

# Výživa ve sportu pro nutriční terapeuty

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

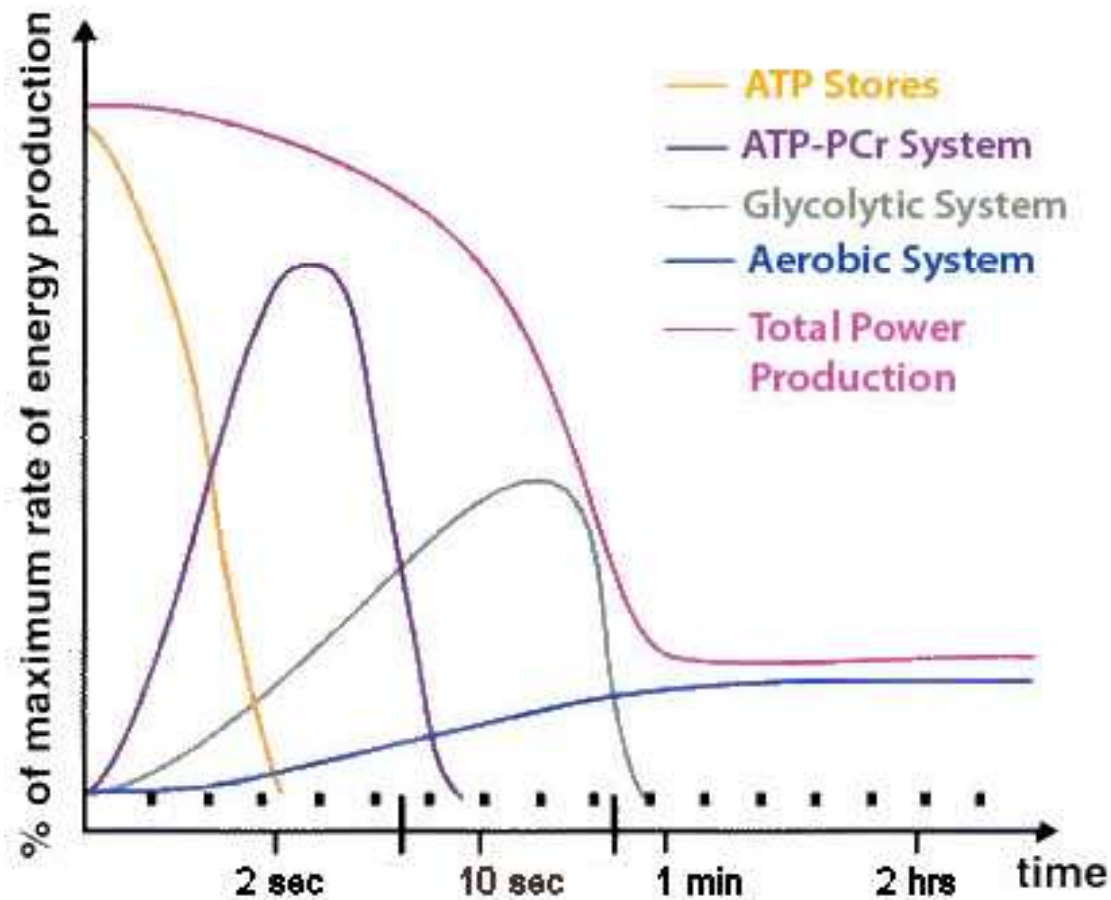
23.4.2018

# Obsah prezentace

- Energetické systémy a jejich zapojení během různých **druhů** a **intenzit** FA
- Využití různých energetických substrátů během FA: vliv na **hubnutí** a **výkon**?
- Potřeba energie a živin u **vytrvalostních sportů**
- Potřeba energie a živin u **technických sportů**
- Potřeba energie a živin u **silových sportů**
- Odkud čerpám **informace**?
- Nejpoužívanější **doplňky stravy** ve sportu (když zbyde čas 😊)

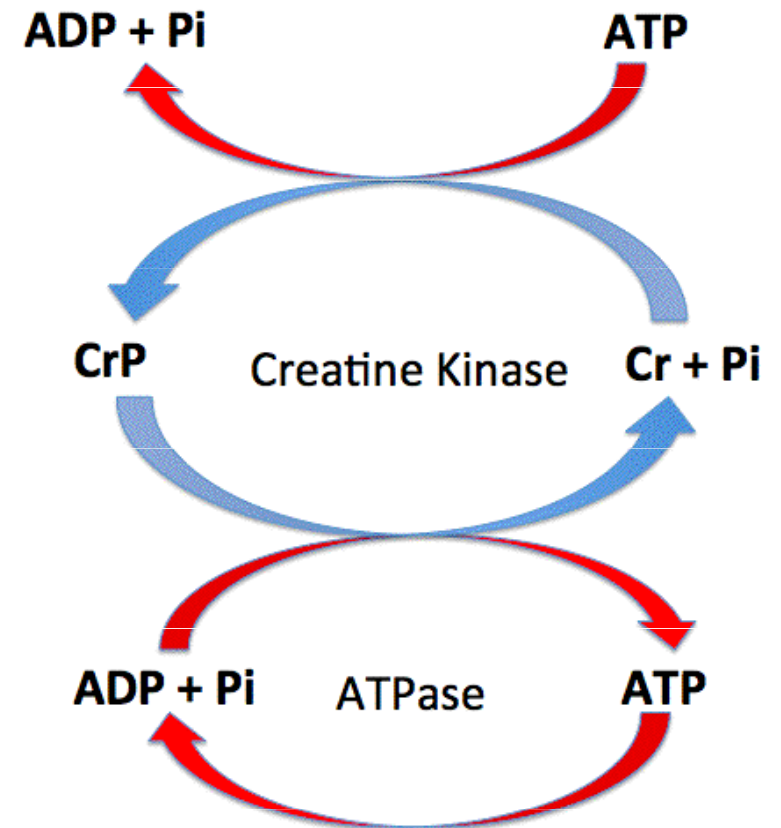
# Energetické systémy a jejich zapojení během FA

- Zásoby ATP (1–3 s)
- Kreatinfosfát (cca 10 s)
- Anaerobní glykolýza (cca 60 s)
- Aerobní získávání energie (teoreticky minuty až hodiny)



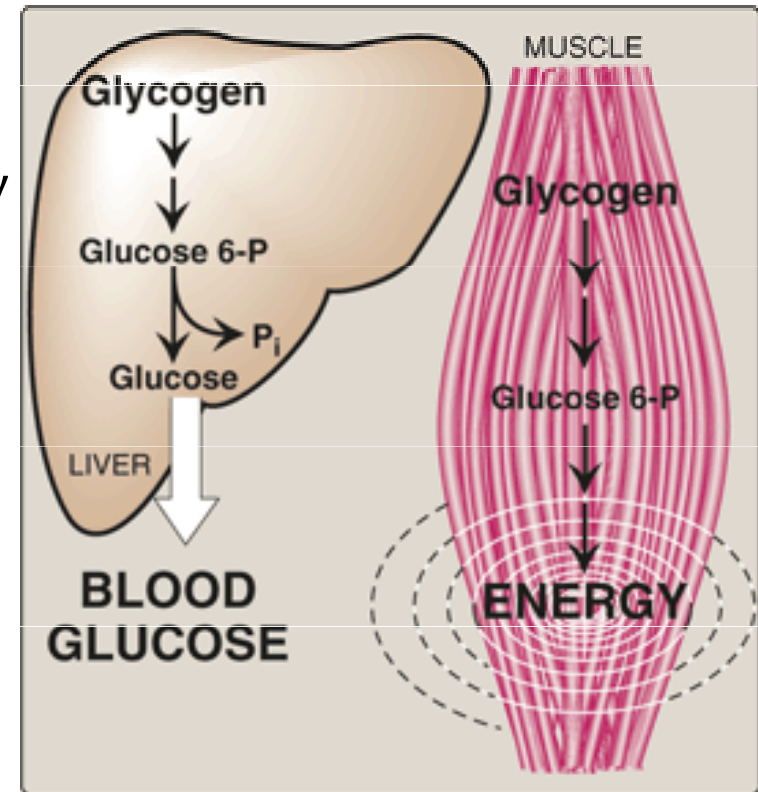
# System ATP-CR

- Zásoby ATP ve svalu → energie max. na cca 3 trvání výkonu
- Spotřebované ATP re-syntetizováno kreatinfosfátem (CP)
- Celkově tento systém zajišťuje asi prvních 10 s získávání energie
- Převažuje u rychlostních a silových sportů
- Dovoluje podat maximální krátkodobý výkon



# Anaerobní glykolýza

- Nejvíce se uplatňuje se u krátkých výkonů
- Výkony s nedostatečným zásobováním kyslíkem pro svaly
- Takové získávání energie spojeno s tvorbou laktátu
- Substráty pro tvorbu energie:
  - 1) Svalový glykogen
  - 2) Glukóza v plazmě
  - 3) Jaterní glykogen uvolňovaný do krve během FA

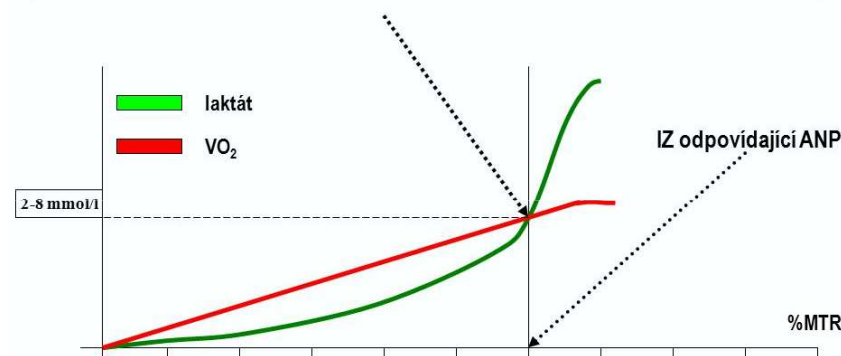


# Anaerobní glykolýza

- **Anaerobní práh:** nejvyšší dosažená úroveň rovnovážného stavu nalézající se na hranici aerobně-anaerobní zóny. Intenzita zátěže, při které je nastolena dynamická rovnováha mezi tvorbou a utilizací laktátu, nejčastěji 4 mmol/l
- U netrénovaných jedinců na úrovni 50–60 %  $\text{VO}_2$  max., u trénovaných cca 85 %  $\text{VO}_2$  max.
- Rychlostní sportovci dosahují hodnot laktátu 12–25 mmol/l
- Koncentrace laktátu v klidu 0,6–1,8 mmol/l
- **Co se děje s laktátem?**

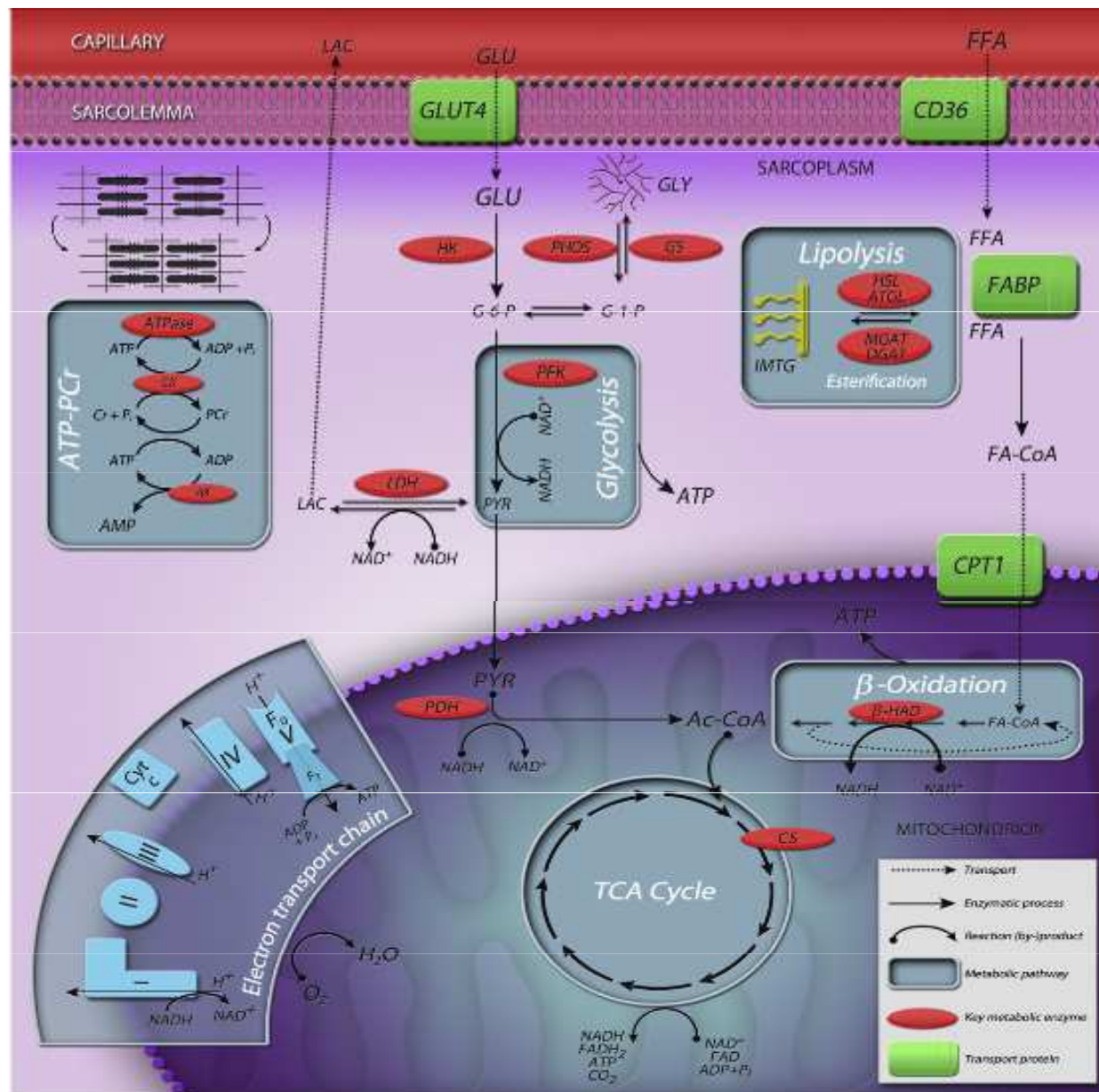
## „Anaerobní“ práh (ANP)

Intenzita, při které dochází k porušení dynamické rovnováhy mezi tvorbou a spotřebou laktátu  
(porušen maximální laktátový setrvalý stav)



# Aerobní získávání energie

- Charakterizován dostatečným přísunem kyslíku pro pracující svalové buňky
- Lze ovlivnit trénovaností (zejména vytrvalostní aktivity)
- Substráty pro tvorbu energie:
  - 1) Svalový glykogen
  - 2) Glukóza v plazmě
  - 3) Mastné kyseliny
  - 4) Aminokyseliny
- V jakém procesu se spalují mastné kyseliny?

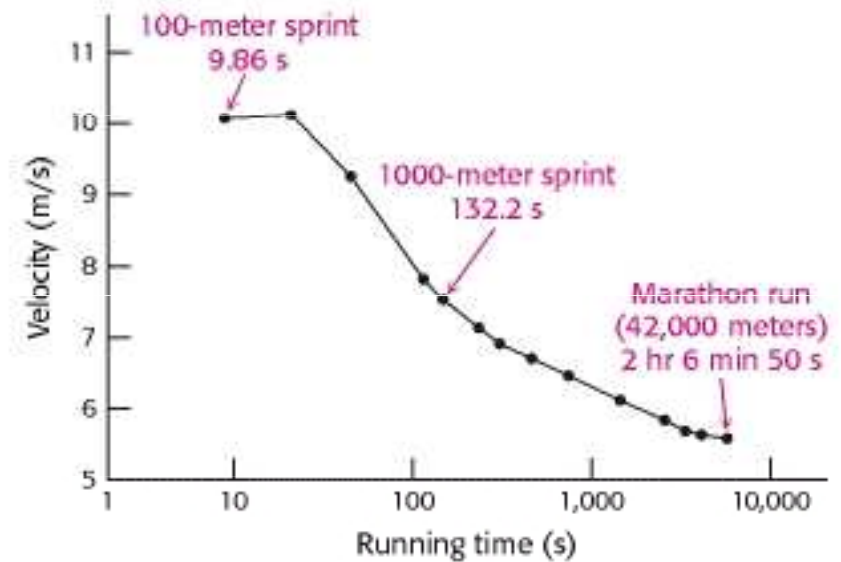




## Zásoby energetických substrátů: muž 80 kg (15 % tuku)

	Sacharidy	Bílkoviny	Tuky
Substráty (g)	Jaterní glykogen (cca 100 g)	Veškeré bílkoviny organismu (17 % TH)	Tuková tkáň (85 % tuku)
Substráty (g)	Svalový glykogen (cca 9–13 g/ kg svalu)	Plazmatické bílkoviny (cca 70 g)	Intramuskulární tuk
<b>Celkové zásoby (kJ)</b>	<b>Cca 500 g 8500 kJ</b>	<b>Cca 13–14 kg Cca 221 000 kJ</b>	<b>Cca 10,2 kg čistého tuku 387 000 kJ</b>
Zisk energie při oxidaci 1 l O <sub>2</sub>	21,1 kJ	18,8 kJ	19,6 kJ

# Rychlost získávání ATP z různých substrátů



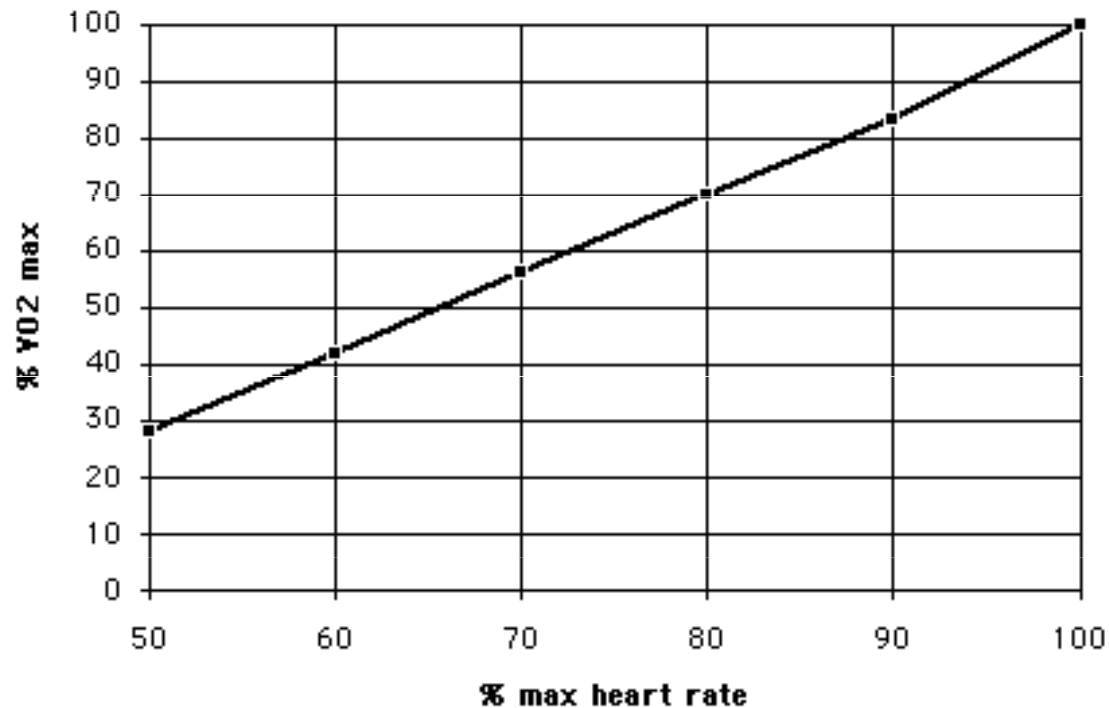
Fuel source	Maximal rate of <u>ATP</u> production (mmol/s)	Total ~P available (mmol)
Muscle <u>ATP</u>		223
Creatine phosphate	73.3	446
Conversion of muscle glycogen into lactate	39.1	6,700
Conversion of muscle glycogen into CO <sub>2</sub>	16.7	84,000
Conversion of liver glycogen into CO <sub>2</sub>	6.2	19,000
Conversion of adipose-tissue fatty acids into CO <sub>2</sub>	6.7	4,000,000

Note: Fuels stored are estimated for a 70-kg person having a muscle mass of 28 kg.

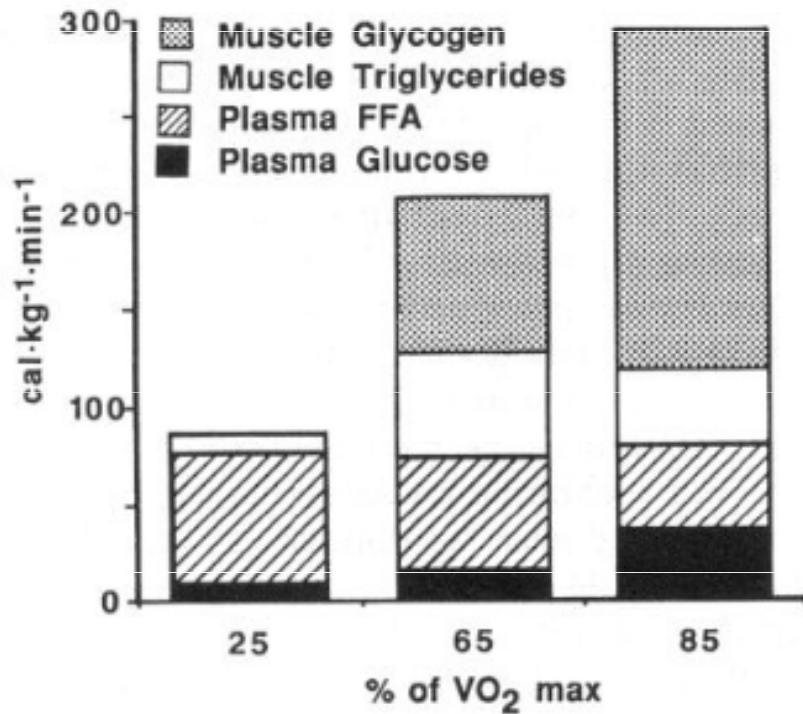
Source: After E. Hultman and R. C. Harris. In *Principles of Exercise Biochemistry*, J. R. Poortmans (Ed.). (Karger, 1988), pp. 78–119.

# Využití substrátů během FA různých intenzit

- Intenzita fyzické aktivity nejčastěji vyjádřena jako:
- **% TF max:** procento z maximální tepové frekvence
- **% VO<sub>2</sub> max:** procento z maximálního objemu spotřebovaného kyslíku během FA



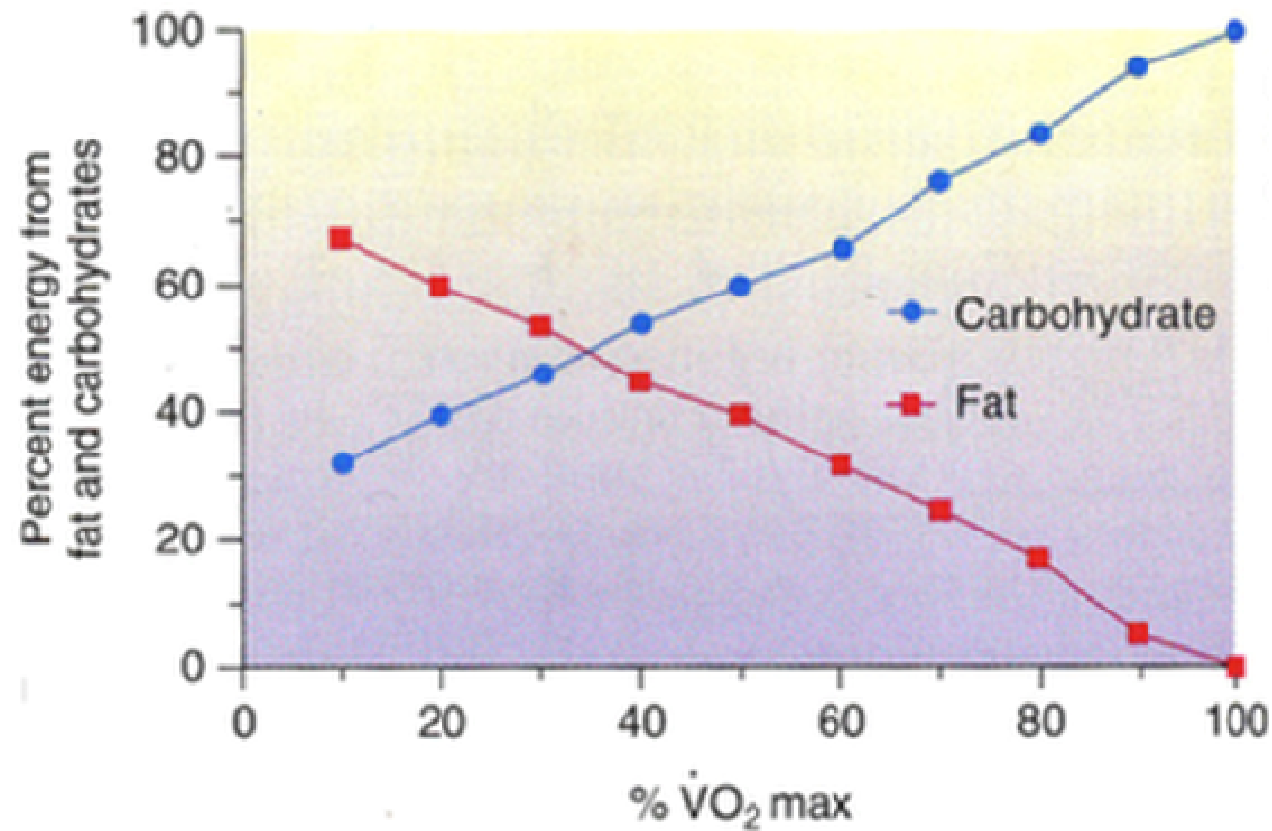
## Využití substrátů během FA různých intenzit, Romijn, 1993 (Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration)



Event	Duration	ATP-CP	GLYCOGEN		Triglyceride (fatty acid)
			Lactic	Aerobic	
100 m	10 sec.	53%	44%	3%	—
200 m	20 sec.	26%	45%	29%	—
400 m	45 sec.	12%	50%	38%	—
800 m	1 min. 45 sec.	6%	33%	61%	—
1,500 m	3 min. 40 sec.	—	20%	80%	—
5,000 m	13 min.	—	12.5%	87.5%	—
10,000 m	27 min.	—	3%	97%	—
Marathon	2 hr. 10 min.	—	—	80%	20%

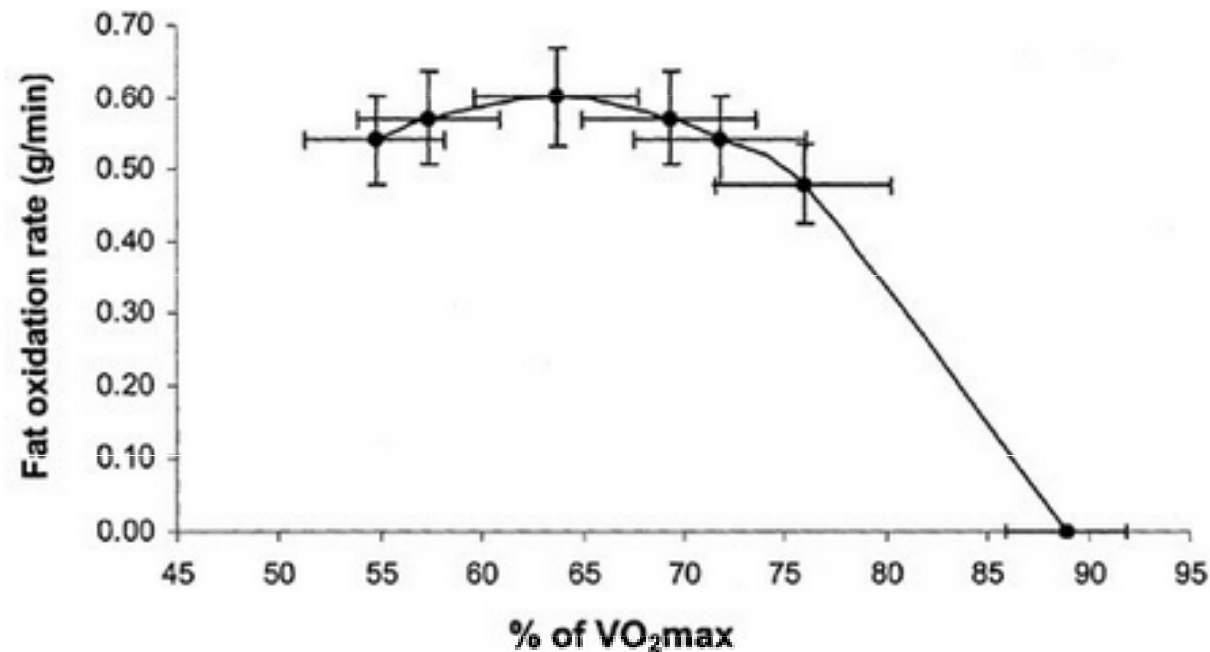
Sources: K.A. van Someren, 2006, The physiology of anaerobic endurance training. In *The physiology of training*, edited by G. Whyte (Oxford, UK: Elsevier), 88; E. Newsholme, A. Leech, and G. Dueter, 1994, *Keep on running: The science of training and performance* (West Sussex, UK: Wiley).

# Podíl energetických zdrojů v průběhu fyzické aktivity – hledisko intenzity



# Podíl energetických zdrojů v průběhu fyzické aktivity – hledisko intenzity

- Jeukendrup, 2004 (Regulation of Fat Metabolism in Skeletal Muscle)



# Hetlelid, 2015 (Rethinking the role of fat oxidation: substrate utilisation during high-intensity interval training in well-trained and recreationally trained runners)

## Abstract

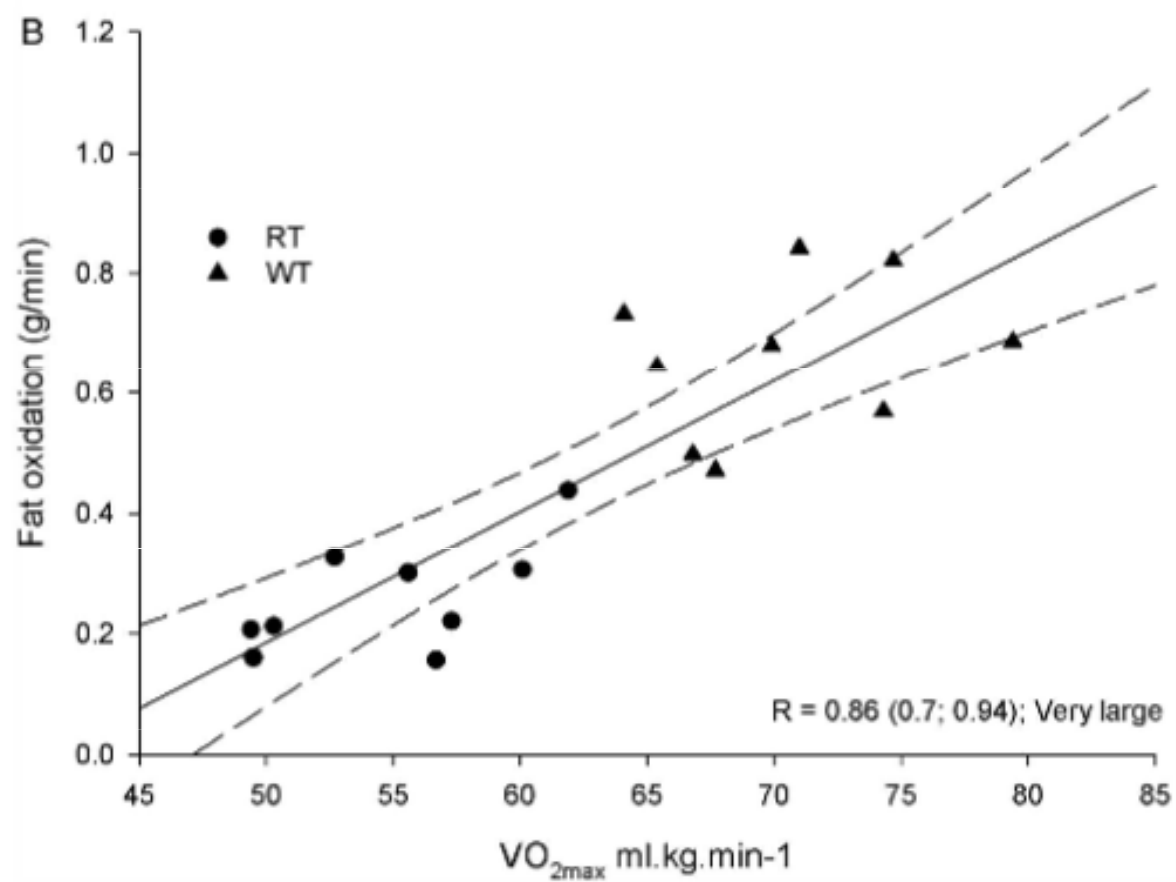
**Background** Although carbohydrate is the predominant fuel source supporting high-intensity exercise workloads, the role of fat oxidation, and the degree to which it may be altered by training status, is less certain.

**Methods** We compared substrate oxidation rates, using indirect calorimetry, during a high-intensity interval training (HIT) session in well-trained (WT) and recreationally trained (RT) runners. Following preliminary testing, 9 WT ( $\text{VO}_{2\text{max}}$   $71 \pm 5$  mL/min/kg) and 9 RT ( $\text{VO}_{2\text{max}}$   $55 \pm 5$  mL/min/kg) male runners performed a self-paced HIT sequence consisting of six, 4 min work bouts separated by 2 min recovery periods on a motorised treadmill set at a 5% gradient.

**Results** WT and RT runners performed the HIT session with the same perceived effort (rating of perceived exertion (RPE) =  $18.3 \pm 0.7$  vs  $18.2 \pm 1.1$ , respectively), blood lactate ( $6.4 \pm 2.1$  vs  $6.2 \pm 2.5$  mmol/L) and estimated carbohydrate oxidation rates ( $4.2 \pm 0.29$  vs  $4.4 \pm 0.45$  g/min; effect size (ES) 90% confidence limits (CL) =  $-0.19 \pm 0.85$ ). Fat oxidation ( $0.64 \pm 0.13$  vs  $0.22 \pm 0.16$  g/min for WT and RT, respectively) accounted for  $33 \pm 6\%$  of the total energy expenditure in WT vs  $16 \pm 6\%$  in RT most likely very large difference in fat oxidation (ES 90% CL =  $1.74 \pm 0.83$ ) runners. Higher rates of fat oxidation had a very large correlation with  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $r = 0.86$ ; 90% CI (0.7 to 0.94)).

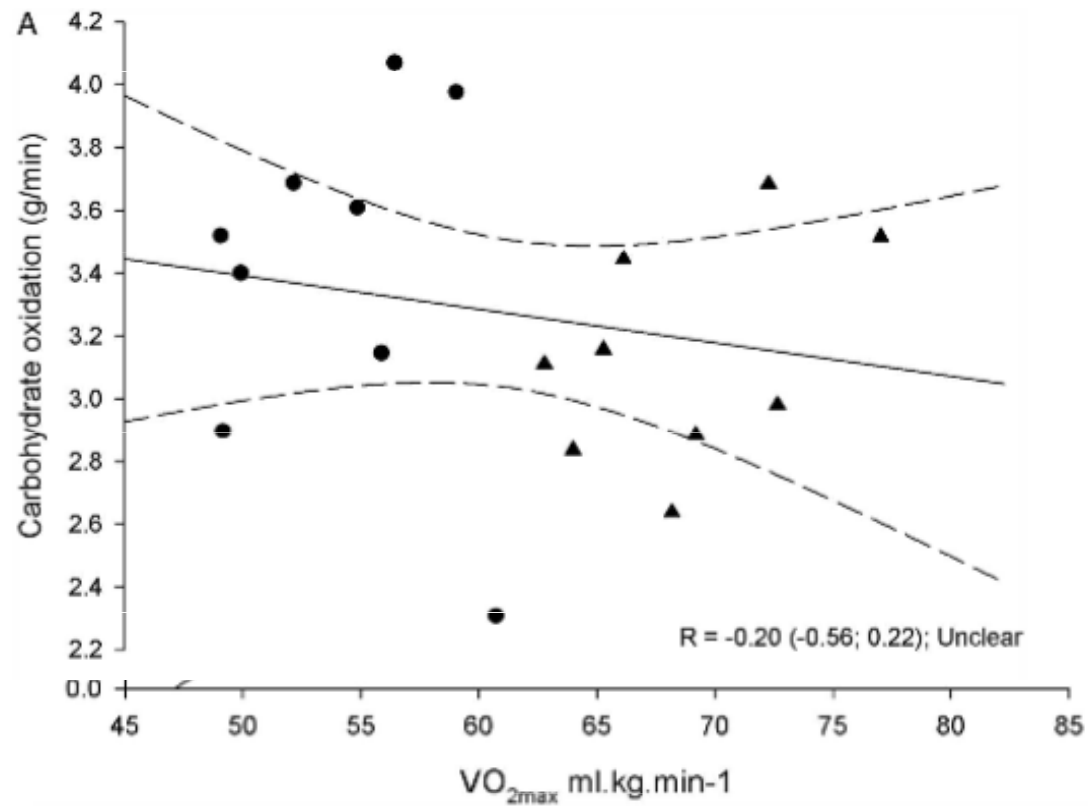
**Conclusions** Despite similar RPE, blood lactate and carbohydrate oxidation rates, the better performance by the WT group was explained by their nearly threefold higher rates of fat oxidation at high intensity.

# Hetlelid, 2015: Oxidace tuků během HIIT

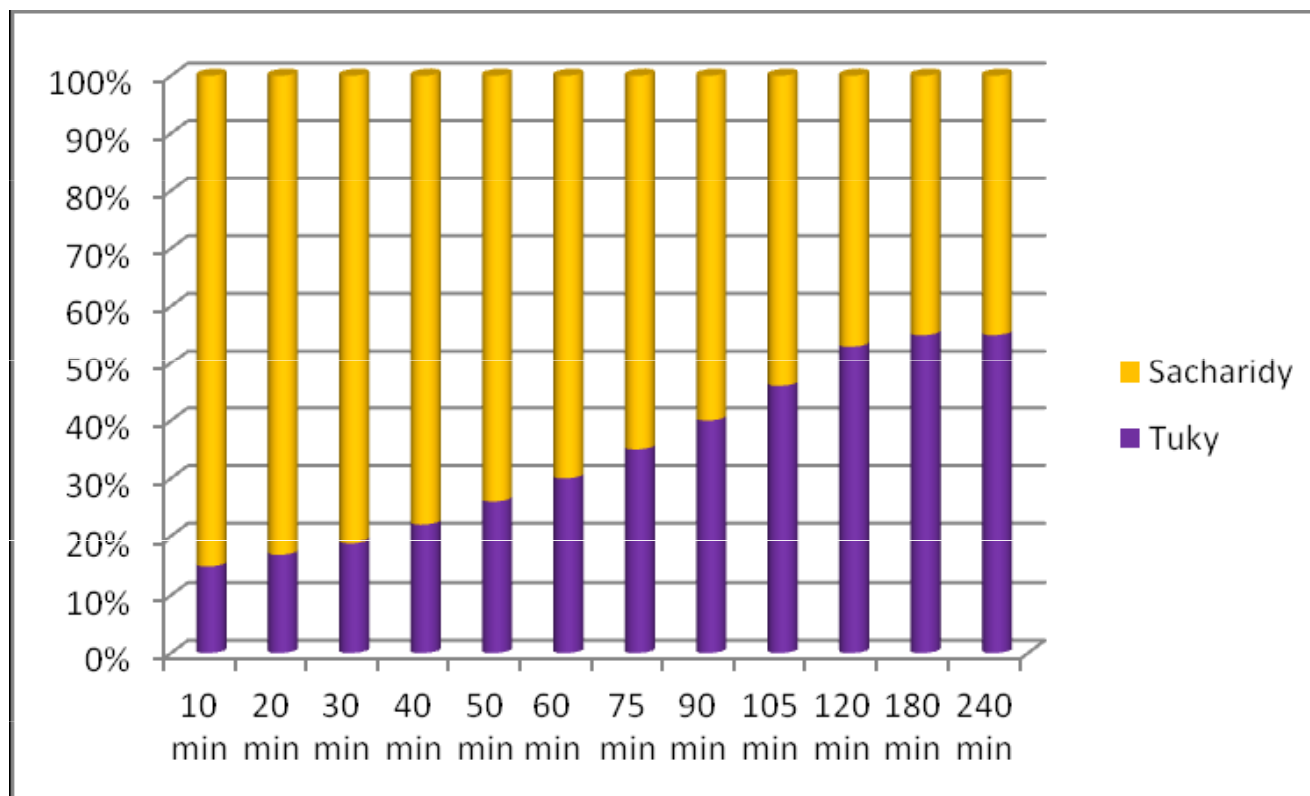




# Hetlelid, 2015: Oxidace sacharidů během HIIT



# Podíl energetických zdrojů v průběhu fyzické aktivity – hledisko času

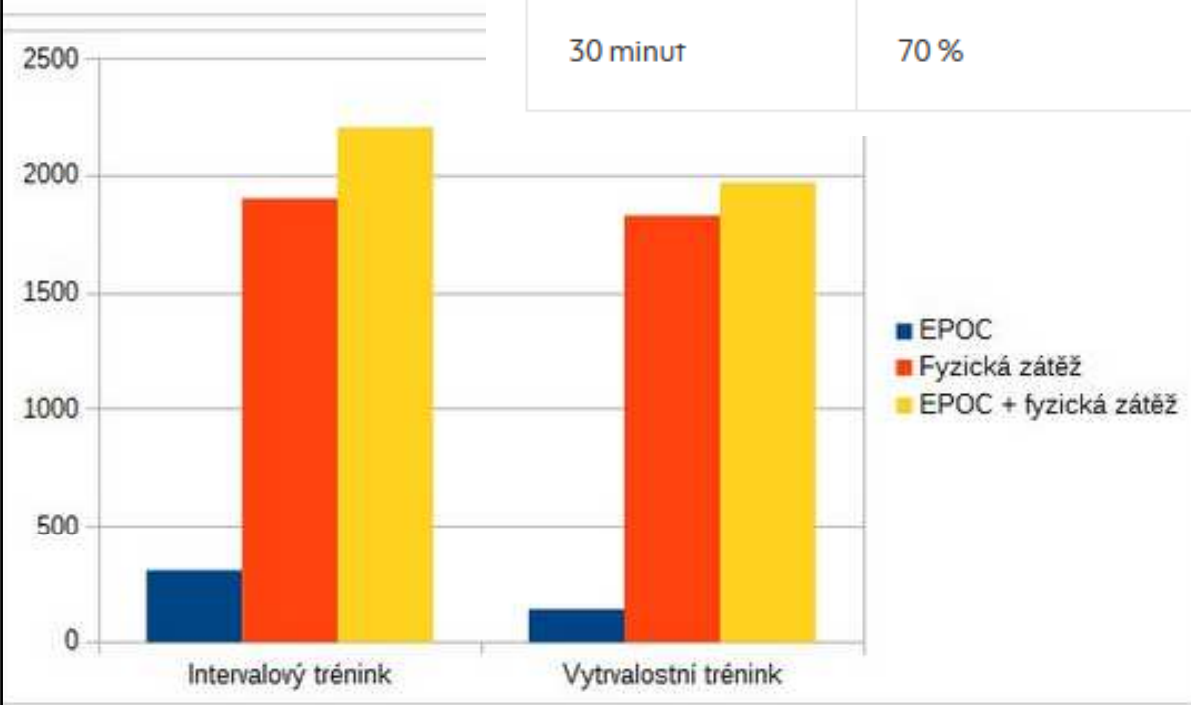


# EPOC aneb after-burn efekt

- EPOC: excess post-exercise oxygen consumption
- **Některé procesy v organismu zodpovědné a související s EPOC:**
- Metabolizace laktátu v játrech zpět na glukózu
- Odstranění dalších zplodin metabolismu vzniklých při svalové práci
- Doplnění svalového glykogenu
- Navrácení koncentrace iontů do fyziologických hodnot
- Navrácení koncentrace hormonů do fyziologických hodnot
- Zvýšená srdeční frekvence
- Zvýšený rozpad bílkovin a následná zvýšená proteosyntéza
- Zvýšená tělesná teplota

# Laforgia 2006, (Comparison of energy expenditure elevations after submaximal and supramaximal running)

Protokol zatížení	Intenzita (VO2max)	Trvání EPOC (hod)	EPOC	% energie EPOC / EPOC + samotná aktivita
20x1 minuta	105 %	9	268 kJ	11,9 %
30 minut	70 %	9	133 kJ	6,6 %

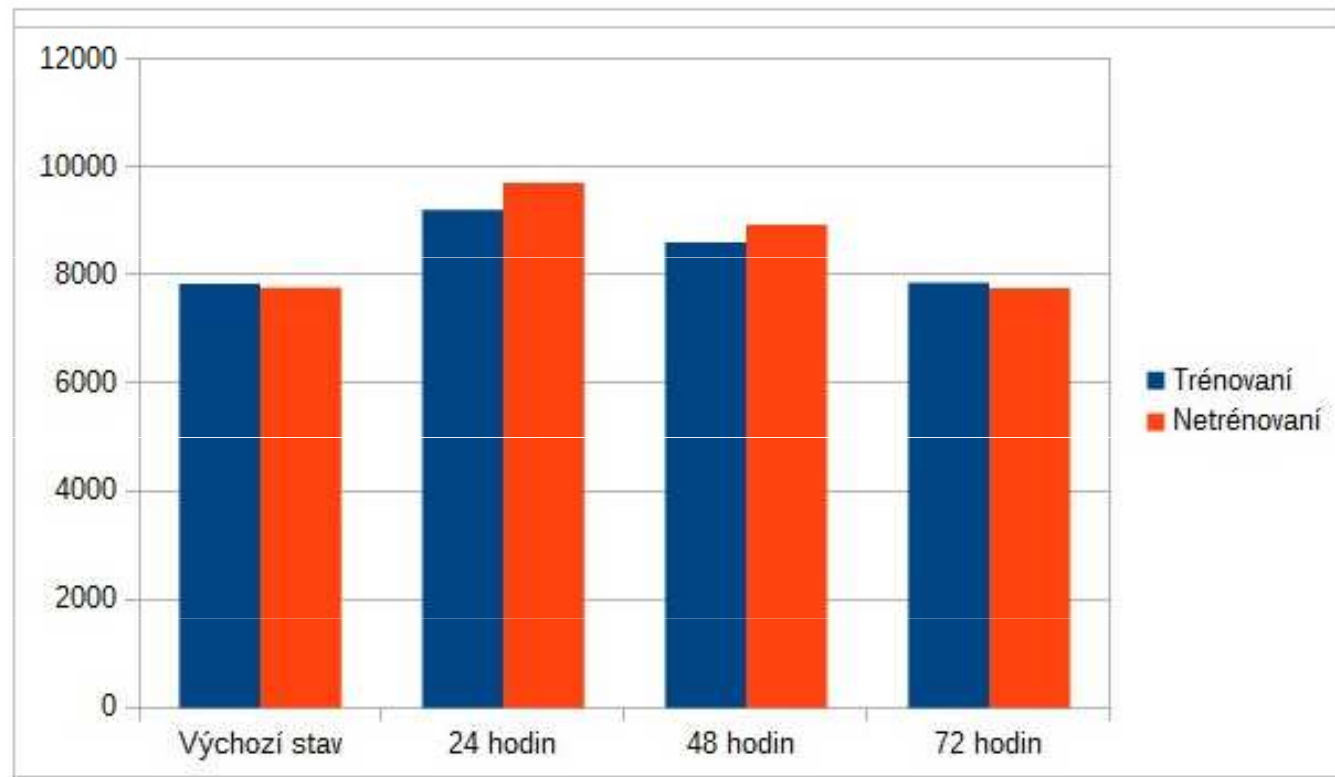


# Silový trénink a EPOC (navýšení RMR/BMR)

- Regenerace po FA, a to zejména odporového charakteru, může poměrně razantně zvyšovat BMR
- **Dolezal (2000), Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload.**
- Legpress (8x6) (pracovní váha 6RM)
- 4 sekundy trvající excentrická fáze pohybu
- 2 skupiny: trénovaní (TR) vs. netrénovaní (UN)

# Jak náročná může být regenerace silového tréninku?

- Po 24 hodinách od tréninku skupina TR ↑BMR o **15,1 %**, UN ↑BMR o **20,1 %**
- Po 48 hodinách od tréninku skupina TR ↑BMR o **9 %**, UN ↑BMR o **13,3 %**
- Zvýšená potřeba energie hrazena z tukových zásob
- Většina ostatních prací udává hodnoty kolem 10 % po dobu 24 hodin



# Další studie zkoumající EPOC po odporovém tréninku

Studie, rok publikace	Vzorek	Typ tréninku	Zvýšení BMR (RMR)
Schuenke, M., Mikat, R. & McBride, J. (2002) Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management	7 mužů	kruhový trénink obsahující cviky bench press, dřep a silové přemístění o 4 sériích po 10 opakování do selhání.	<b>Ještě 38 hodin po tréninku zvýšení RMR o 10 %</b>
Osterberg, K.L. & Melby, C.L. (2000) Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women	7 žen	10 cviků o 5 sériích se 70 % 1RM a 10–15 opakováními v sérii	<b>po 16 hodinách od tréninkové jednotky byl RMR zvýšen v průměru o 4,2 %</b>

**Egan, 2013 (Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation): zvýšení BMR do 10 % po dobu 24 hod**

# Využití tuků během výkonu aneb projeví se to v hubnutí?

- Mnoho jedinců se snaží zvýšit oxidaci mastných kyselin během FA a pozitivně tak ovlivnit hubnutí:
- 1) **Intenzita držena ve „fat burning zone“, jinak nespalujeme tuky!! 😊**
- 2) **Kardio nalačno**
  
- Mají tyto strategie reálně vliv na hubnutí?



# Melanson (2002), Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation

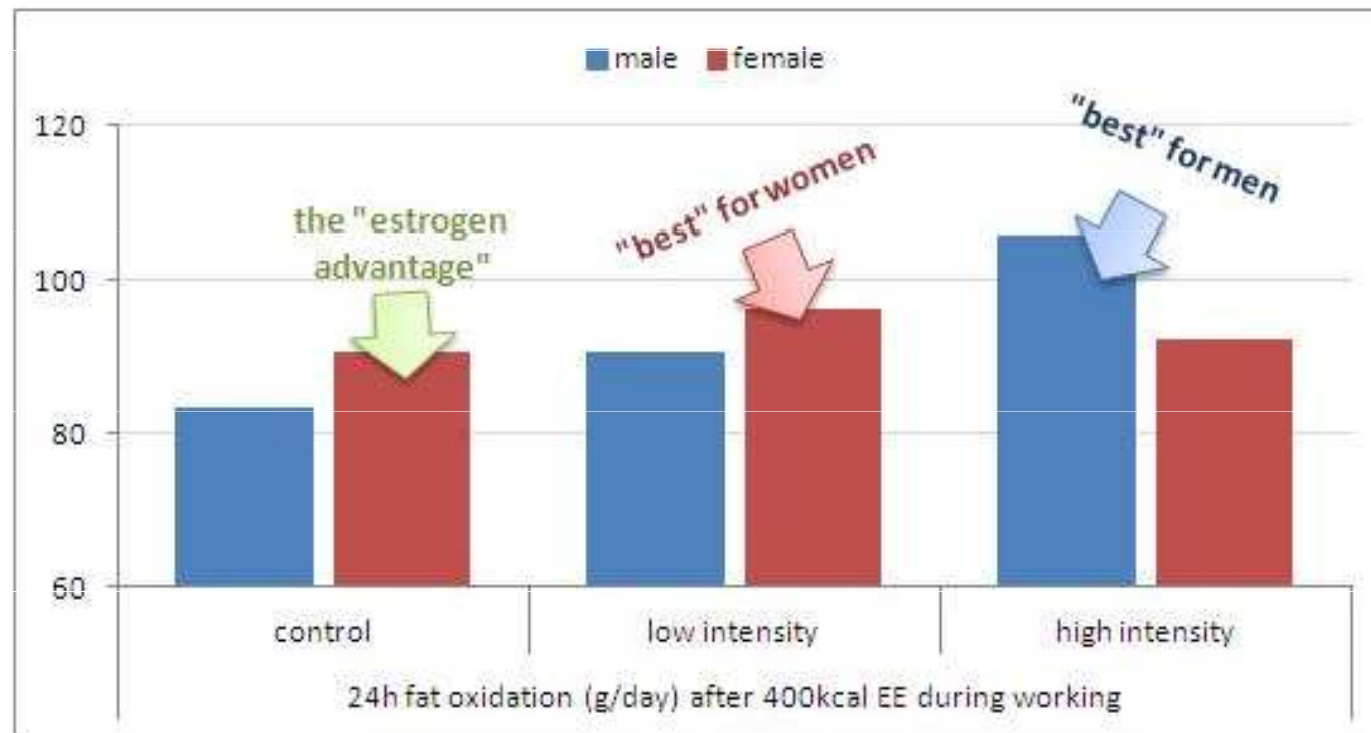
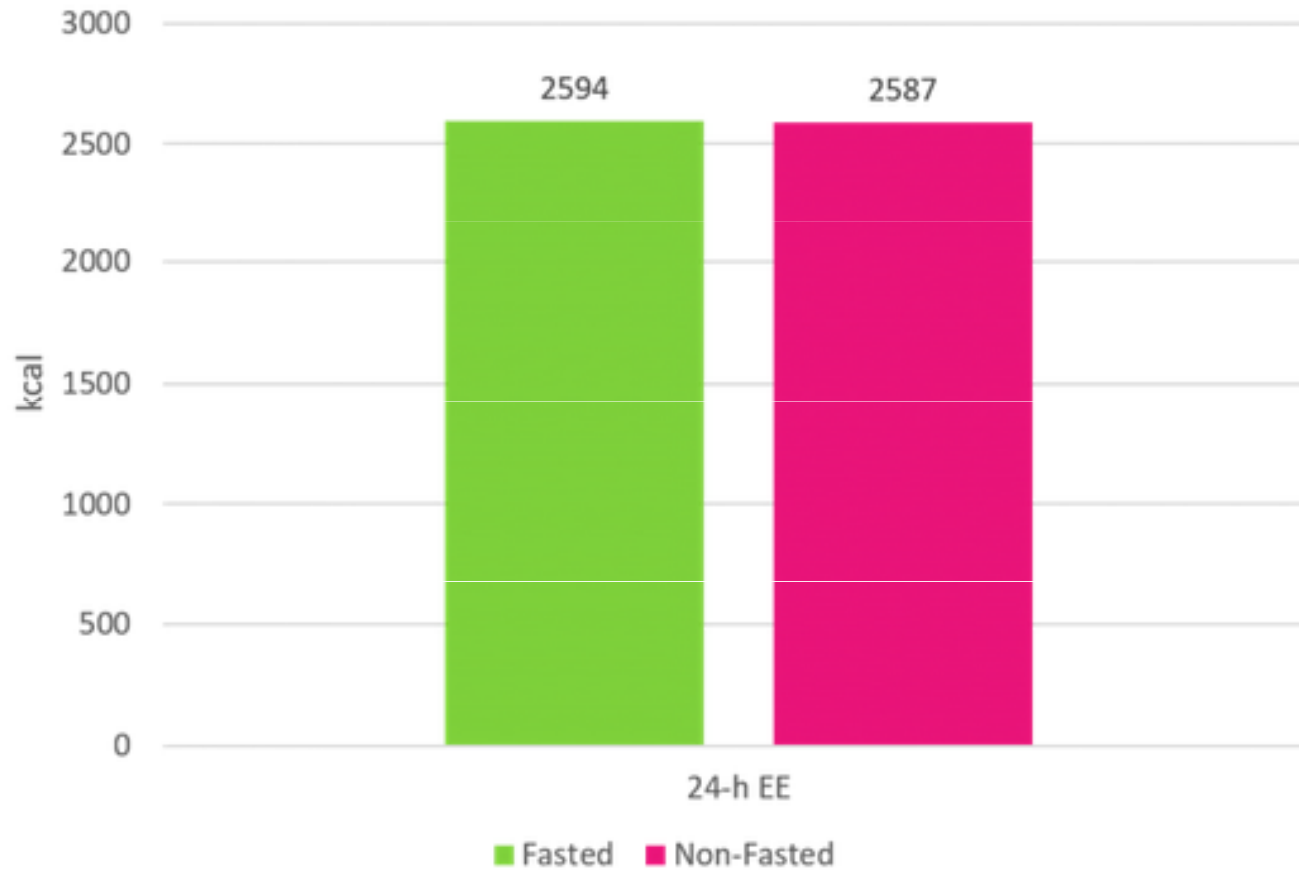
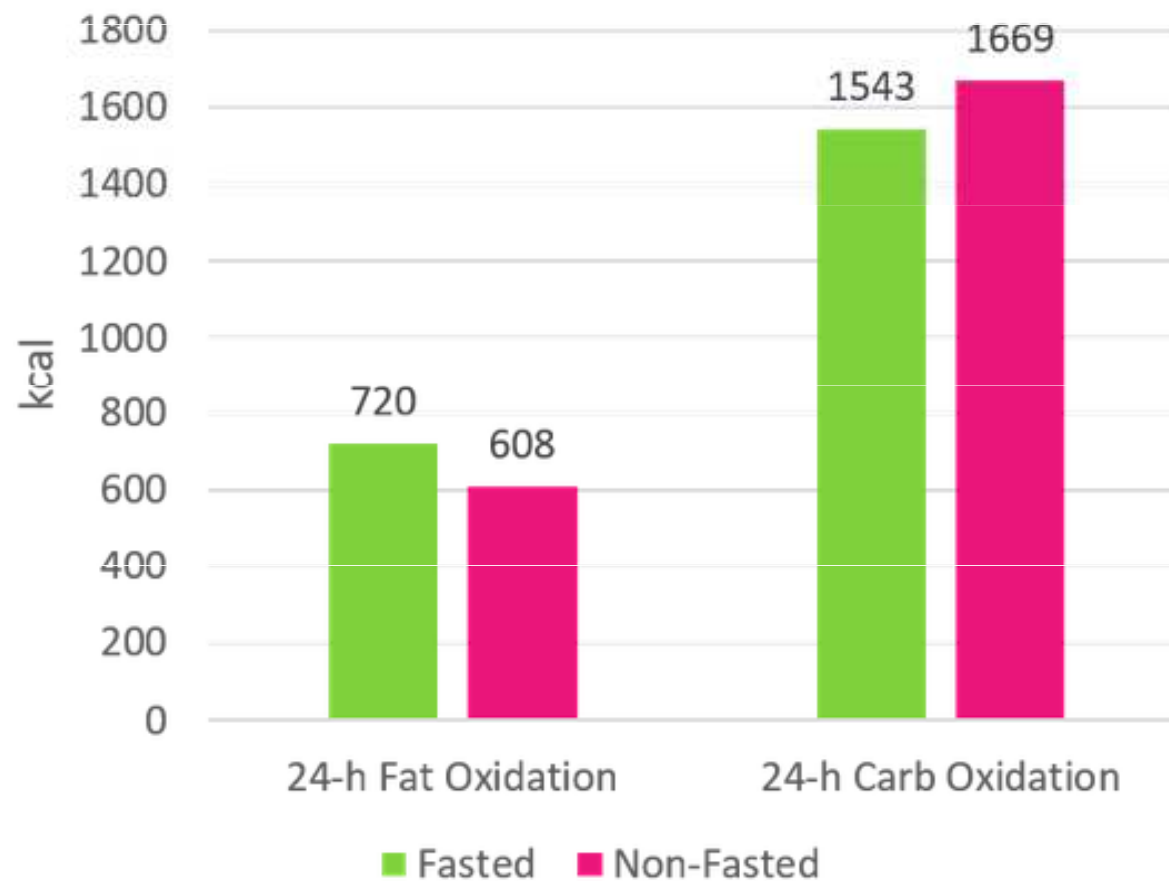


Figure 1: Fatty acid oxidation in male and female subjects in the 24h period after low (40%VO<sub>2</sub>Max) and high (70% VO<sub>2</sub>Max) intensity workouts with a matched energy expenditure of 400kcal; the data was measured in a metabolic chamber by Melanson et al. ten years ago (Melanson. 2002)

# Shimada (2013), Effects of post-absorptive and postprandial exercise on 24 h fat oxidation



# Shimada (2013), Effects of post-absorptive and postprandial exercise on 24 h fat oxidation



# Roepstortt (2005), Malonyl-CoA and carnitine in regulation of fat oxidation in human skeletal

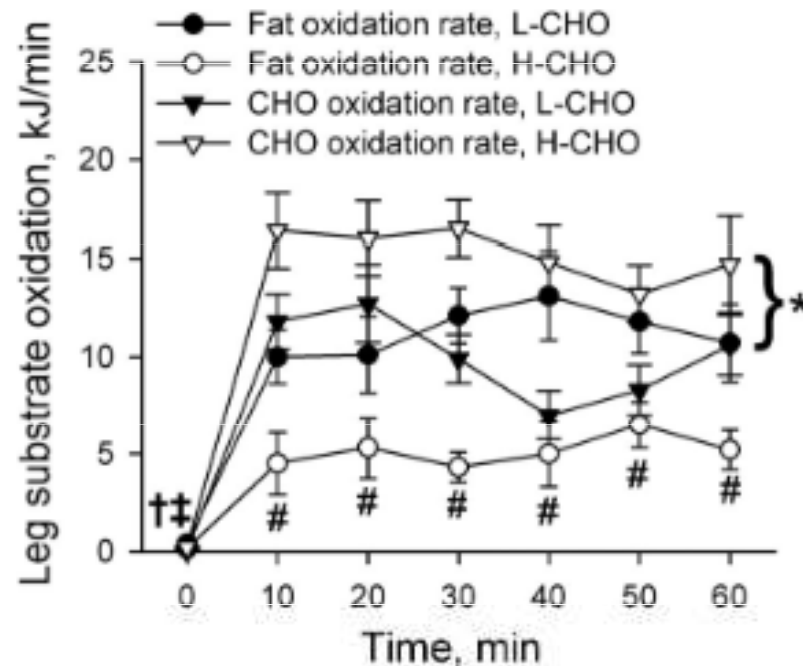


Fig. 2. Leg fat and carbohydrate (CHO) oxidation rates at rest and during 60 min of bicycle exercise at 65% peak  $\dot{V}O_{2\text{ peak}}$  with L-CHO or H-CHO. \*Main effect of condition on CHO oxidation,  $P < 0.01$ . #Fat oxidation different from L-CHO,  $P < 0.001$ . †CHO oxidation different from exercise in both conditions,  $P < 0.001$ . ‡Fat oxidation different from exercise in L-CHO ( $P < 0.001$ ) and H-CHO ( $P < 0.05$ ).

# Využití tuků během výkonu aneb projeví se to v hubnutí?

- Během FA jsou využívány různé energetické substráty: **jaké?**
- Využití těchto substrátů je dáno:
  - 1) Intenzitou zátěže
  - 2) Délkou zátěže
  - 3) Trénovaností
  - 4) Pohlavím
  - 5) Denní dobou
  - 6) Výživou

# Využití tuků během výkonu aneb projeví se to v hubnutí?

## Verdikt

- Ačkoliv manipulací s uvedenými faktory lze docílit relativně vyššího využití MK jako zdroje energie, tím hlavním určovatelem hubnutí je energetická bilance, nikoliv využití energetických substrátů během FA
- **Kardio nalačno, ani držení tepové frekvence pro maximální využití tuku jako zdroje energie nepovedou k efektivnějšímu hubnutí**
- **Evidence based tipy:**
  - 1) FA vykonávejte v tu denní dobu, kdy je vám to příjemné
  - 2) FA vykonávejte takovým způsobem, který vám dovolí spálit co nejvíce energie
  - 3) After-burn efekt u HIIT je přeceňovaný
  - 4) Odporový trénink může vést k poměrně dlouhotrvajícímu znatelnému zvýšení BMR

# Využití MK a sacharidů a vliv na maximální výkon

- „Tuk hoří v plameni sacharidů“
- Vyšší využití MK během výkonu a relativní šetření glykogenem → možná konkurenční výhoda na konci závodu pro finiš (glykogen umožní intenzivnější výkon než MK)
- Stále zvyšující se obliba „low-carb“ nebo „keto diet“ ve sportu
- **Vede vyšší oxidace „tuku“ během FA opravdu k lepším výkonům?**

# „Alternativní přístupy k příjmu tuku“, aneb low-carb, high-fat, keto?

- Někteří sportovci preferují jako hlavní zdroj energie pro výkon tuky
- **Low-carb a keto** stravování a jejich vliv na výkon **se studuje spíše u vytrvalostních sportovců s různými výsledky**
- **Chang, 2017 (Low-Carbohydrate-High-Fat Diet: Can it Help Exercise Performance?)**
- **Low-carb a keto** stravování a jejich vliv na **silový výkon velmi málo studií**
- V literatuře **neexistuje jednotný konsenzus, jak definovat low-carb stravování**



# Definice low-carb-high-fat diety

- **Co je vůbec považováno za „low-carb“?**
- **Acceptable Macronutrient Distribution Range (USDA, 2015)**
- **Sacharidy: 45–65 %, nižší příjem low-carb?**
  
- **Low-carbohydrate diets: a matter of love or hate (Frigolet, 2011)**
- **Low-carb pod 40 % CEP**
- Příjem sacharidů pod 200 g za den
  
- **Low-carbohydrate nutrition and metabolism (Westman, 2007)**
- **Low-carb příjem sacharidů 50–150 g za den**

## Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: a randomized-sequence crossover trial.

Wroble KA<sup>1</sup>, Trott MN<sup>1</sup>, Schweitzer GG<sup>1,2</sup>, Rahman RS<sup>1</sup>, Kelly PV<sup>3</sup>, Weiss EP<sup>4,3</sup>.

### Author information

#### Abstract

**BACKGROUND:** Low-carbohydrate, ketogenic diets cause mild, sub-clinical systemic acidosis. Anaerobic exercise performance is limited by acidosis. Therefore, we evaluated the hypothesis that a low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance, as compared to a high-carbohydrate diet

**METHODS:** Sixteen men and women (BMI, 23±1 kg/m<sup>2</sup>, age 23±1 yr) participated in a randomized-sequence, counterbalanced crossover study in which they underwent exercise testing after four days of either a low-carbohydrate, ketogenic diet (LC; <50 g/day and <10% of energy from carbohydrates) or a high-carbohydrate diet (HC; 6-10 g/kg/day carbohydrate). Dietary compliance was assessed with nutrient analysis of diet records, and with measures of urine pH and ketones. Anaerobic exercise performance was evaluated with the Wingate anaerobic cycling test and the yo-yo intermittent recovery test.

**RESULTS:** The diets were matched for total energy (LC: 2333±158 kcal/d; HC: 2280±160 kcal/d; p=0.65) but differed in carbohydrate content (9±1 vs. 63±2% of energy intake; p<0.001). LC resulted in lower urine pH (5.9±0.1 vs. 6.3±0.2, p=0.004) and the appearance of urine ketones in every participant. LC resulted in 7% lower peak power (801±58 vs. 857±61 watts, p=0.008) and 6% lower mean power (564±50 vs. 598±51 watts, p=0.01) during the Wingate test. Total distance ran in the yo-yo intermittent recovery test was 15% less after LC diet (887±139 vs. 1045±145 meters, p=0.02).

**CONCLUSIONS:** Short-term low-carbohydrate, ketogenic diets reduce exercise performance in activities that are heavily dependent on anaerobic energy systems. These findings have clear performance implications for athletes, especially for high-intensity, short duration activities and sports.

# Burke (2017), Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers

Dietary intervention:  
HCHO: 8.6 g.kg<sup>-1</sup> CHO, 2.1 g.kg<sup>-1</sup> PROTEIN, 1.2 g.kg<sup>-1</sup> FAT  
PCHO: 8.3 g.kg<sup>-1</sup> CHO, 2.2 g.kg<sup>-1</sup> PROTEIN, 4.7 g.kg<sup>-1</sup> FAT  
LCHF: <50 g.d<sup>-1</sup> CHO, 2.2 g.kg<sup>-1</sup> PROTEIN, 1.2 g.kg<sup>-1</sup> FAT

**Abstract** We investigated the effects of adaptation to a ketogenic low carbohydrate (CHO), high fat diet (LCHF) during 3 weeks of intensified training on metabolism and performance of world-class endurance athletes. We controlled three isoenergetic diets in elite race walkers: high CHO availability (g kg<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>: 8.6 CHO, 2.1 protein, 1.2 fat) consumed before, during and after training (HCHO, *n* = 9); identical macronutrient intake, periodised within or between days to alternate between low and high CHO availability (PCHO, *n* = 10); LCHF (< 50 g day<sup>-1</sup> CHO; 78% energy as fat; 2.1 g kg<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> protein; LCHF, *n* = 10). Post-intervention,  $\dot{V}_{O_{2peak}}$  during race walking increased in all groups (*P* < 0.001, 90% CI: 2.55, 5.20%). LCHF was associated with markedly increased rates of whole-body fat oxidation, attaining peak rates of 1.57 ± 0.32 g min<sup>-1</sup> during 2 h of walking at ~80%  $\dot{V}_{O_{2peak}}$ . However, LCHF also increased the oxygen (O<sub>2</sub>) cost of race walking at velocities relevant to real-life race performance: O<sub>2</sub> uptake (expressed as a percentage of new  $\dot{V}_{O_{2peak}}$ ) at a speed approximating 20 km race pace was reduced in HCHO and PCHO (90% CI: -7.047, -2.55 and -5.18, -0.86, respectively), but was maintained at pre-intervention levels in LCHF. HCHO and PCHO groups improved times for 10 km race walk: 6.6% (90% CI: 4.1, 9.1%) and 5.3% (3.4, 7.2%), with no improvement (-1.6% (-8.5, 5.3%)) for the LCHF group. In contrast to training with diets providing chronic or periodised high-CHO availability, and despite a significant improvement in  $\dot{V}_{O_{2peak}}$ , adaptation to the topical LCHF diet negated performance benefits in elite endurance athletes, in part due to reduced exercise economy.

## Burke (2017), vliv na spotřebu kyslíku:

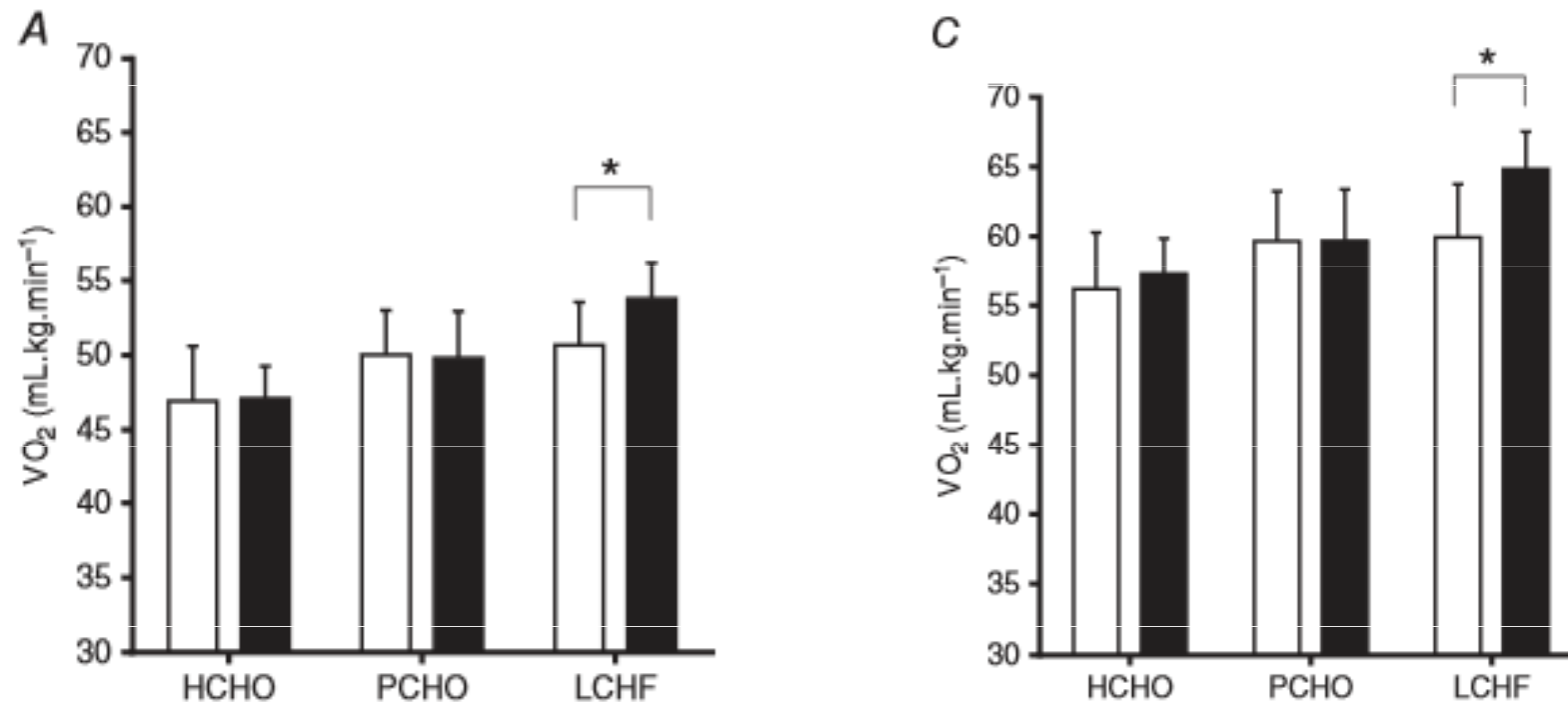


Figure 2. Oxygen uptake during graded economy test at second stage approximating 50 km race speed (A,  $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$  and B, %  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ ) and fourth stage approximating 20 km race speed (C,  $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$  and D, %  $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ ) in elite race walkers pre- and post-3 weeks of intensified training and high carbohydrate availability (HCHO,  $n = 9$ ), periodised carbohydrate availability (PCHO,  $n = 10$ ), or ketogenic low carbohydrate, high fat (LCHF,  $n = 10$ ) diets  
\*Significantly different from pre-treatment ( $P < 0.01$ ).

# Burke (2017), vliv na čas závodu

In conclusion, the results of the present study showed that despite achieving substantial increases in the capacity for fat oxidation during intense exercise, chronic adaptation to a ketogenic low-CHO, high fat diet impaired exercise economy and negated the transfer of training-induced increases in aerobic capacity into improved performance of a real-life endurance event in elite athletes. In contrast, training with a diet rich in carbohydrate and which provided either high or periodised carbohydrate availability around training sessions was associated with improved race outcomes.

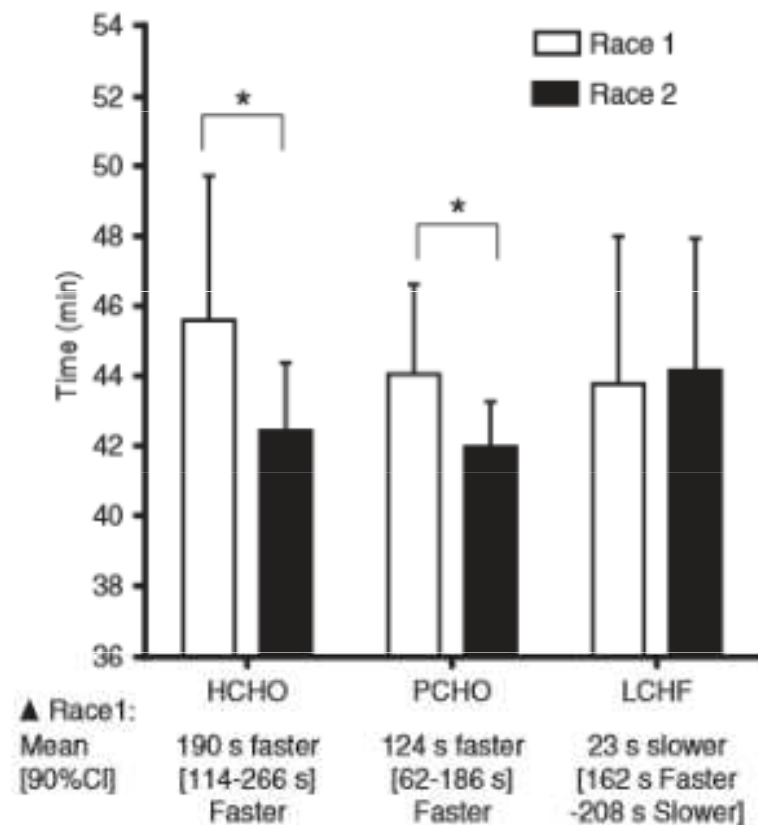


Figure 4. Race times for IAAF sanctioned 10 km race walk events in elite race walkers undertaken pre- (Race 1) and post- (Race 2) 3 weeks of intensified training and high carbohydrate availability (HCHO,  $n = 9$ ), periodised carbohydrate availability (PCHO,  $n = 8$ ), or ketogenic low carbohydrate, high fat (LCHF,  $n = 9$ ) diets  
\*Significantly different from pre-treatment ( $P < 0.01$ ).

# Využití MK a sacharidů a vliv na maximální výkon

## Verdikt

- Výživové postupy postavené na nižším příjmu sacharidů a vyšším příjmu tuků logicky povedou k vyšší utilizaci MK během výkonu („co taky svalům jiného zbývá? 😊“)
- Při vyšších intenzitách zatížení však nedostatek sacharidů bude snižovat maximální výkon („tuky nebudou stačit pokrývat potřebu energie, je na ně třeba více kyslíku, aby byly oxidovány, jejich oxidace je pomalejší“)
- Při nízkých intenzitách zatížení (např. ultramaratonci) tento problém nemusí být tolik patrný, např. **Volek (2016) Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners.**
- ***V současné době neexistují důkazy o tom, že by byly High-fat diety lepší volbou pro podporu sportovního výkonu ve srovnání s High-carb dietami***

# Dělení sportů

- **Rychlostní a silové sporty:**
- Sprinty, lední hokej, veslování, kanoistika, americký fotbal, box, fitness, sportovní gymnastika, vzpírání...
- **Technické sporty:**
- Stolní tenis, balet, tanec, skoky na lyžích...
- **Vytrvalostní sporty:**
- Běhy na dlouhé tratě, cyklistika, běh na lyžích, biatlon, triatlon...

# Proč by měli sportovci dbát o svoji výživu?

- Zlepšení výkonu
- Podpora regenerace
- Zlepšení tělesného složení
- Prevence zranění
- Prevence chorob
- Výživa sportovce by neměla být postavená proti základním výživovým doporučením pro běžnou populaci



# Vytrvalostní sporty: potřeba živin a energie

- **Energetická potřeba:** Obecně obtížně definovatelná, velké rozdíly
  - Muži: 3500–5000 kcal
  - Ženy: 2500–3500 kcal
- **Živiny:** Nutná kompenzace velkého EV → ↑ příjem
  - **S:** 8–12 g/kg
  - **B:** 1,3–1,7 g/kg
  - **T:** 1,0–1,2 g/kg
  - Tekutiny (horké a vlhké počasí)

# Vytrvalostní sporty: nutrient timing

- **Výživa před výkonem:** Lehce stravitelná ( $\uparrow$  množství S se středním až nižším GI) a malé množství B
- Dostatečný příjem tekutin
- **Výživa v průběhu výkonu:** iontové nápoje, energetické gely, sacharidové tyčinky, ovoce, **BCAA?**
- Důležité správné načasování i složení
- **Výživa po výkonu:**
  - **1. tekutá: proteino–sacharidový koktejl:** co nejdříve po výkonu a s vysokým GI
  - **S:B poměr 3–4:1, cca 1 g/kg S + 0,25 g/kg B (20–40 g)**
  - **Obnova glykogenových zásob ve 2 fázích:** Jentjens, 2003 (Determinants of Post-Exercise Glycogen Synthesis During Short-Term Recovery)
    - 1) Velmi rychlá do 60 min. po zátěži
    - 2) Pomalejší 24 h. po zátěži
  - **2. tuhá strava: vysoký obsah S a střední obsah B**

# Závodní den (z pohledu S)

- 1) Doplnění S před výkonem (3–4 hod.): individuální (metabolismus, citlivost k inzulínu...)
- 2) Vstup do aktivity s vyšší glykemií → snížená závislost na svalovém glykogenu
- 3) Pozor na vysoké dávky rychlých S těsně (45 – 30 min.) před výkonem – zvýšení hladiny inzulínu → snížení využívání MK → svaly závislé na S → hypoglykémie
- 4) Příjem S cca 5 min. před výkonem neovlivní vyplavení inzulínu → nástup adrenalinu
- 5) S při výkonu šetří svalový glykogen (u aktivit nad 30 min.) – lépe dodávat v menších dávkách a častěji; po cca 1 hod. S ve formě gelu, ovoce, tyčinky... + nápoj, možnost BCAA
- 6) po závodu začátek rychlého doplňování svalového glykogenu (předešlý slajd)

# Pitný režim

- Sportovní aktivita → ztráta tekutin
  - Pot
  - Moč
  - Stolice
  - Vydechovaný vzduch
  - Vypařování kůží
- 
- Základní potřeba 30–45 ml/kg TH

# Pitný režim

- Ztráty tekutin ovlivněny:
- Klimatické podmínky (teplota, vlhkost, rychlost větru)
- Úroveň FA (typ FA, trénovanost)
- Tělesný povrch
- Složení těla
- Aklimatizace

# Pitný režim

- Špatná hydratace (→ dehydratace) negativně ovlivňuje výkon:
- ↑ katabolické stavy (↑ glykogenolýzy a proteolýzy) → vyšší ztráta svalového glykogenu
- ↓ V krevní plazmy → klesá srdeční výdej a svaly méně
- zásobeny krví (↓ O<sub>2</sub>, živin) → využití vlastní zásoby energie (svalový glykogen)  
+ horší odplavení metabolitů, laktátu
- ↓ tvorba potu → nebezpečí přehřátí
- ↓ přívod krve ke svalům vede ke ↓ oxidaci T a naopak ke ↑ oxidaci S

# Hydratace

- Před výkonem vypít cca 0,5 l tekutin a během FA popíjet
- Tekutiny nevolit příliš studené (10–15 °C)
- Hypotonický nápoj → rychlejší rehydratace
- Koncentrace S 3–6 % (maltodextrin, glukóza, sacharóza)
- **Obsah elektrolytů při výkonu Na:K = 3–4:1 (Na<sup>+</sup> ↑ absorpci sacharidů a vody)**
- Nápoj během výkonu nemusí obsahovat vitaminy
- Dávky během výkonu 150–300 ml/15–20 min
- **Obsah elektrolytů po výkonu Na:K = 1:3 (K<sup>+</sup> důležitý pro resyntézu glykogenu)**
- V prvních 30 min. po PA vypít 500–1000 ml a poté každou hodinu
- 500–1000 ml do dosažení 150 % ztráty potu
- Elektrolyty + S v nápoji mají velký přínos pro regeneraci

# Problematika koncentrace nápojů

- **Možné složení hypotonického nápoje:**
  - Obsah sacharidů: 2–4 gramy jednoduchých sacharidů ve 100 ml (glukóza, nebo fruktóza)
  - Obsah minerálních látek (soli): cca 1 gram („špetka soli“)
- **Možné složení isotonického nápoje:**
  - Obsah sacharidů: 5–6 gramů jednoduchých sacharidů ve 100 ml (glukóza nebo fruktóza)
  - Obsah minerálních látek (soli): cca 1 gram („špetka soli“)
- **Možné složení hypertonického nápoje:**
  - Obsah sacharidů: nad 7 gramů jednoduchých sacharidů ve 100 ml (glukóza nebo fruktóza)
  - Obsah minerálních látek (soli): cca 1 gram („špetka soli“)



# Technické sporty: potřeba živin a energie

- **Energetická potřeba:**

- Muži: 3000–3500 kcal
- Ženy: 2000–2500 kcal

- **Živiny:**

- **S:** 5–7 g/kg (ATH)
- **B:** 1,2–1,5 g/kg (ATH)
- **T:** 0,8–1,2 g/kg (ATH)
- **S : B : T** 60 % : 15 % : 25 %

# Technické sporty

- **Výživa před výkonem:** Strava lehce stravitelná cca 3–4 hod. před výkonem (minimum vlákniny, T, střední množství S s nižším GI a méně B)
- Tekutiny
- **Výživa v průběhu výkonu:** Tekutiny (iontové nápoje), v případě turnajů x zápasů– ovoce, sacharidové tyčinky
- **Výživa po výkonu:** podobná jako u vytrvalostního sportu
  - **1. tekutá: proteino–sacharidový koktejl:** co nejdříve po výkonu a s vysokým GI
  - **S:B poměr 3:1, cca 0,8–1 g/kg S + 0,25 g/kg B (20–40 g)**
  - **Obnova glykogenových zásob ve 2 fázích:** Jentjens, 2003 (Determinants of Post-Exercise Glycogen Synthesis During Short-Term Recovery)
    - 1) Velmi rychlá do 60 min. po zátěži
    - 2) Pomalejší 24 h. po zátěži
  - **2. tuhá strava: vysoký obsah S a střední obsah B**

# Obecná doporučení pro příjem tuku v silových sportech

- Konkrétní **ucelené doporučení po příjem tuků v silových sportech neexistuje**
- Příjem tuků co do kvality a kvantity by měl být v souladu s oficiálními doporučeními národních/mezinárodních autorit
- **AMDR** (Acceptable macronutrient distribution range, USA): **20–35 % CEP**
- **Společnost pro výživu (2012):**
  - 1) Příjem energie z tuků do 30 % CEP (**cca 0,6–1,2 g/kg TH**)
  - 2) Příjem energie ze SAFA do 10 % CEP
  - 3) Poměr n-6:n-3 PUFA do 5:1
  - 4) Příjem trans-nenasycených MK do 1 % CEP
- **ACSM (American College of Sports Medicine), 2016 (Position Statement: Nutrition and Athletic Performance):**
- **Příjem tuků** u sportovců by dlouhodobě **neměl klesnout pod 20 % CEP, proč?**

# Obecná doporučení pro příjem sacharidů v silových sportech

- Příklad příjem sacharidů by se měl odvíjet od energetické náročnosti a objemu tréninků
- Svou roli může hrát i načasování příjmu sacharidů (důležitost rychlé obnovy glykogenových zásob) a podpory regenerace
- **NCSA, 2010 (National Strength and Conditioning Association) (Guide to Sport and Exercise Nutrition)**
- Ačkoliv siloví sportovci mohou podstupovat stejně náročný trénink co do počtu hodin, jejich potřeba sacharidů ve srovnání s vytrvalostními sportovci je nižší a spadá do rozmezí **5–7 g/kg TH**
- Rekreační sportovci (se sedavým zaměstnáním, studenti), mohou mít tento příjem ještě nižší, a to **cca 4–6 g/kg TH** (vyšší příjem by znamenal nárůst tuku)
- -----→ **Bezpodmínečný individuální přístup ke každému klientovi!!**

# Potřeba bílkovin při silovém sportu

- Základní potřeba bílkovin cca 0,8 g/kg TH
- Pohled na potřebu příjmu bílkovin u silových sportů prochází vývojem:
- Phillips, 2004 (Protein requirements and supplementation in strength sports): 1,2–1,3 g/kg TH
- **ISSN, 2017 (International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise): 1,4–2,0 g/kg TH**
- **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**
- **Morton, 2018 (A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults.): Protein supplementation beyond a total daily protein intake of ~1,6 g/kg/day during RET provided no further benefit on gains in muscle mass or strength (Confidence interval 95 % up to 2,2 g/kg/day)**

# Příjem jídla před tréninkovou jednotkou

- Cílem sportovce je do tréninku přicházet s co nejvyššími zásobami glykogenu
- Doplnování svalového glykogenu začíná ihned po předchozím tréninku a končí předtréninkovým jídlem (**důležitost nastavení celkového jídelníčku, nejen příjmu stravy kolem tréninku**):
- **Poslední jídlo před tréninkem:**
- Ideální **kombinace proteinů (0,25 g/kg TH, 20–40 g) spolu s příjmem sacharidů** (dle preferencí a celkového příjmu energie, **cca do 1 g/kg TH**)
- Načasování cca 90–120 minut před tréninkem
- Příjem většího množství sacharidů může být pro někoho nežádoucí (vyloučení příliš inzulínu, únava)
- Tuky jsou ze základních živin **tráveny nejdéle**
- Vysoký příjem tuků před tréninkem může celkově zpomalit vstřebávání i ostatních živin
- Z toho důvodu **vysoký příjem tuků před tréninkem není ideální**
- Přijatá LCFA v předtréninkovém jídle organismus při tréninku reálně nevyužije (příliš „dlouhý“ transport přes lymfatický systém)

# Praktická specifikace příjmu proteinů v okolí silového tréninku

- Ideální scénář (závodníci, fitness nadšenci):
- **1) Poslední jídlo** před silovým tréninkem dle preferencí a zkušeností cvičence **zhruba 90–120 minut před tréninkem (Obsah B+S)**
- **Obsah dobře stravitelných bílkovin** (v doporučeném množství dle přednášky) + **sacharidů** (dle celkového denního příjmu, vhodnější spíše komplexní sacharidy → udržení glykemie)
- **2) Po silovém tréninku ideálně příjem bílkovin v množství 0,25 g/kg TH, nebo 20–40 g v absolutním množství rychle stravitelného proteinu (syrovátkový koncentrát), dle nastavení jídelníčku zvážit příjem sacharidů (příjem do 1 g/kg TH) (v poměru zhruba 2–3 : 1 ve prospěch S)**
- **3) Za dalších 90–120 minut pevné potravinové jídlo** (názory vyhýbat se vláknině a většímu množství tuků, naopak jejich zahrnutí může být žádoucí → prodloužení doby vstřebávání a menší oxidace aminokyselin), příjem živin v tomto jídle podobný jako v prvním tekutém jídle (množství sacharidů možno ponížít na polovinu)
- Celkově za den dosáhnout příjmu nastavených živin, dbát na kvalitu a pestrost jídelníčku

# Praktická specifikace příjmu proteinů v okolí silového tréninku

- **Alternativní scénář (rekreační sportovci):**
- **1)** 45–120 minut před tréninkem „alespoň nějakého jídla“ (nejít cvičit hladový), antikatabolické působení, udržení glykemie
- **2)** Po silovém tréninku např. banán
- **3)** Za dalších 30–60 minut pevné kvalitní potréninkové jídlo, důraz na příjem kvalitní bílkoviny v doporučeném rozmezí a příjem sacharidů/tuků (S : B, 2–3 : 1)
- Celkově během dne přijmout alespoň 3 větší jídla bohatá na bílkoviny, klást důraz na jejich kvalitu a celkovou kvalitu a pestrost jídelníčku



# Shrnutí



# Odkud čerpám informace, aneb co by se Vám mohlo hodit 😊

- Pubmed 😊
- [International society of sports nutrition position stands](#)
- [American College of Sports Medicine](#)
- [Mysportscience](#)
- [Suppversity](#)
- [Weightology](#)
- [Examine](#)
- [Aktin](#)
- Alan Aragon
- Brad Schoenfeld
- Jose Antonio
- Lyle McDonald

# Studie a literatura použitá k vytvoření prezentace

- Brett A. Dolezal, J.A.P. (2000) Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine and science in sports and exercise*. [Online] 32 (7), 1202–1207. Available from: doi:10.1097/00005768-199905001-01542.
- Burke, L.M., Ross, M.L., Garvican-Lewis, L.A., Welvaert, M., et al. (2017) Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *The Journal of Physiology*. [Online] 595 (9), 2785–2807. Available from: doi:10.1113/JP273230.
- Chang, C.-K., Borer, K. & Lin, P.-J. (2017) Low-Carbohydrate-High-Fat Diet: Can it Help Exercise Performance? *Journal of Human Kinetics*. [Online] 56, 81–92. Available from: doi:10.1515/hukin-2017-0025 [Accessed: 17 April 2018].
- Egan, B. & Zierath, J.R. (2013) Exercise Metabolism and the Molecular Regulation of Skeletal Muscle Adaptation. *Cell Metabolism*. [Online] 17 (2), 162–184. Available from: doi:10.1016/j.cmet.2012.12.012 [Accessed: 25 April 2018].
- Frigolet, M.-E., Ramos Barragán, V.-E. & Tamez González, M. (2011) Low-carbohydrate diets: a matter of love or hate. *Annals of Nutrition & Metabolism*. [Online] 58 (4), 320–334. Available from: doi:10.1159/000331994.

- 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.
- Hetlelid, K.J., Plews, D.J., Herold, E., Laursen, P.B., et al. (2015) Rethinking the role of fat oxidation: substrate utilisation during high-intensity interval training in well-trained and recreationally trained runners. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. [Online] 1 (1), e000047. Available from: doi:10.1136/bmjsem-2015-000047 [Accessed: 17 April 2018].
- 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].
- Jentjens, R. & Jeukendrup, A. (2003) Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 33 (2), 117–144.
- Jeukendrup, A.E. (2002) Regulation of fat metabolism in skeletal muscle. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 967, 217–235.

- LaForgia, J., Withers, R.T. & Gore, C.J. (2006) Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Sciences*. [Online] 24 (12), 1247–1264. Available from: doi:10.1080/02640410600552064.
- Melanson, E.L., Sharp, T.A., Seagle, H.M., Horton, T.J., et al. (2002) Effect of exercise intensity on 24-h energy expenditure and nutrient oxidation. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*. [Online] 92 (3), 1045–1052. Available from: doi:10.1152/jappphysiol.00706.2001.
- Morton, R.W., Murphy, K.T., McKellar, S.R., Schoenfeld, B.J., et al. (2018) A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*. [Online] 52 (6), 376–384. Available from: doi:10.1136/bjsports-2017-097608.
- Osterberg, K.L. & Melby, C.L. (2000) Effect of acute resistance exercise on postexercise oxygen consumption and resting metabolic rate in young women. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 10 (1), 71–81.
- Roepstorff, C., Halberg, N., Hillig, T., Saha, A.K., et al. (2005) Malonyl-CoA and carnitine in regulation of fat oxidation in human skeletal muscle during exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*. [Online] 288 (1), E133-142. Available from: doi:10.1152/ajpendo.00379.2004.

- Romijn, J.A., Coyle, E.F., Sidossis, L.S., Gastaldelli, A., et al. (1993) Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *The American Journal of Physiology*. [Online] 265 (3 Pt 1), E380-391. Available from: doi:10.1152/ajpendo.1993.265.3.E380.
- Schuenke, M., Mikat, R. & McBride, J. (2002) Effect of an acute period of resistance exercise on excess post-exercise oxygen consumption: implications for body mass management. *European Journal of Applied Physiology*. [Online] 86 (5), 411–417. Available from: doi:10.1007/s00421-001-0568-y [Accessed: 14 October 2015].
- Shimada, K., Yamamoto, Y., Iwayama, K., Nakamura, K., et al. (2013) Effects of post-absorptive and postprandial exercise on 24 h fat oxidation. *Metabolism: Clinical and Experimental*. [Online] 62 (6), 793–800. Available from: doi:10.1016/j.metabol.2012.12.008.
- Volek, J.S., Freidenreich, D.J., Saenz, C., Kunces, L.J., et al. (2016) Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. *Metabolism: Clinical and Experimental*. [Online] 65 (3), 100–110. Available from: doi:10.1016/j.metabol.2015.10.028.
- Westman, E., Feinman, R., Mavropoulos, J., Vernon, M., et al. (2007) Low-carbohydrate nutrition and metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*. [Online] 86 (2), 276–284. Available from: <http://ajcn.nutrition.org/content/86/2/276> [Accessed: 19 March 2014].
- Wroble, K.A., Trott, M.N., Schweitzer, G.G., Rahman, R.S., et al. (2018) Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: a randomized-sequence crossover trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. [Online] Available from: doi:10.23736/S0022-4707.18.08318-4.