

Příjem tuků a sacharidů v silovém sportu

Mgr. Petr Loskot

Ústav ochrany a podpory zdraví, LF MUNI

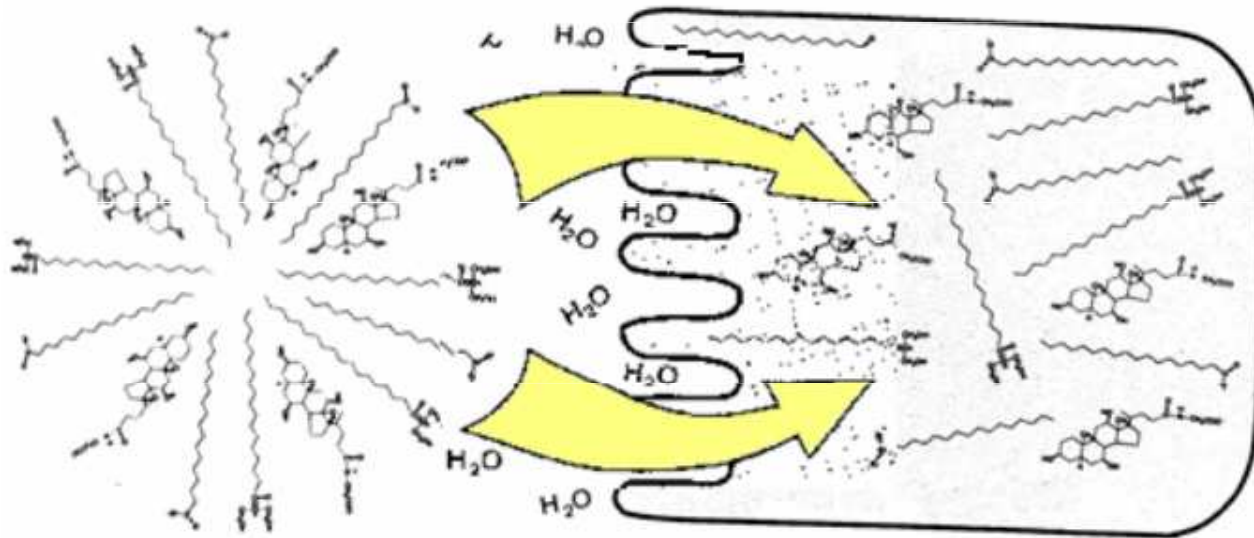
16.3.2021

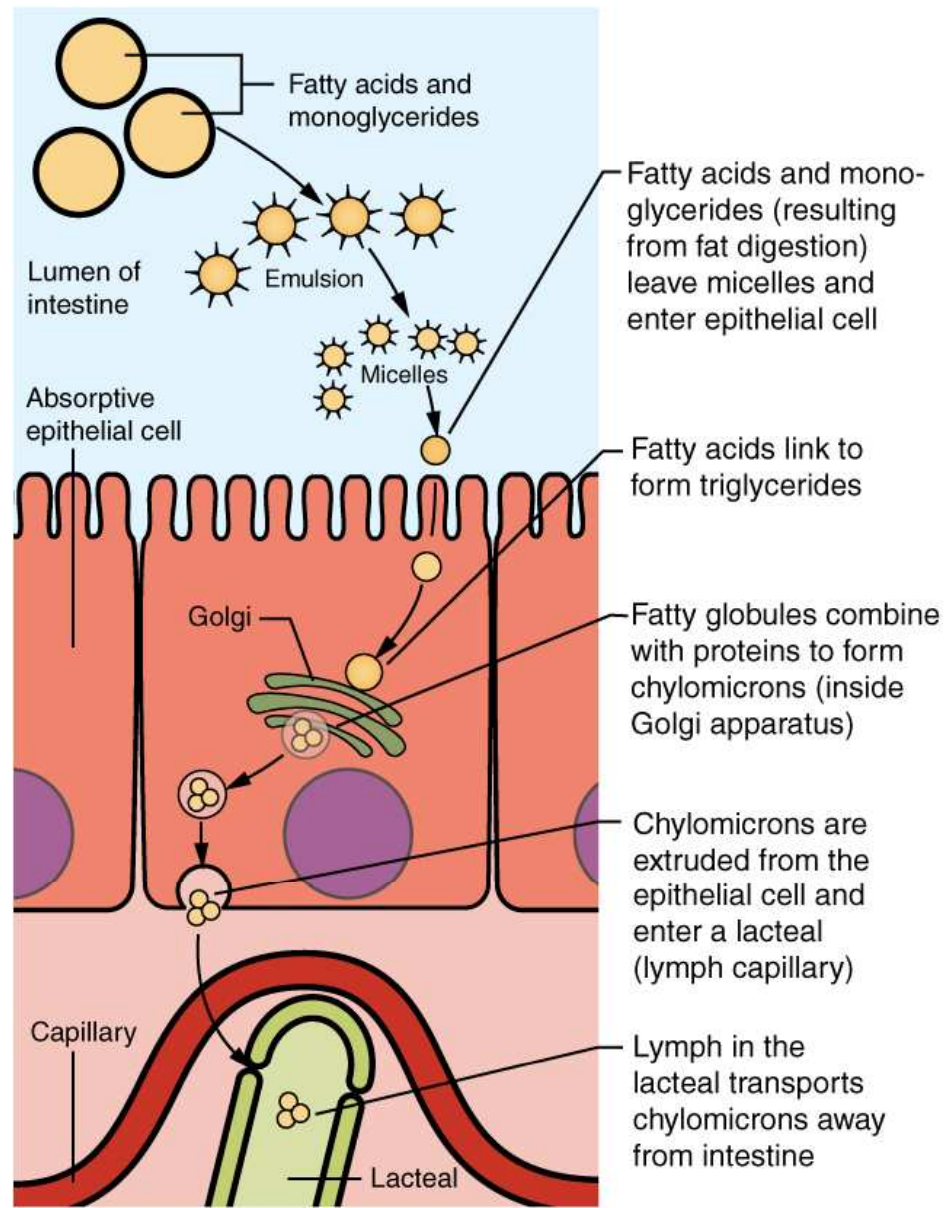
Obsah prezentace

- 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

Trávení a transportu tuků

- Linguální a gastrická lipáza mají v trávení tuků malý význam (cca 15 %)
- Vstřebávání tuků ve střevě se děje prostřednictvím tzv. 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





Transport of lipids

Putování živin ze střeva

Portální žilou do
jater a dále do
krevního oběhu

Lymfatickým
systémem do krevního
oběhu

**Aminokyseliny,
sacharidy,
SCFA, MCFA**

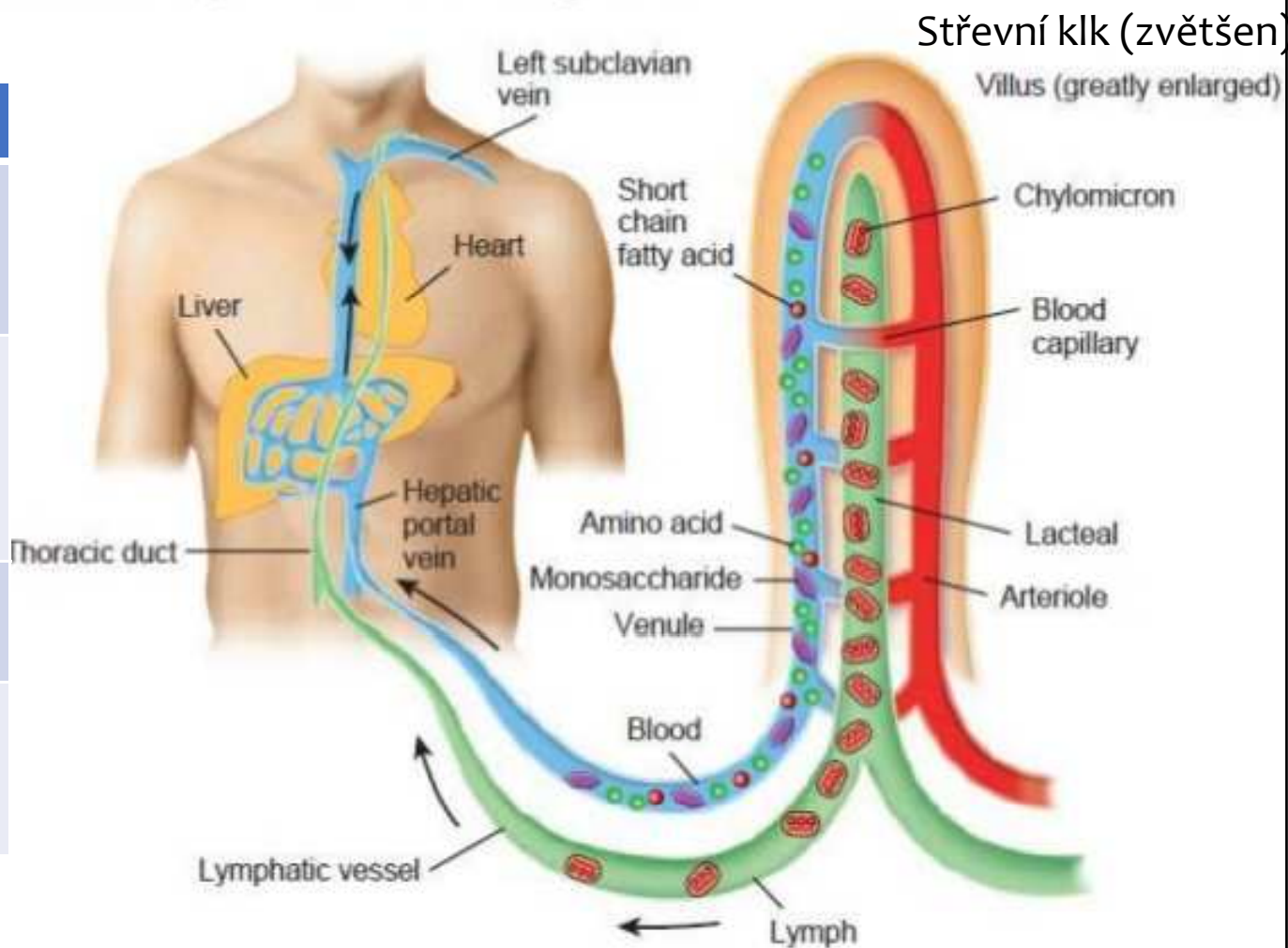
**Dlouhé mastné
kyseliny (LCFA)
(v chylomikrech jako
TAG)**

**Rychlejší
transport do krve**

Pomalejší transport do
krve

Rychleji
k dispozici jako
zdroj energie

Pomaleji k dispozici
jako zdroj energie



Jsou tuky rychlý zdroj energie?

LCFA představují cca 90–95 % celkového příjmu tuků

V krvi se první chylomikrony objevují přibližně 1–2 hodiny po zahájení jídla.

Vzhledem k tomu, že proces resorpce lipidů je relativně pomalý děj, dostávají se chylomikrony do krve ještě i několik hodin poté.

Za fyziologických okolností je vrchol koncentrace chylomiker v plazmě až za 3 až 6 hodin po jídle.

Kokosový tuk: Zdroj MCT tuků jak rychlá energie?

- 47 % všech MK kyselina laurová
- LA se chová v metabolismus spíše jako LCFA
- → ze 75 % je transportována jako LCFA
- → **Kokosový olej není rychlým zdrojem energie**
- **Značně nevýhodné zastoupení MK (vysoký obsah SFA)**

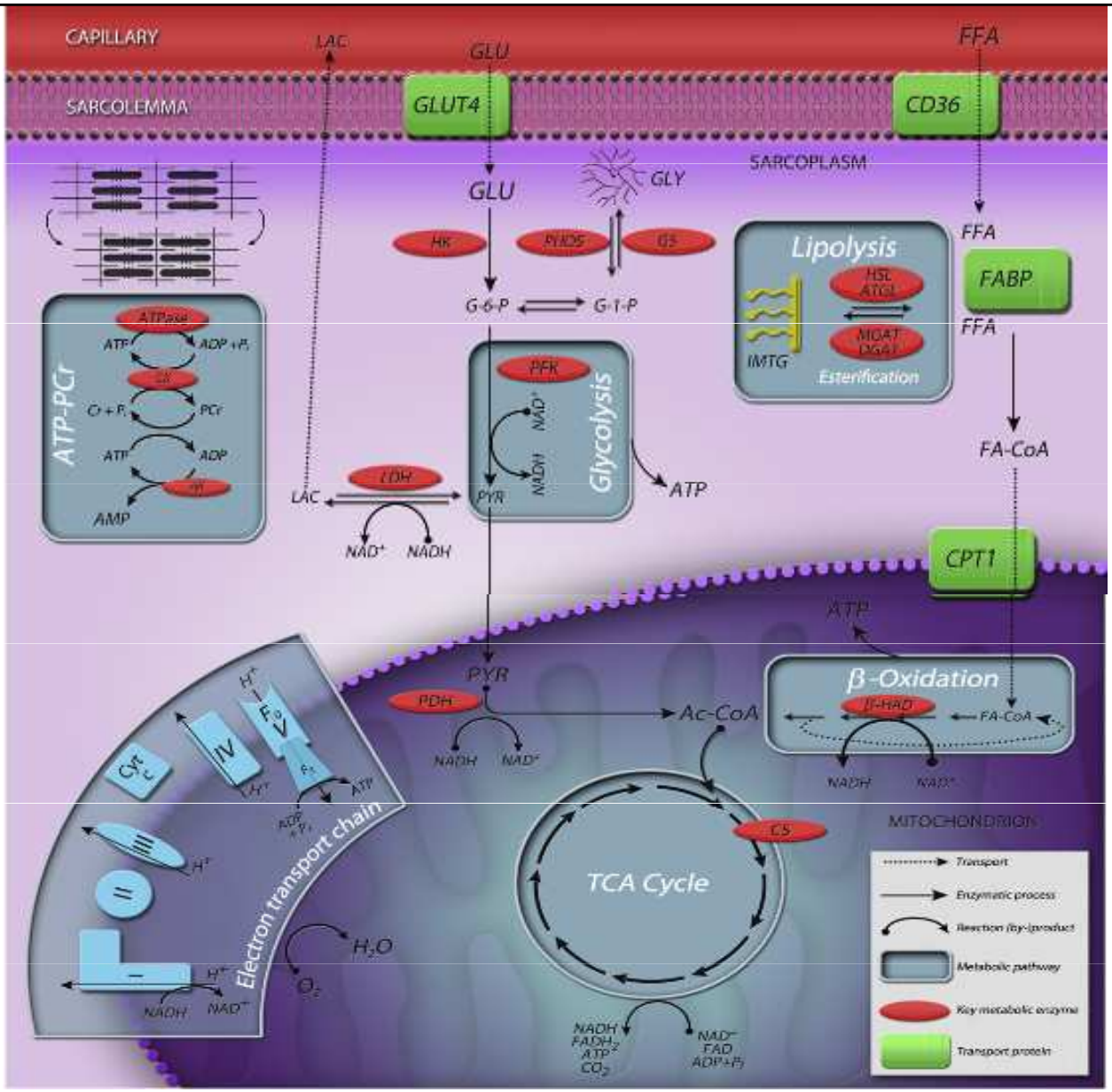
Property	Coconut oil ^a
Butyric acid 4:0 (percentage of TFAs)	0
Caproic acid 6:0 (percentage of TFAs)	1
Caprylic acid 8:0 (percentage of TFAs)	9
Capric acid 10:0 (percentage of TFAs)	7
Lauric acid 12:0 (percentage of TFAs)	47
Myristic acid 14:0 (percentage of TFAs)	16.5
Palmitic acid 16:0 (percentage of TFAs)	7.5
Stearic acid 18:0 (percentage of TFAs)	3
Oleic acid 18:1 <i>cis</i> (percentage of TFAs)	6.4
Elaidic acid 18:1 <i>trans</i> (percentage of TFAs)	0
Linoleic acid 18:2 (percentage of TFAs)	1.5
Total SFAs (percentage of TFAs)	92

Mastné kyseliny a dělení podle délky řetězce

Mastná kyselina	Počet uhlíků	Skupina mastných kyselin
Octová	2	SCFA
Propionová (propanová)	3	SCFA
Butanová (máselná)	4	SCFA
Kapronová	6	MCFA
Kaprylová	8	MCFA
Kaprinová	10	MCFA
Laurová	12	MCFA
Myristová	14	LCFA
Palmitová	16	LCFA
Stearová	18	LCFA
Olejová	18	LCFA
Linolová	18	LCFA
Alfa-linolenová	18	LCFA
EPA, DHA	20, 22	LCFA

Hormony zapojené do metabolismu tuků

Hormon	Primární funkce	Konkrétní funkce
Inzulin	Anabolismus	Podpora ukládání živin do tukové tkáně, podpora syntézy TAG, blokace 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

- 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), WHO (2010): **20–35 % CEP**

Společnost pro výživu (2012) (víceméně ve shodě s doporučením WHO):

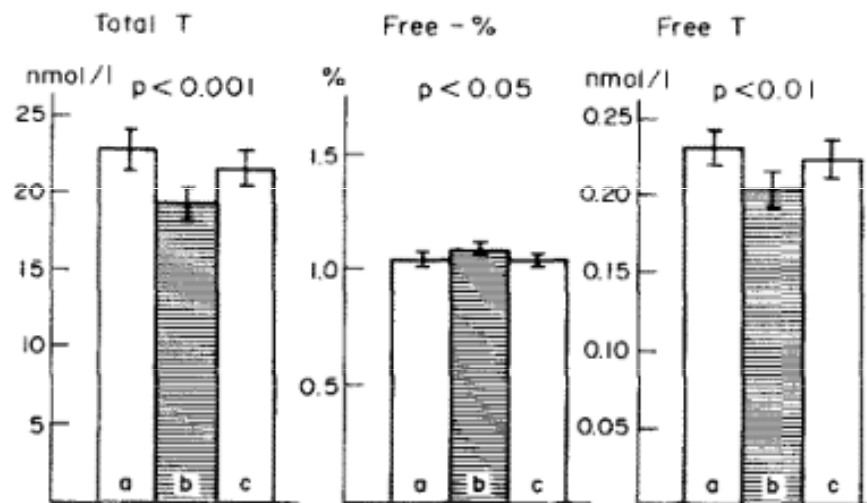
- 1) Příjem energie z tuků do 30 % CEP (cca 0,5–**1,0**–1,5 g/kg TH)
- 2) Příjem energie ze SAFA do 10 % CEP
- 3) Poměr n-6:n-3 PUFA do 5:1
- 4) Příjem trans-nenasycených MK do 1 % CEP

- **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)

Do běžného života bez praktického využití



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 → dyskomfort během aktivity
- 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, za fyziologických okolností je vrchol koncentrace chylomiker v plazmě až za 3–6 hodin po jídle.

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 po výkonu
- 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)

Příjem tuku po tréninku: Potréninkové jídlo

- **Adding fat calories to meals after exercise does not alter glucose tolerance (Fox, 2004)**
- Despite adding ~165 g of fat to meals after exercise and a resultant elevation in IMTG concentration, glucose tolerance was identical in High-Fat and Low-Fat.
- In summary, as long as meals ingested in the hours after exercise contain the same carbohydrate content, **the addition high amount of fat to these meals did not alter muscle glycogen resynthesis or glucose tolerance the next day.**

Do praxe to znamená, že by ani vyšší obsah tuku v jídle po tréninku neměl vadit a neovlivní rychlost vstřebávání dalších živin.

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

- 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

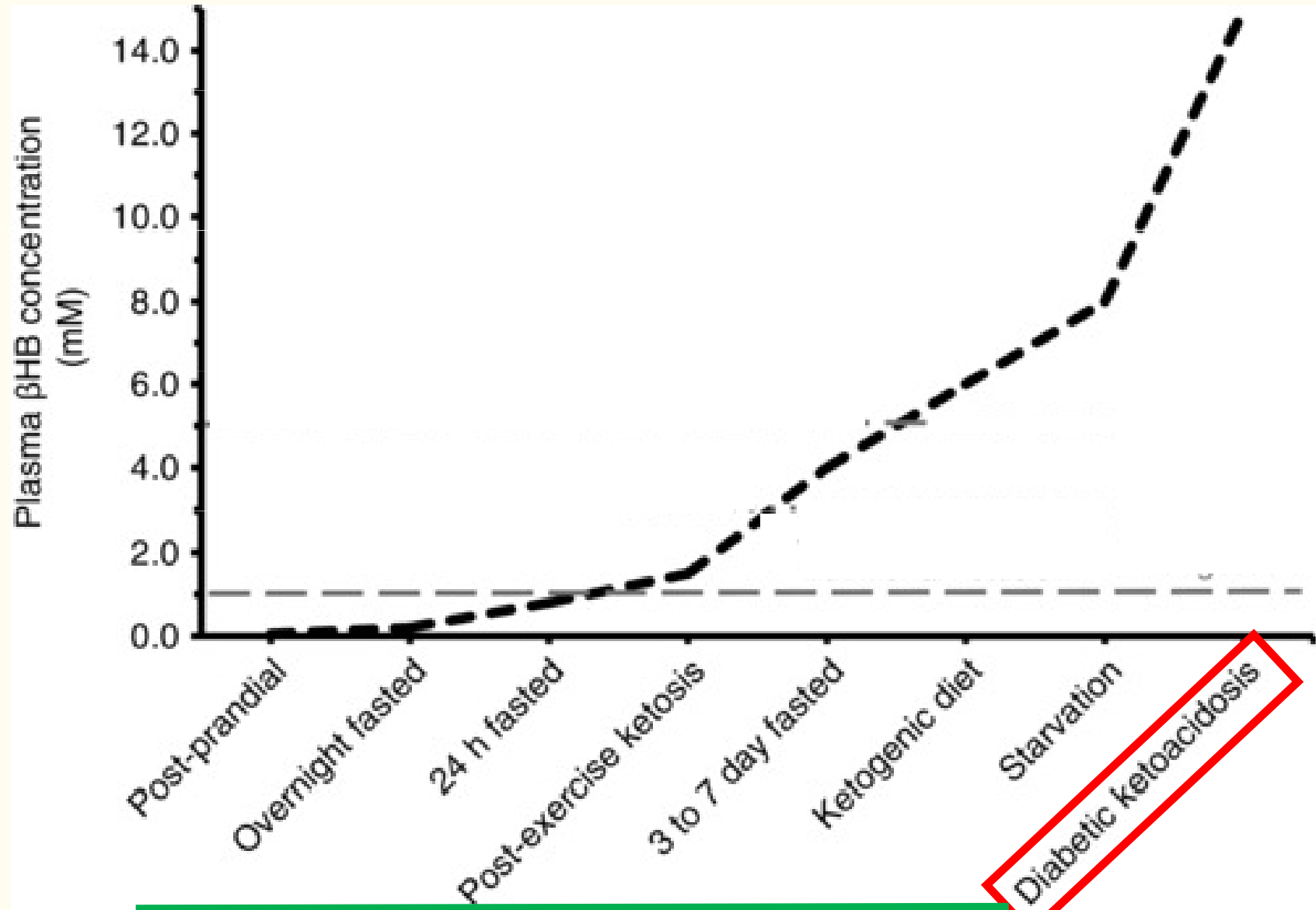
Rozlišujme!

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



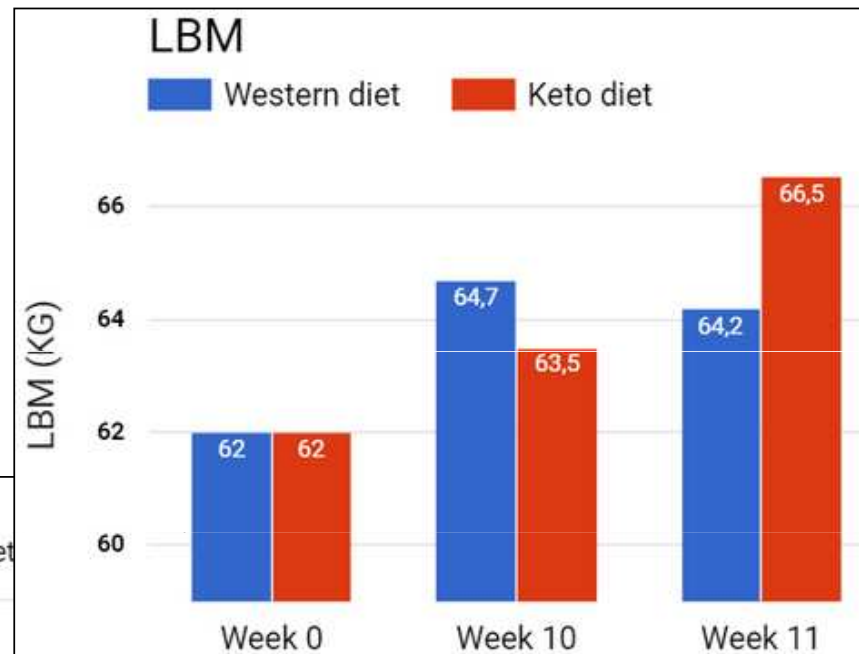
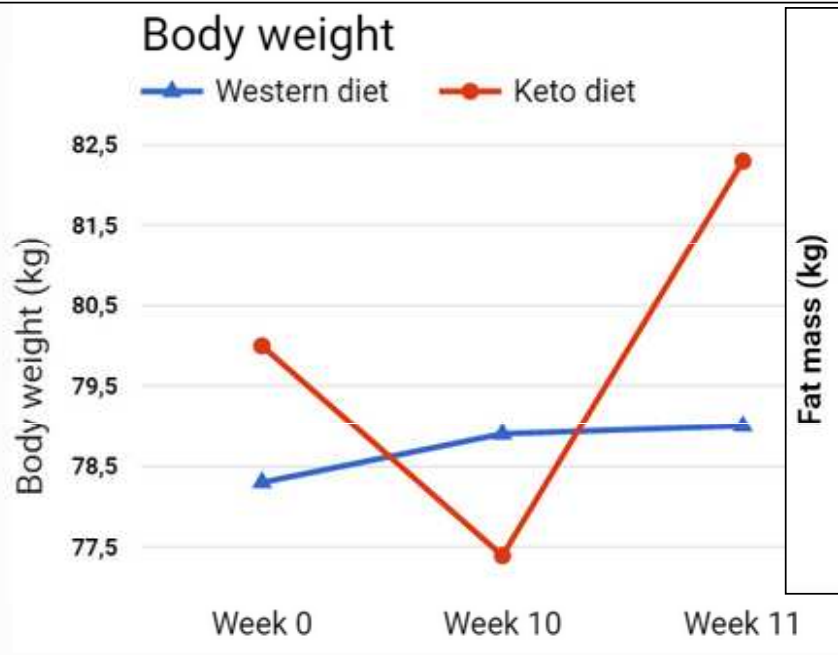
The Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Males (2017)

- 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



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

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

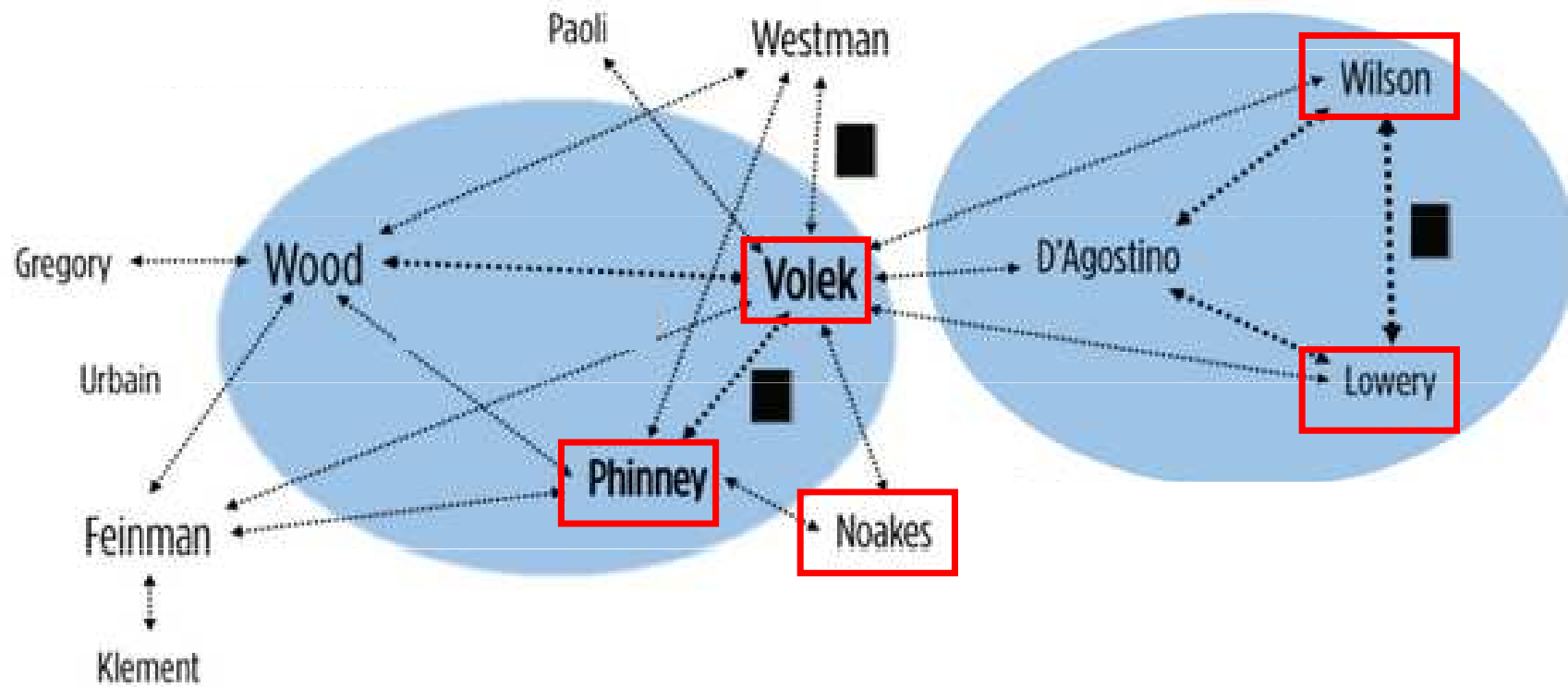
Záměrné ovlivnění výsledků autory studie?

<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.

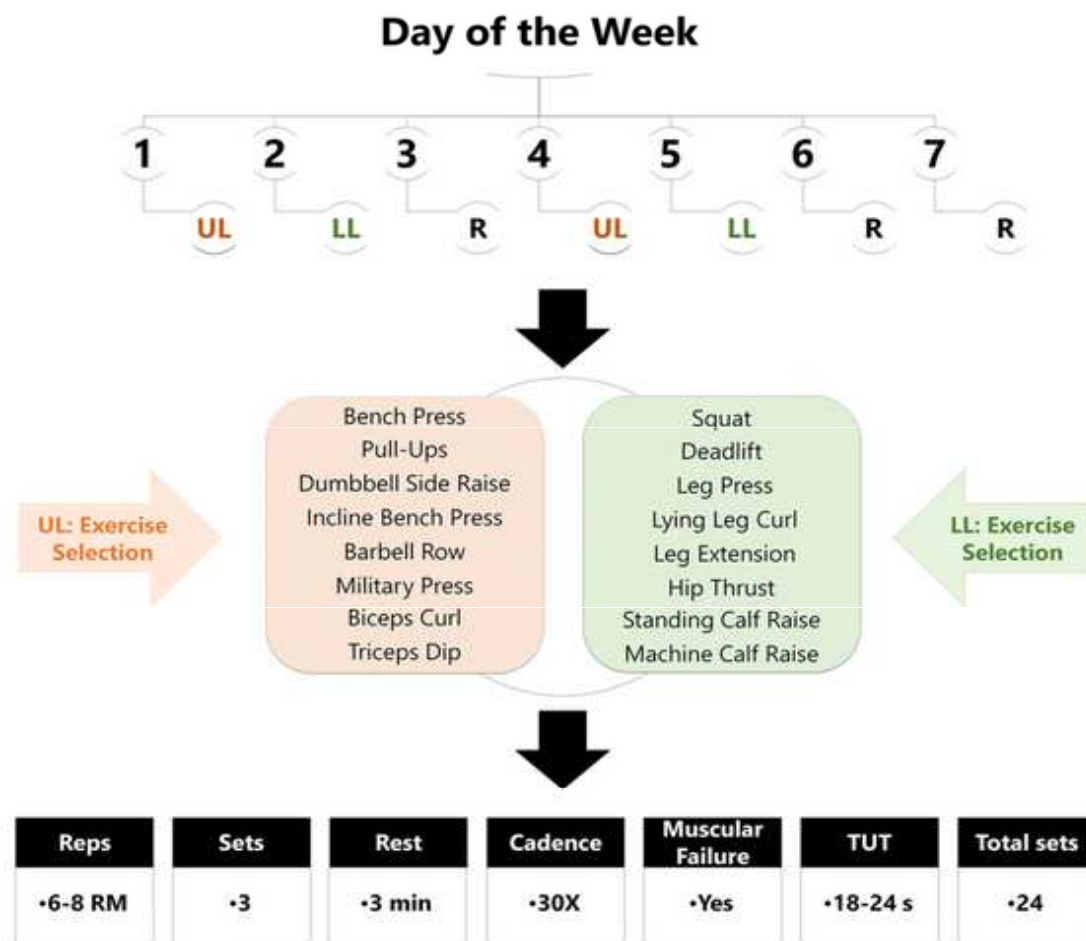
Autoři spojení s low-carb a keto výzkumem



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/nedostatečnému příjmu energie pro přibírání → 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 teoreticky 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 **(ale pozor vliv na krevní lipidy)**
- 2) Ketogenní diety mohou být pro nárůst nové svalové hmoty méně výhodné

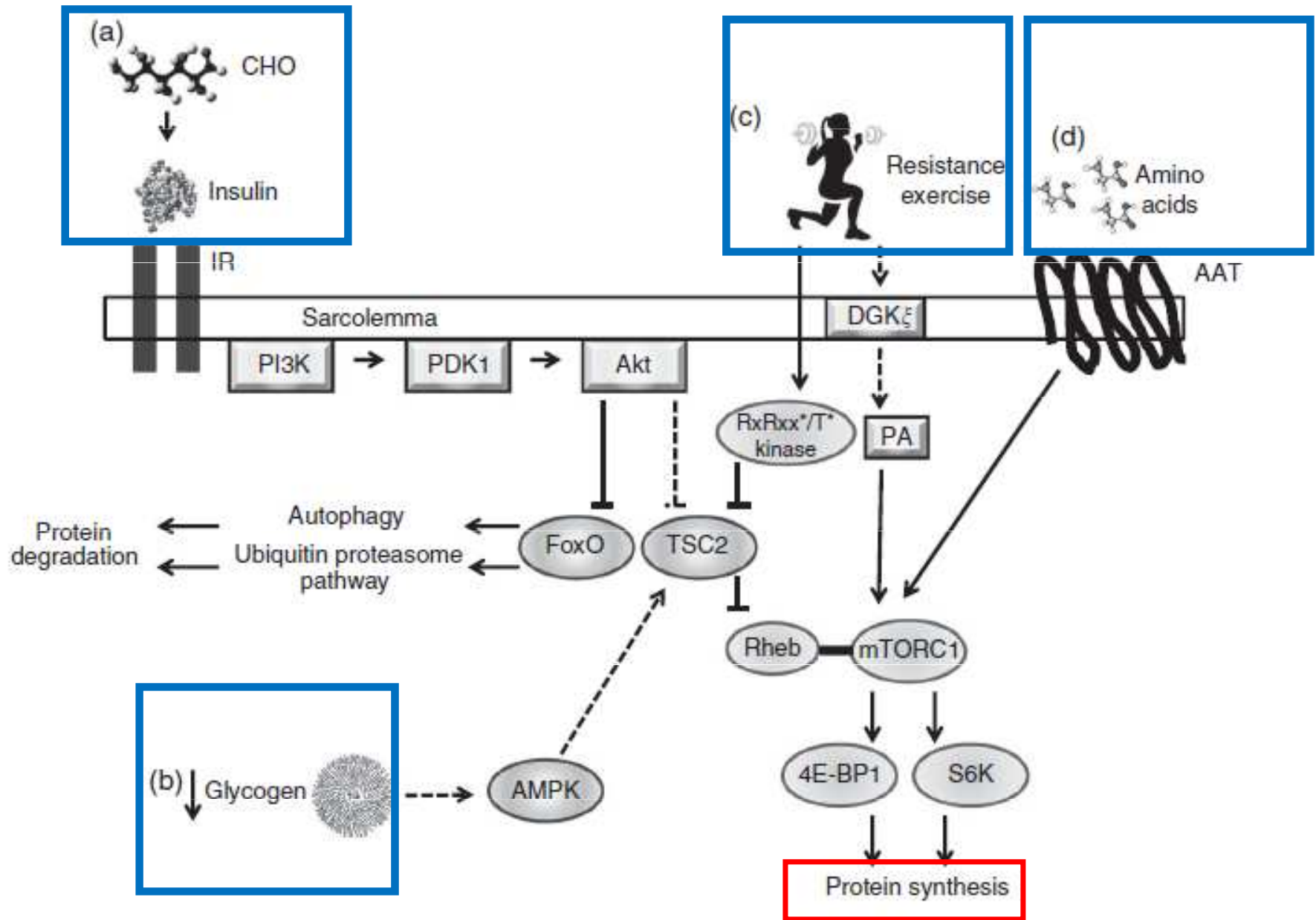
Carbohydrate Restriction: Friend or Foe of Resistance-Based Exercise Performance? (2018)

- 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.
- Inzulin a vysoký příjem sacharidů není třeba pro syntézu bílkovin, jedná se spíše o [antikatabolický efekt](#) (Abdulla, 2016)
- **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%



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 ϵ (DGK ϵ) 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; \blacksquare , \blacksquare , inhibitory response.

Problémy s interpretací studií v oblasti diet a jejich vlivu na tělesné složení a výkon

Problémy ve studiích mezi skupinami Low-fat vs. Low-carb/Keto

Odlišný celkový příjem bílkovin

Špatný monitoring skutečného příjmu energie

Individuální odpověď na odlišné diety u daného jedince

Praktický význam výsledného rozdílu mezi skupinami

Délka trvání studií

Trénovanost účastníků studie

Nízký příjem sacharidů může ovlivnit výsledek měření tělesného složení

Argumenty PROTI nízkému příjmu sacharidů při silovém tréninku

Pro silové sportovce (fitness a kulturistika) i Crossfit atlety s vysokým tréninkovým objemem práce a delším časem pod zatížením by mohl nižší příjem sacharidů představovat nevýhodu

- 1) Potřeba vyšší oxidace sacharidů skrze anaerobní glykolýzu**
- 2) Snížená možnost oxidace MK a ketonů při vysokých intenzitách zatížení**
- 3) Horší schopnost oxidovat sacharidy při adaptaci na low-carb**
- 4) Možné nedostatečné zásoby svalového glykogenu pro ideální výkon**
- 5) Možné nedostatečné doplňování svalového glykogenu při častých tréninkách**
- 6) Negativní ovlivnění signálních drah pro svalovou hypertrofii při KETO (nikoliv při LC)**

Pro koho low-carb/keto v oblasti silových sportů a fitness by mohla být vhodná?

1) Silové sportovce s nižším počtem opakování v sérii, kdy výkon trvá kratší dobu – siloví trojbojaři, vzpěrači.

2) Silové sportovce (fitness a kulturistika) s nižším objemem práce a kratšími sériemi (bez cíleného prodlužování TUT), nižší tréninkovou frekvencí procvičování partií

1) Kratší série → podstatnější část výkonu kryta kreatinfosfátem → Menší potřeba anaerobní glykolýzy a využívání sacharidů

2) Možné nižší zásoby glykogenu postačují na plnohodnotný trénink

3) Plnohodnotný trénink → Optimální stimulace hypertrofie i nárůstu síly (+příjem B)

4) Za těchto podmínek LC diety bez negativního vlivu, KETO ???

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 250–500 mg EPA+DHA denně**

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, který ale nyní klinicky významný, navíc s nutností vysokého příjmu MCT tuků místo LCT – velmi obtížné v běžném jídelníčku.
- 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.*“
- Můj schválený dosud [nepublikovaný článek](#) o MCT tucích pro web Viscojis

Příjem tuků: Shrnutí

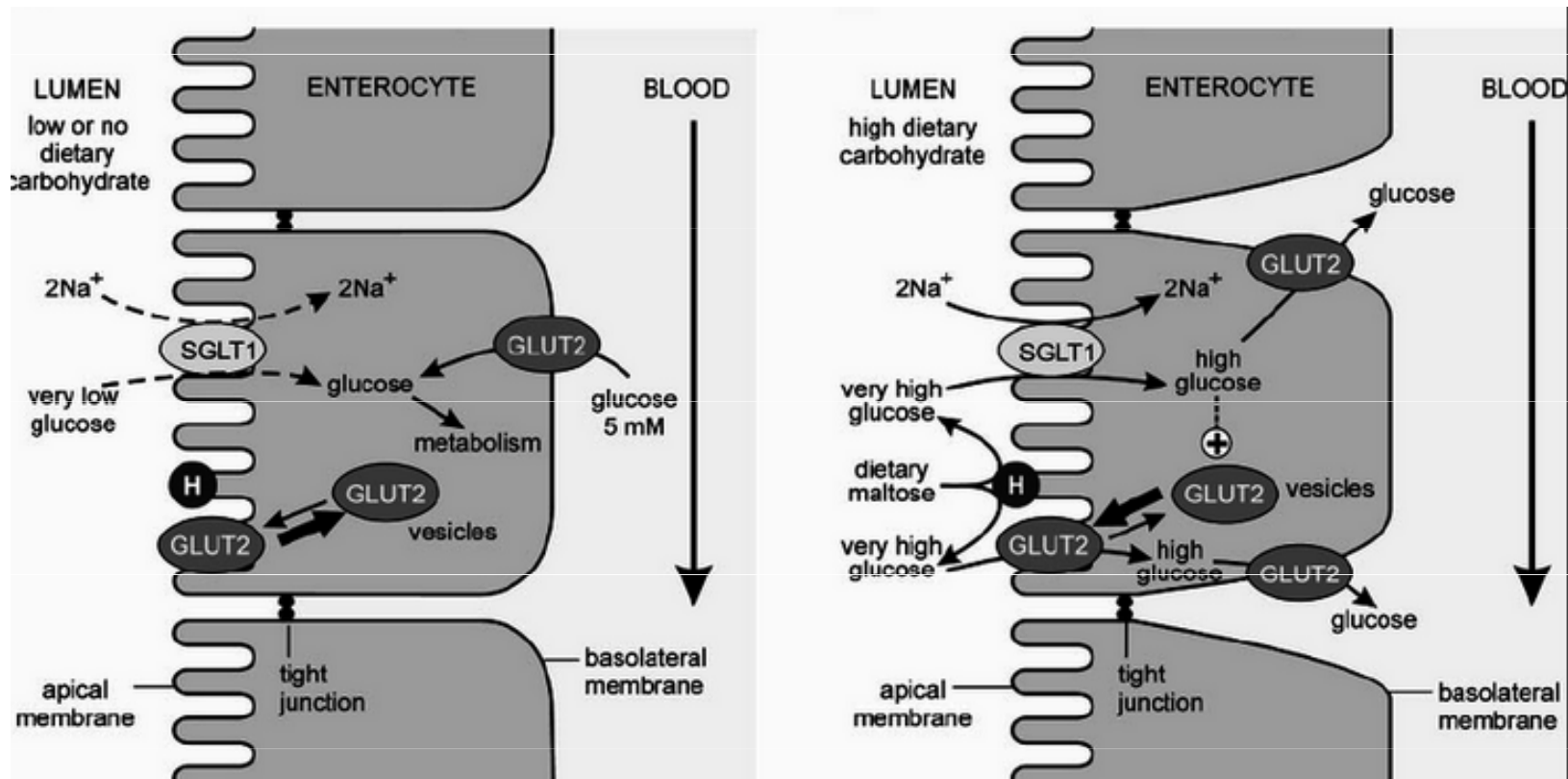
- Konkrétní **ucelené doporučení po příjem tuků v silových sportech neexistuje**
- Příjem tuků co do kvality a kvantity by měl být v souladu s oficiálními doporučeními národních/mezinárodních autorit
- **Dlouhodobě by příjem tuků neměl klesat pod 20 % CEP**
- **Ideální příjem v rozmezí 20–35 % CEP**
- **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**

Příjem sacharidů a silový sport

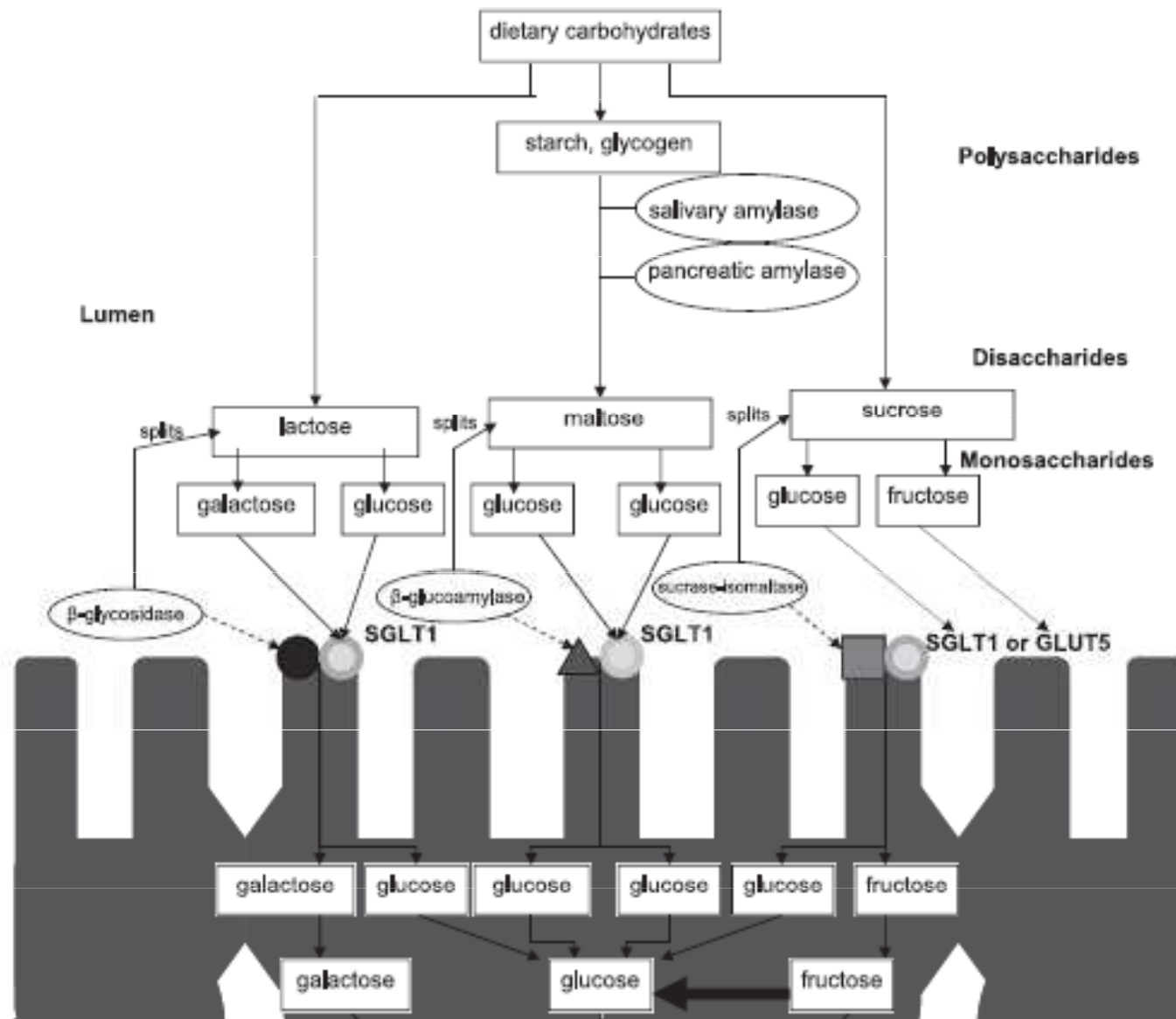
Rekapitulace trávení sacharidů

- Začátek trávení již v ústech pomocí enzymu **ptyalinu (alfa-amylázy)**
- V žaludku alfa-amyláza inaktivována kyselý 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

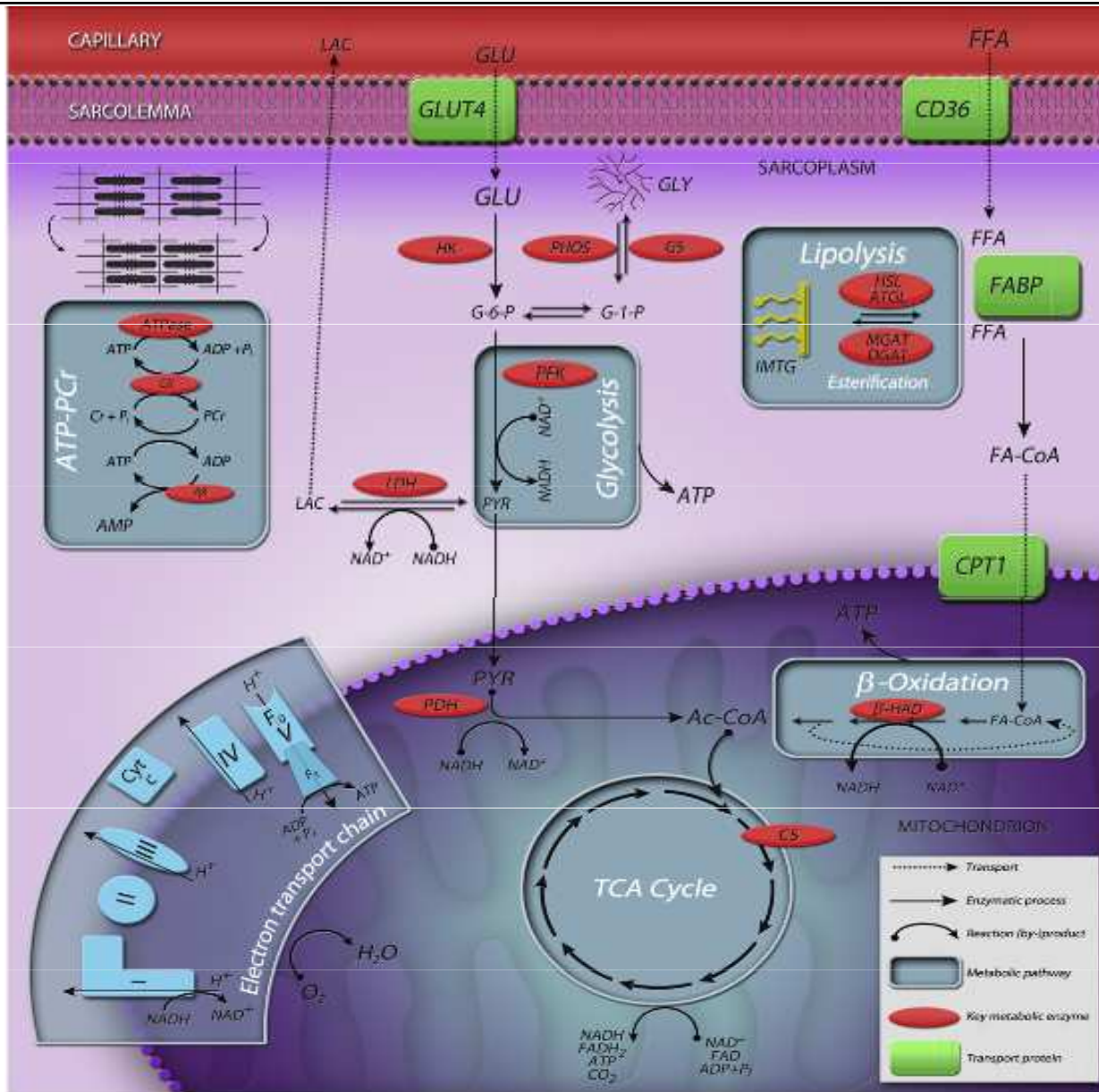


Hormon	Primární funkce	Konkrétní funkce
Inzulin	Anabolismus	Vstup glukózy do buněk Podpora syntézy glykogenu Snížení glykogenolýzy, glukoneogeneze
Glukagon	Katabolismus	Štěpení jaterního glykogenu Podpora glukoneogeneze
Kortizol	Katabolismus	Podpora glukoneogeneze z glukogenních AMK Snížení citlivosti 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

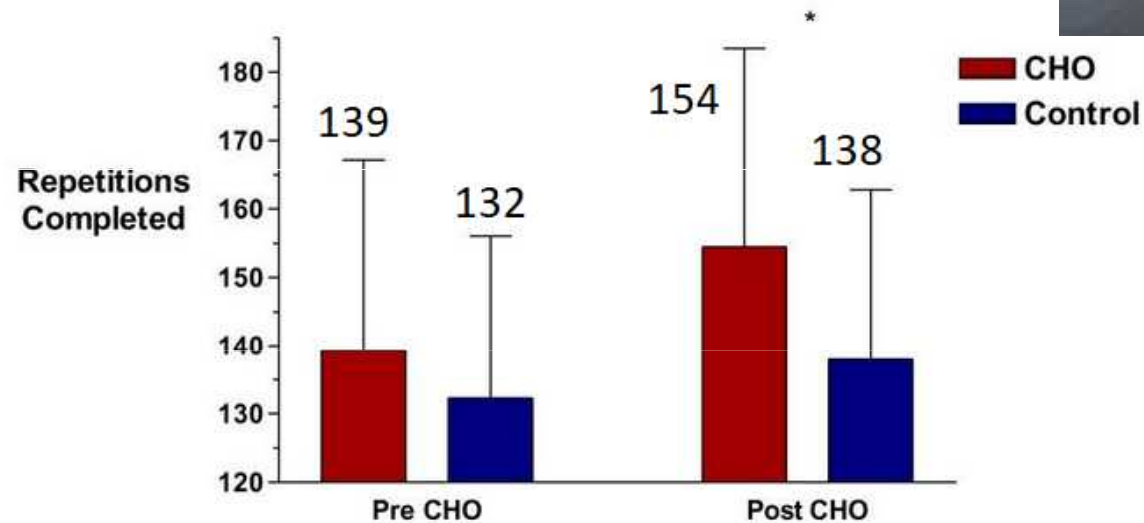
- Příjem sacharidů by se měl odvíjet od energetické náročnosti, objemu, intenzity a frekvence tréninků → **Bezpodmínečný individuální přístup ke každému klientovi!!**
- Svou roli může hrát i načasování příjmu sacharidů (důležitost rychlé obnovy glykogenových zásob) a podpory regenerace po tréninku
- **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, spadá do rozmezí cca **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!!)

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)



Příklad: Akutní omezení sacharidů ve stravě

- [Effects of Carbohydrate Restriction on Strength Performance \(1999\)](#)
- **Aerobní a anaerobní fyzická aktivita následovaná 2 dny nízkého příjmu sacharidů (1,2 g/kg TH, cca 20 % CEP) a vliv na počet opakování v 3 sériích dřepu při 80 % 1RM**

xxxxxxxxxxxxx	Low-carb skupina	Kontrolní skupina
1. série dřepu	12±5	18±7,7
2. série dřepu	10,3±4,8	13,5±6,3
3. série dřepu	10,7±3,7	10,3±7,4

Příjem sacharidů před tréninkovou jednotkou

- Cílem sportovce je do tréninku přicházet s co nejvyššími zásobami glykogenu
- Doplnění svalového glykogenu začíná ihned po předchozím tréninku a končí předtréninkovým jídlem
(**důležitost nastavení celkového jídelníčku, nejen příjmu stravy kolem tréninku**)
- Některé 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)

Effects of carbohydrate feeding on Multiple-bout Resistance Exercise (1991)

- Zkoumán vliv požití **sacharidů 1 g/kg TH** vs. **Placebo** ihned před zátěží v podobě předkopávání na stroji v sériích s 80 % hmotnosti pro maximální váhu pro 10 REP
- Série byly prováděny s pauzami 3 minuty, byly prováděny do té doby, dokud počet vykonaných opakování v sérii neklesl pod 7 (selhání).

	Sacharidová skupina	Placebo skupina
Počet sérií do selhání	17,1±2,0	14,4±1,7
Celkový počet vykonaných opakování	149±16	129±12

**Možný pozitivní vliv příjmu sacharidů (v posledním jídle) před zátěží.
Zásadní je však celkový příjem sacharidů ve stravě a možnost cvičit s dostatečnými zásobami sacharidů ve svalech – optimální výkon.**

Příjem sacharidů během tréninkové jednotky

U silových disciplín (posilování) → většinou příjem pouze tekutin, není nutné přijímat sacharidy během zátěže (maximálně BCAA, ale nepotřebné)

Delší (cca nad 1 hod a více) trvání aktivity → možný příjem hypotonických iontových nápojů s nižším obsahem sacharidů pro jejich bezproblémový příjem (u běžných hobby sportovců velmi omezené využití)

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, **viz minulá přednáška**)
- V případě ostatních sportů (kolektivní sporty, atletika, dvoufázové tréninky) s větším objemem tréninků je třeba s obnovou zásob glykogenu začít ideálně 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

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)

2) Pomalejší dalších 24 hod po zátěži

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 0,25–0,3 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 0,25–0,3 g/kg TH, nebo 20–40 g
 - **3) Tuky:** Podle celkového denního příjmu tuků (10–20 g)

Klidně však můžeme potréninkový příjem proteinu vynechat a dát rovnou pevné jídlo – odvislé od našich cílů a celkových živin v jídelníčku

Nejčastěji doporučovaný příjem makroživin v silových sportech: Shrnutí

Celkový příjem energie v souladu s cíli sportovce (udržování hmotnosti, redukce, nabírání)

Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding (2011)

Příjem sacharidů:

3–7 g/kg TH (nebo jako zbytek do CEP po započítání příjmu T a B)

Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation (2014), WHO (2010):

Příjem tuků: 20–35 % CEP

International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise (2017)

Příjem bílkovin: 1,4–2,0 g/kg TH

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, Morton (2018)

Příjem bílkovin: 1,6–2,2 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.