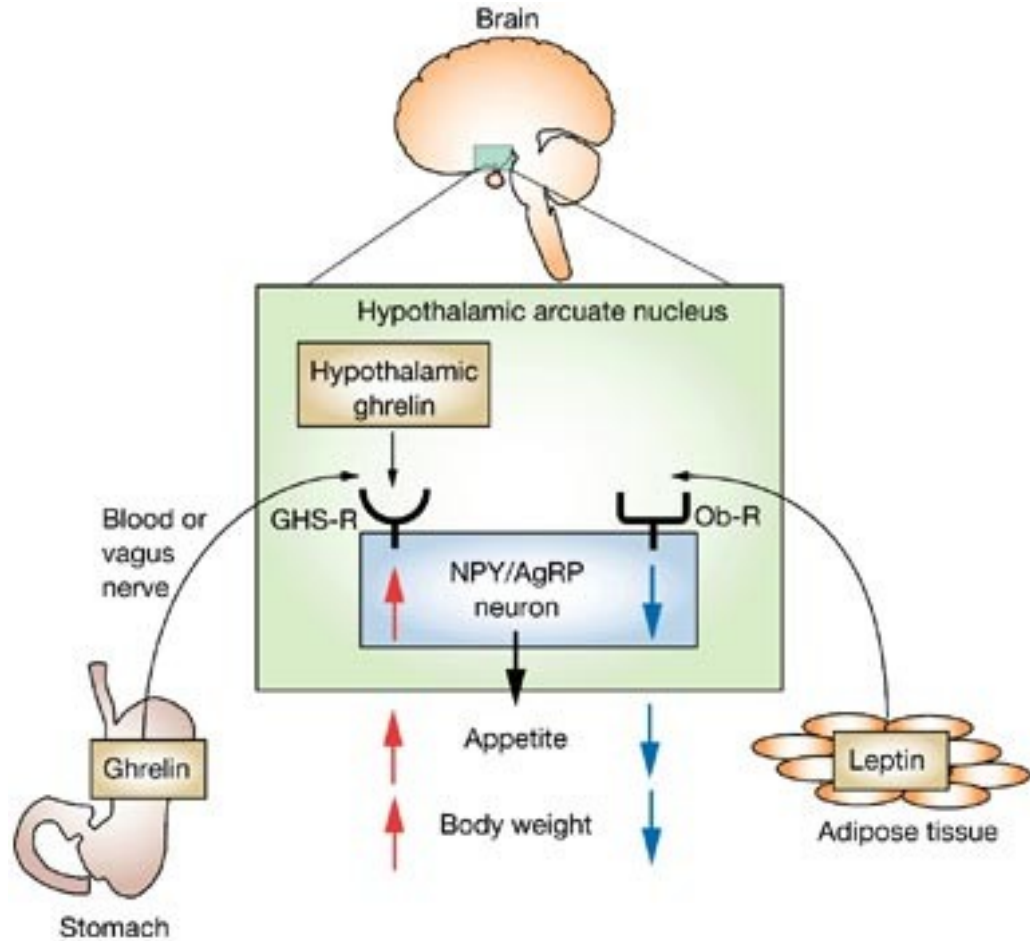
(Ne)přiměřený energetický deficit

- 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**

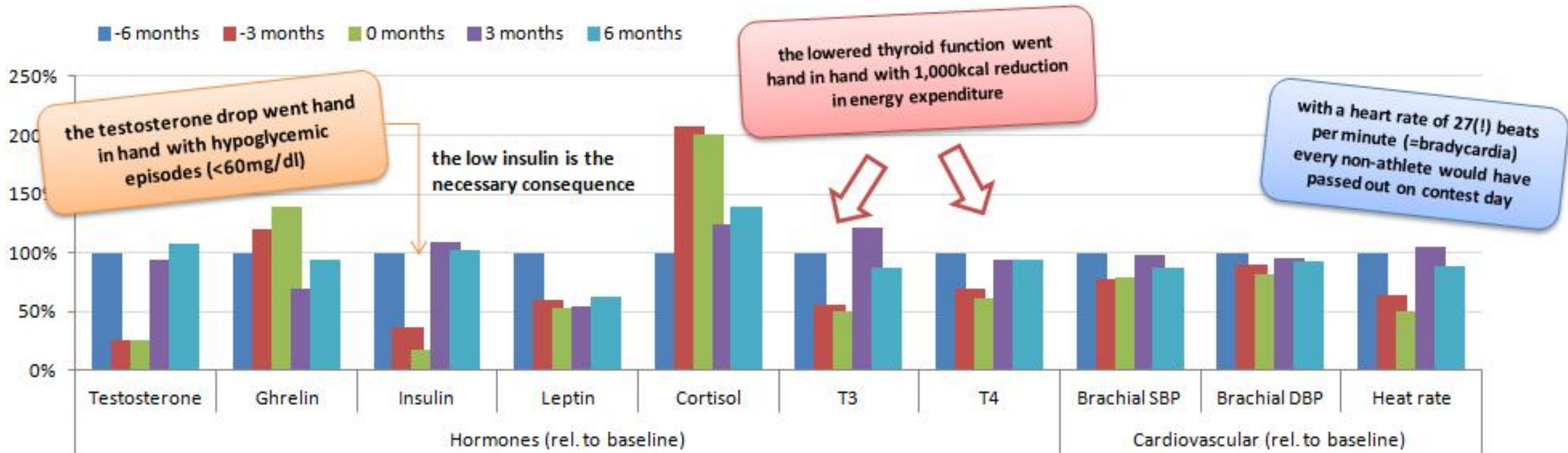
Změny v hladinách hormonů během nízkého energetického příjmu: Trexler (2014), Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete

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 ₃	Snížení	Snížení BMR

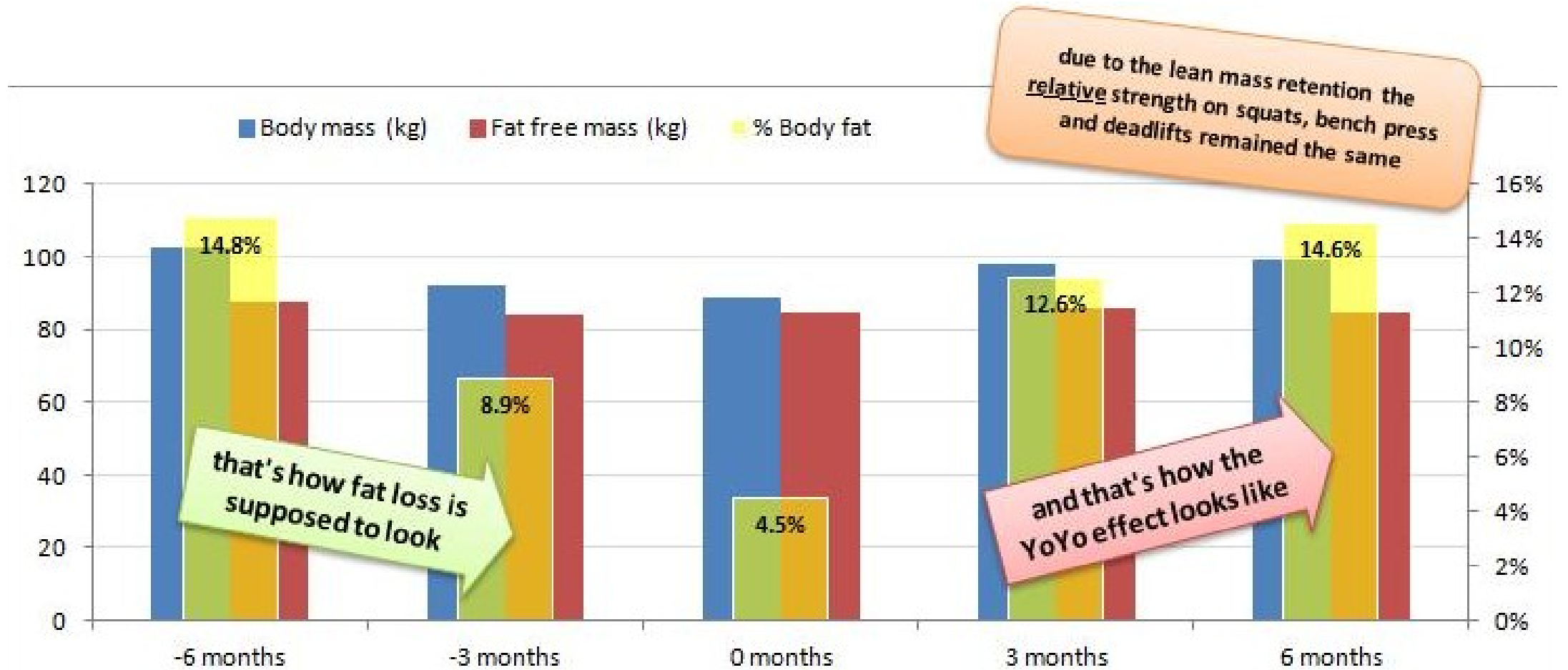
CONTROL OF FOOD INTAKE



Rossow (2013), Natural Bodybuilding Competition Preparation and Recovery: A 12-Month Case Study



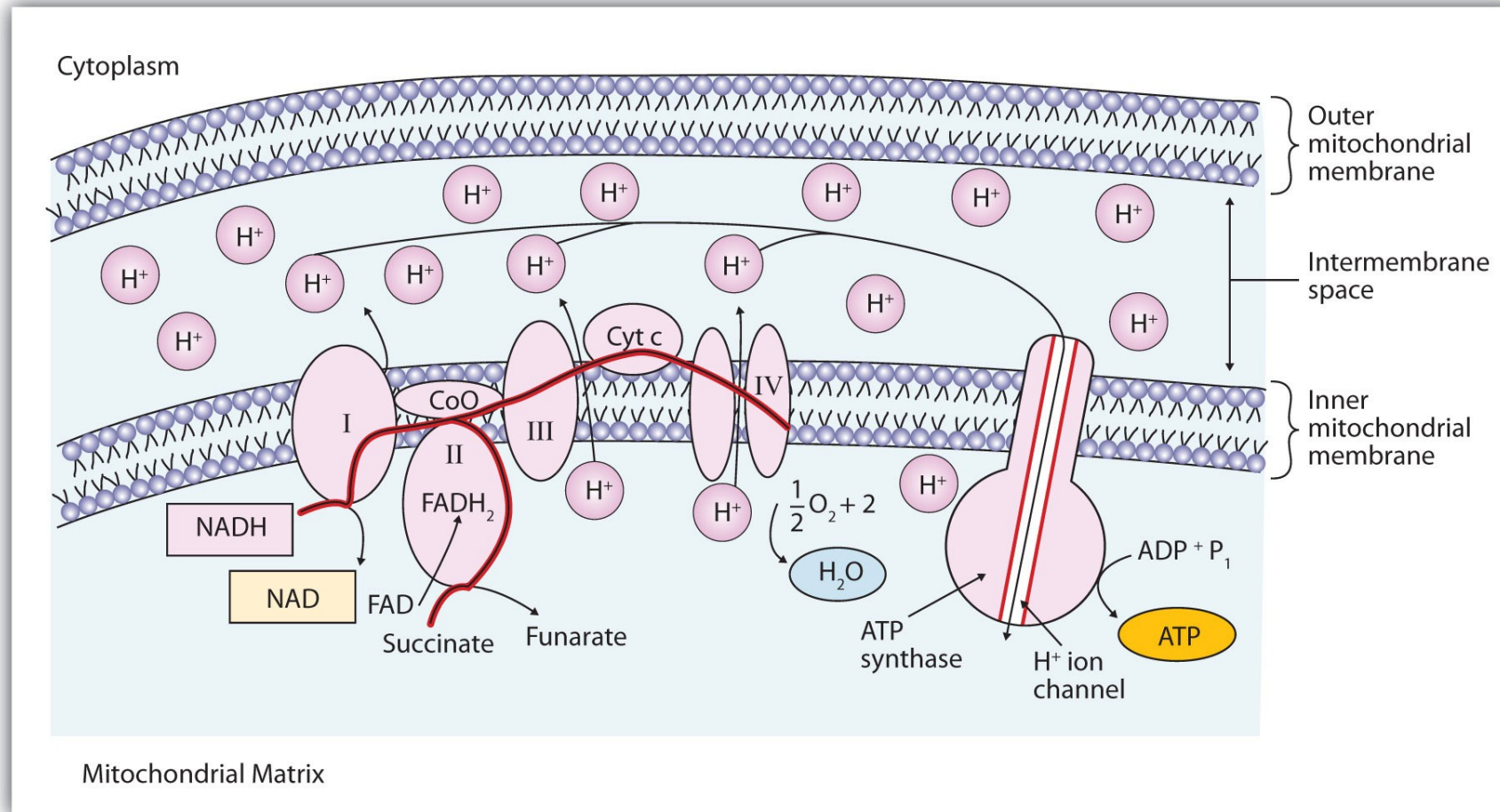
Rossow (2013), Natural Bodybuilding Competition Preparation and Recovery: A 12-Month Case Study



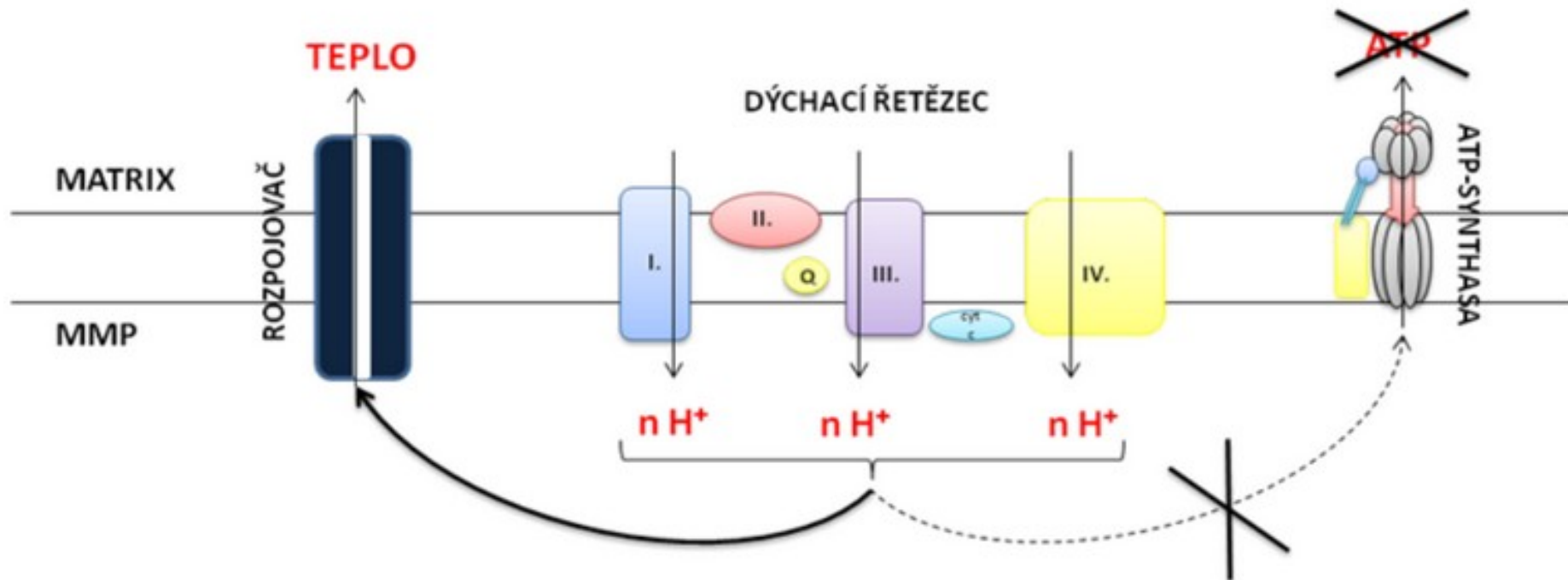
Jedna z hypotéz adaptace: Zvýšení mitochondriální účinnosti

- Hypokalorický stav zřejmě může zvyšovat mitochondriální účinnost
- Změny v hormonálním profilu během kalorické restrikce **modulují UCP1 a UCP3**, které se nachází v **hnědé tukové tkáni (BAT) a kosterním svalstvu**
- Na průchodnost těchto kanálů mají vliv **hormony štítné žlázy a leptin**
- **UCP – uncoupling protein** – zasahuje do problematiky obezity – rozpojovače „tightly“ nebo „loosely coupled“ –
- Cannon (2004), Brown adipose tissue: function and physiological significance
- Thrush (2013), Implications of mitochondrial uncoupling in skeletal muscle in the development and treatment of obesity
- Walder (1998), Association between uncoupling protein polymorphisms (UCP2-UCP3) and energy metabolism/obesity in Pima indians.

Pohled na děje respiračního děje na vnitřní mitochondriální membráně



UCP rozpojovače



Jak zabránit metabolické adaptaci v dietě?

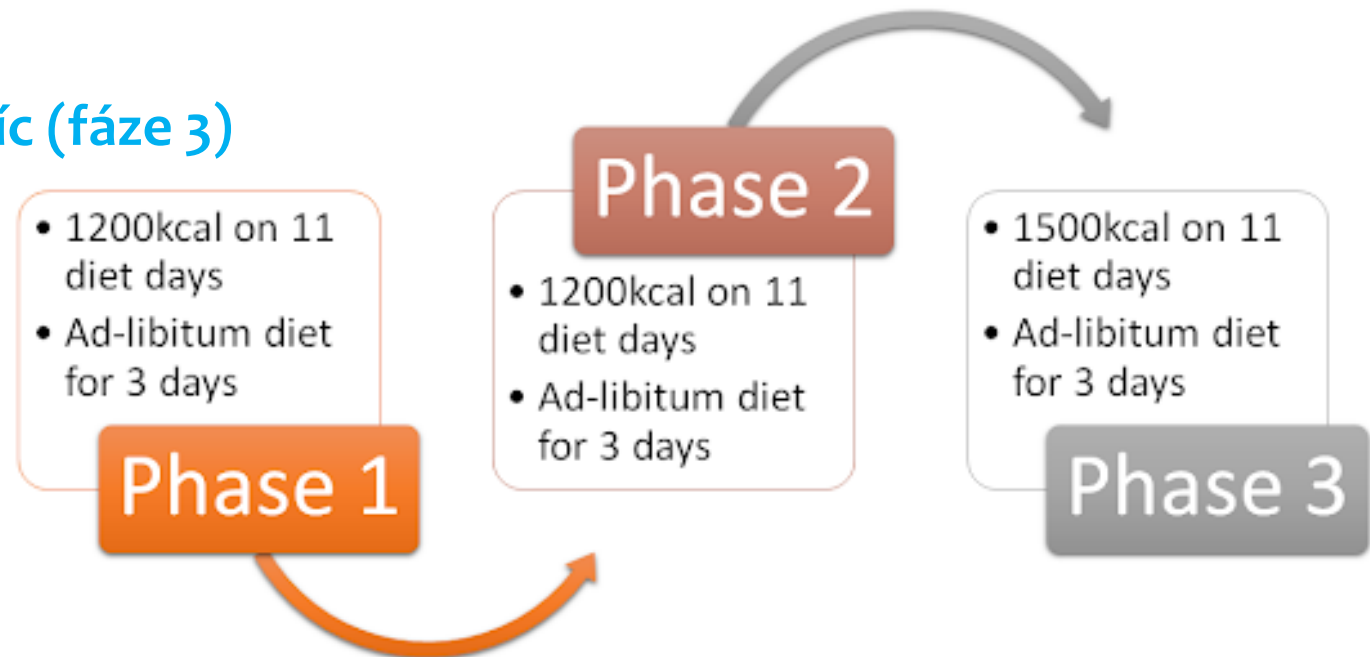
- Rozumný energetický deficit
- Raději přidat na pohybu než ubírat energetický příjem
- Narušování energetického deficitu cílenými refeed dny (1x za 7–14 dní navýšení příjmu na udržovací, nebo 10 % nad udržovací příjem kalorií)

- 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-Change (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

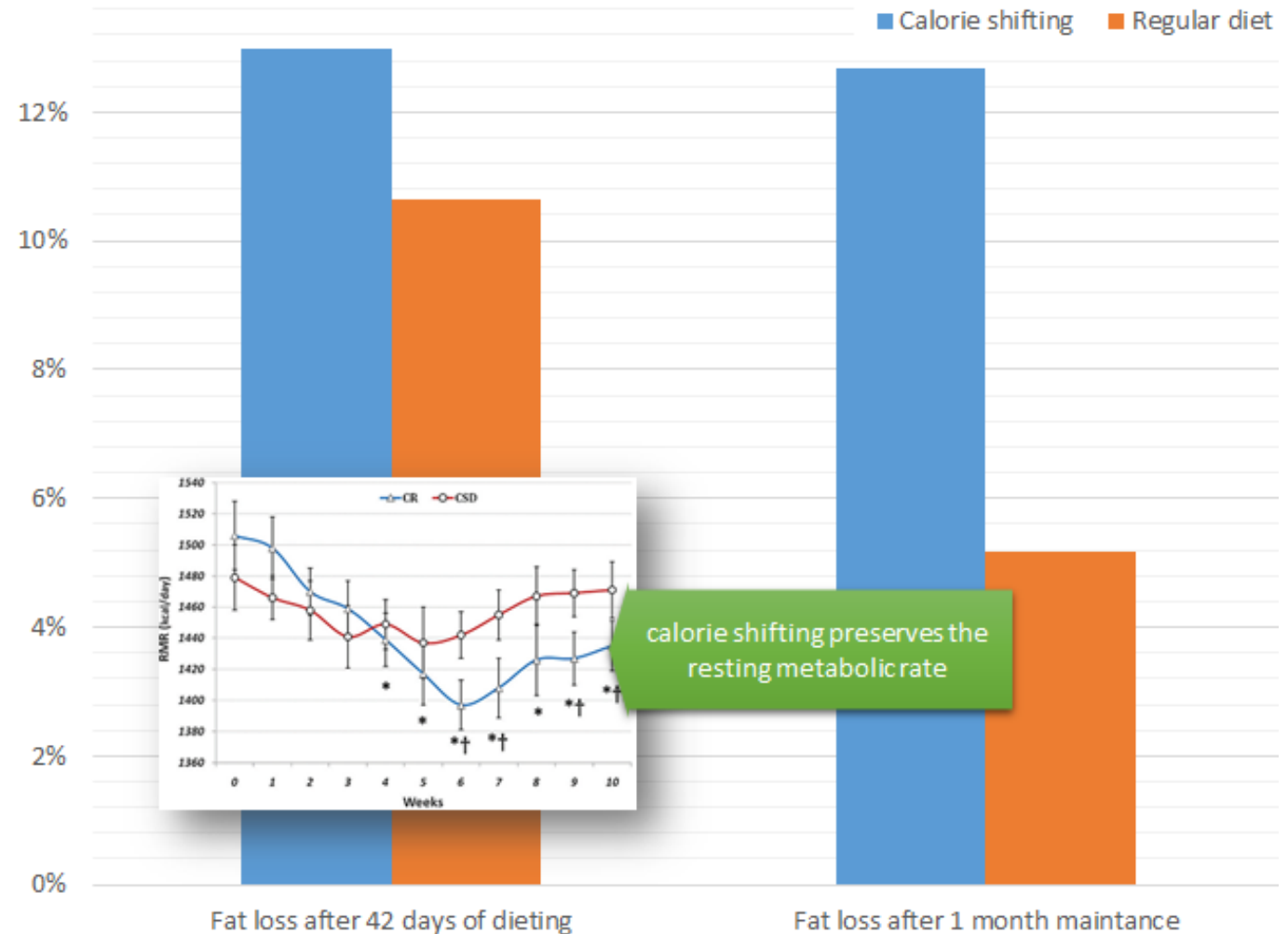
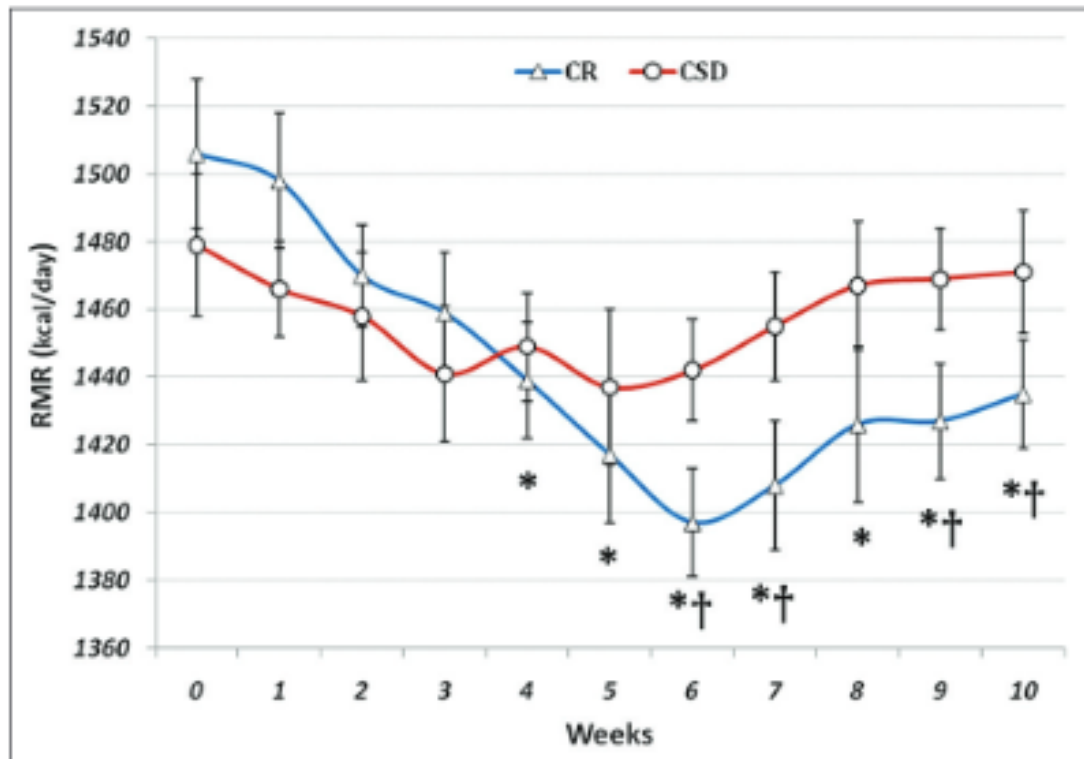
Davoodi (2014), Calorie Shifting Diet Versus Calorie Restriction Diet: A Comparative Clinical Trial Study

- 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

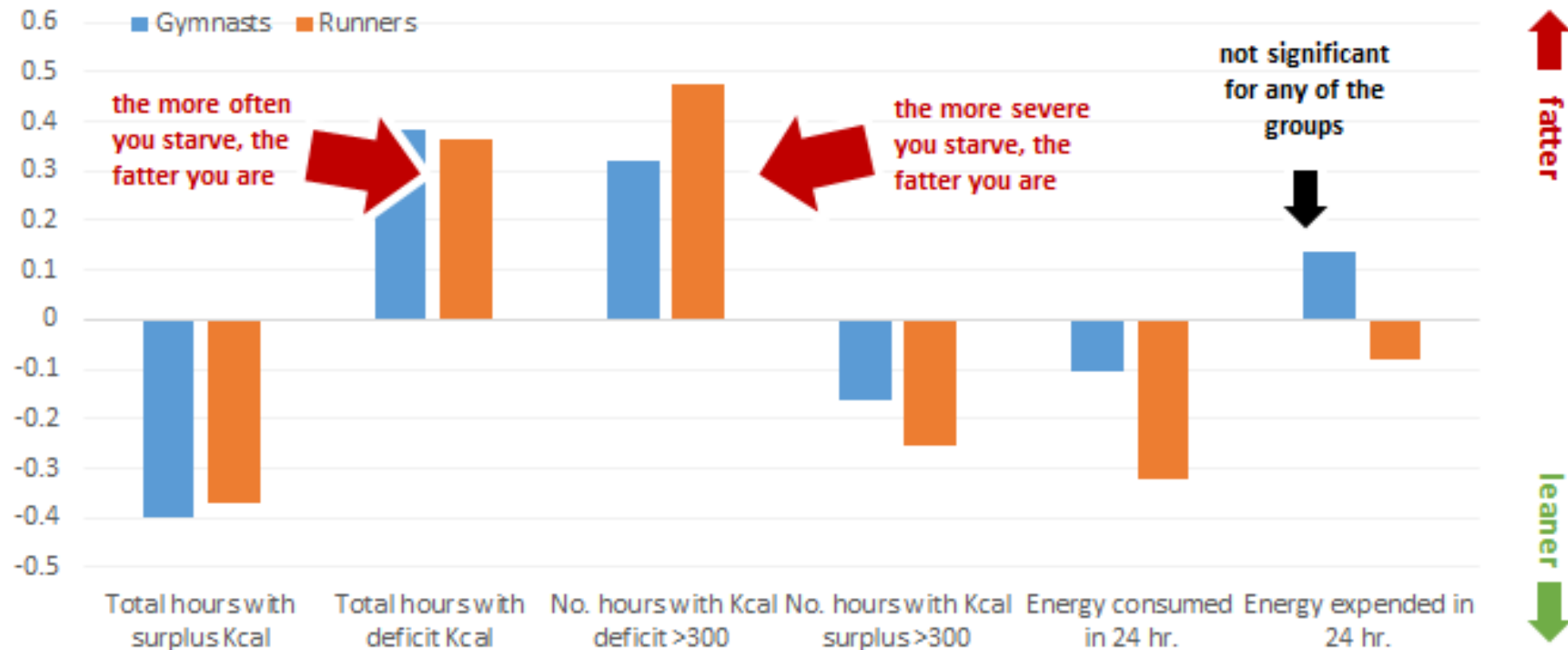


Figure 2: Relationships (Pearson correlations) between energy balance factors and body fat percentage in all athletes, gymnasts, and runners (Deutz, 2000)

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

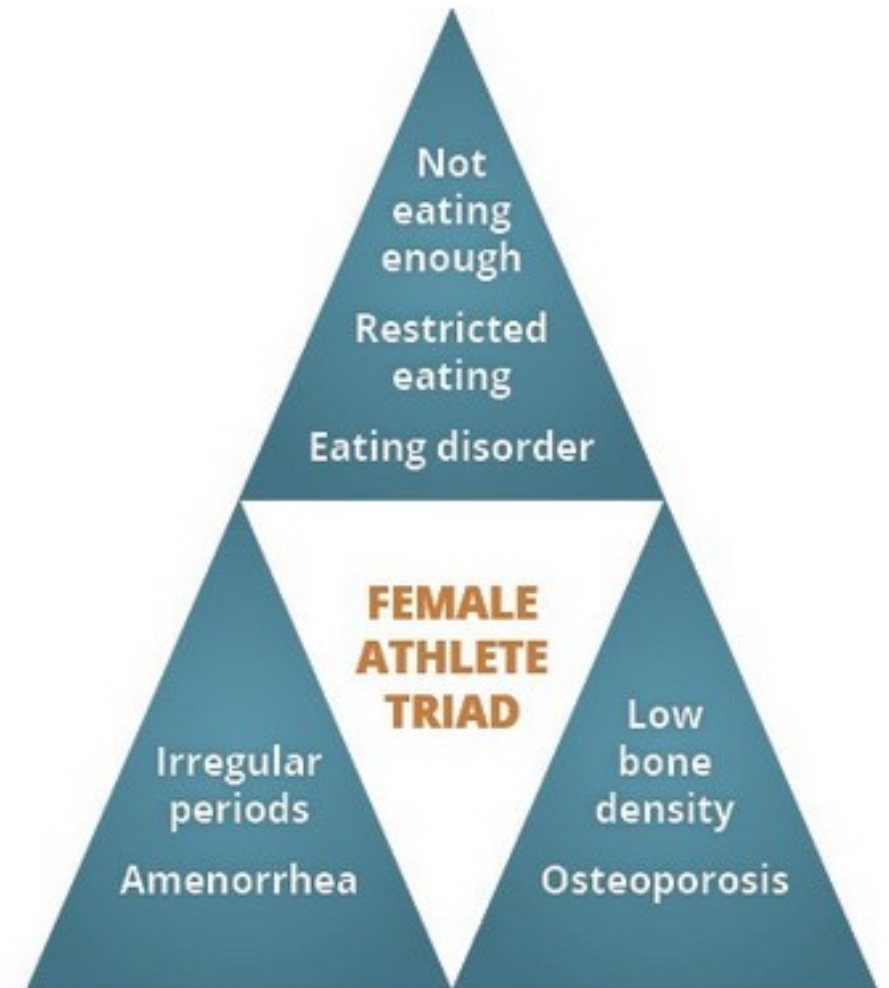
Hormon	Změna	Metabolický efekt
Leptin	Snížení	Snížení BMR
Ghrelin	Zvýšení	Zvýšení pocitu hladu
Testosteron	Snížení	Možný vliv na ztrátu FFM, libido
Kortizol	Zvýšení	Katabolické prostředí
Inzulin	Snížení	Snížení antikatabolického působení inzulinu
T ₃	Snížení	Snížení BMR
Estrogen	Snížení	Ztráta menstruace,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

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)



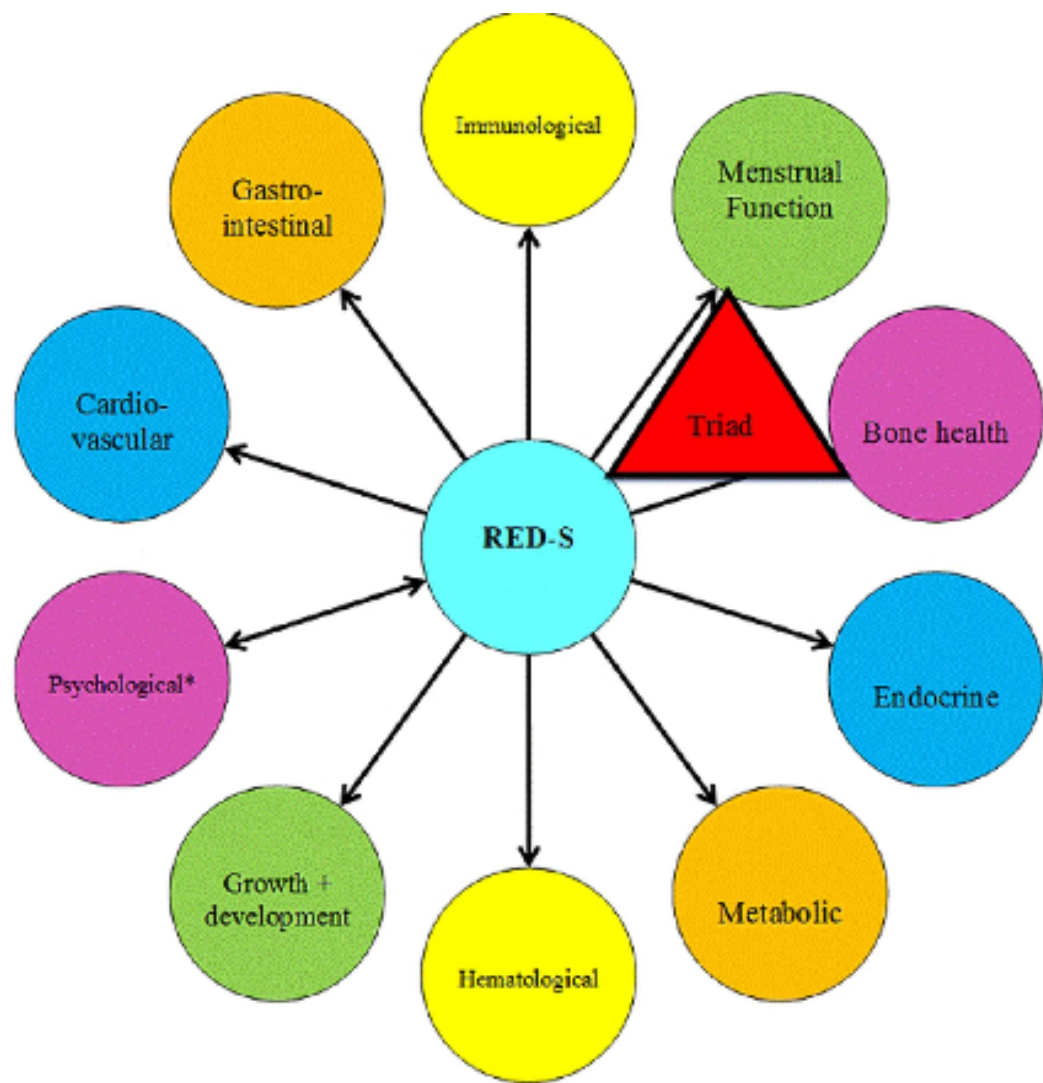


Figure 1 Health Consequences of Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S) showing an expanded concept of the Female Athlete Triad to acknowledge a wider range of outcomes and the application to male athletes (*Psychological consequences can either precede RED-S or be the result of RED-S).

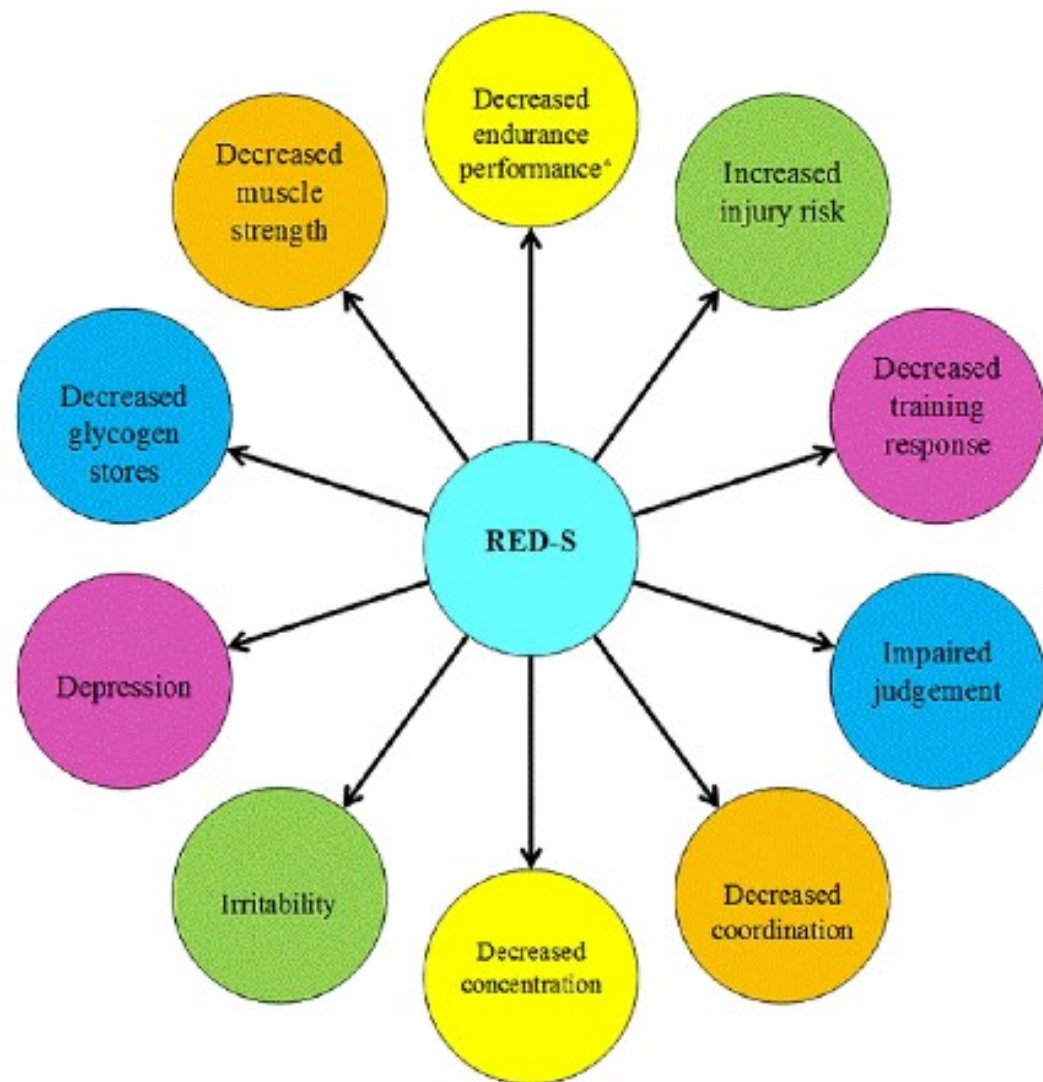


Figure 2 Potential Performance Effects of Relative Energy Deficiency in Sport (*Aerobic and anaerobic performance).

Nejohroženější skupinou jsou mladé sportovkyně

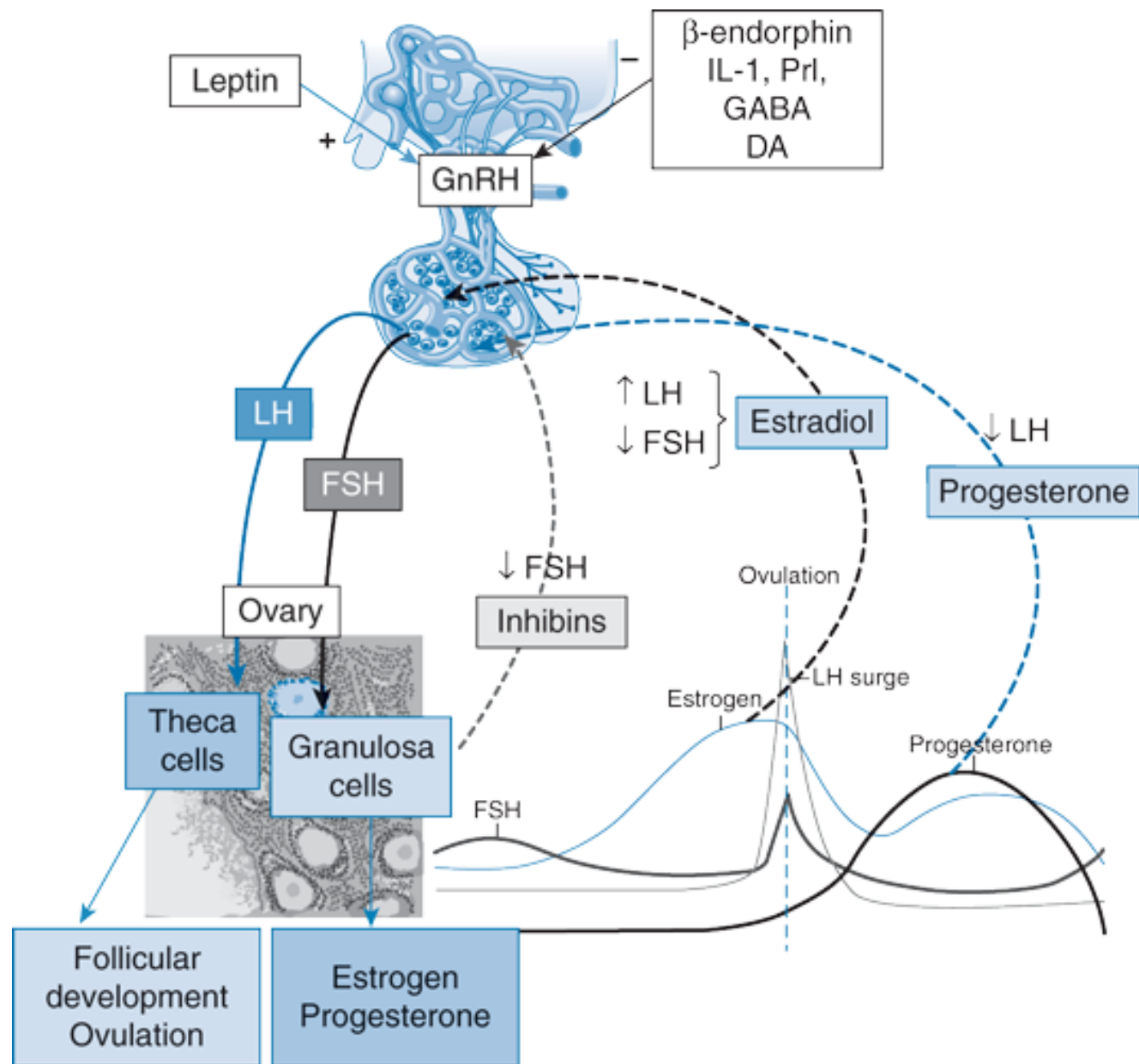
- **Nejohroženější skupinou jsou mladé sportovkyně těch sportovních disciplín, kde je nutné:**
 - 1) Soutěžit s nízkým procentem tělesného tuku **z důvodu estetiky** (bikiny fitness, body fitness a další disciplíny, dále pak gymnastika, krasobruslení, baletky, atd.)
 - 2) Dlouhodobě udržovat nízkou tělesnou 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
 - 5) Sportovkyně, které se stravují alternativně

Důvody nízké energetické dostupnosti

- Nezamýšlený nízký příjem energie, např. z důvodu špatných výživových zvyklostí 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 a vliv na příjem stravy (záněty GIT, nádorová onemocnění, onemocnění štítné žlázy)

Nízká energetická dostupnost

- Hladiny leptinu korelují nejen s **dlouhodobé množství tělesného tuku**, ale též s **krátkodobější energetickou bilancí** (energetickou dostupností)
- **Snížená hladina leptinu snižuje vylučování GnRH a LH** → zastavení produkce estrogenů, vymizení menstruace (vliv leptinu se stále diskutuje)
- Toto vymizení sekrece estrogenů a zastavení menstruace není způsobeno „stresem z fyzické aktivity nebo stresem ze cvičení“
- **Kelesidis, (2010) Narrative Review: The Role of Leptin in Human Physiology: Emerging Clinical Applications**
- **Loucks, (1998) Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women**
- **Loucks, (2003) Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women**



Body fat, menarche, fitness and fertility.

Frisch RE¹.

⊕ 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

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

- **FAILURE OF THE BODY COMPOSITION HYPOTHESIS?**
- **Di Carlo (1999), Hypogonadotropic hypogonadotropism in obese women after biliopancreatic diversion**
- Morbidně obézní žena (BMI = 47; 130 kg) po chirurgickém zmenšení žaludku → BMI = 35, 97 kg → ztráta menstruace
- *Je tedy množství tuku v organismu opravdu řídicím činitelem udržení menstruace?*

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 ^(7,13,14) 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.

Výpočet energetické dostupnosti

- **Výpočet energetické dostupnosti (Energy Availability, EA):**
- EA = Celkový příjem energie – energetický výdej skrze cílenou sportovní pohybovou aktivitu
- EA = Výslednou hodnotu vydělíme množstvím beztukové tělesné hmotnosti (FFM)
- **EA = Energetická dostupnost by dlouhodobě neměla klesnout pod hodnotu 30 kcal/kg FFM (LBM), jinak hrozí změny v hodnotách hladin pohlavních hormonů**

Příklad: výpočet energetické dostupnosti

- Žena ve věku 25 let s výškou 170 cm a hmotností 65 kg
- Tělesný tuk v % = 20 % → 52 kg beztuková tělesná hmotnost (FFM)
- **Aktuální energetický příjem:** 2 000 kcal
- **Výdej prostřednictvím tréninku:** 600 kcal
- $EA = 2\ 000 - 600$
- $EA = 1\ 400 / 52$
- **$EA = 26,9$ kcal/kg FFM → při dlouhodobém příjmu rizikové pro hormonální rovnováhu**

Obtíže vyvolané dlouhodobě sníženými hladinami estrogenů a menstruační dysfunkce

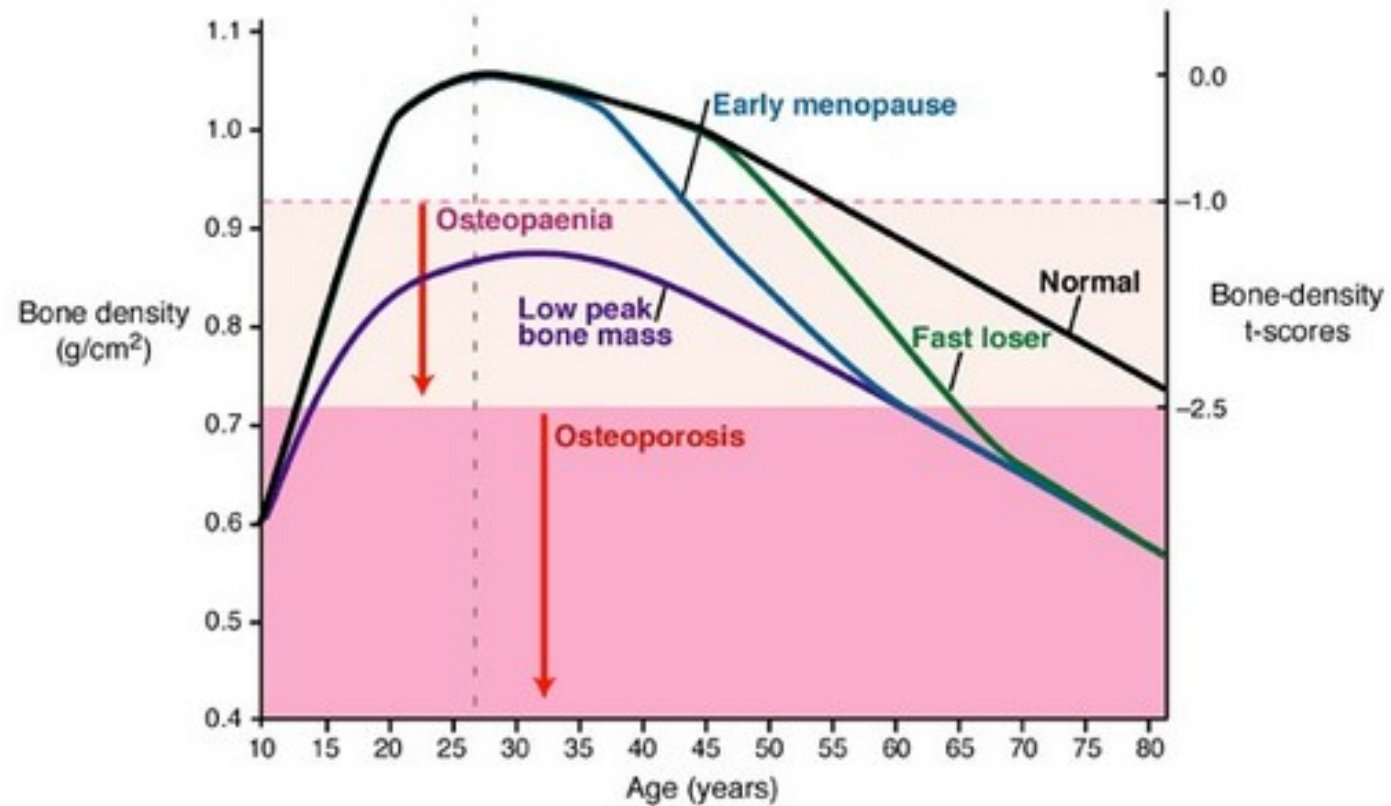
- Neplodnost (Nattiv et al., 2007)
- Nepravidelnost ovulace a z toho riziko nechtěného otěhotnění (Nattiv et al., 2007)
- Zhoršená funkce cévní stěny a zvýšené riziko vzniku chorob srdce a cév (Lieberman et al., 1994)
- Změny hodnot krevních lipidů (zvýšení „zlé“ LDL frakce cholesterolu) (Rickenlund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

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

Snížená kostní denzita

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



Diagnostika

- Monitoring energetického příjmu (výživová anamnéza, 3denní záznam stravy pomocí vážení)
- Monitoring energetického výdeje
- Endokrinologické vyšetření
- Antropometrické vyšetření
- Psychiatrické vyšetření (v případě PPP)

- **Péče o pacienta v multidisciplinárním týmu:**
 - 1) Sportovní lékař
 - 2) Nutriční specialista
 - 3) Psycholog/psychiatr
 - 4) Sportovní trenér, fyziolog

Léčba

- Zvýšení energetického příjmu o **300–600 kcal za den**
- Zvážit snížení tréninkového objemu → **zvýšit celkově EA**
- V případě PPP terapie psychologem/psychiatrem
- Orální kontraceptiva: nejsou řešením
- 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⁻¹,
suplementace vitaminem D v dávce 1 500–2 000 IU·d⁻¹

A co muži?

- V literatuře můžeme nalézt články věnující se této problematice podobně i u mužů...
- **Tenforde (2016), Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes**
- **Lane (2014), Reproductive Dysfunction from the Stress of Exercise Training is not Gender Specific: The “Exercise-Hypogonadal Male Condition**

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].