

Problematika hubnutí a nabírání hmotnosti u sportovců Female athlete triad

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

24.4.2018

Obsah prezentace

- Přibírání u sportovců, proč a hlavně 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 (ideálně nejčistší svalová hmota)
- Snížit riziko zranění („ochránit klouby tělesnou 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

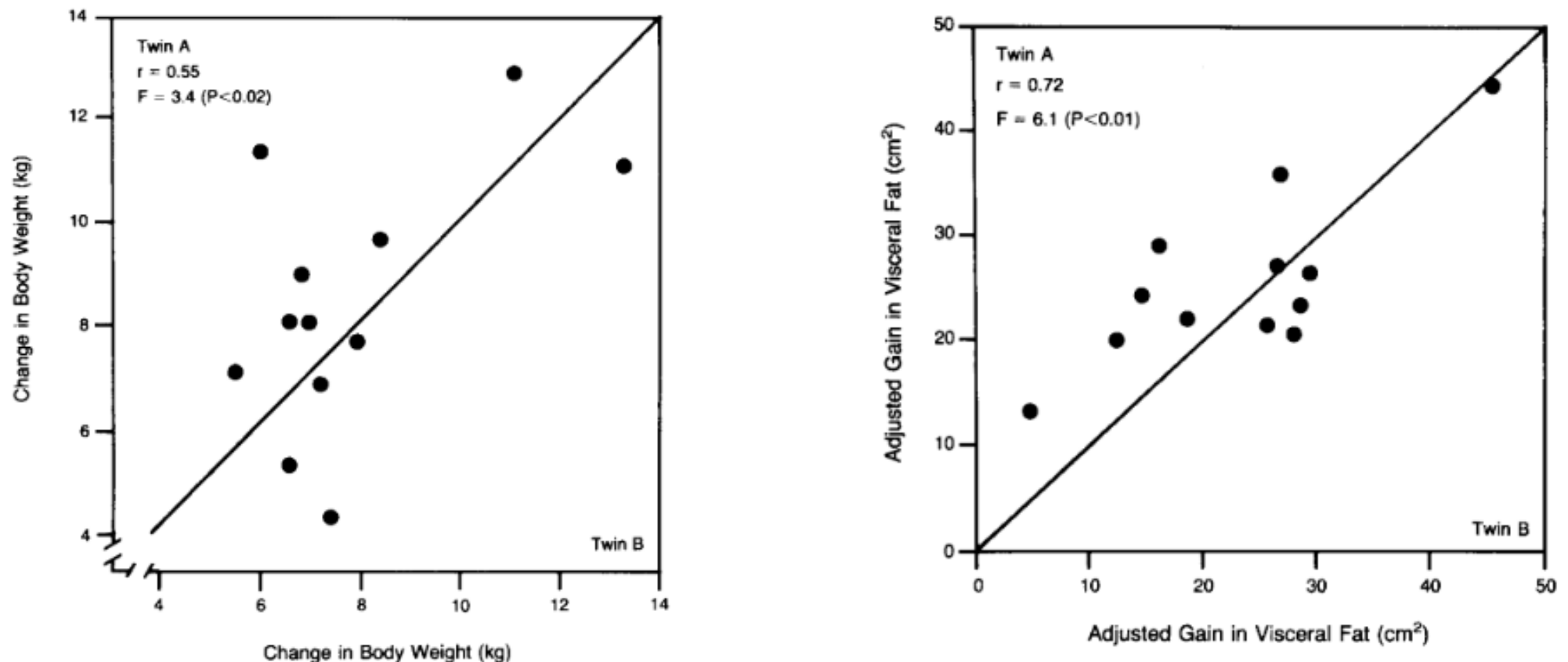
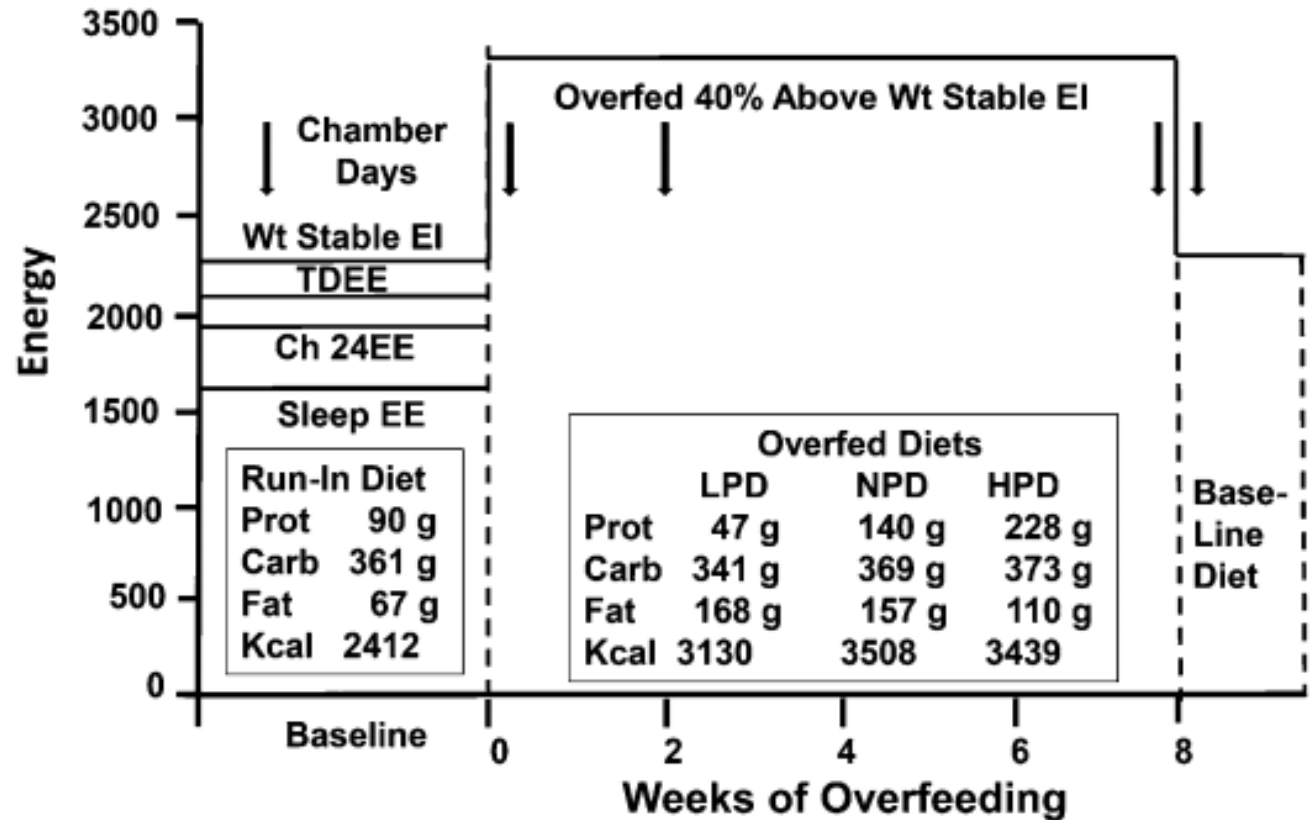


Figure 1: Comparison of the weight (left) and visceral fat (right) gains in twin pairs; high correlations were observed for both, but the correlation was significantly more pronounced for the unhealthy visceral fat than it was for the mere body weight (Bouchard, 1990).

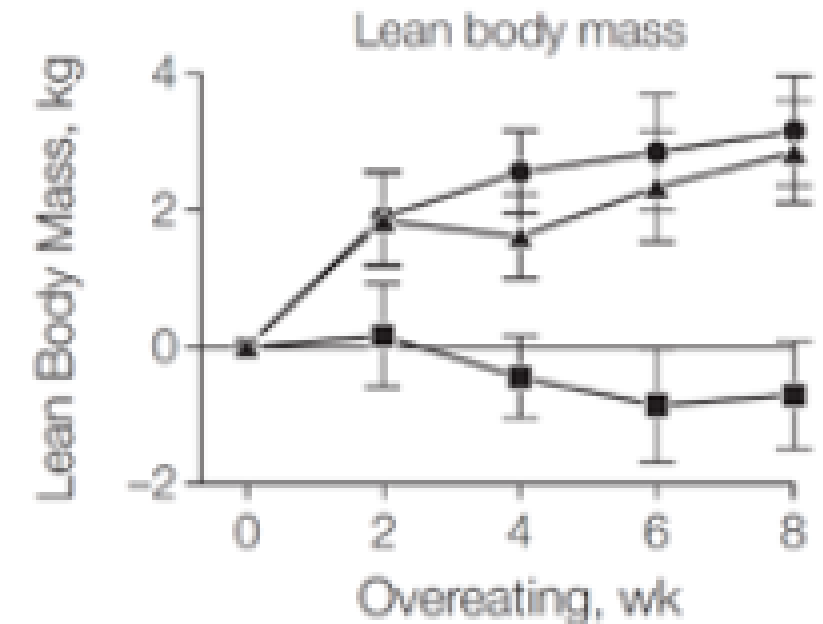
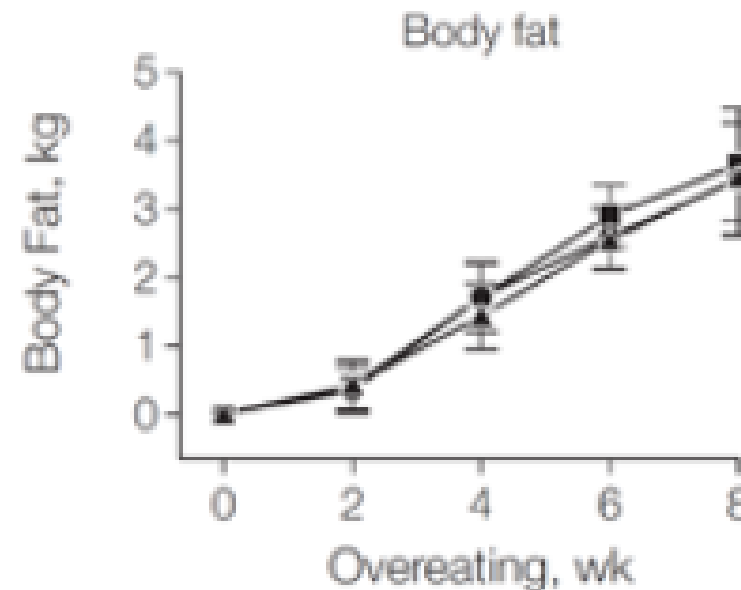
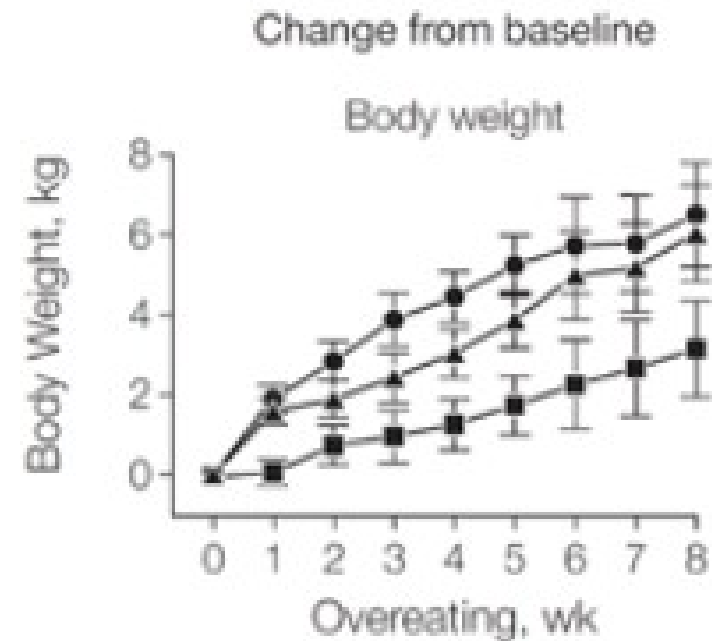
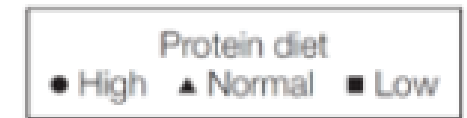
Bray (2012), Effect of Dietary Protein Content on Weight Gain, Energy Expenditure, and Body Composition During Overeating

- 8 týdnů v energetickém přebytku 40 % nad CEP
- 3 skupiny účastníků s odlišným příjmem proteinů:
 - 1) 47 g (cca 0,7 g/kg TH)
 - 2) 140 g (cca 1,8 g/kg TH)
 - 3) 228 g (cca 3,0 g/kg TH)



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 bez FA.**

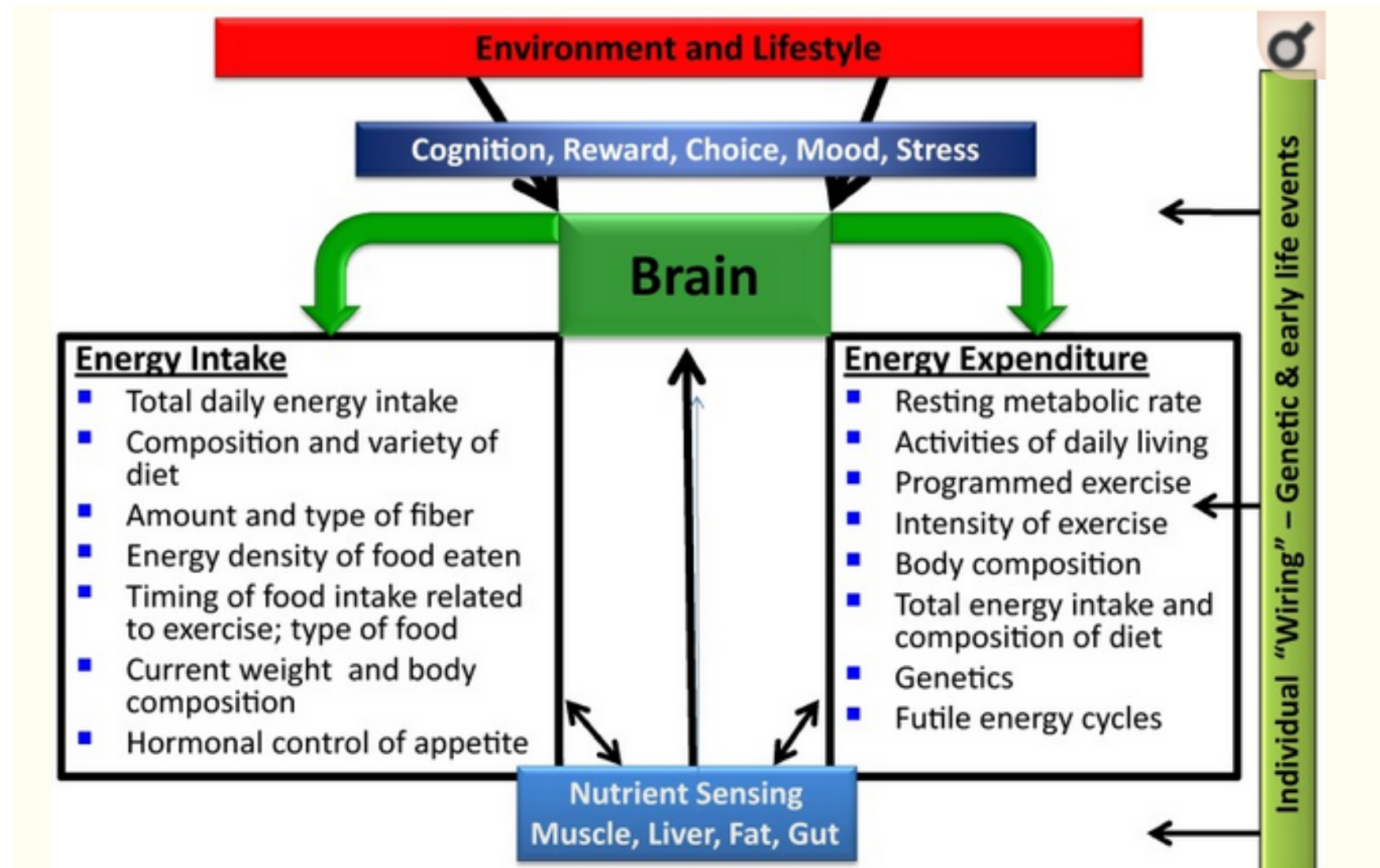


Jaký energetický přebytek tedy nastavit?

- 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 svalovou 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) a mnoho dalších...

Suma sumárum

- 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 4–6 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“)
- 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 sumáum: Jaké živiny při hubnutí neopomenout?

- Nastavení energetického deficitu
- **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**
- **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**

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)

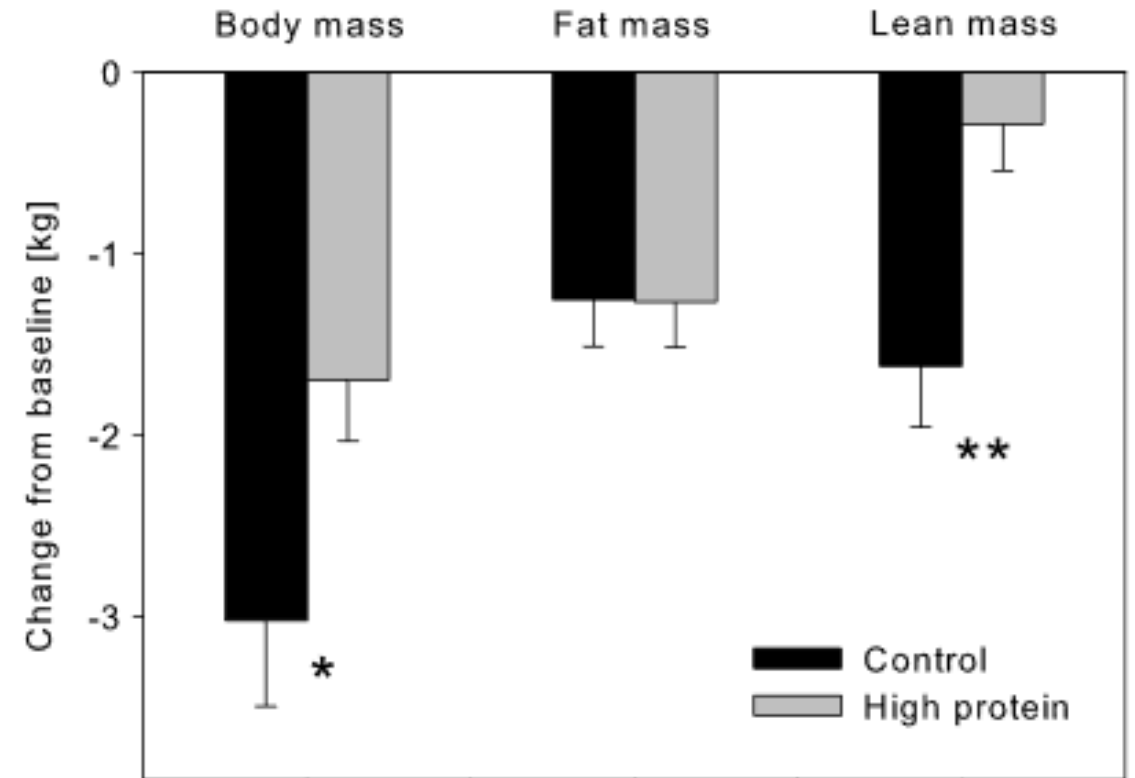


FIGURE 2—Change of body mass, fat, and lean mass from baseline (average of the two measurements before the weight loss) to the end of the 2-wk weight loss for the control ($n = 10$) and the high-protein ($n = 10$) groups. Values are mean \pm SE. *Significant difference between the two groups ($P = 0.036$).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

- 4 týdny v energetickém deficitu 40 %
- 2 skupiny příjmu proteinů:
 - 1) 2,4 g/kg TH
 - 2) 1,2 g/kg TH
- Tréninky 6x týdně

Dietary intake (including protein beverages) during the intervention¹

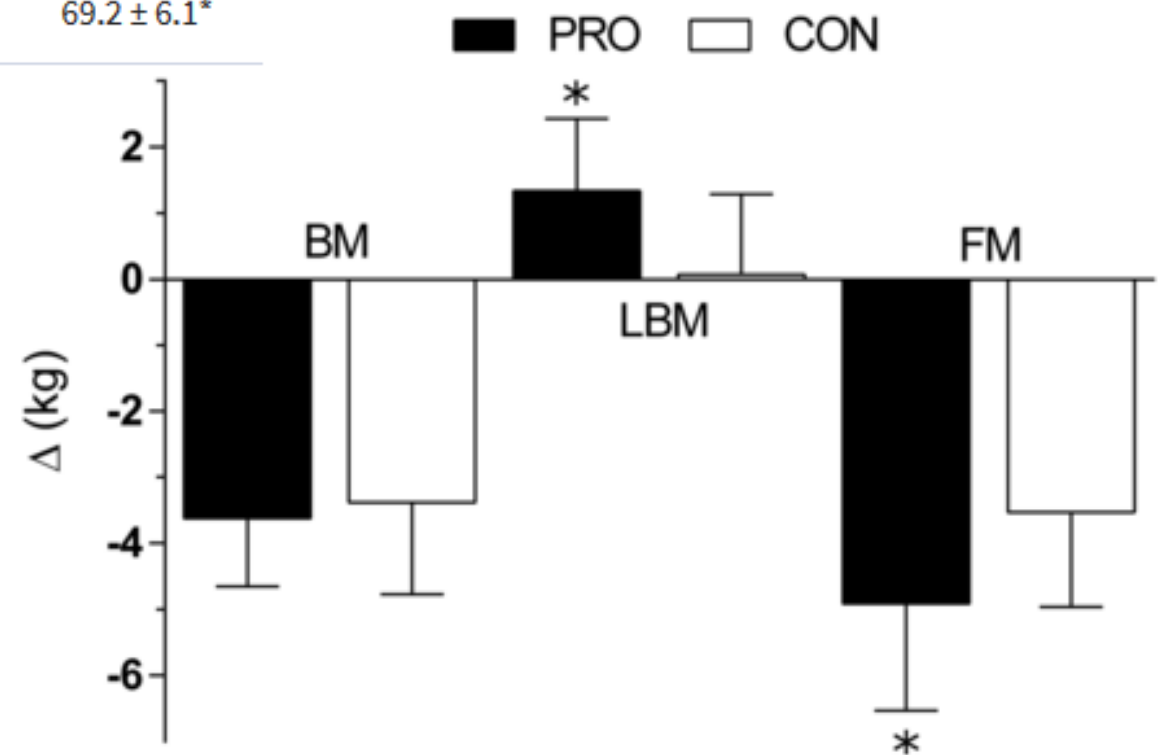
	PRO	CON	P
Protein, g	245 ± 31	116 ± 19	<0.001
Protein, g/kg	2.4 ± 0.1	1.2 ± 0.1	<0.01
Protein, g/kg LBM	3.3 ± 0.1	1.7 ± 0.1	<0.001
Carbohydrate, g	311 ± 35	286 ± 35	0.21
Carbohydrate, g/kg	3.1 ± 0.3	3.0 ± 0.2	0.68
Fat, g	38 ± 6	86 ± 13	0.005
Fat, g/kg	0.4 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.012

Participants' characteristics before the intervention¹

	PRO	CON
Age, y	23 ± 2	23 ± 2
Body mass, kg	100.1 ± 12.8	96.0 ± 14.6
Height, m	1.84 ± 0.06	1.84 ± 0.08
BMI, kg/m ²	29.7 ± 3.9	29.6 ± 2.7
Fat mass, kg	22.1 ± 7.3	22.8 ± 7.2
Body fat, %	23.6 ± 6.1	24.8 ± 6.3
LBM, kg	73.0 ± 6.8	69.2 ± 8.1

Longland (2016): Výsledky

	PRO		CON	
	Pre	Post	Pre	Post
Body mass, kg	100.1 ± 12.8	94.2 ± 13.7 ^{*†}	96 ± 14.6	92.5 ± 14.0 [*]
Body fat, kg	23.6 ± 5.6	18.8 ± 6.2 ^{*†}	24.8 ± 6.1	21.1 ± 6.1 [*]
Lean mass, kg	73.1 ± 6.8	74.3 ± 6.7 ^{*†}	69.2 ± 6.1	69.2 ± 6.1 [*]



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)**, **skupina CHO (0,8 g/kg TH)**,
+ cvičení (5x týdně chůze, 2x týdně silový trénink),
- doba trvání 4 měsíce

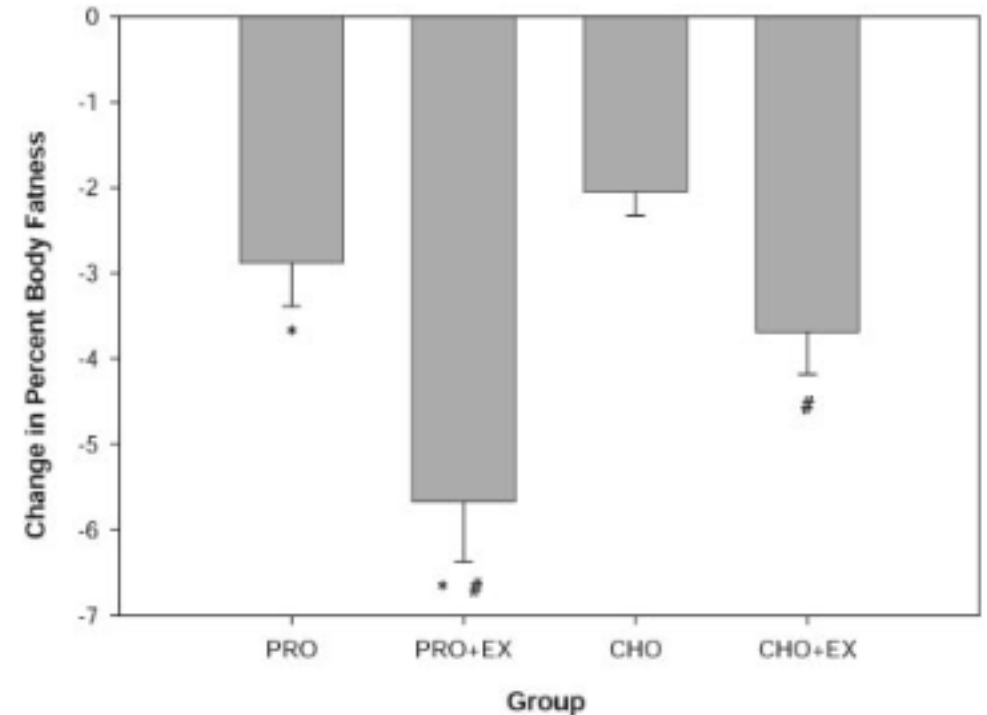


FIGURE 1 Changes in relative body fatness (%Fat) for adult women after 16 wk of consuming reduced-energy diets with a ratio of carbohydrates:protein > 3.5 (CHO) or < 1.5 (PRO) with or without a supervised exercise program (EX: 5 d/wk walking and 2 d/wk resistance training). Values are means \pm SEM,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

Group	PRO	PRO + EX	CHO	CHO + EX	P-value	
					D ²	E ^{3,4}
<i>kg</i>						
Body weight						
Baseline	91.1 ± 5.1	86.1 ± 4.6	93.7 ± 3.5	79.8 ± 2.7		
Post-test	82.4 ± 4.4*	76.3 ± 3.9*	85.9 ± 3.5*	73.1 ± 2.8*	<0.05	0.98
Fat mass						
Baseline	39.0 ± 3.0	40.9 ± 3.6	40.6 ± 2.0	36.3 ± 2.2		
Post-test	33.1 ± 2.4*	32.1 ± 2.9*	35.6 ± 2.1*	30.8 ± 2.3*	<0.05	<0.05
Trunk fat						
Baseline	19.6 ± 2.0	20.1 ± 2.2	20.1 ± 1.3	17.0 ± 1.2		
Post-test	16.0 ± 1.6*	15.1 ± 1.9*	17.1 ± 1.3*	13.8 ± 1.2*	<0.05	0.11
Lean mass						
Baseline	50.6 ± 2.5	42.6 ± 1.4	51.7 ± 1.7	40.6 ± 0.8		
Post-test	48.6 ± 2.4*	42.2 ± 1.4	49.0 ± 1.8*	39.6 ± 0.8*	0.10	<0.001

¹ Values are means ± SEM; *n* = 12. * Different from baseline, *P* < 0.05.

² D = Test for significant main effect of diet (PRO; *n* = 24; CHO; *n* = 24).

³ E = Test for significant main effect of exercise (EX; *n* = 24; control; *n* = 24).

⁴ D × E was not significant for any variable.

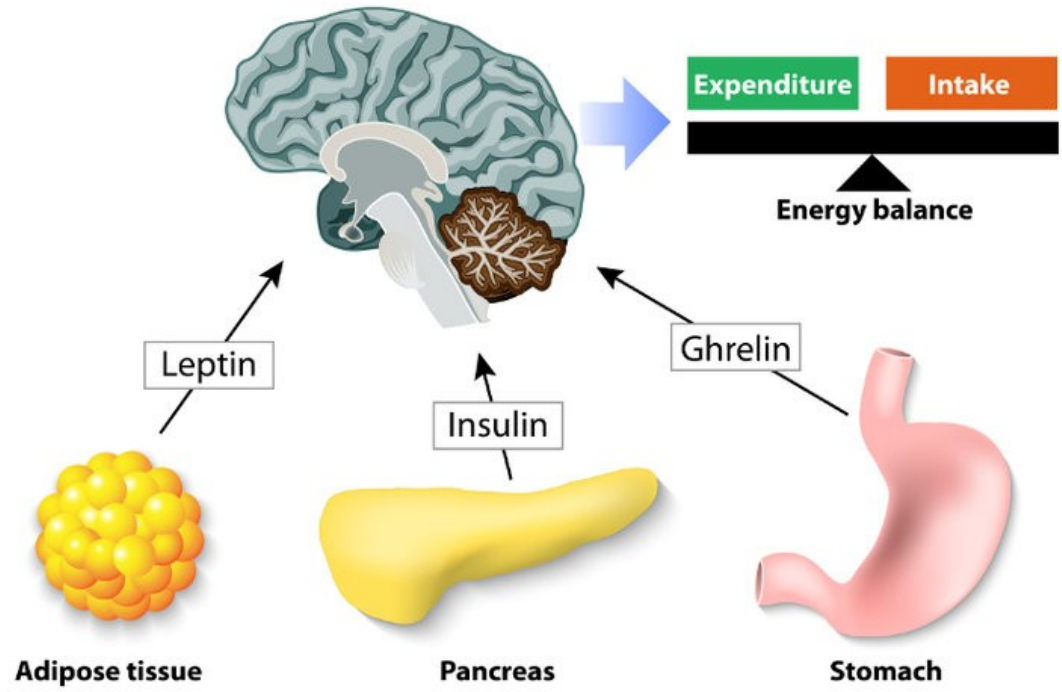
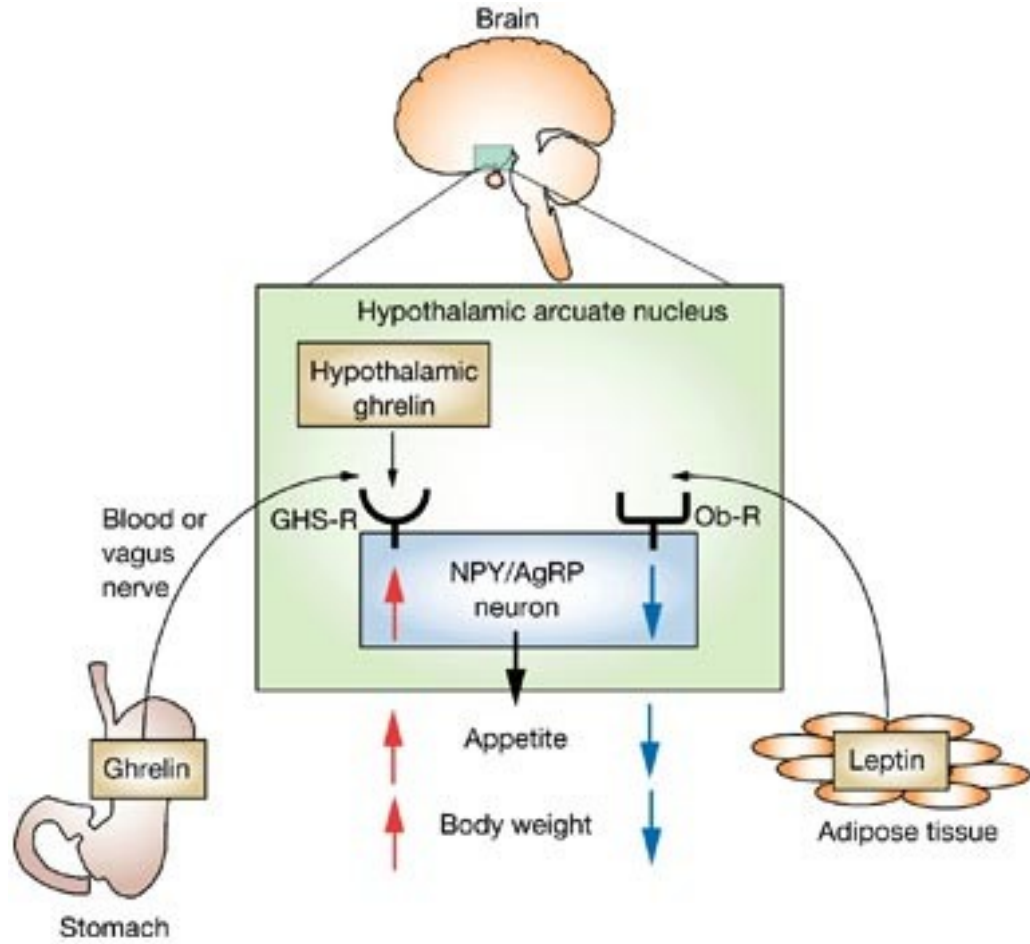
(Ne)přiměřený energetický deficit

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

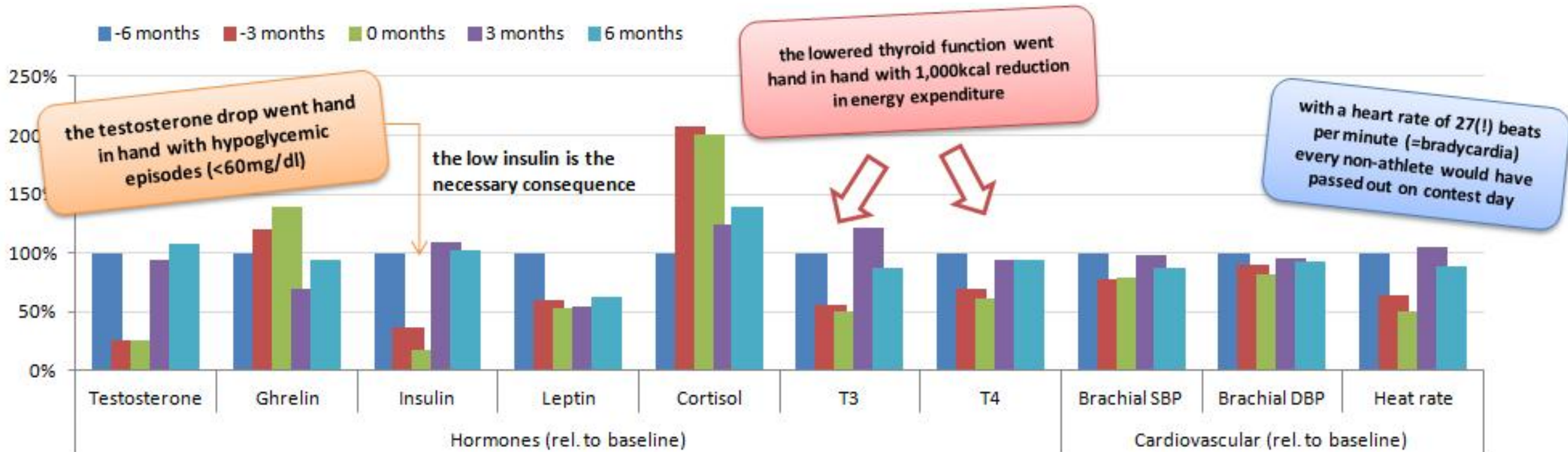
Změny v hladinách hormonů během nízkého energetického příjmu: **Trexler (2014), Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete**

Hormon	Změna	Metabolický efekt
Leptin	Snížení	Snížení BMR
Ghrelin	Zvýšení	Zvýšení pocitu hladu
Testosteron	Snížení	Možný vliv na ztrátu FFM, libido
Kortizol	Zvýšení	Katabolické prostředí
Inzulin	Snížení	Snížení antikatabolického působení inzulinu
T3	Snížení	Snížení BMR

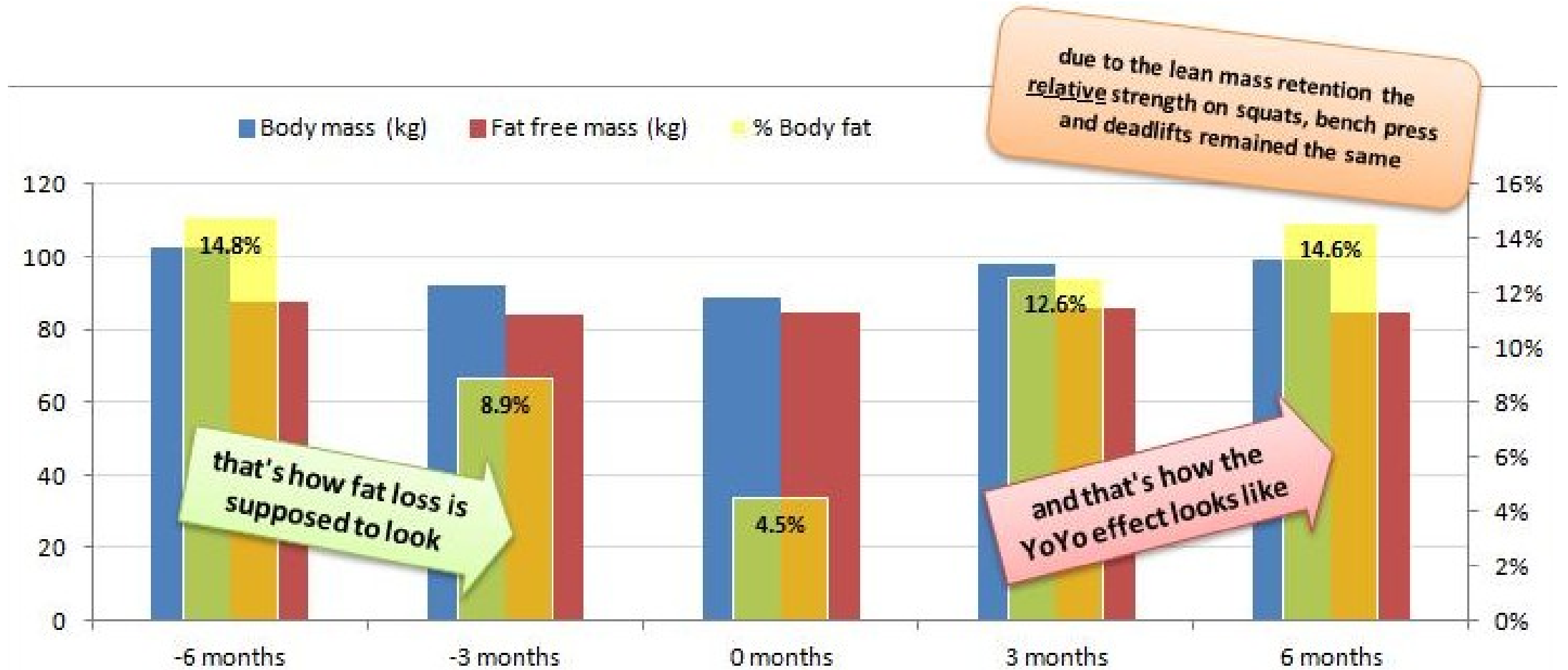
CONTROL OF FOOD INTAKE



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



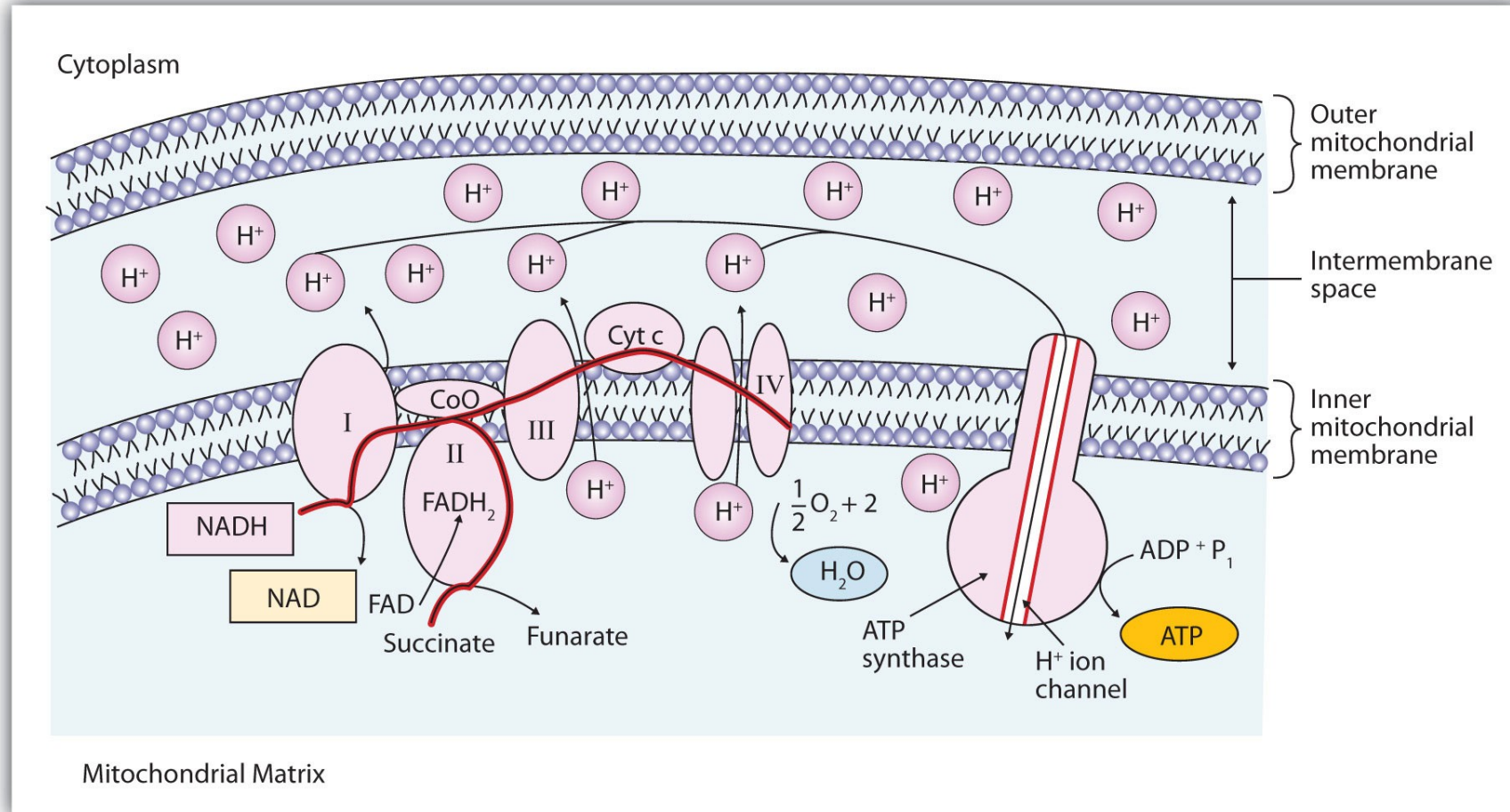
Rossow (2013), Natural Bodybuilding Competition Preparation and Recovery: A 12-Month Case Study



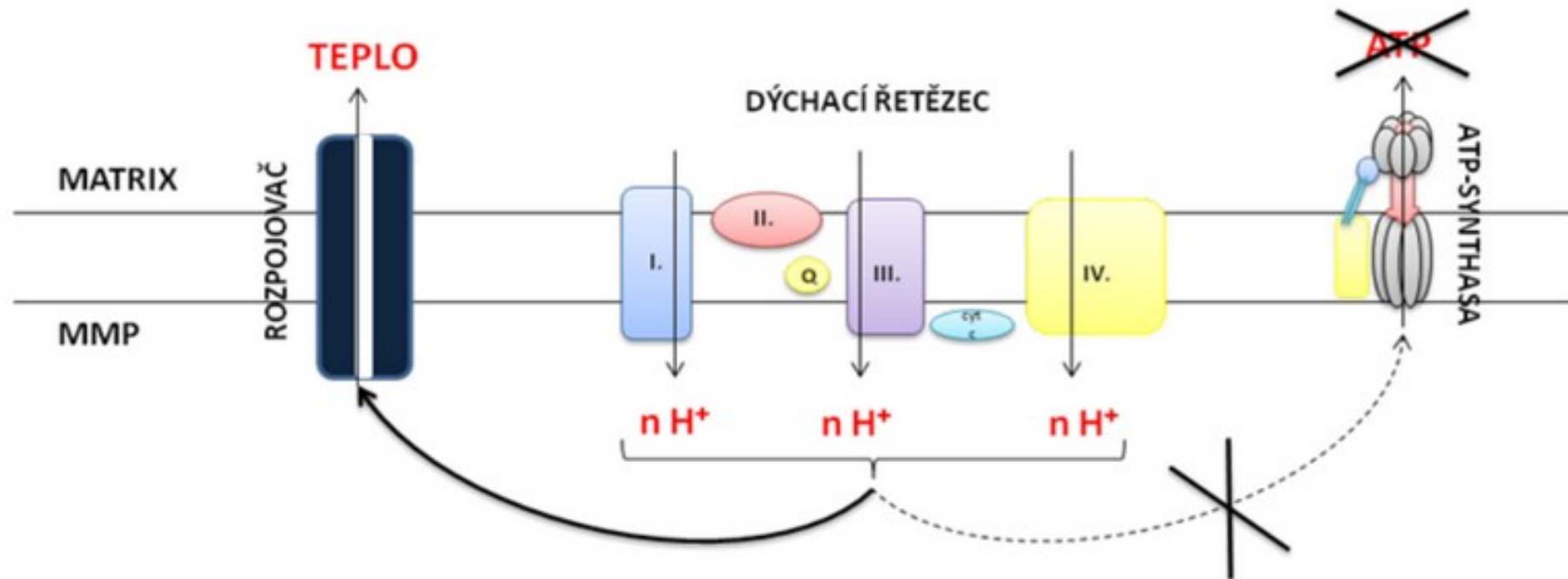
Jedna z hypotéz adaptace: Zvýšení mitochondriální účinnosti

- 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, leptin a kortizol**
- **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

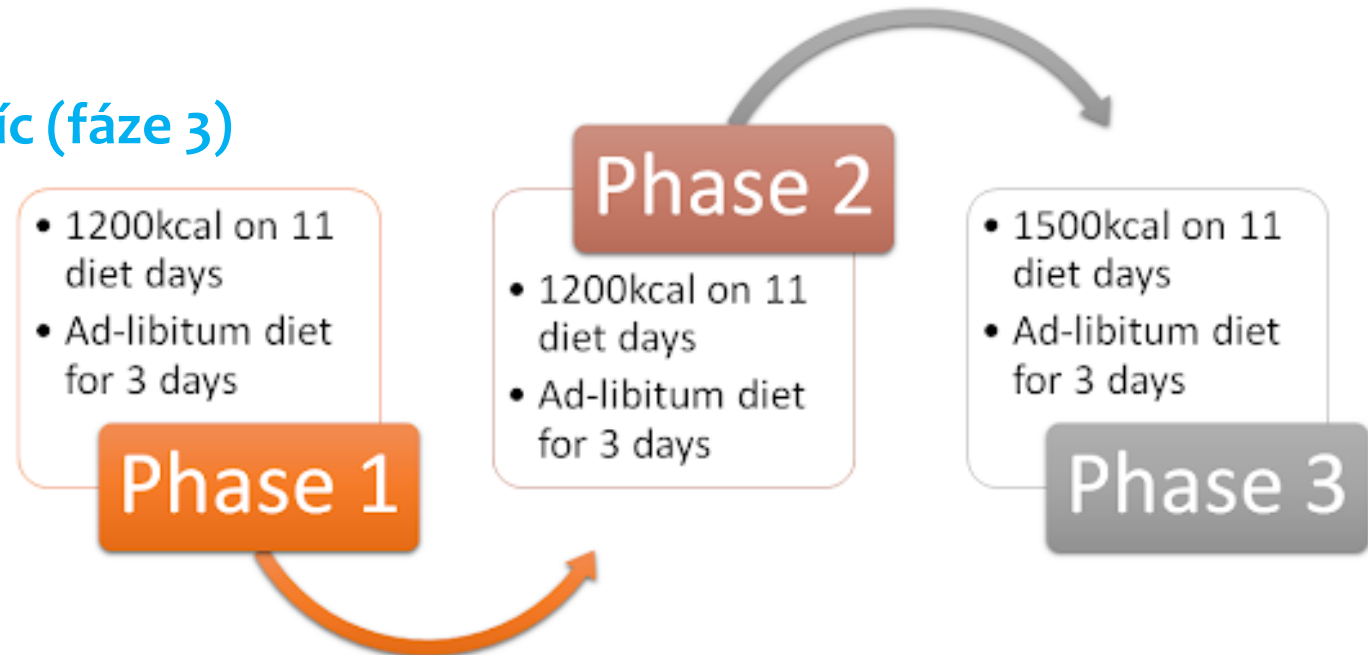


Jak zabránit metabolické adaptaci v dietě?

- Rozumný energetický deficit
- Raději přidat na pohybu než ubírat energetický příjem
- **Narušování energetického deficitu cílenými refeed dny**
- 1) Akutní navýšení energetického příjmu nad **typický příjem energie**
→ zřejmě pozitivní vliv na hladinu leptinu → 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

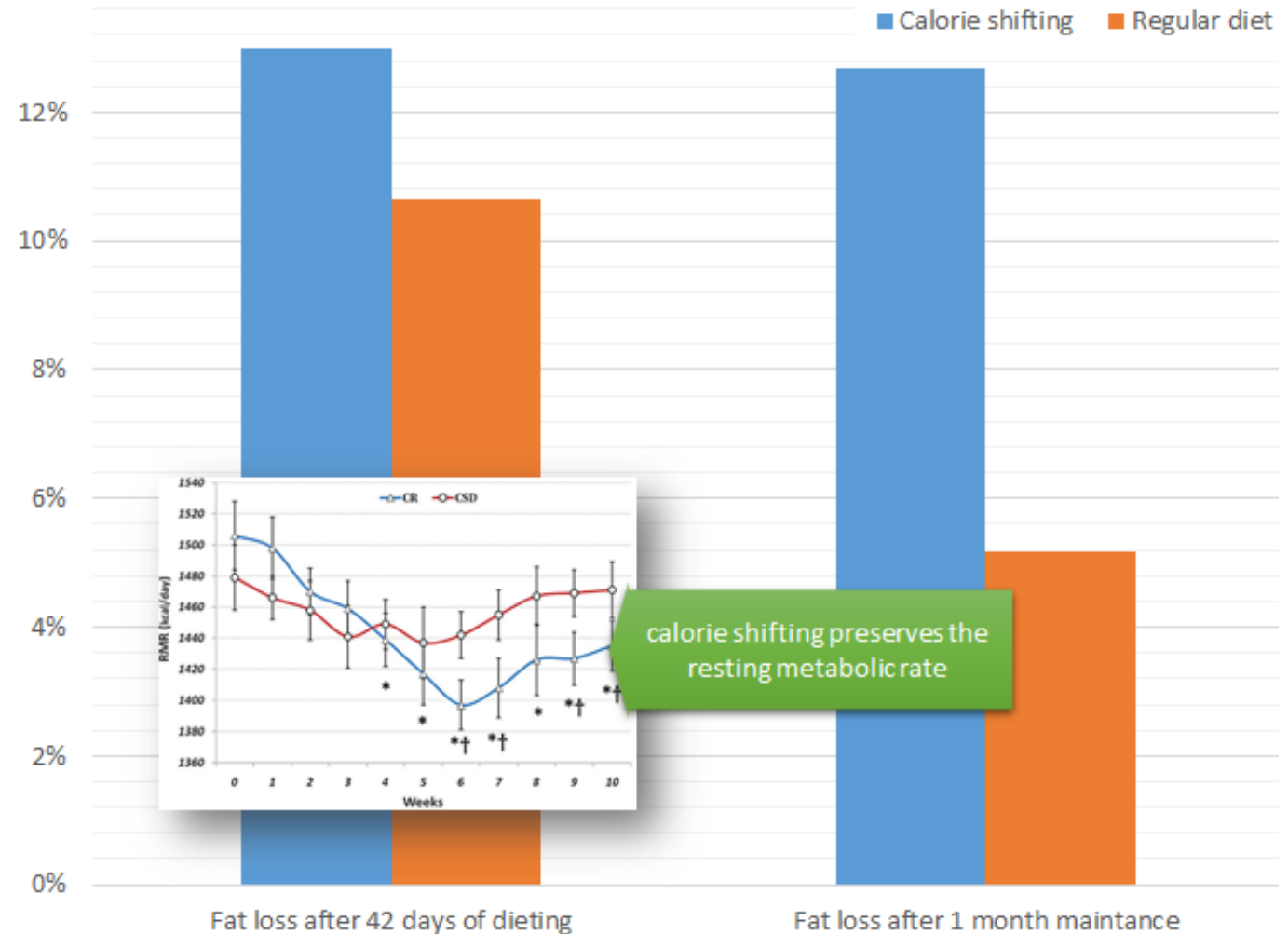
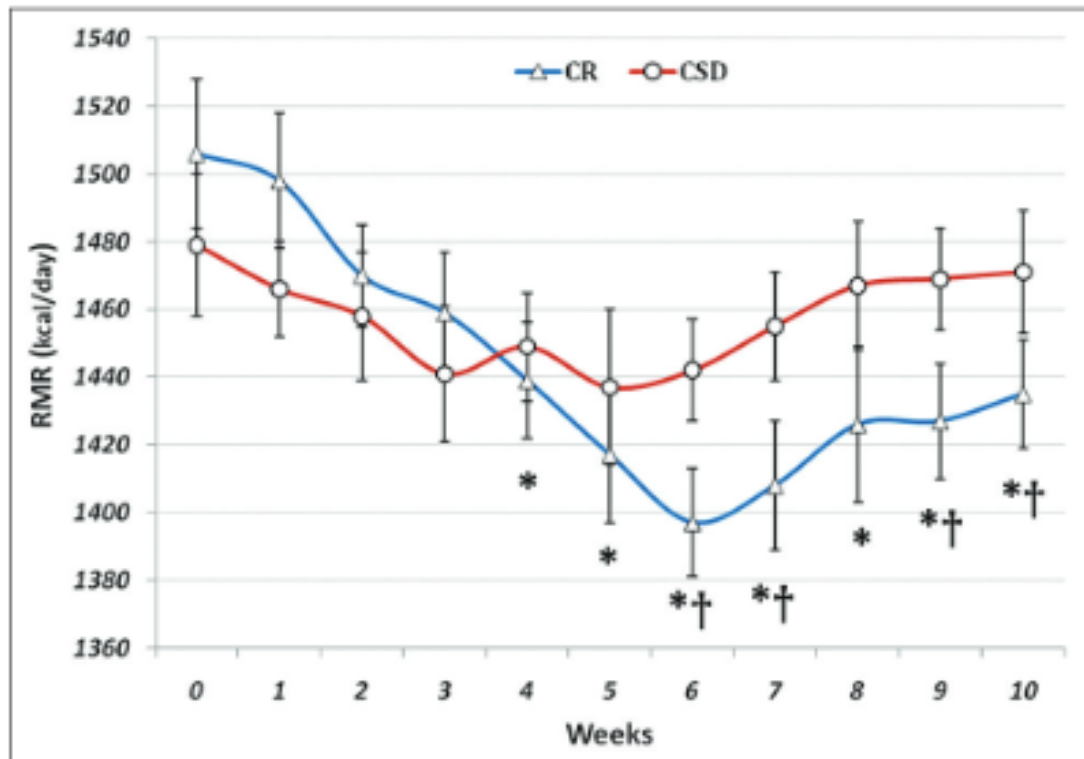
Davoodi (2014), Calorie Shifting Diet Versus Calorie Restriction Diet: A Comparative Clinical Trial Study

- 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

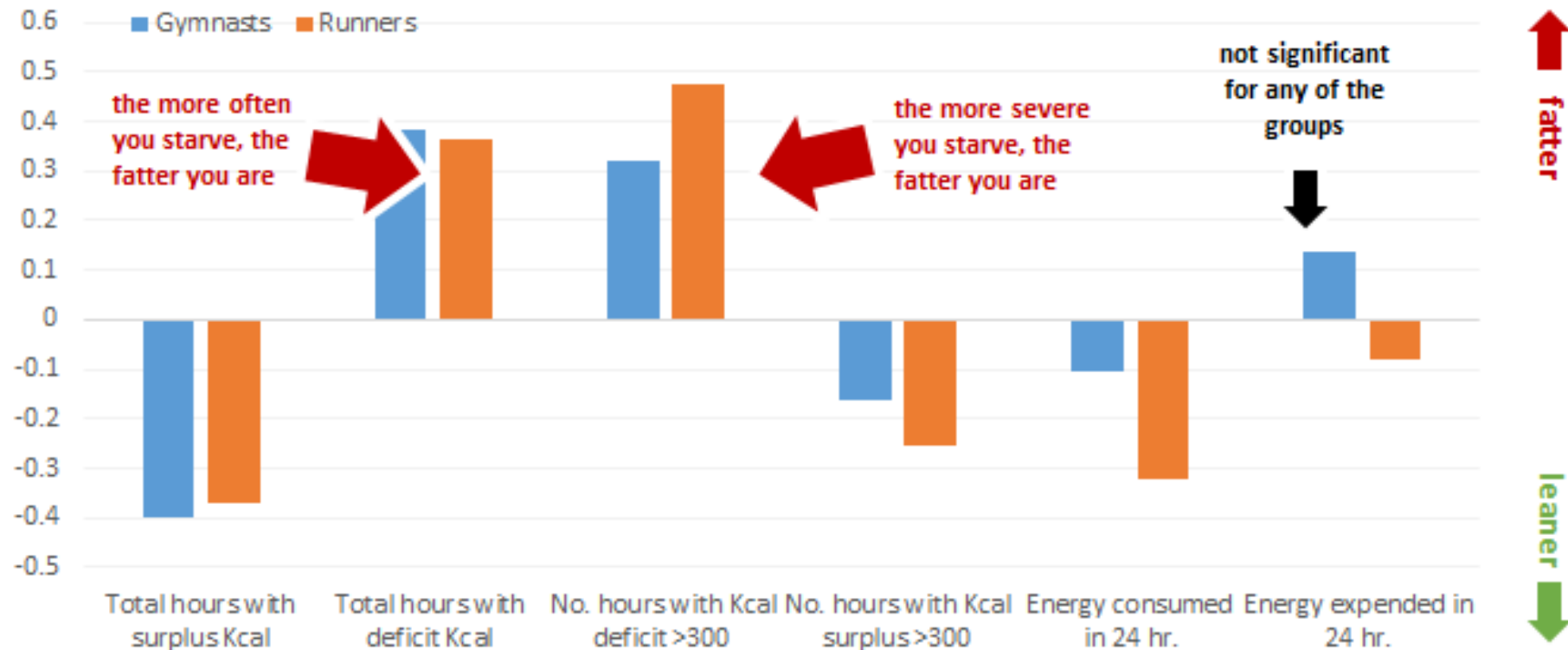


Figure 2: Relationships (Pearson correlations) between energy balance factors and body fat percentage in all athletes, gymnasts, and runners (Deutz, 2000)

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

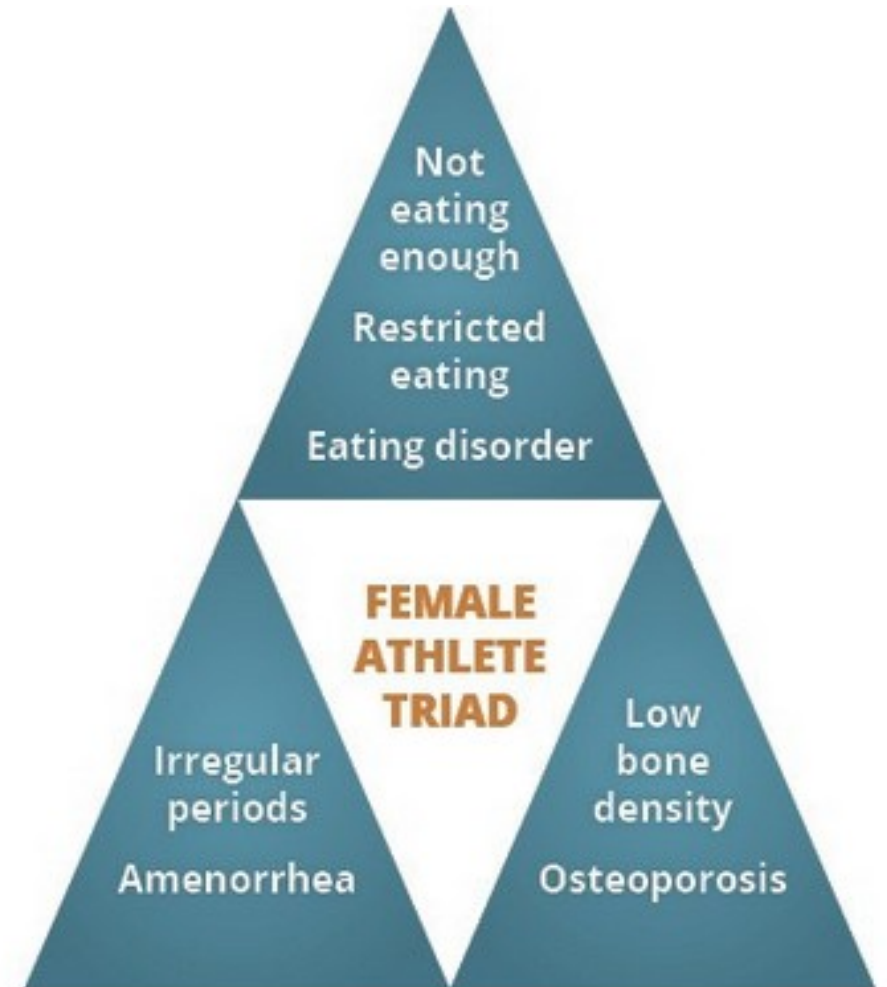
Hormon	Změna	Metabolický efekt
Leptin	Snížení	Snížení BMR
Ghrelin	Zvýšení	Zvýšení pocitu hladu
Testosteron	Snížení	Možný vliv na ztrátu FFM, libido
Kortizol	Zvýšení	Katabolické prostředí
Inzulin	Snížení	Snížení antikatabolického působení inzulinu
T ₃	Snížení	Snížení BMR
Estrogen	Snížení	Ztráta menstruace,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

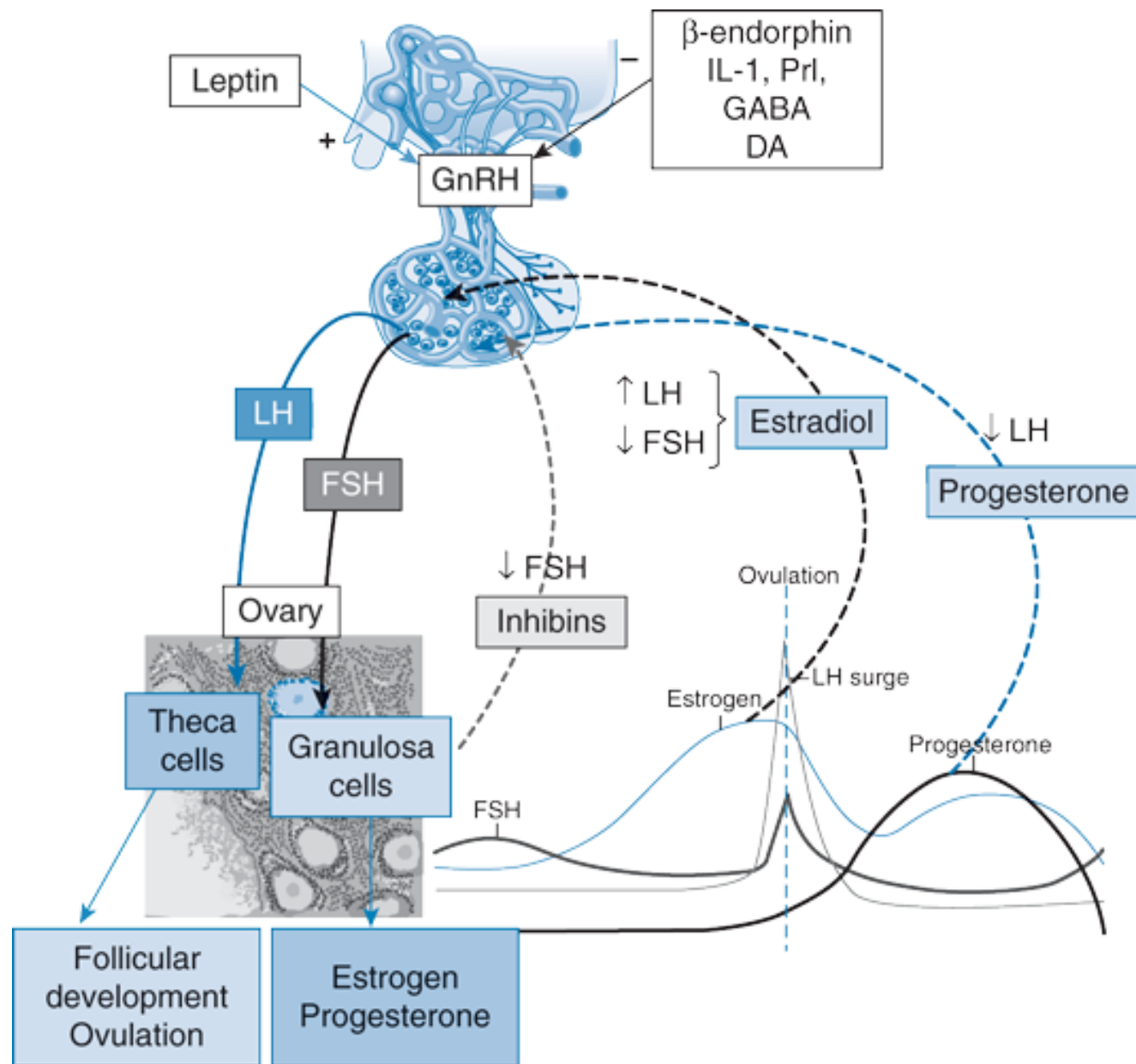


Nejohroženější skupinou jsou mladé sportovkyně

- 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)

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 pohybovou aktivitu (trénink)
- EA = Výslednou hodnotu vydělíme množstvím beztukové tělesné hmotnosti
- EA = Energetická dostupnost by dlouhodobě **neměla klesnout pod hodnotu 30 kcal/kg FFM (LBM), jinak hrozí změny v hodnotách hladin hormonů**

Příklad: výpočet EA

- Žena ve věku 25 let s výškou 170 cm a hmotností 65 kg
- BF % = 20 % → FFM 52 kg
- Aktuální energetický příjem: 2 000 kcal
- Výdej prostřednictvím tréninku: 600 kcal
- EA = 2 000 – 6 00
- 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

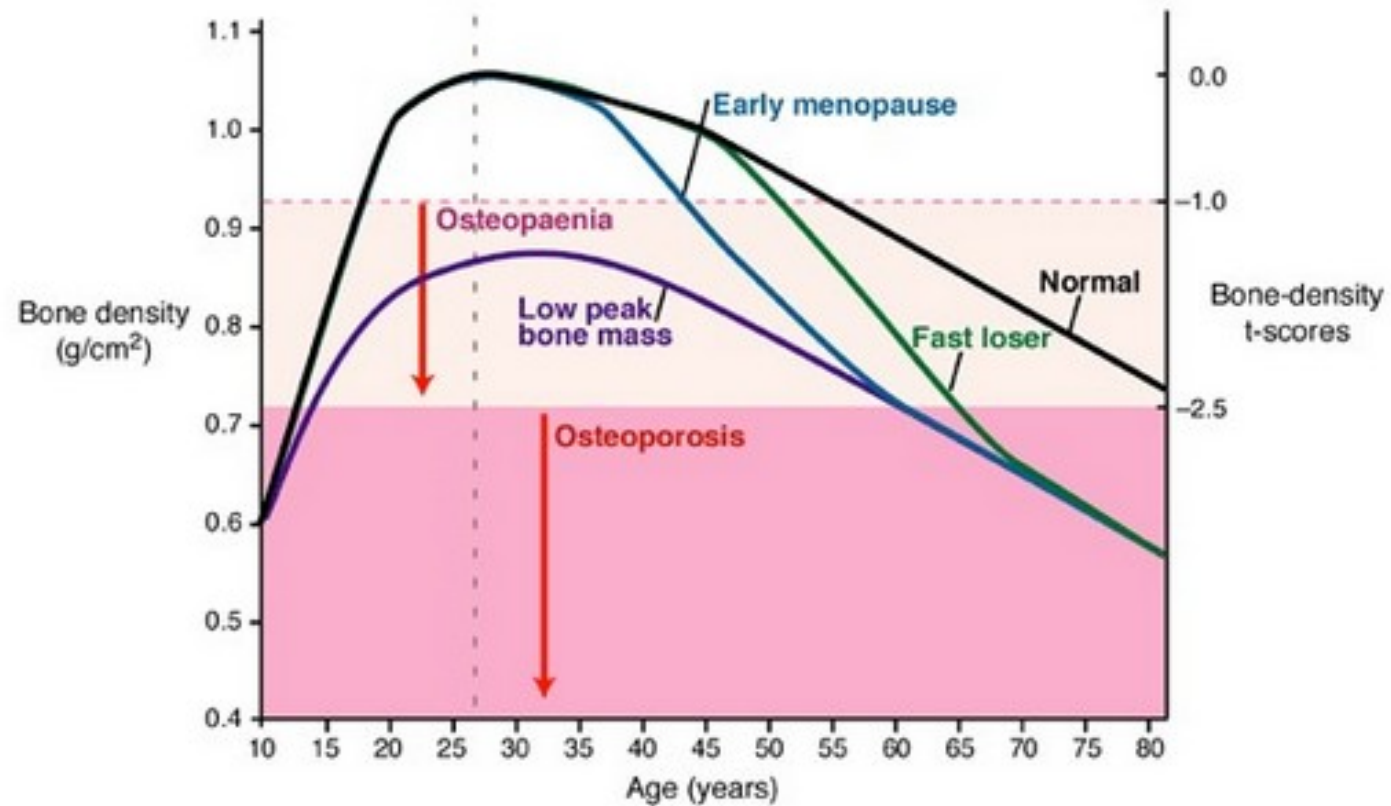
- Neplodnost (Nattiv et al., 2007)
- Nepravidelnost ovulace a z toho riziko nechtěného otěhotnění (Nattiv et al., 2007)
- Zhoršená funkce cévní stěny a zvýšené riziko vzniku chorob srdce a cév (Lieberman et al., 1994)
- Změny hodnot krevních lipidů (zvýšení „zlé“ LDL frakce cholesterolu) (Rickenlund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