

Příjem tuků a sacharidů v silovém sportu

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

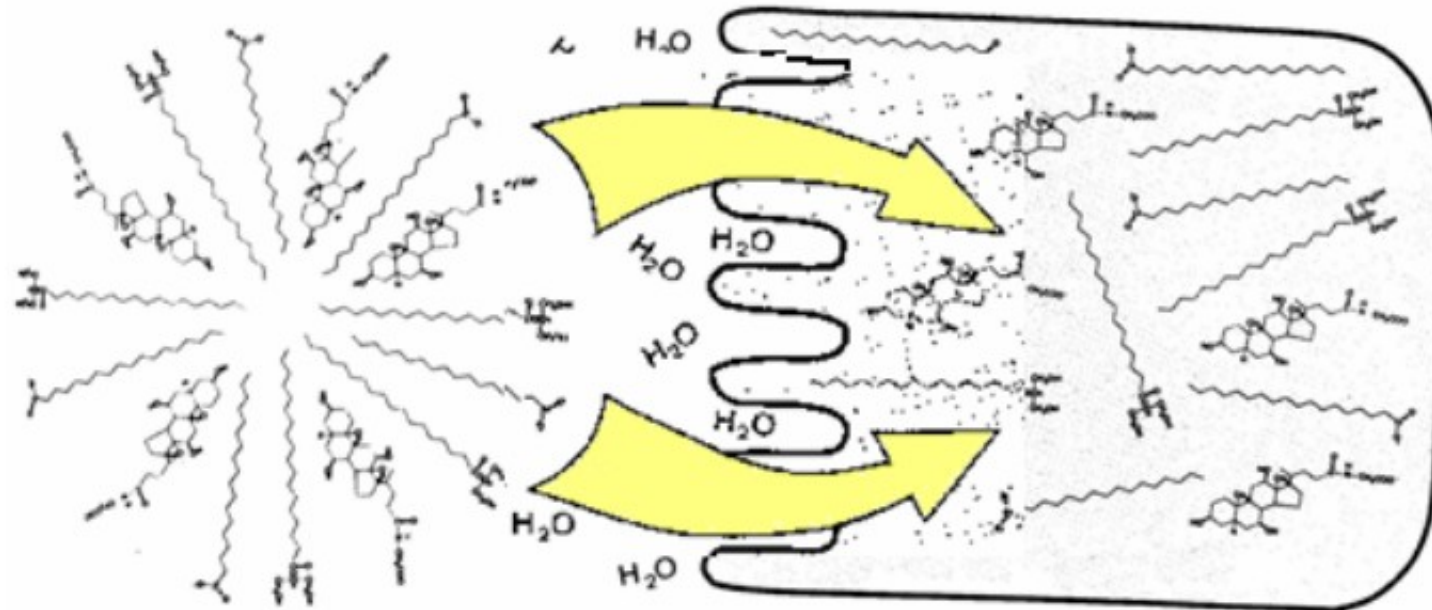
3.3.2020

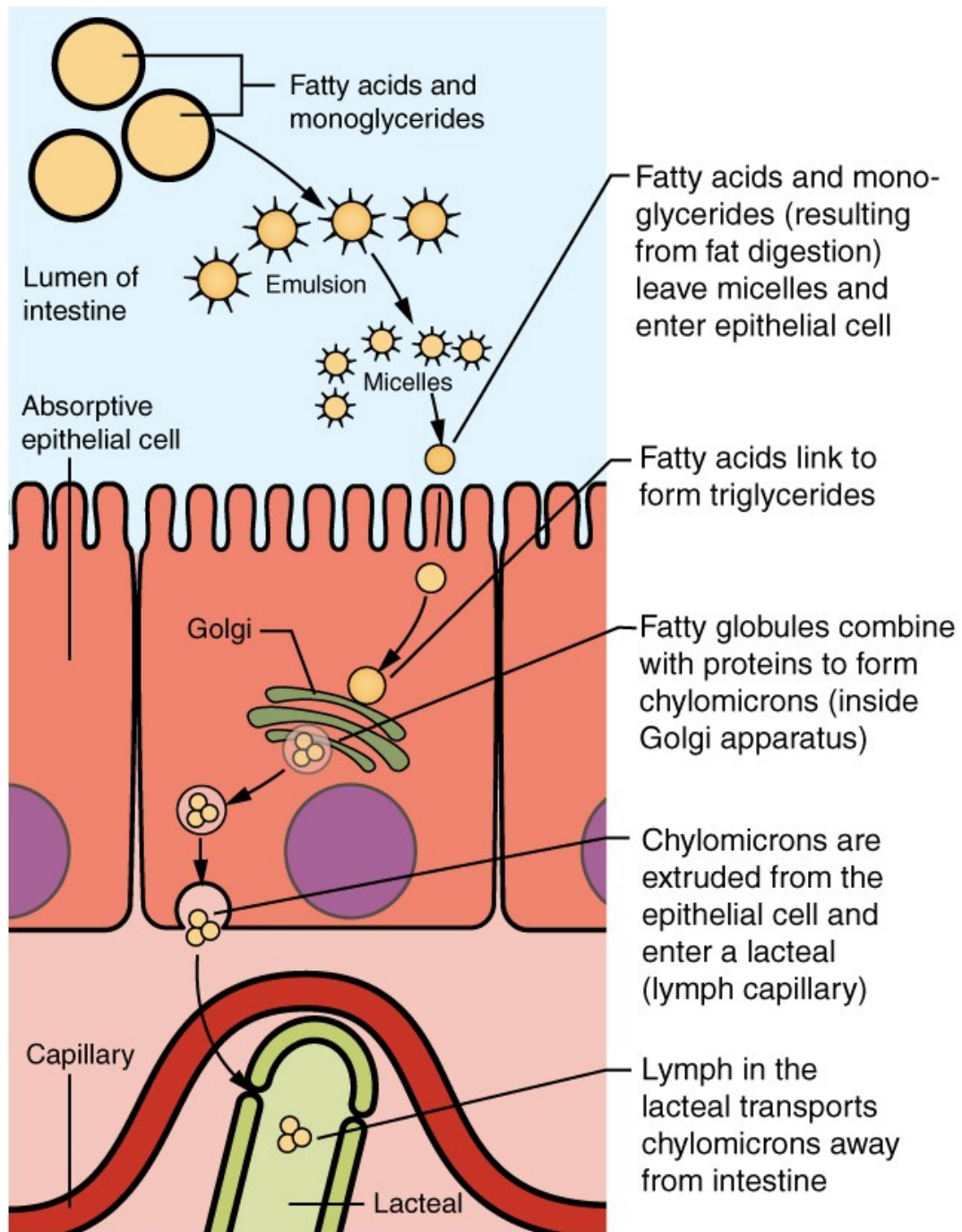
Obsah prezentace

- 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

- Linguální a gastrická lipáza mají v trávení tuků malý význam (cca 15 %)
- 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 (MK) a monoacylglyceroly (MAG).
- Ve střevní buňce dochází opět k tvorbě TAG a ty jsou zabudovány do chylomiker

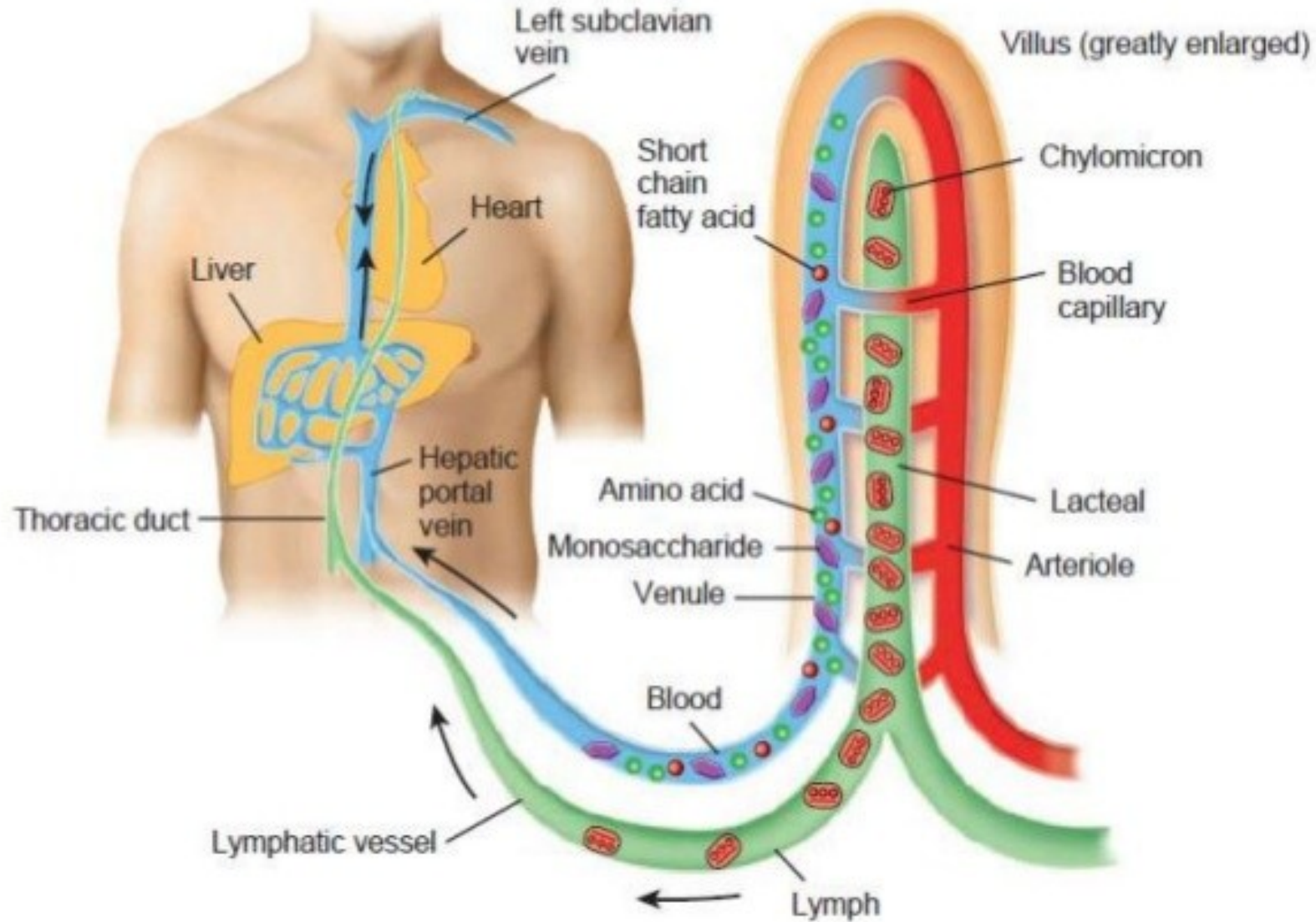




Rekapitulace trávení a transportu tuků

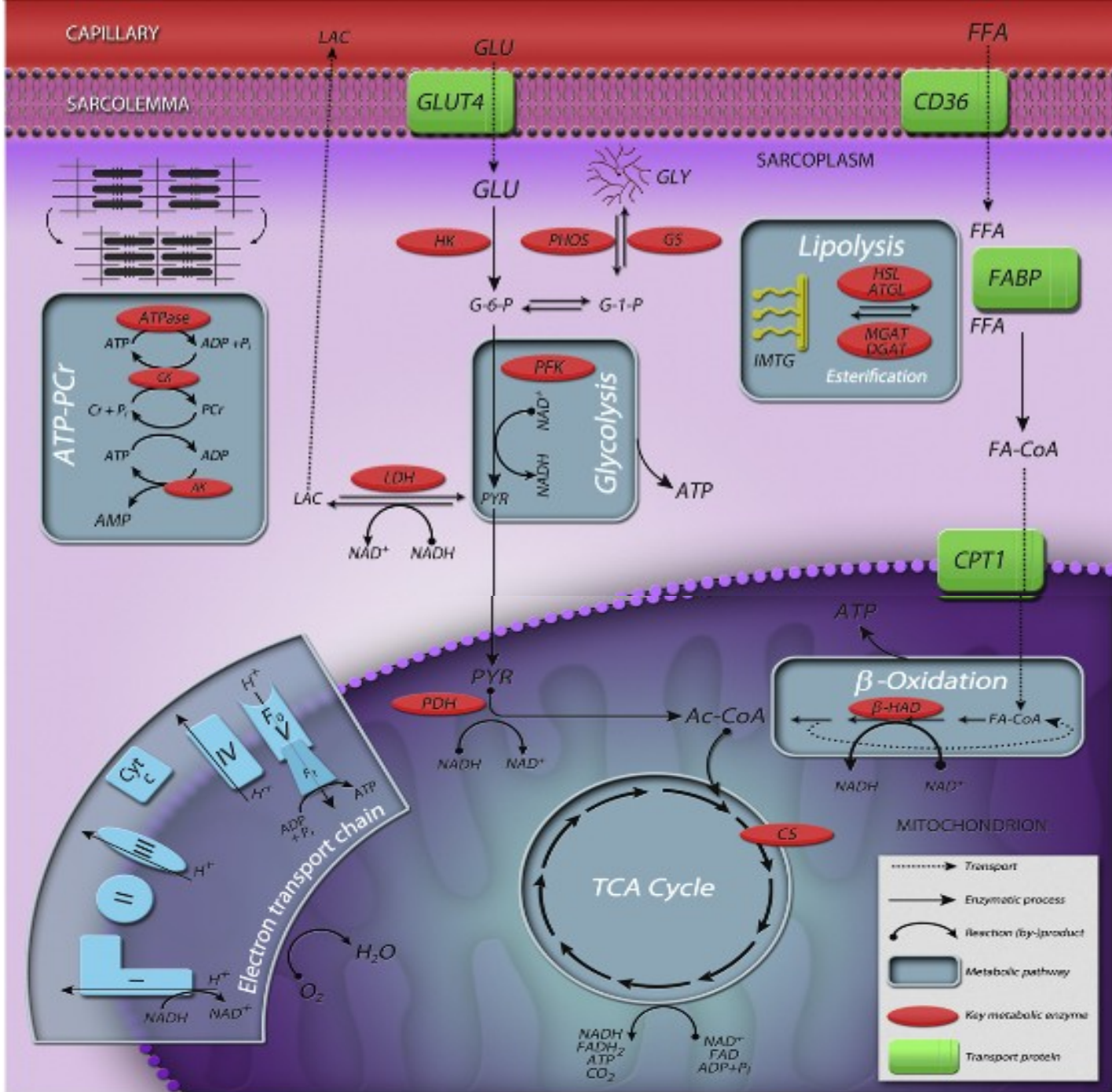
- Mastné kyseliny (MK) jsou transportovány krví ve vazbě na albumin (na albumin jsou vázány i tzv. volné mastné kyseliny)
- Rozdíly v transportu mastných kyselin s krátkou (SCFA, 2–4 C) a střední délkou řetězce (MCFA, 6–12 C) a mastných kyselin s dlouhou délkou řetězce (LCFA, 14 a více)
- **SCFA + MCFA:** 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, minimálně 3 hodiny a déle)

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 |
| 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

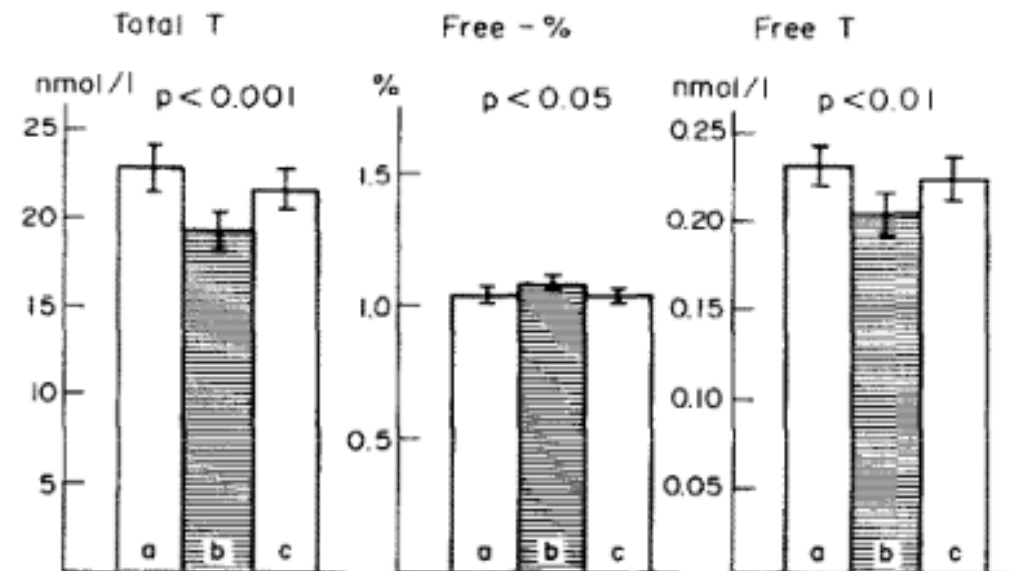
- Tuk je nedílnou součástí racionálně nastaveného jídelníčku
- Součástí buněčných membrán
- Tvorba eikosanoidů (imunita, zánět)
- Vydatný zdroj energie (během odporového tréninku minoritní důležitost)
- Jeho využívání během FA šetří glykogenové zásoby (záležitost zejména vytrvalostních FA)
- Vstřebávání 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 pro běžnou lidskou výživu
- **AMDR (Acceptable macronutrient distribution range, USA): 20–35 % CEP**
- **Společnost pro výživu (2012):**
 - 1) Příjem energie z tuků do 30 % CEP (cca 0,5–**1,0**–1,5 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 hladinu testosteronu

- 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**
- A – baseline (2 týdny, 40 % energie z Tuků)
- B – intervence (6 týdnů, 25 % energie z T)
- C – návrat k původní stravě (6 týdnů, 37 % T)



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), maximální hodnoty MK v krvi minimálně za 3 hodiny po požití

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?)**
- **Dlouhodobé low-carb/keto** stravování a jejich vliv na **silový výkon málo studií**
- V literatuře navíc **neexistuje jednotný konsenzus, jak definovat low-carb stravování**

Příklady a definice low-fat (high-carb) diety?

| Studie, publikace | Sacharidy | Tuky |
|---|---------------------|----------|
| Weight and metabolic outcomes after 2 years on a low-carbohydrate versus low-fat diet, Foster (2010) | 55 % | 30 % |
| Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers, Burke (2017) | 65 % (8 g/kg TH) | 20 % |
| Effect of Low-Fat vs Low-Carbohydrate Diet on 12-Month Weight Loss in Overweight Adults and the Association With Genotype Pattern or Insulin Secretion: The DIETFITS Randomized Clinical Trial., Gardner (2018) | 48 % | 29 % |
| Effects of low-carbohydrate dietsv. low-fat diets on body weight andcardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomised controlled trials, Mansoor (2016) | Bez přesné definice | Pod 30 % |

Příklady a definice low-carb, high-fat diety?

| Publikace | Příjem energie ze sacharidů |
|---|-----------------------------------|
| Effects of low-carbohydrate diets versus low-fat diets on metabolic risk factors: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Hu (2012) | Pod 45 % |
| Low-Carbohydrate Diets: A Matter of Love or Hate, Frigolet (2011) | 20–40 % |
| Low-carbohydrate nutrition and metabolism, Westmann (2007) | 50–150 g/den |
| Effects of low-carbohydrate diets v. low-fat diets on body weight and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomised controlled trials., Mansoor (2016) | Pod 20 % CEP |
| Evidence that supports the prescription of low-carbohydrate high-fat diets: a narrative review, Noakes (2017) | Pod 26 % CEP, do 130 g/den |

Jednotný pohled na definici obou typů stravování neexistuje

Definice se odvíjí od pohledu
daného odborníka či společnosti

Low-fat (high-carb) nejčastěji 20–30 % CEP z tuků

Low-carb nejčastěji do 150 g S za den nebo do 20 % CEP

Ketogenní dieta

- **Potřeba snížit příjem sacharidů pod cca 50 g za den, aby organismus začal tvořit tzv. ketolátky z mastných kyselin**
- Nastává i při hladovění nebo při dlouhotrvající sportovní aktivitě
- Poměr živin při ketogenní dietě: 5–10 % S (do cca 50 g), 75–80 % T, 15–20 % B

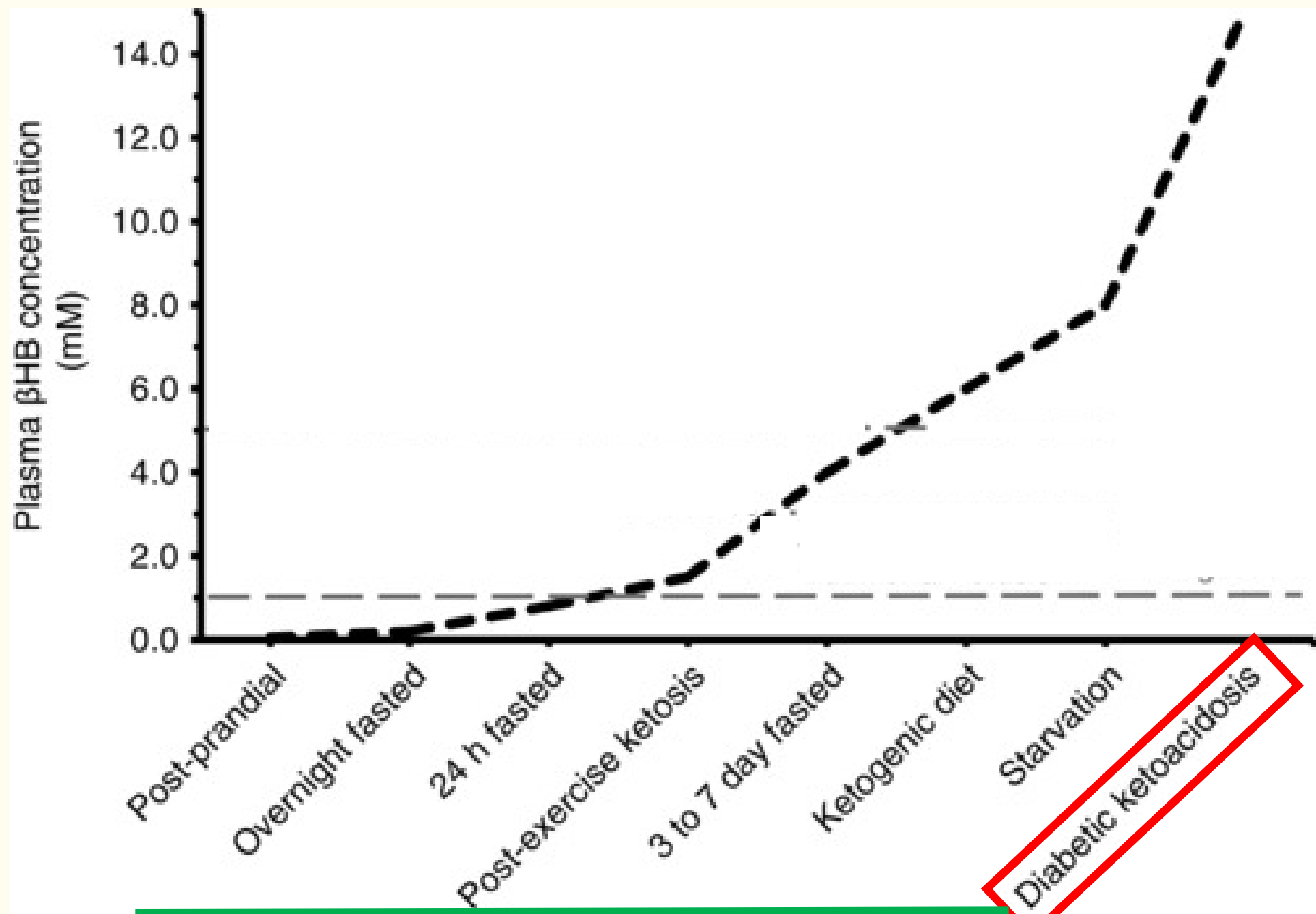
Rozlišujme!

Nutriční ketóza: fyziologický stav – hladovění nebo velmi snížený příjem sacharidů

Hladina ketonů: cca 0,5–10,0 mmol/l

Ketoacidóza: – stav u dekompenzovaných diabetiků, nadměrné vystupňování lipolýzy a koncentrace ketonů v krvi → acidóza, ohrožení života

Hladina ketonů: cca 15 mmol/l a více



The Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males (2017)

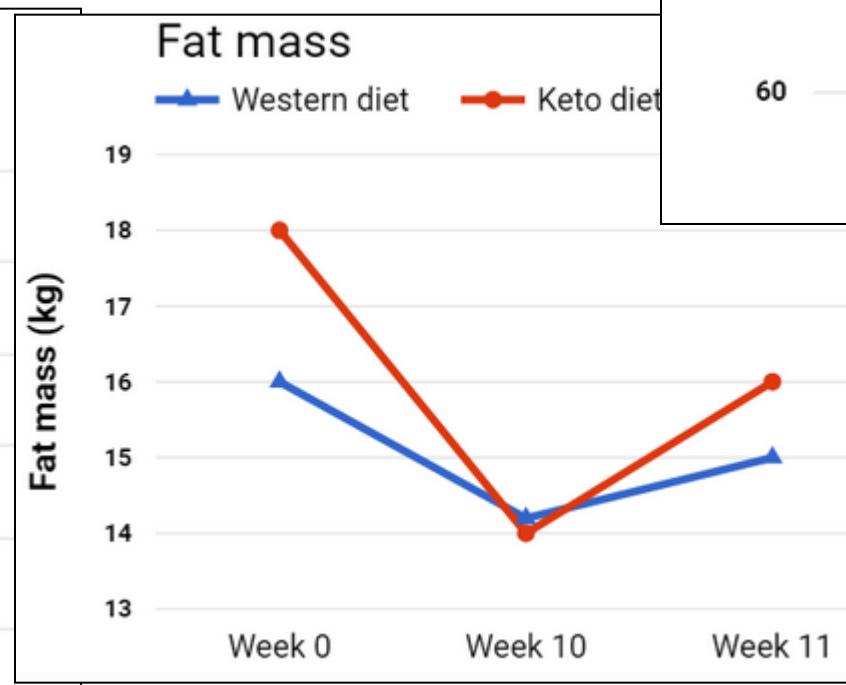
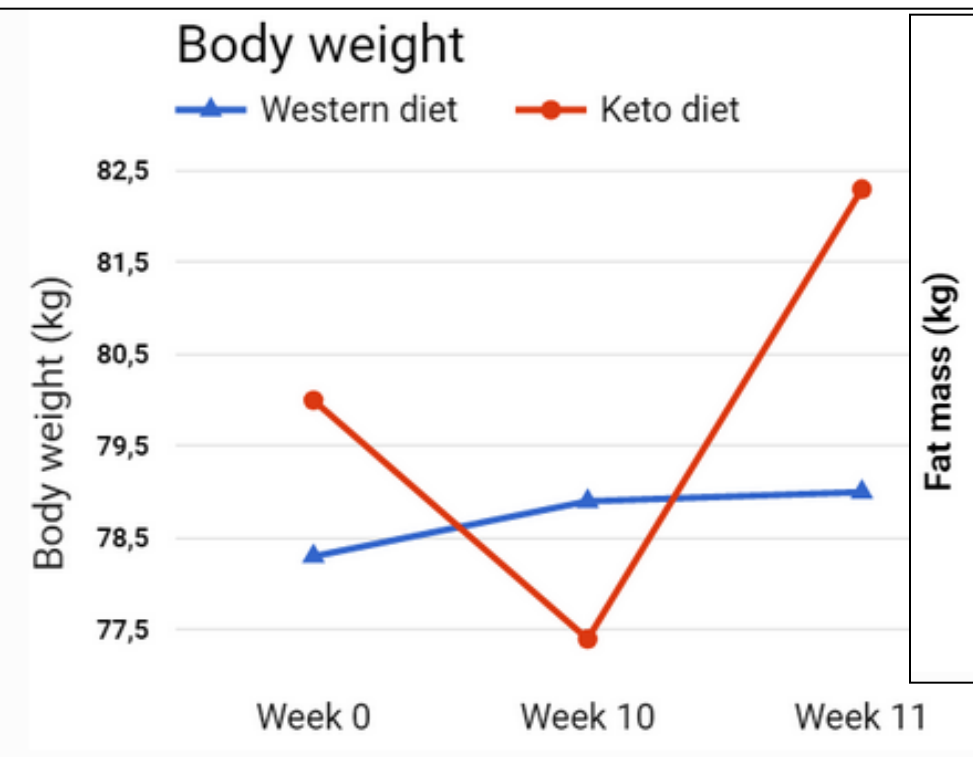
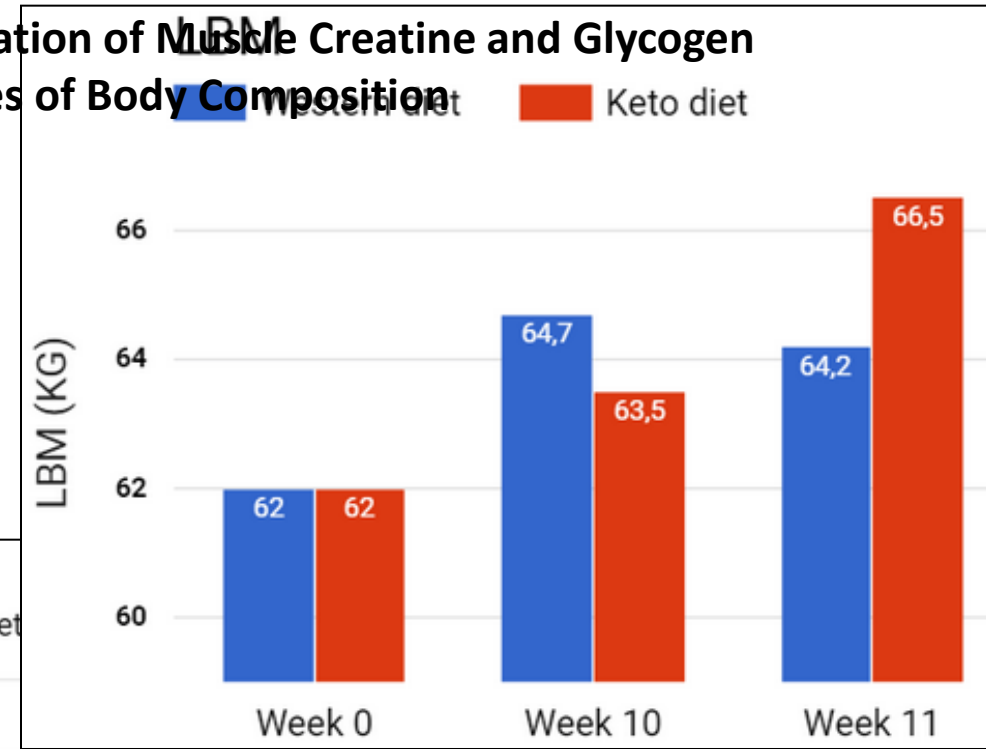
- 2 druhy diet po dobu 11 týdnů u trénovaných mužů při silovém tréninku a vliv na tělesné složení, trénink 3x týdně full-body

| | Weeks 1-2 | Weeks 1-2 | Weeks 3-10 | Weeks 3-10 | Week 11 | Week 11 |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Keto diet | Western diet | Keto diet | Western diet | Keto diet | Western diet |
| Mean calories per day (kcal) | 2652.9 ± 205.6 | 2528.1 ± 200.4 | 2608.6 ± 157.5 | 2549.5 ± 212.5 | 2619.5 ± 192.1 | 2513.1 ± 236.8 |
| Protein | 139.3 ± 16.4 | 129.8 ± 11.9 | 133.6 ± 10.8 | 132.2 ± 13.3 | 131.1 ± 10.9 | 130.2 ± 14.4 |
| Fat | 219 ± 20.2 | 83.9 ± 14.4 | 217.02 ± 15. | 83.4 ± 13.3 | 115.8 ± 4.9 | 83.4 ± 17.4 |
| Carbo-hydrates | 31.4 ± 7. | 314.2 ± 23.5 | 30.9 ± 5.9 | 317.6 ± 31.1 | 263.5 ± 42.9 | 310.4 ± 24.5 |

Změny v tělesném složení ve studii

- Obrovské změny v tělesném složení v 11. týdnu byly dány znovuzavedením sacharidů do stravy a retencí vody

Bone (2016), Manipulation of Muscle Creatine and Glycogen Changes DXA Estimates of Body Composition



- **LBM = lean body mass – veškeré beztukové tkáně zahrnující svaly, vodu, atd...**

Záměrné ovlivnění výsledků autory studie?

<https://sci-fit.net/wilson-keto-analysis/>

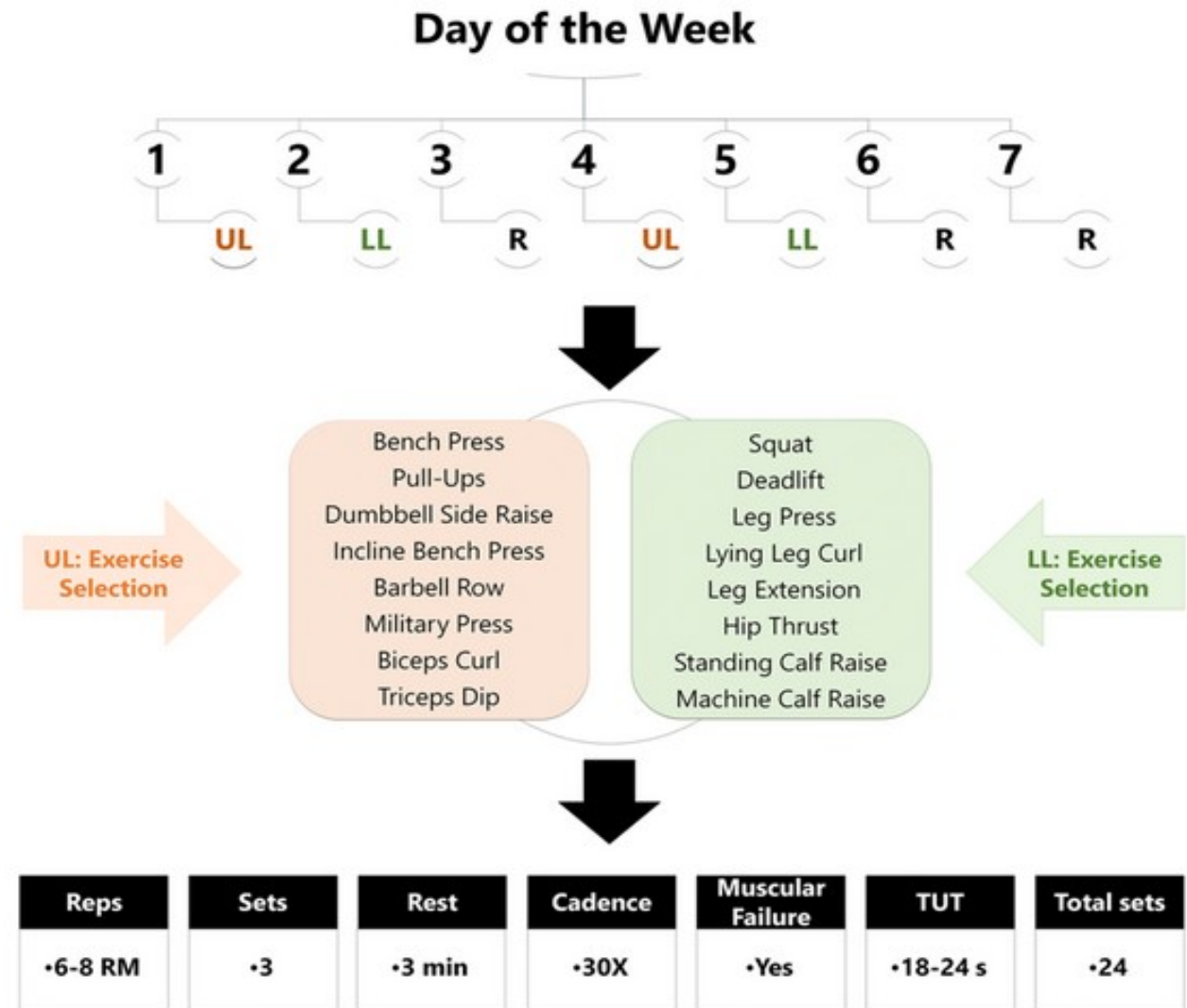
- The head researcher, Dr. Jacob Wilson, Ph.D., CSCS*D, works for [Prüvit](#), a company that sells ketogenic supplements.
- Dominic D'Agostino has a patent, entitled: "[Compositions and methods for producing elevated and sustained ketosis](#)". He is funded by Patrick Arnold of KetoTech ([Source 1](#), [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.

Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial (2018)

- 8týdenní studie, trénování mladí muži
- 4x týdně silový trénink
- Zkoumán vliv na tělesné složení

| Kontrolní dieta | Ketogenní dieta |
|---------------------|---------------------|
| 39 kcal/kg TH | 39 kcal/kg TH |
| 2 g/ kg TH proteinů | 2 g/ kg TH proteinů |
| 55 % energie S | <10% % energie S |
| 25 % energie T | 70 % energie T |



Výsledky studie po 8 týdnech a závěr

| Parametr | Ketogenní dieta | Kontrolní dieta |
|--|-----------------|-----------------|
| Hmotnost | -1,4 kg | + 0,9 kg |
| Tělesný tuk | -1,1 kg | -0,4 kg |
| Beztuková tělesná hmotnost (zahrnující svaly) | -0,3 kg | +1,4 kg |

KD může být způsob, jak redukovat tuk a neztratit svalovou hmotu, nicméně zřejmě není optimální pro nárůst svalové hmoty během kalorického nadbytku

KD aktivuje podobné metabolické dráhy jako hladovění a stres

KD **ad libitum** většinou navíc vede ke sníženému příjmu energie
→ velmi sytivá dieta, na které hůře dosáhneme kalorického nadbytku

Dlouhodobý vliv na tělesné složení silových sportovců a schopnost nabírat novou svalovou hmotu

1) Dieta musí poskytovat dostatečný příjem proteinů a energetických substrátů **pro dostatečně tvrdý a objemný trénink pro stimulaci svalové hypertrofie**

2) Nutrienty a glykogen mohou ovlivňovat signální dráhy podporující/snižující svalový růst ve svalových buňkách → **neprokázalo se**

3) Ketogenní dieta (nikoliv low-carb) může ve svalových buňkách negativně ovlivňovat signální dráhy zapojené ve tvorbě nových svalových proteinů



1) High-carb/low-fat i low-carb diety by měly být pro budování svalové hmoty stejně efektivní, pokud nižší příjem sacharidů neovlivní výkon/kvalitu tréninku

2) Ketogenní diety mohou být pro nárůst nové svalové hmoty méně výhodné

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).“
- **Raději se držme doporučení 250 mg EPA+DHA denně**

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). |

„Kokosový olej story“ aneb je kokosový olej skutečně MCT tuk? 😊

- MCT tuky mají v molekule celkový počet uhlíků 24–30
- V kokosovém oleji má tuto velikost pouze cca 4 % TAG, důvodem je vysoký obsah kyseliny laurové
- Kyselin laurová se navíc v metabolismu chová spíše jako LCFA a je zabudována do chylomiker
- Z tohoto pohledu nemůžeme kokosový olej považovat za MCT tuk, jak je na něj typicky nahlíženo

| | | Coconut oil | Olive Oil | Butter |
|---------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | % composition | % composition | % composition |
| C4:0 | Butyric acid | <1 | <0.1 | 2.5 |
| C6:0 | Caproic acid | 0.7 | <0.1 | 1.9 |
| C8:0 | Caprylic acid | 8.6 | <0.1 | 1.2 |
| C10:0 | Capric acid | 6.3 | <0.1 | 2.5 |
| C12:0 | Lauric acid | 47.6 | <0.1 | 3 |
| C14:0 | Myristic acid | 18.6 | <0.1 | 10.6 |
| C14:1 | | <0.1 | <0.1 | 0.9 |
| C15:0 | | <0.1 | <0.1 | 1.1 |
| C16:0 | Palmitic acid | 8.6 | 14.8 | 28.1 |
| C16:1 | Palmitoleic acid | <0.1 | 1.5 | 1.4 |
| C17:0 | | <0.1 | <0.1 | 0.6 |
| C17:1 | | <0.1 | <0.1 | 0.4 |
| C18:0 | Stearic Acid | 3.4 | 3 | 12.4 |
| C18:1t | | | <0.1 | 3.2 |
| C18:1n9 | Oleic Acid | 5.2 | 63.5 | 22.2 |
| C18:1n7 | cis-Vaccenic Acid | <0.1 | 2.8 | 0.4 |

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 nepatrný 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.“

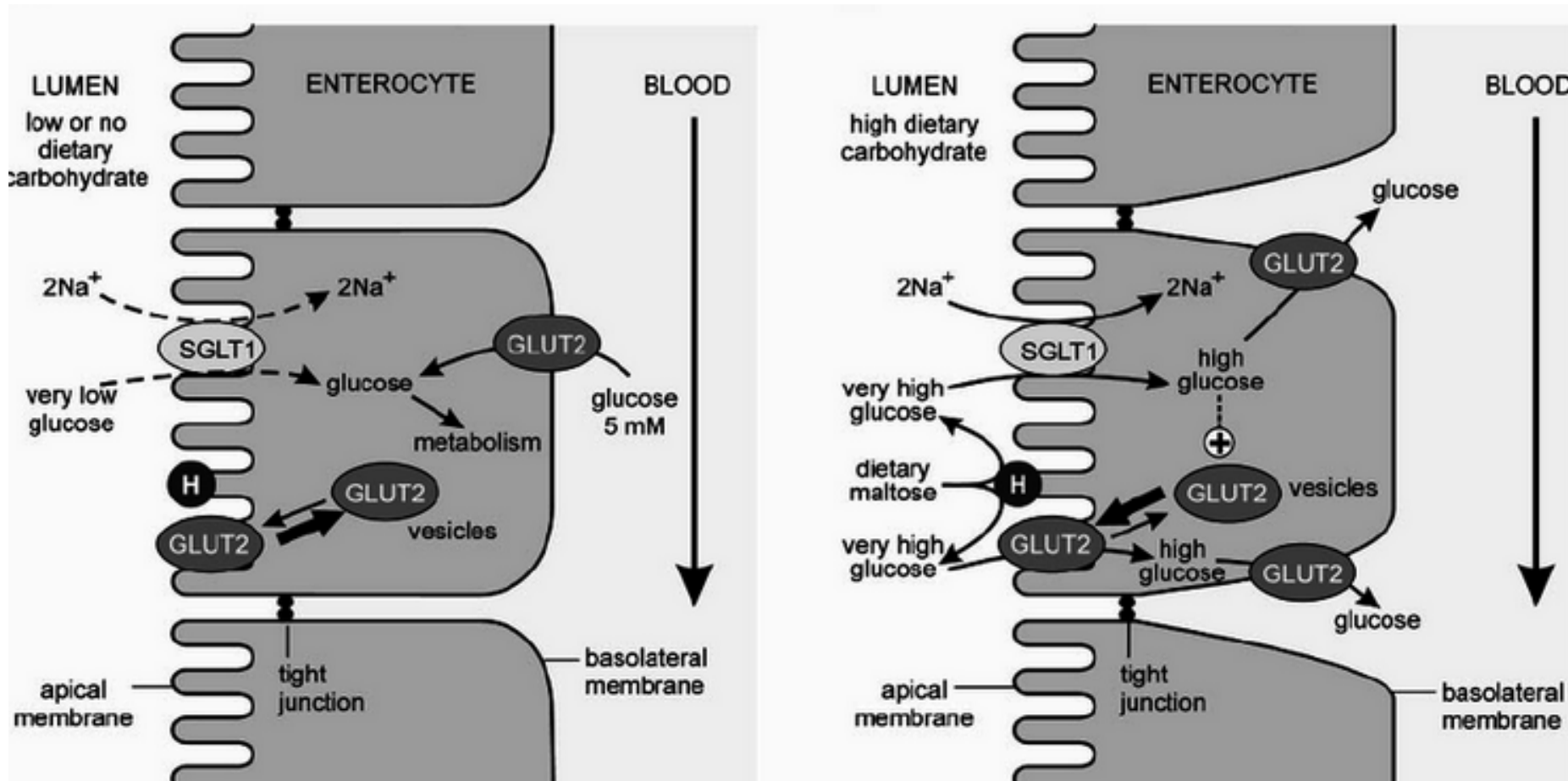
Příjem tuků: Shrnutí

- 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**
- **Low-carb a ketogenní diety nemají ve srovnání s běžným stravováním žádnou výhodu, spíše naopak**
- 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 jako doplněk stravy nemají smysl**

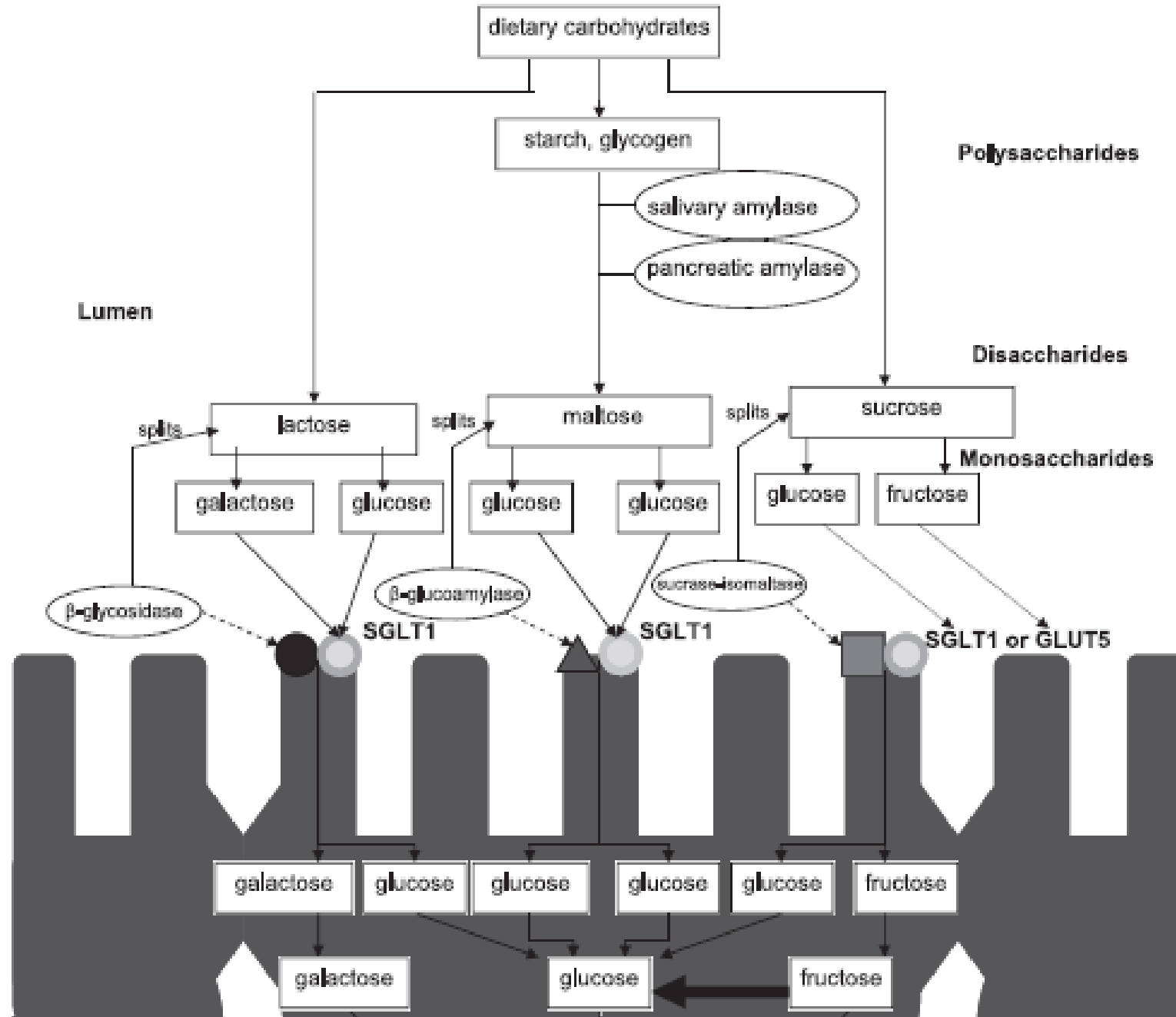
Rekapitulace trávení sacharidů

- Začátek trávení již v ústech pomocí enzymu **ptyalinu (alfa-amylázy)**
- V žaludku alfa-amyláza inaktivována kyselým žaludečním prostředím
- Trávení pokračuje v duodenu pomocí **pankreatické amylázy** (škrob → dextriny → oligosacharidy) a enzymů tzv. **kartáčového lemu střevních buněk** (oligosacharidy a disacharidy → monosacharidy)
- **Enzymy kartáčového lemu:** laktáza, maltáza, sacharáza, alfa-dextrináza
- Vstřebávají se pouze monosacharidy: glukóza, galaktóza, fruktóza
- Monosacharidy do buněk střeva vstupují:
 - 1) **Pomocí SGLT s kationty sodíku** (sodium-glucose coupled transporter)
 - 2) **Pomocí GLUT2 a GLUT5 (fruktóza)** transportérů

Pohled na SGLT a GLUT2 transportéry



Carbohydrate Digestion and Absorption

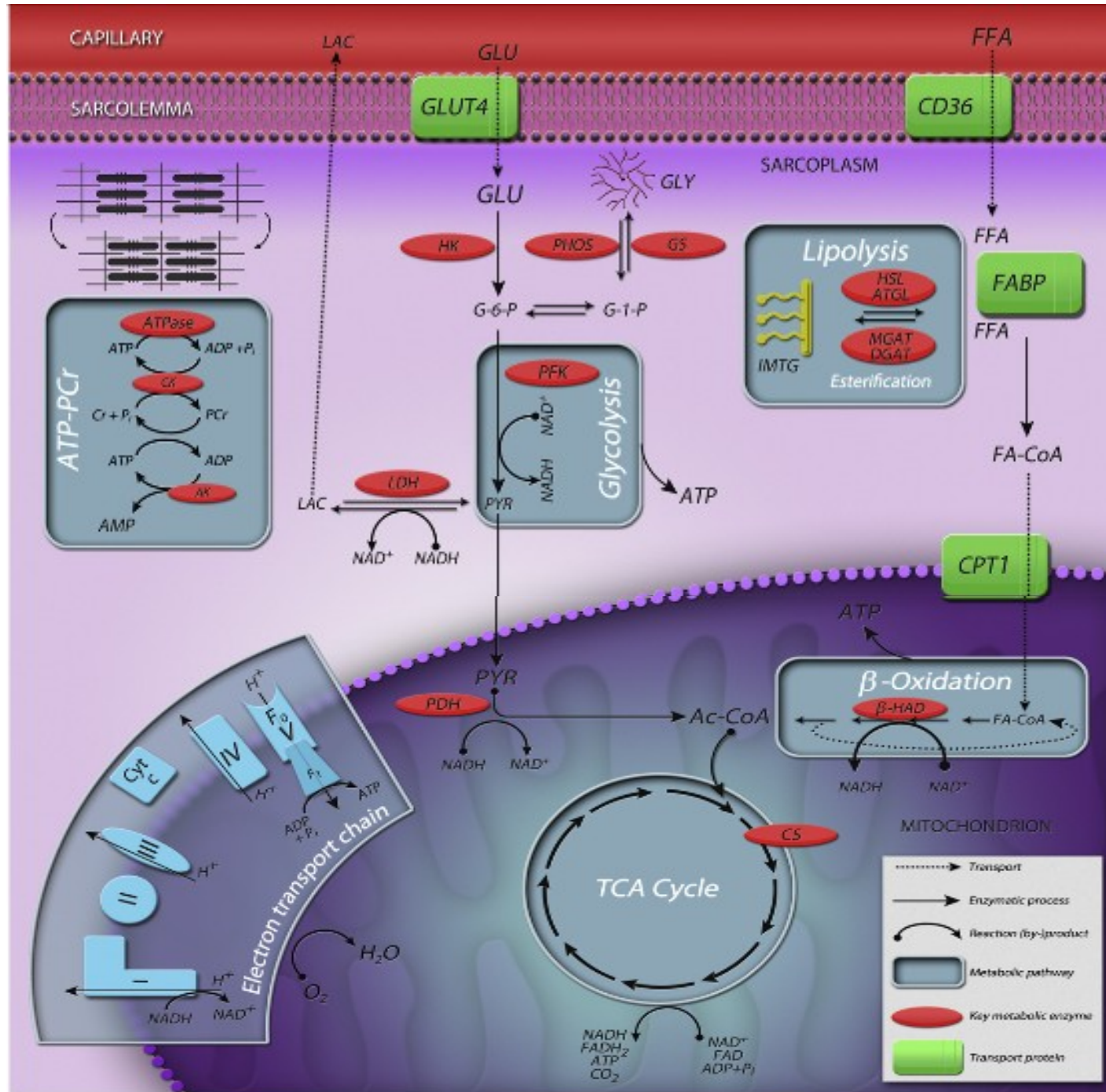


| Hormon | Primární funkce | Konkrétní funkce |
|----------------|-----------------|--|
| Inzulin | Anabolismus | Vstup glukózy do buněk Podpora syntézy glykogenu Snížení glykogenolýzy, glukoneogeneze |
| Glukagon | Katabolismus | Štěpení jaterního glykogenu Podpora glukoneogeneze |
| Kortizol | Katabolismus | 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)

Důležitost příjmu sacharidů

- Exkluzivní zdroj energie při vysokých intenzitách bez přístupu kyslíku (anaerobní glykolýza)
- Exkluzivní zdroj energie pro buňky bez mitochondrií (červené krvinky)
- Velmi důležitý zdroj energie i pro buňky mozkové
- Dostatečné glykogenové zásoby esenciální pro maximální výkon, doplňování po výkonu
- Dostatečný příjem „chrání“ aminokyseliny (není třeba je použít jako zdroj energie při zátěži)
- Pro přežití nejsou esenciální (organismus si glukózu může vytvořit)
- ...„Zvětšení“ svalů před fitness soutěží (sacharidová superkompenzace)



Obecná doporučení pro příjem sacharidů v silových sportech

- Příjem sacharidů by se měl odvíjet od energetické náročnosti, objemu, intenzity a frekvence tréninků → **Bezpodmínečný individuální přístup ke každému klientovi!!**
- Svou roli může hrát i načasování příjmu sacharidů (důležitost rychlé obnovy glykogenových zásob) a podpory regenerace po tréninku
- **NCSA, 2010 (National Strength and Conditioning Association) (Guide to Sport and Exercise Nutrition)**
- [Slater, 2011 \(Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding\)](#)
- 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 **3–7 g/kg TH**
- Rekreační sportovci (se sedavým zaměstnáním, studenti), mohou mít tento příjem ještě nižší: **3–5 g/kg TH** (vyšší příjem by znamenal nárůst tuku!!)

Carbohydrate Restriction: Friend or Foe of Resistance-Based Exercise Performance? (2018)

- U typického silového tréninku s **kratší dobou trvání** (pod 45 minut), **vysokou intenzitou použitých vah** (nad 80–85 % 1RM) a **malým objemem práce** (ne více než 8 sérií) **by nízký příjem sacharidů neměl výrazněji omezovat výkon, a proto zřejmě ani adaptační mechanismy (síla, hypertrofie)**
- Při vyšším objemu práce, delším trvání tréninku a nižší intenzitě zatížení už snížený příjem sacharidů může snižovat výkon a potenciálně i dlouhodobě hypertrofii.
- Jak rychle se spotřebovává glykogen?

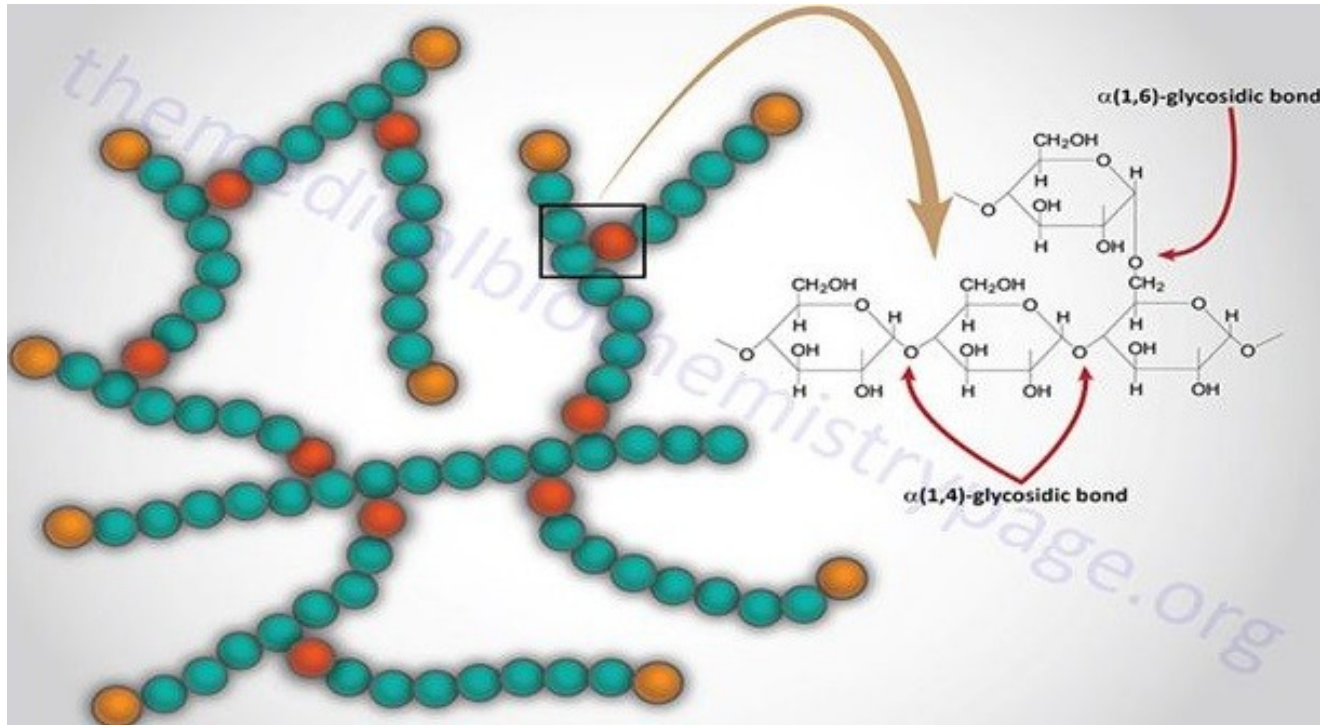
6 sérií předkopávání vedlo ke snížení glykogenu ve stehenním svalu o 39 %

3 série bicepsových zdvihů snížily zásoby glykogenu v bicepsu o 24 %

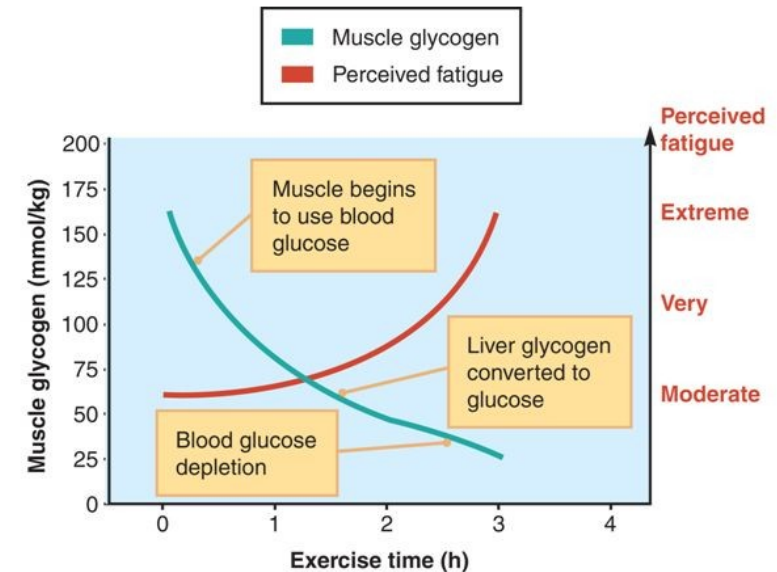
45min trénink celého těla vedl ke snížení celotělových zásob glykogenu o 23–44%

Potřeba sacharidů v silovém sportu: Zajímavosti

- 6 sérií předkopávání vedlo ke snížení glykogenu ve stehenním svalu o 39 %
- 3 série bicepsových zdvihů snížily zásoby glykogenu v bicepsu o 24 %.
- 45minutový trénink celého těla vedl ke snížení zásob glykogenu o 23-44%

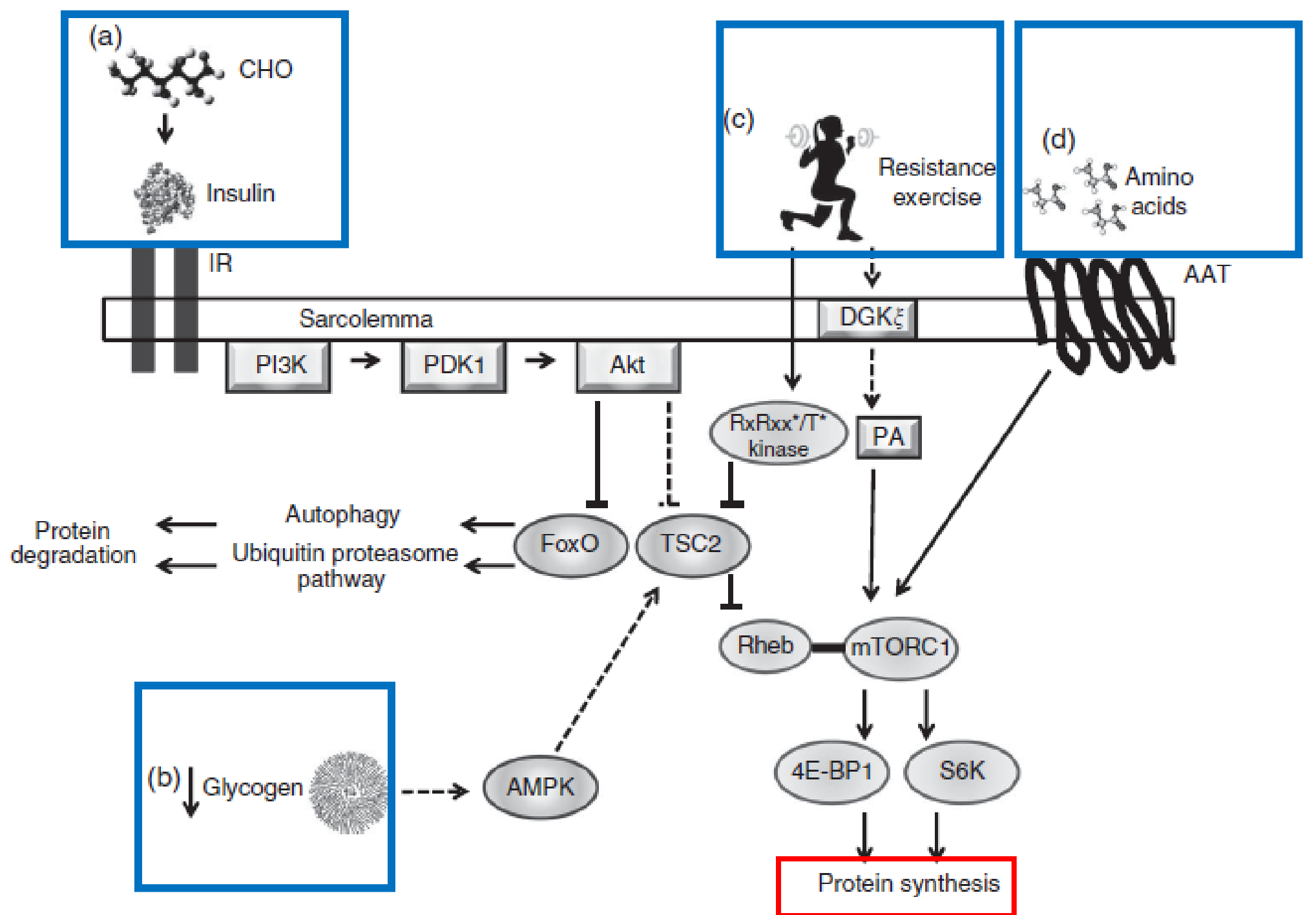


Glycogen Depletion and Fatigue Sensation



Carbohydrate intake and resistance-based exercise: are current recommendations reflective of actual need? (2017)

- Narozdíl od vytrvalostního sportu, doporučení pro příjem sacharidů nejsou pevně stanovená
- Studie týkající se vlivu na silový výkon jsou prováděny ve smyslu akutního i chronického působení, vychází však nejednoznačně (odlišné protokoly tréninku, délka trvání studie, definice low-carb stravy)
- Možný negativní vliv low-carb/keto diet na intracelulární signalizaci v kaskádě syntézy svalových bílkovin
- Inzulin a vysoký příjem sacharidů není třeba pro syntézu bílkovin, jedná se spíše o [antikatabolický efekt](#) (Abdulla, 2016)

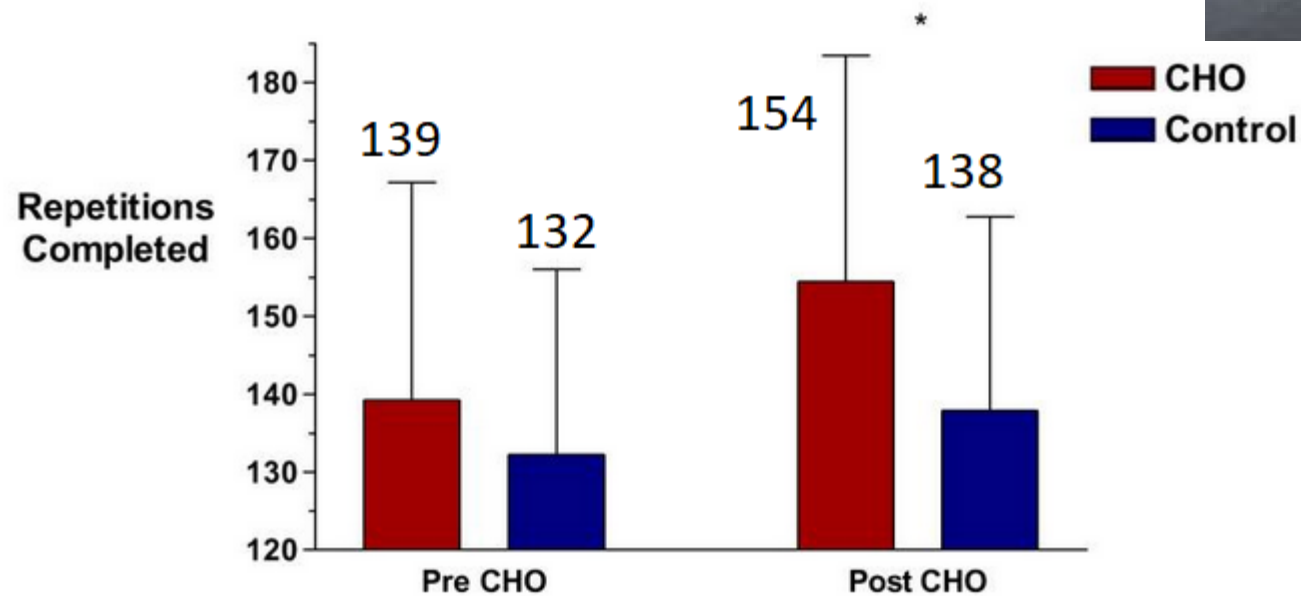


Carbohydrate intake and resistance-based exercise: are current recommendations reflective of actual need? (2017)

Fig. 1. Simplified illustration of cell signalling pathways associated with protein synthesis and degradation in skeletal muscle resulting from nutrient intake, glycogen concentrations and mechanical loading. (a) Carbohydrate (CHO) ingestion results in the secretion of insulin from the pancreas into the blood, which binds to insulin receptors (IR) on the sarcolemma, activating the phosphatidylinositol-3-OH kinase (PI3K)-Akt pathway. Akt inhibits forkhead box O (FoxO) activity by promoting its exportation from the nucleus into the cytoplasm and inducing its degradation, inhibiting protein degradation systems autophagy and the ubiquitin proteasome pathway. Akt removes tuberous sclerosis complex 2 (TSC2) from the lysosomal membrane, allowing for mammalian target of rapamycin complex 1 (mTORC1) to interact with its activator Ras homologue enriched in brain (Rheb) at the lysosome. Activation of mTORC1 results in increased activity of ribosomal kinases S6 (S6k; p70S6K, p90S6K) and inhibition of eukaryotic initiation factor 4E-binding protein (4E-BP1), leading to protein synthesis. -----, Physiological concentrations of insulin have not been shown to increase protein synthesis in human muscle. (b) Low muscle glycogen levels may increase 5' AMP-activated protein kinase (AMPK) activity, leading to an enhanced activity of TSC2 and inhibition of mTORC1 activity. -----, Unestablished effect of glycogen concentrations on AMPK in human skeletal muscle at rest or during and after resistance exercise; inhibitory effect of AMPK on mTORC1 may not impair mTORC1 activity in human skeletal muscle following resistance exercise or amino acid feeding. (c) Heavy mechanical loading (i.e. resistance exercise) activates a currently unknown kinase, which phosphorylates TSC2 within a RxRxx*/T* motif resulting in its translocation from the lysosome, allowing mTORC1 to bind with Rheb. Phosphatidic acid (PA) activates mTORC1, possibly by direct binding to the 12-kDa FK506-binding protein (FKBP12)-rapamycin-binding domain. -----, Increased PA is likely mediated by diacylglycerol kinase ξ (DGK ξ) activity. (d) Amino acid transporters (AAT) uptake amino acids into the sarcoplasm. An increase in intracellular amino acid levels facilitate translocation of mTORC1 to the lysosomal surface mediated by the Rag family of G-proteins where it can interact with Rheb. \leftarrow , \rightarrow , Stimulatory response; \dashv , \dashv , inhibitory response.

The Effect of a Moderately Low and High Carbohydrate Intake on Crossfit Performance (2015)

| Macronutrient intake (g/kg/d) | CHO group (n = 9) | C group (n = 9) |
|-------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Pre CHO | 3.37 (\pm 1.27) | 3.73 (\pm 1.21) |
| Int CHO | 6.30 (\pm 0.537) ^{1,2} | 3.13 (\pm 1.02) |
| Pre protein | 1.64 (\pm 0.537) | 1.43 (\pm 0.552) |
| Int protein | 1.89 (\pm 0.437) | 1.54 (\pm 0.314) |
| Pre fat | 0.85 (\pm 0.336) | 0.97 (\pm 0.547) |
| Int fat | 1.16 (\pm 0.410) | 0.94 (\pm 0.540) |



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**)
- Mnohé studie ukázaly také pozitivní efekt na výkon při příjmu sacharidů v posledním jídle před výkonem
- **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 však pro někoho nežádoucí (vyloučení příliš inzulínu → zřejmě zvýšená tvorba serotoninu → 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 a dalších živin 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)

Nejčastěji doporučovaný příjem makroživin v silových sportech: Shrnutí

- Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding (2011)
- Příjem sacharidů:
- **3–7 g/kg TH (nebo jako zbytek do CEP při započítání příjmu T a B)**
- Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation (2014)
- Příjem tuků:
- **20–35 % CEP**
- International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise (2017)
- **1,4–2,0 g/kg TH**

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.