

Příjem tuků a sacharidů v silovém sportu

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

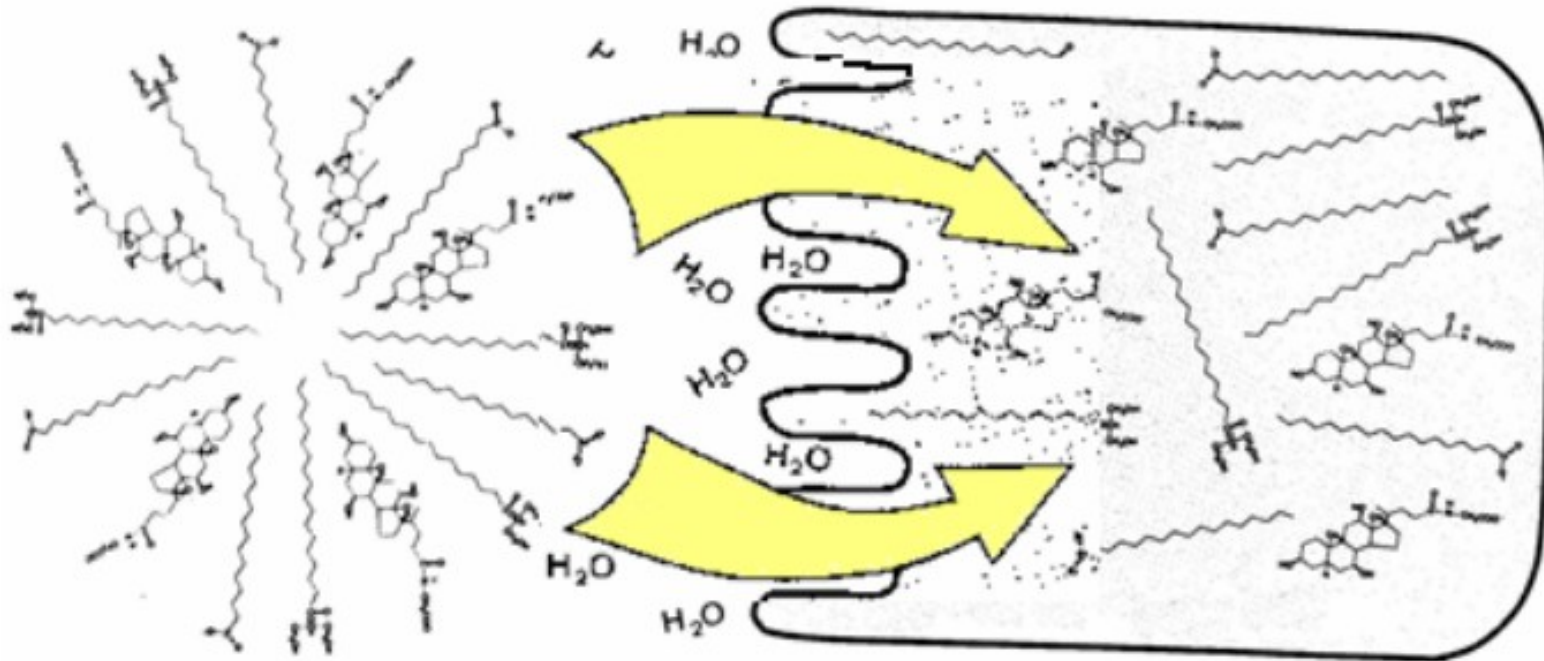
10.4.2018

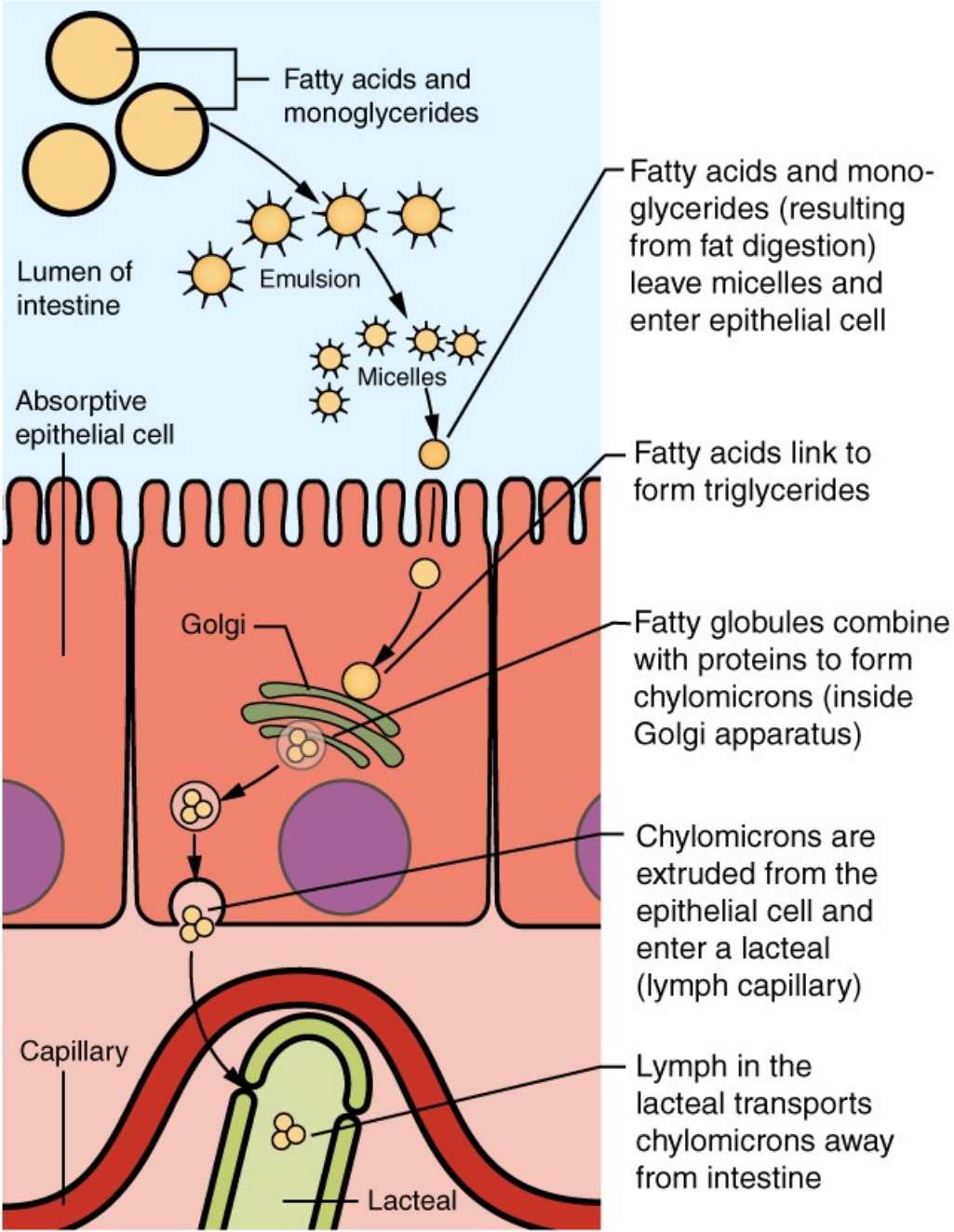
Obsah prezentace

- Rekapitulace metabolismu tuků
- Důležitost příjmu tuku
- Obecná doporučení pro příjem tuku v silových sportech
- Diety s vysokým obsahem tuku a jejich vliv na silový výkon, využití tuku jako zdroje energie při aktivitách s vysokou intenzitou?
- Rybí olej a omega 3
- MCT tuky
- Rekapitulace metabolismu sacharidů
- Důležitost příjmu sacharidů
- Obecná doporučená pro příjem sacharidů

Rekapitulace trávení a transportu tuků

- Lingvální a gastrická lipáza mají v trávení tuků malý význam
- Vstřebávání tuků ve střevě se děje prostřednictvím micel (lipidy jsou nerozpustné ve vodě, takže je třeba je emulgovat žlučovými kyselinami)
- Tuky jsou v micelách rozloženy díky pankreatické lipáze na volné mastné kyseliny a monoacylglyceroly.

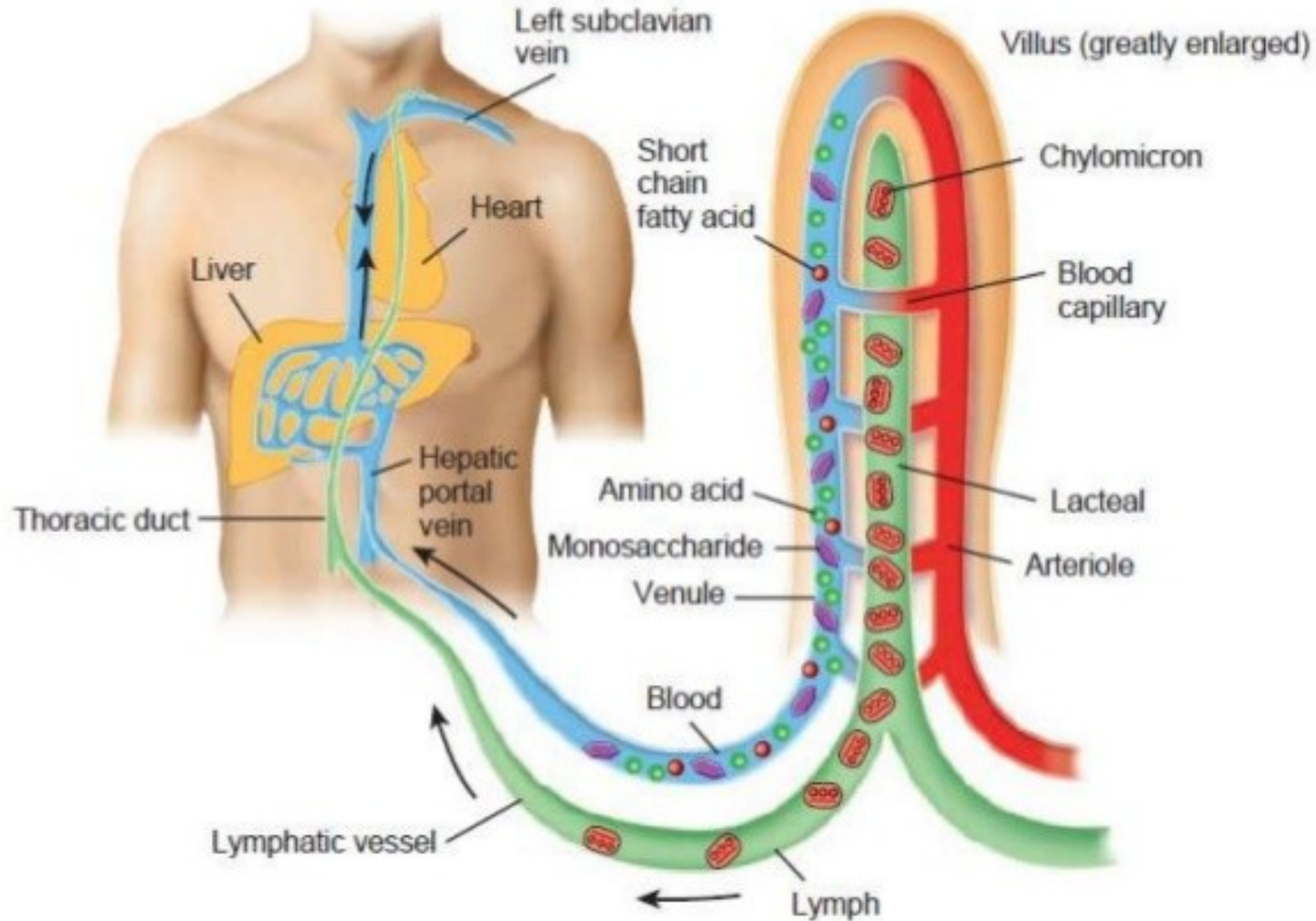




Rekapitulace trávení a transportu tuků

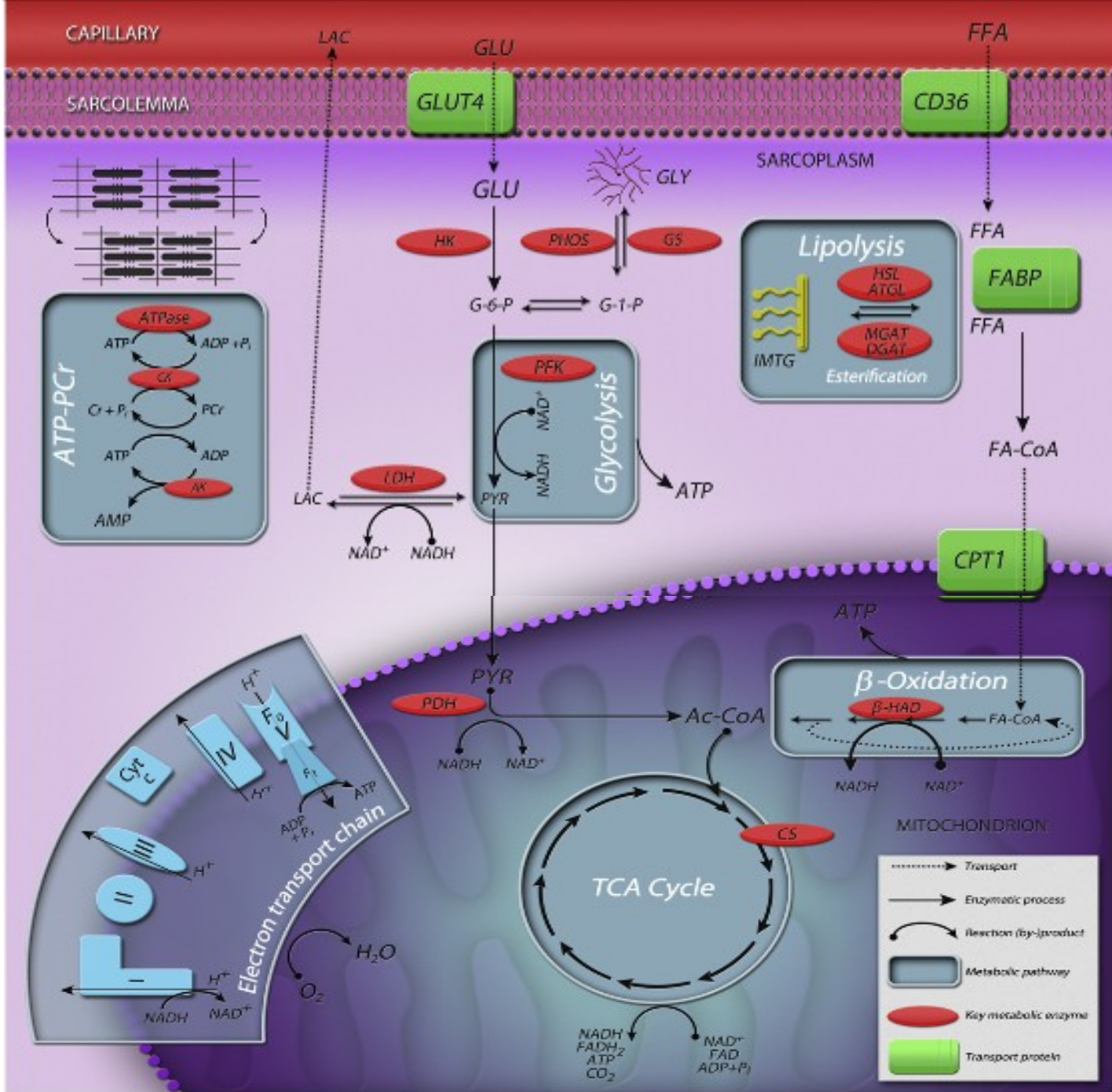
- Mastné kyseliny (MK) jsou transportovány krví ve vazbě na albumin (na albumin jsou vázány i tzv. volné mastné kyseliny)
- Rozdíly v transportu mastných kyselin s krátkou (SCFA, 2–4 C) a střední délkou řetězce (MCFA, 6–12 C) a mastných kyselin s dlouhou délkou řetězce (LCFA, 14 a více)
- **SCFA + MCFA:** putují portální žilou ihned do jater (pohotovější zdroj energie) s menší náchylností být uloženy do tukové tkáně
- **LCFA:** putují přes lymfatický systém a až poté do krve přes podkličkovou žílu (mnohem pomaleji k dispozici jako zdroj energie)

Transport of lipids



Hormony zapojené do metabolismu tuků

Hormon	Primární funkce	Konkrétní funkce
Inzulin	Anabolismus	Podpora ukládání živin do tukové tkáně, podpora syntézy TAG, blokáce lipolýzy
Glukagon	Katabolismus	Štěpení triacylglycerolů v tukové tkáni
Kortizol	Katabolismus	(Rozdíl v akutním a chronickém působení) Podpora mobilizace tuků z končetin Podpora ukládání tuků na trupu a obličeji
Adrenalin	Katabolismus	Štěpení triacylglycerolů v tukové tkáni
Estrogen	Anabolismus	Specifické ukládání tuku do ženských míst, po menopauze a jeho snížené koncentraci vyšší náchylnost k nabírání tuku
Testosteron	Anabolismus	Spojitost mezi nižší hladinou T a zvýšením zastoupením tělesného tuku
Růstový hormon	V případě tuků katabolismus	Podpora mobilizace tuků jako zdroje energie a jejich oxidace



Důležitost příjmu tuku

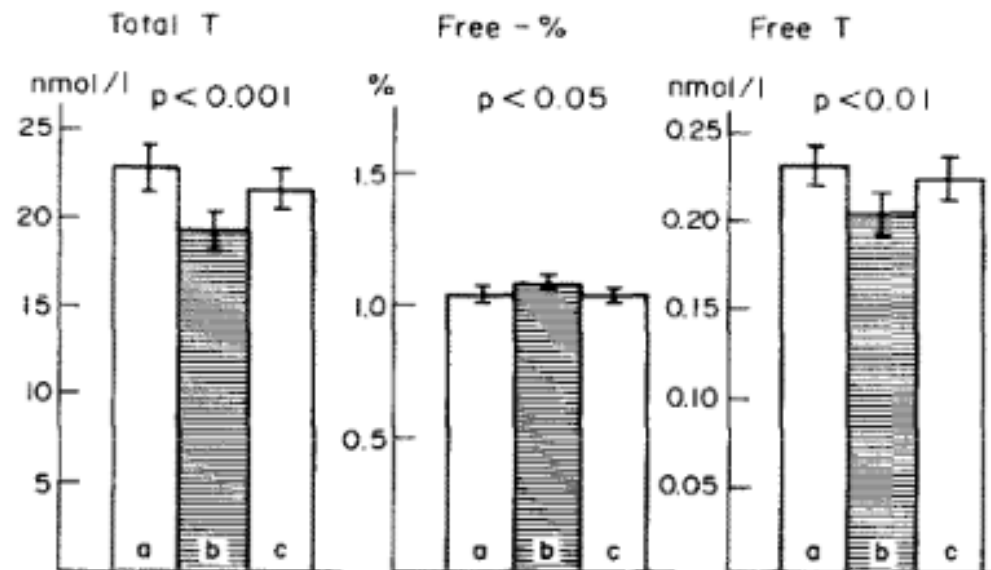
- Tuk je nedílnou součástí racionálně nastaveného jídelníčku
- Součástí buněčných membrán
- Tvorba eikosanoidů (imunita, zánět)
- Vydatný zdroj energie (během odporového tréninku minoritní důležitost)
- Jeho využívání během FA šetří glykogenové zásoby (záležitost zejména vytrvalostních FA)
- Vstřebávání vitaminů rozpustných v tucích
- Příjem tuku a vztah k riziku kardiovaskulárních a dalších chorob
- Příjem esenciálních mastných kyselin
- Příjem tuku a cholesterolu souvisí s tvorbou některých hormonů

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**

Příjem tuků a vliv na hladiny hormonů

- Příjem tuků se může pojit s vlivem na hladiny hormonů, a to zejména na hladinu anabolického hormonu testosteronu
- **Hämäläinen, 1983 (Decrease of serum total and free testosterone during a low-fat high-fibre diet)**
- **Při snížení % CEP z tuků ze 40 % na 25 % a poměru mezi příjmem SAFA:PUFA z 0,15 na 1,25 klesla hladina celkového i volného testosteronu v plazmě u mužů**



Příjem tuku v okolí tréninku: Předtréninkové jídlo

- 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**
- Přijaté LCFA v předtréninkovém jídle organismus při tréninku reálně nevyužije (příliš „dlouhý“ transport přes lymfatický systém)

Příjem tuku v okolí tréninku: Potréninkové jídlo

- **Na příjem tuků v potréninkovém jídle jsou různé názory**
- 1) Tuk zpomalí trávení ostatních živin → pomalejší dodávka živin ke svalům
- 2) Tuk zpomalí trávení ostatních živin → menší podíl zoxidovaných aminokyselin jako zdroje energie
- 3) Tuk navýší energetický příjem a navýší anabolický potenciál jídla → potenciální pozitivní dopad na svalový růst

- **Ideální postup:**
- Po silovém tréninku v 1. fázi dodat proteiny (případně i sacharidy v poměru 2–3:1)
- V 2. fázi (90–120 minut po tréninku) do potréninkového jídla možnost zařadit i tuk (např. lžíce olivového/řepkového oleje, porce tučné ryby, vejce)

„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 KA¹, Trott MN¹, Schweitzer GG^{1,2}, Rahman RS¹, Kelly PV³, Weiss EP^{4,3}.

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/m², 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.

The Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males.

[Wilson JM¹](#), [Lowery RP](#), [Roberts MD](#), [Sharp MH](#), [Joy JM](#), [Shields KA](#), [Partl J](#), [Volek JS](#), [D'Agostino D](#).

⊕ Author information

Abstract

This study investigated the impact of an isocaloric and isonitrogenous ketogenic diet (KD) versus a traditional western diet (WD) on changes in body composition, performance, blood lipids, and hormonal profiles in resistance-trained athletes.

METHODS: Twenty-five college aged men were divided into a KD or traditional WD from weeks 1-10, with a reintroduction of carbohydrates from weeks 10-11, while participating in a resistance-training program. Body composition, strength, power, and blood lipid profiles were determined at week 0, 10 and 11. A comprehensive metabolic panel and testosterone levels were also measured at weeks 0 and 11.

RESULTS: Lean body mass (LBM) increased in both KD and WD groups (2.4% and 4.4%, $p < 0.01$) at week 10. However, only the KD group showed an increase in LBM between weeks 10-11 (4.8%, $p < 0.0001$). Finally, fat mass decreased in both the KD group ($-2.2 \text{ kg} \pm 1.2 \text{ kg}$) and WD groups ($-1.5 \pm 1.6 \text{ kg}$). Strength and power increased to the same extent in the WD and KD conditions from weeks 1-11. No changes in any serum lipid measures occurred from weeks 1-10, however a rapid reintroduction of carbohydrate from weeks 10-11 raised plasma TG levels in the KD group. Total testosterone increased significantly from Weeks 0-11 in the KD diet (118 ng/dl) as compared to the WD (-36 ng/dl) from pre to post while insulin did not change.

CONCLUSIONS: The KD can be used in combination with resistance training to cause favorable changes in body composition, performance and hormonal profiles in resistance-trained males.

Záměrné ovlivnění výsledků autory studie?

- The head researcher, Dr. Jacob Wilson, Ph.D., CSCS*D, works for [Prüvit](#), a company that sells ketogenic supplements.
- Dominic D'Agostino has a patent, entitled: "[Compositions and methods for producing elevated and sustained ketosis](#)". He is funded by Patrick Arnold of KetoTech ([Source 1](#), [source 2](#)). Further, D'Agostino has published a paper ("[Cancer as a metabolic disease: implications for novel therapeutics](#)") where he promotes ketone supplementation as a potential strategy for managing cancer. Quoted from the paper: "Conflict of Interest Statement: None declared."
- Jeff Volek is affiliated with [Atkins diet](#). He has a website called [Art and Science of Low Carb](#), and he has a book entitled "[The Art and Science of Low Carbohydrate Living: An Expert Guide to Making the Life-Saving Benefits of Carbohydrate Restriction Sustainable and Enjoyable](#)"

This alone does not mean that we should automatically discard the results of the study, as I've written about in [this article](#)! But, we should be aware of these COIs.

Rybí olej (LC PUFA) a silový trénink

- Rybí olej a jeho LC n-3 PUFA **EPA** a **DHA** jsou známé širokými účinky na metabolismus (imunomodulace, inflamace, kardiovaskulární nemoci, atd.)
- Svoje opodstatnění by mohly mít i ve sportovní výživě..?
- **Mickleborough, 2013 (Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Physical Performance Optimization)**
- **Pozitivní vliv na deformabilitu červených krvinek** (lepší transport kyslíku krví)
- **Možné zmírnění potréningové bolestivosti svalů**
- **Pozitivní vliv na zánětlivou reakci v poškozené svalové tkáni navozenou silovým tréninkem**

Mickleborough, 2013 (Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Physical Performance Optimization)

- „It has been suggested that for most athletes, **ingesting approximately 1–2 g/day of EPA and DHA at a ratio of EPA to DHA of 2:1 would be beneficial in counteracting exercise-induced inflammation and for the overall health of an athlete** (Simopoulos, 2007). However, it should be noted that an omega-3 PUFA (EPA+DHA) dose of $\leq 3,000$ mg/day has been designated as safe for general consumption by the U.S. Food and Drug Administration (2004).“

MCT tuky a jejich využití ve výživě silových sportovců

Characteristics	Medium Chain Triglycerides	Long Chain Triglycerides
Properties	Water soluble. Lower smoke point. Have no essential fatty acids.	Lipid soluble. Higher smoke point. Contain essential fatty acids.
Structure	6-12 hydrocarbons. All saturated fatty acids.	13 to 21 hydrocarbons (long chain). ≥ 22 hydrocarbons (very long chain). Both are saturated and unsaturated fatty acids.
Caloric Value	8.3 calories per gram.	9.2 calories per gram.
Digestion/ Absorption	Do not stimulate CCK. Do not require bile or pancreatic enzymes. Directly absorbed into portal circulation bound to albumin. Do not require carnitine for transport into the mitochondria.	Stimulate CCK. Require bile and pancreatic enzymes (lipase). Need to be incorporated into micelles, then into chylomicrons for entry into the lymphatic system. Require carnitine for transport into the mitochondria.
Storage	Adipose tissue (less).	Adipose tissue (more).

MCT tuky a jejich využití ve výživě silových sportovců

- Na rozdíl od LCFA, MCT se stihnou vstřebat rychleji
- Z MCT tuků v játrech vznikají ketolátky → zdroj energie pro svaly
- Možné šetření svalového glykogenu
- Studie na silových sportovcích prakticky neexistují
- **Neexistují doporučení pro jejich příjem v návaznosti na trénink**
- **Berning, 1996 (The Role of Medium-Chain Triglycerides in Exercise)**

MCT tuky a jejich využití ve výživě silových sportovců

- Možný malý pozitivní vliv na hubnutí
- Mumme (2015): **Effects of Medium-Chain Triglycerides on Weight Loss and Body Composition: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials**
- Závěr: „*Replacement of LCTs with MCTs in the diet could potentially induce modest reductions in body weight and composition without adversely affecting lipid profiles.* However, further research is required by independent research groups using large, well-designed studies to confirm the efficacy of MCT and to determine the dosage needed for the management of a healthy body weight and composition.“

Příjem tuků: Shrnutí

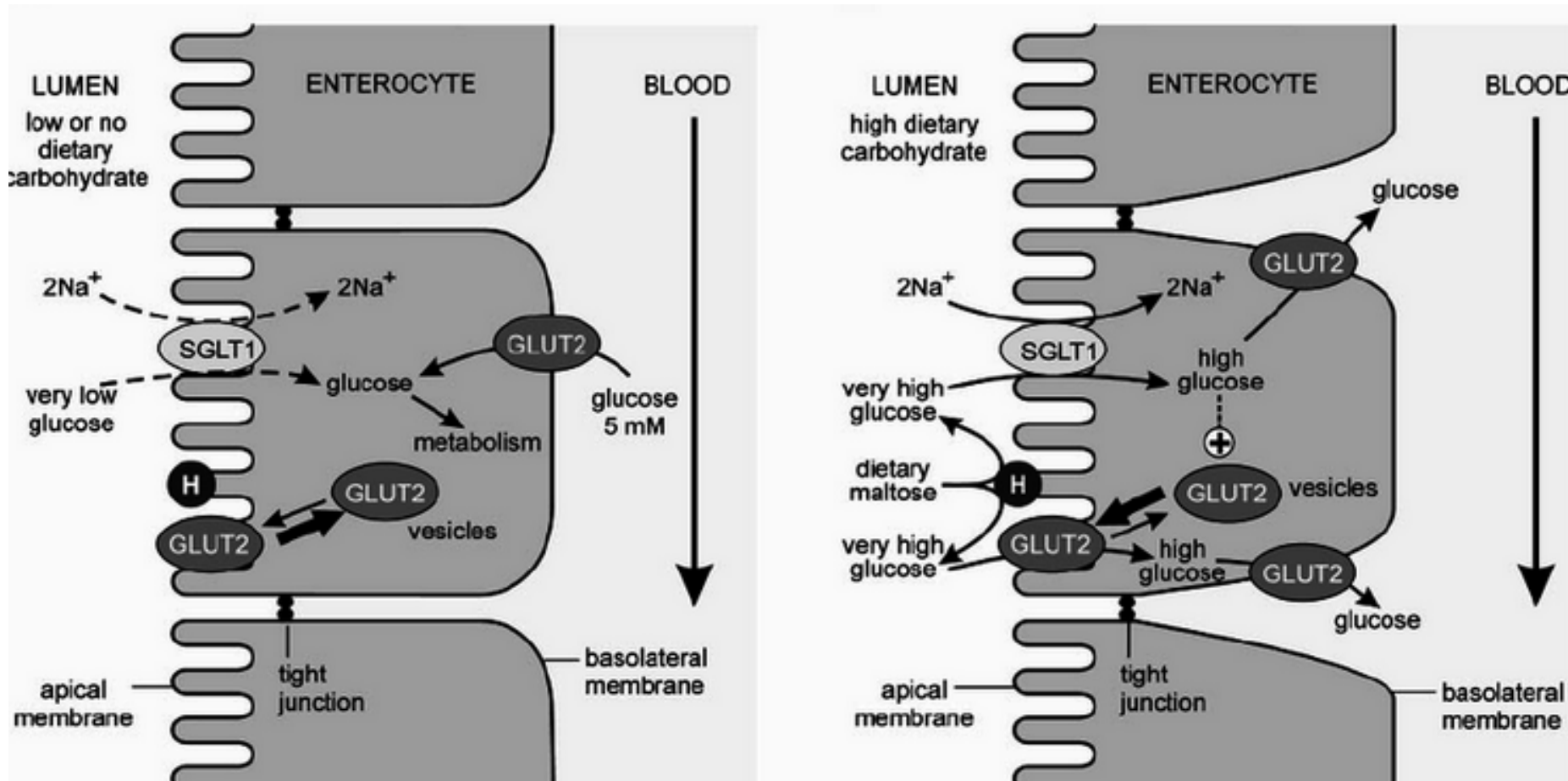
- Konkrétní **ucelené doporučení po příjem tuků v silových sportech neexistuje**
- Příjem tuků co do kvality a kvantity by měl být v souladu s oficiálními doporučeními národních/mezinárodních autorit
- **Dlouhodobě by příjem tuků neměl klesat pod 20 % CEP**
- **Ideální příjem v rozmezí 20–30 CEP**
- Příjem tuků před tréninkovou jednotkou spíše omezovat
- Příjem tuků po tréninkové jednotce není nutností, ale nabízí se (v rámci celkového příjmu tuků a tuků dle jejich nasycenosti)
- **Možný přínos příjmu LC PUFA n-3 (mořské ryby, rybí olej)**
- **MCT tuky prakticky nepotřebné**

Rekapitulace trávení sacharidů

- Trávení sacharidů začíná již v ústech pomocí enzymu ptyalinu (alfa-amylázy) (škrob → dextriny s 5–10 jednotkami glukózy v molekule)
- V žaludku alfa-amyláza inaktivována kyselým žaludečním prostředím
- Trávení pokračuje v duodenu pomocí pankreatické amylázy (škrob → dextriny, dextriny → oligosacharidy) a enzymů tzv. kartáčového lemu enterocytů (oligosacharidy → monosacharidy)
- Enzymy: laktáza, maltáza, sacharáza, alfa-dextrináza
- Vstřebávají se: glukóza, galaktóza, fruktóza

- Monosacharidy do buněk střeva vstupují:
 - 1) **Pomocí SGLT s kationty sodíku** (sodium-glucose coupled transporter)
 - 2) Pomocí GLUT2 transportérů

Pohled na SGLT a GLUT2 transportéry



Hormon	Primární funkce	Konkrétní funkce
Inzulin	Anabolismus	Vstup glukózy do buněk Podpora syntézy glykogenu Snížení glykogenolýzy, glukoneogeneze
Glukagon	Katabolismus	Štěpení jaterního glykogenu Podpora glukoneogeneze
Kortizol	Katabolismus	Podpora glukoneogeneze z glukogenních AMK Snížení citlivosti na inzulin
Adrenalin	Katabolismus	Zvýšené štěpení glykogenu a oxidace glukózy
Růstový hormon		Snížení citlivosti na inzulin Tlumí glykolýzu, přednostní využívání MK jako zdroje energie

- V úvahu přichází ještě hormony štítné žlázy (obecně snížená/zvýšená oxidace živin)

Anaerobní metabolismus

- Laktátový práh
- U netrénovaných jedinců na úrovni 50–60 % VO_2 max., u trénovaných cca 85 % VO_2 max.
- Koncentrace laktátu v klidu 0,6–1,8 mmol/l
- Rychlostní sportovci dosahují hodnot laktátu 12–25 mmol/l
- **Co se děje s laktátem?**

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.

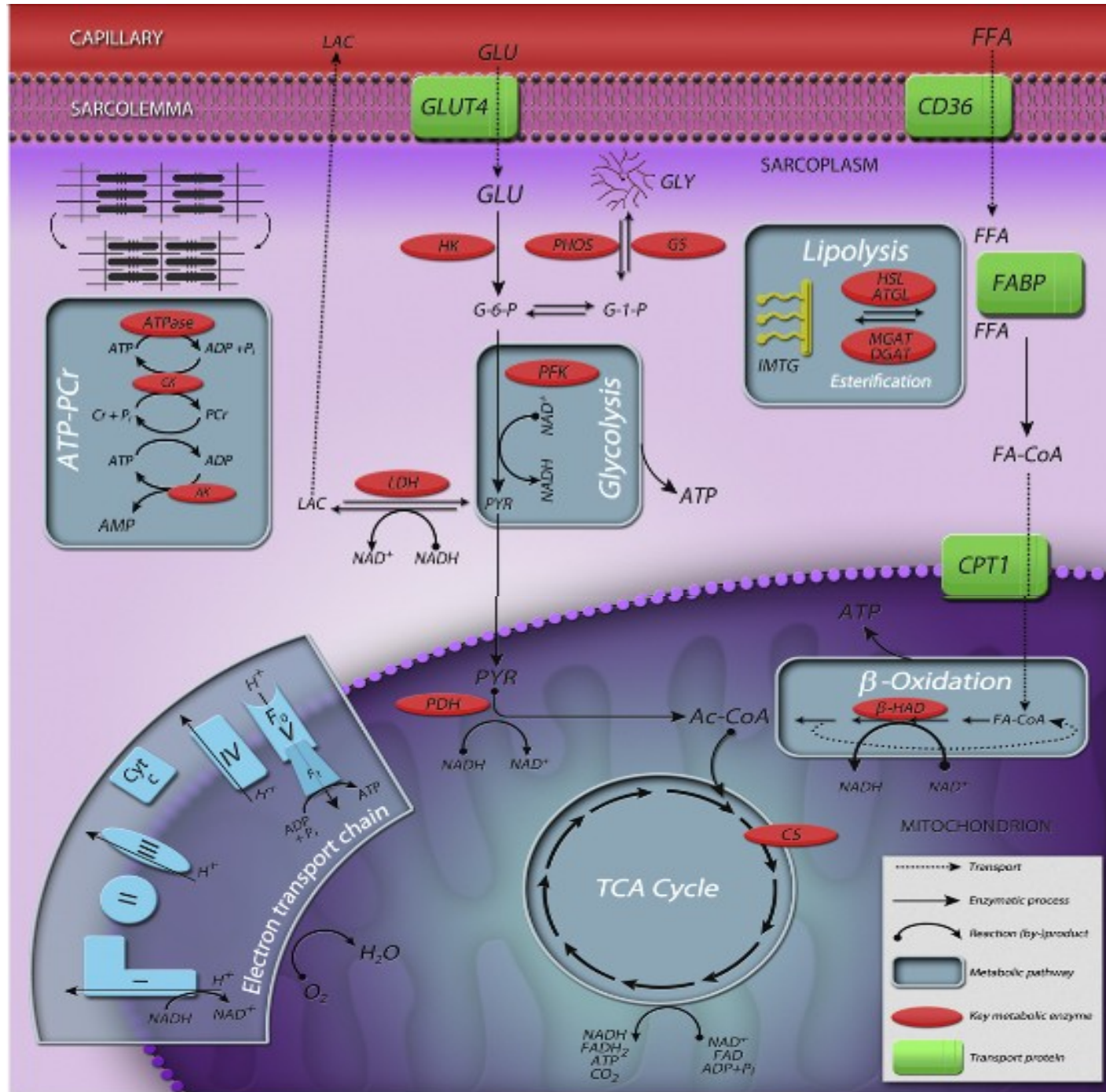
Methods We compared substrate oxidation rates, using indirect calorimetry, during a high-intensity interval training (HIT) session in well-trained (WT) and recreationally trained (RT) runners. Following preliminary testing, 9 WT ($\text{VO}_{2\text{max}}$ 71 ± 5 mL/min/kg) and 9 RT ($\text{VO}_{2\text{max}}$ 55 ± 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 ± 0.7 vs 18.2 ± 1.1 , respectively), blood lactate (6.4 ± 2.1 vs 6.2 ± 2.5 mmol/L) and estimated carbohydrate oxidation rates (4.2 ± 0.29 vs 4.4 ± 0.45 g/min; effect size (ES) 90% confidence limits (CL) = -0.19 ± 0.85). Fat oxidation (0.64 ± 0.13 vs 0.22 ± 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 ± 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.

Anaerobní metabolismus

- Nejvíce glykogenu se spotřebuje u více krátkých sprintů (prakticky nulové použití MK jako zdroje energie, může být ovlivněno trénovaností)
- Po jednorázové max. zátěži zůstává ve svalech velké množství glykogenu
- Při opakovaném max. výkonu obsah glykogenu prudce klesá → další s maximálním úsilím omezena
- Před tréninkem zajistit zásobu glykogenu ve svalech (může být problém během redukce hmotnosti → zhoršení výkonnosti)



Důležitost příjmu sacharidů

- Exkluzivní zdroj energie bez přístupu kyslíku
- Exkluzivní zdroj energie pro buňky bez mitochondrií (červené krvinky)
- Velmi důležitý zdroj energie i pro buňky mozkové
- Dostatečné glykogenové zásoby esenciální pro maximální výkon
- Dostatečný příjem „chrání“ aminokyseliny (není třeba je použít jako zdroj energie)
- Pro přežití nejsou esenciální (organismus si glukózu může vytvořit)

Obecná doporučení pro příjem sacharidů v silových sportech

- 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!!**

Příjem sacharidů 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, **např. do 1 g/kg TH**)
- Příjem většího množství sacharidů může být pro někoho nežádoucí (vyloučení příliš inzulínu, únava)

Příjem sacharidů během tréninkové jednotky

- U silových disciplín (posilování) → většinou příjem pouze tekutin (možné doplnit BCAA)
- Delší (cca nad 1 h.) trvání aktivity → příjem iontových nápojů a hypotonických nápojů s nižším obsahem sacharidů pro jejich bezproblémový příjem
- V případě zápasů (kolektivní sporty) → doplnění pomocí gelů, tyčinek, sacharidových nápojů, ovoce

Příjem sacharidů po tréninkové jednotce

- Příjem sacharidů po tréninku není nutností (pokud tuto informaci vztáhneme pouze na silové sporty, kde nám jde o nárůst svalové hmoty a primárním zájmem není rychlé doplnění glykogenu)
- V případě ostatních sportů (kolektivní sporty, atletika, dvoufázové tréninky) s větším objemem tréninků je třeba s obnovou zásob glykogenu začít co nejrychleji
- **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
- **Příjem S a B současně v poměru 3:1 zajištění rychlejší syntézy glykogenu a podpory MPS (cca 1 g S/kg TH + 20–40 g B)**

Příjem sacharidů po tréninkové jednotce

- V případě silových sportů (kulturistika, fitness) není nutností brzký příjem sacharidů ve formě doplňku stravy
- Jak se tedy chovat v tomto případě?
- **Po tréninkové jednotce: Příjem syrovátkových bílkovin v množství 0,25 g/kg TH, nebo 20–40 g v absolutním množství (zvážit příjem sacharidů)**
- **Za 90–120 minut: Příjem pevného potréninkového jídla s vyváženým zastoupením 3 základních živin:**
 - **1) Sacharidy:** Podle celkového denního příjmu sacharidů (většinou do 1g/kg TH)
 - **2) Bílkoviny:** V množství 0,25 g/kg TH, nebo 20–40 g
 - **3) Tuky:** Podle celkového denního příjmu tuků (10–20 g)

Soupis literary

- 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].
- 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.
- Hämäläinen, E.K., Adlercreutz, H., Puska, P. & Pietinen, P. (1983) Decrease of serum total and free testosterone during a low-fat high-fibre diet. *Journal of Steroid Biochemistry*. 18 (3), 369–370.
- 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].
- Jentjens, R. & Jeukendrup, A. (2003) Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 33 (2), 117–144.

- Mickleborough, T.D. (2013) Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 23 (1), 83–96.
- Mumme, K. & Stonehouse, W. (2015) Effects of medium-chain triglycerides on weight loss and body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. [Online] 115 (2), 249–263. Available from: doi:10.1016/j.jand.2014.10.022.
- Thomas, D.T., Erdman, K.A. & Burke, L.M. (2016) American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. [Online] 48 (3), 543–568. Available from: doi:10.1249/MSS.0000000000000852.
- 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].
- Wilson, J.M., Lowery, R.P., Roberts, M.D., Sharp, M.H., et al. (2017) The Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males. *Journal of Strength and Conditioning Research*. [Online] Available from: doi:10.1519/JSC.0000000000001935.
- 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.