

Potřeba bílkovin a silový sport

Mgr. Petr Loskot

LF MUNI, Ústav ochrany a podpory zdraví

3.4.2018

Obsah přednášky

- Rekapitulace základů metabolismu bílkovin
- Faktory ovlivňující potřebu bílkovin při silovém sportu
- Potřeba bílkovin při silovém sportu
- Časování příjmu a množství bílkovin
- Může být nějaký rozdíl u našich prarodičů?
- Kolik bílkovin organismus maximálně využije v 1 porci?
- Celkové shrnutí

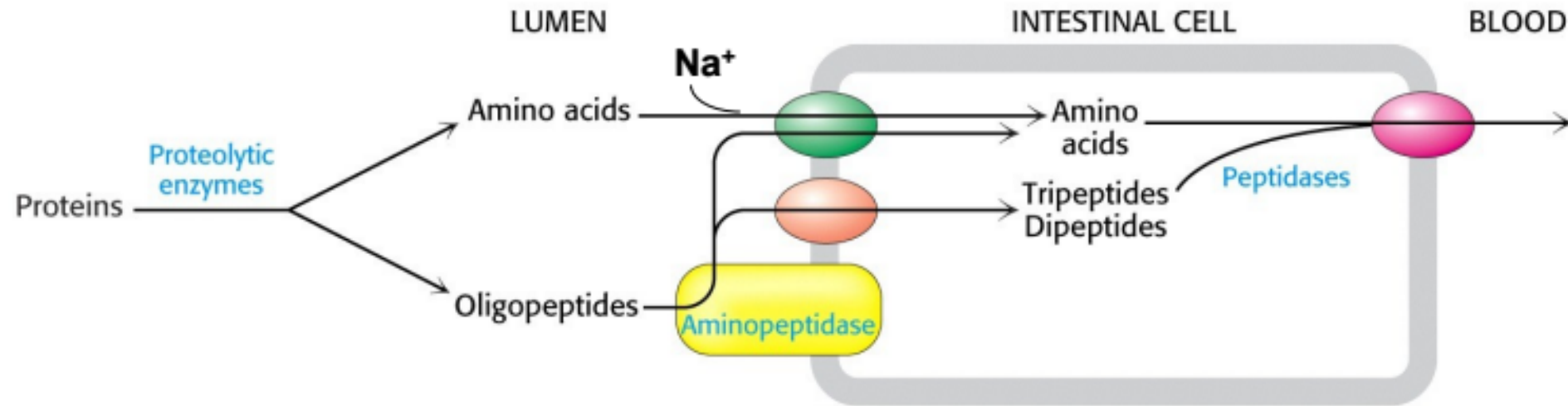
Funkce bílkovin v organismu

- Strukturní proteiny – kolagen, keratin
- Zajišťující pohyb – aktin, myosin
- Imunitní funkce – imunoglobuliny
- Metabolické proteiny – enzymy
- Transportní proteiny – lipoproteiny, SHBG, atd
- Signální proteiny – hormony, receptory

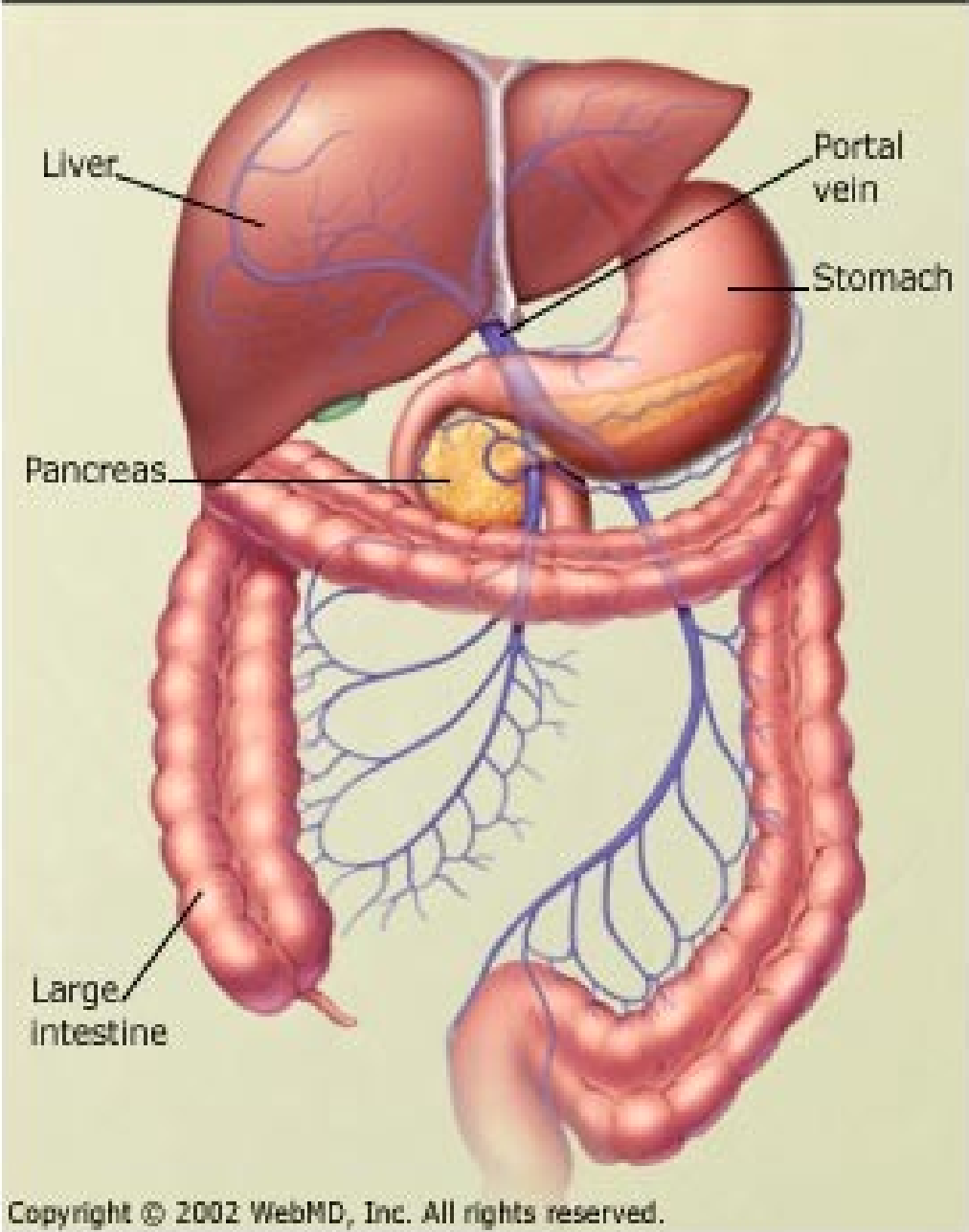
Rekapitulace trávení bílkovin

- Trávení bílkovin začíná v žaludku pomocí pepsinu a HCl (HCl aktivuje pepsinogen)
- Pokračuje enzymy obsaženými v pankreatické šťávě (trypsin, chymotrypsin, elastáza)
- Trávení se dokončuje pomocí enzymů kartáčového lemu (aminopeptidázy, dipeptidázy)
- Buňky střeva vstřebávají buď jednotlivé aminokyseliny, nebo krátké peptidy (di-, tri-)
- Děje se tak prostřednictvím specifických transportérů:
 - 1) Jednotlivé aminokyseliny symportem s Na^+
 - 2) Krátké peptidy symportem s H^+

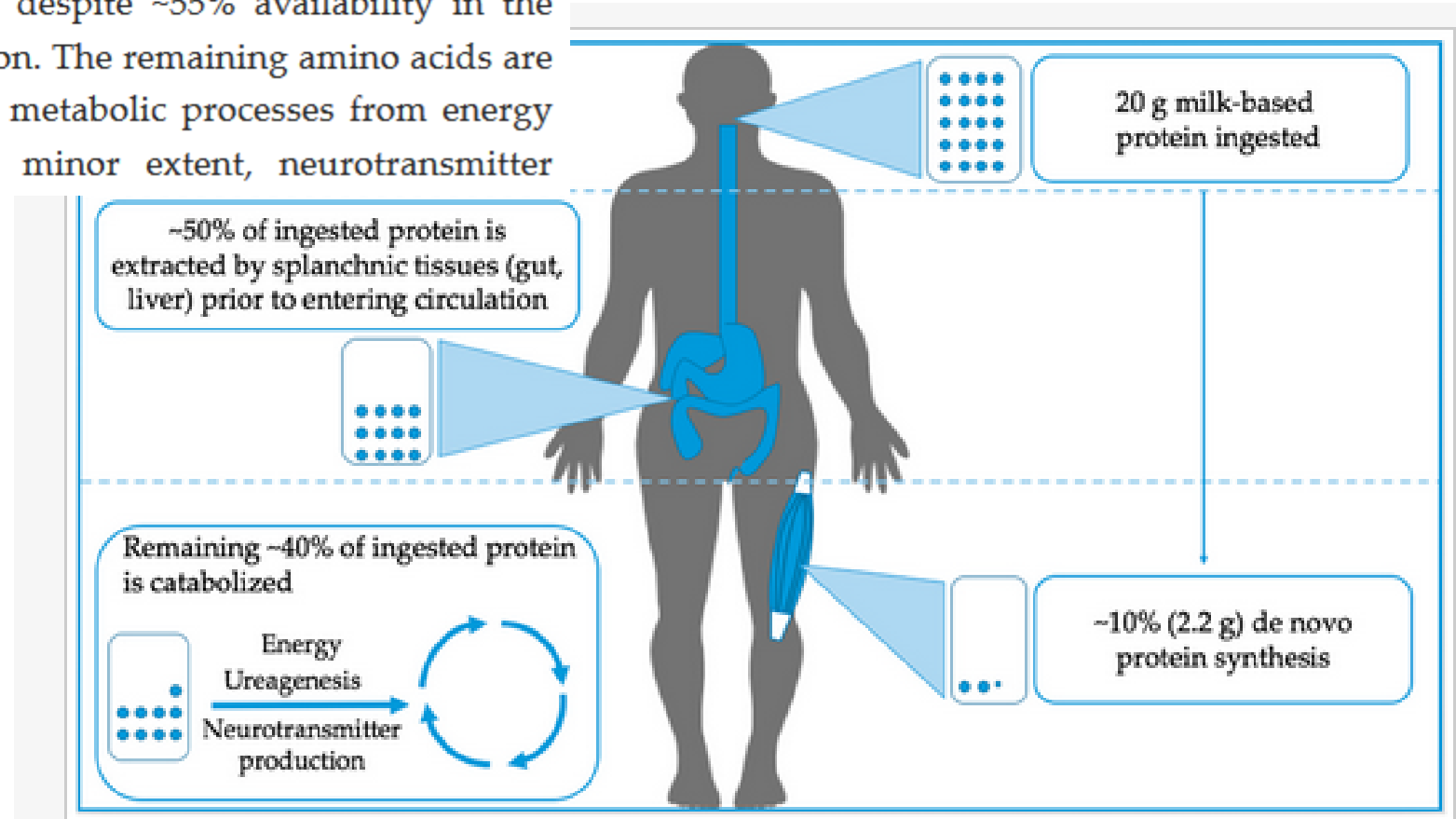
Rekapitulace trávení bílkovin

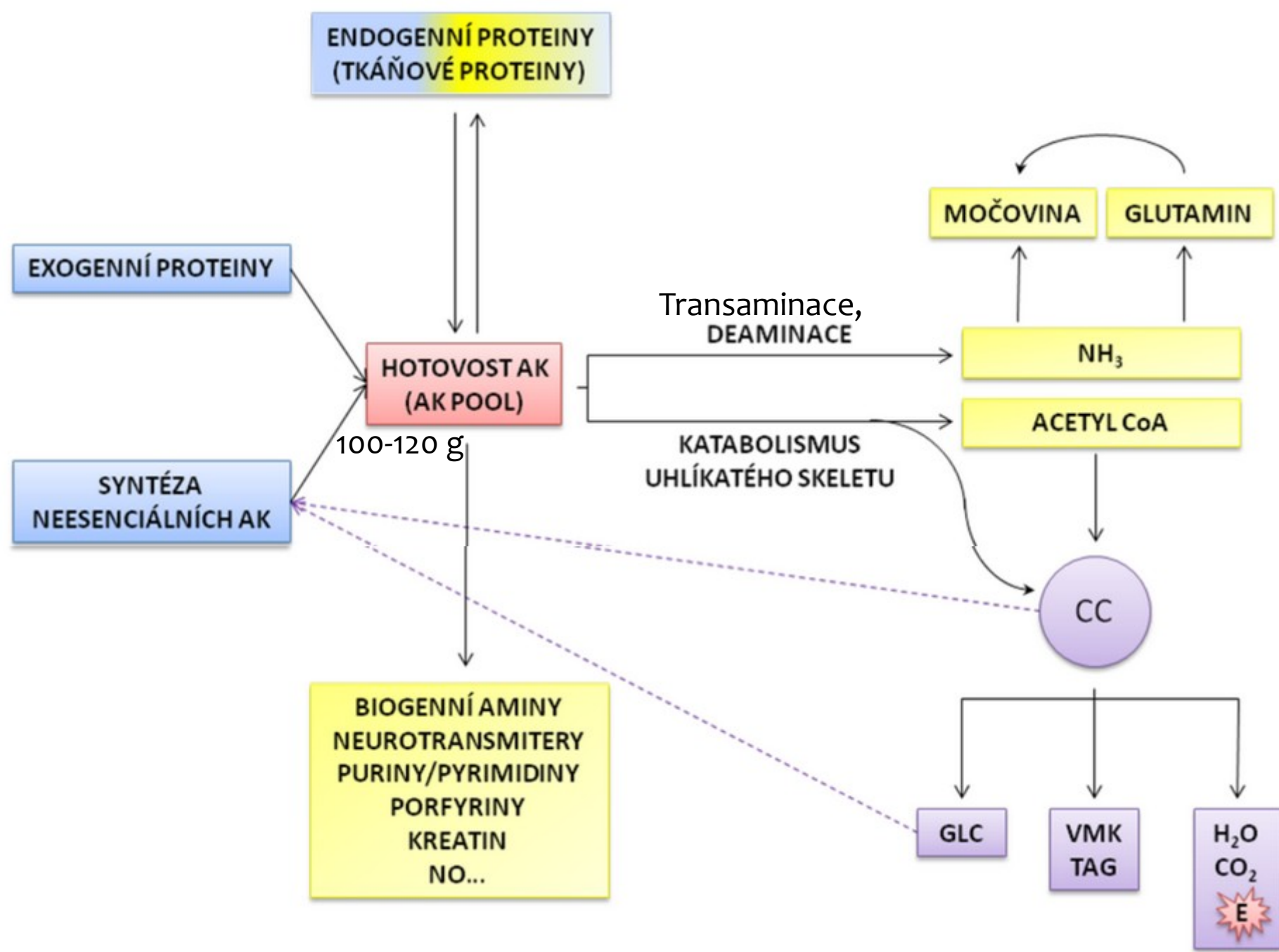


Portal Venous System



Overall, ~50% of the amino acids in a protein-containing meal are extracted by the splanchnic tissues whereas the rest are released into the plasma circulation for extra-splanchnic utilization [15]. Although skeletal muscle is a large depot for the retention of amino acids, not all the amino acids released into plasma are destined to become incorporated into new skeletal muscle tissue. In a recent study employing an intrinsically-labeled tracer approach, Groen and colleagues [15] demonstrated that only ~2.2 g or 11% of the amino acids provided to young men in a 20 g bolus of casein protein were used for de novo protein synthesis despite ~55% availability in the peripheral circulation following splanchnic extraction. The remaining amino acids are catabolized and serve as substrates for a range of metabolic processes from energy production and urea synthesis and, to a very minor extent, neurotransmitter





Hormony zapojené do metabolismu bílkovin

Hormon	Primární funkce	Konkrétní funkce
Testosteron	Anabolismus	Zvyšování MPS
Estrogen	Anabolismus	Zvyšování MPS
Růstový hormon	Anabolismus	Zvyšování MPS
Hormony štítné žlázy (T_3 , T_4)		Normální hladiny jsou → normální metabolismus bílkovin, zvýšené hladiny → katabolismus
Inzulin	Anabolismus, antikatabolismus	Stimulace MPS, podpora vstupu AMK do svalů
Glukagon	Katabolismus	Zapojen do glukoneogeneze
Kortizol	Katabolismus	Glukoneogeneze, snížení MPS

Osudy bílkovin v organismu

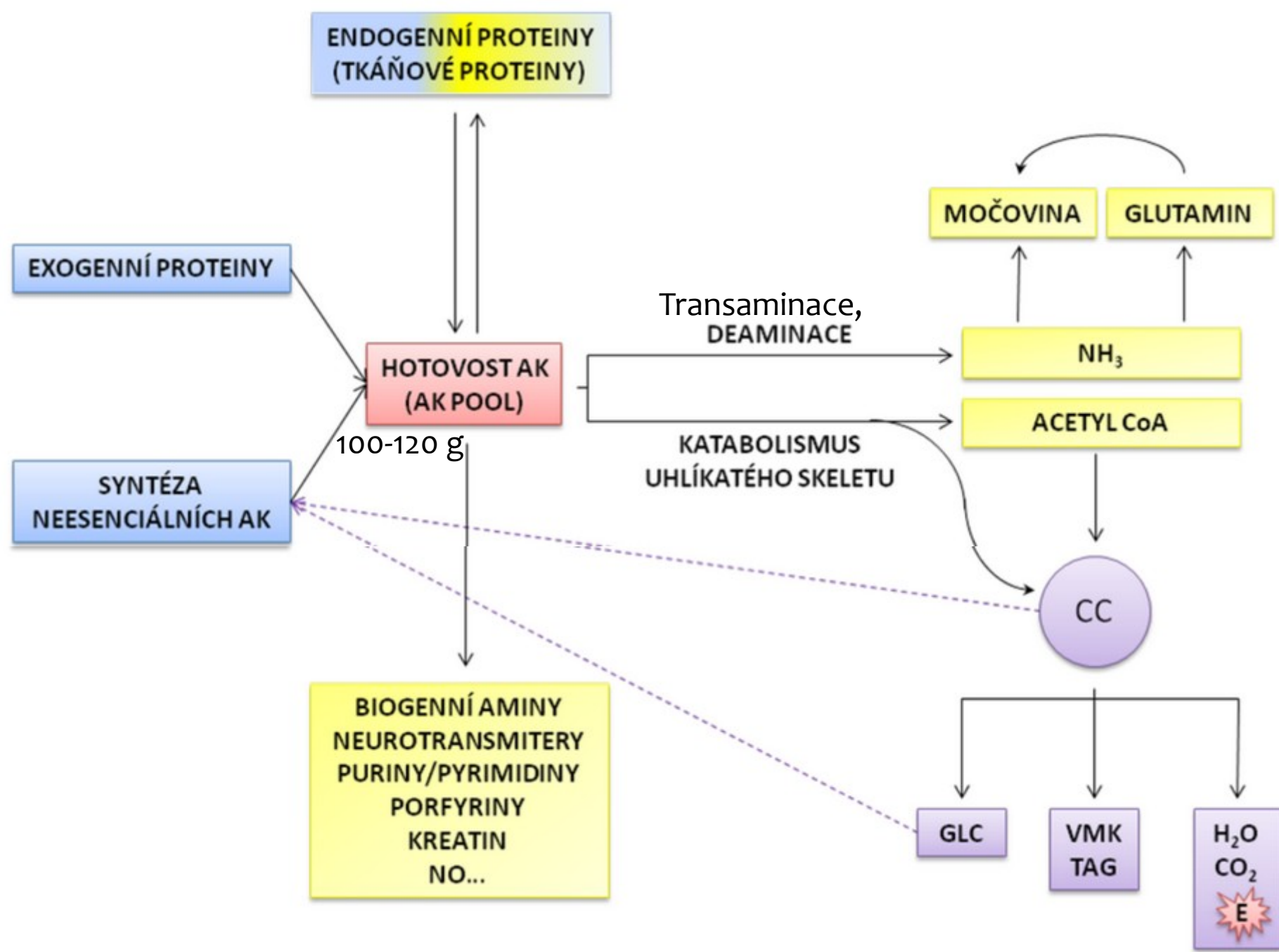
- Z nejobecnějšího hlediska se bílkoviny (aminokyseliny) zapojují do reakcí:
 - 1) Anabolických (tvorba vlastních proteinů)
 - 2) Katabolických (odbourávání uhlíkatého skeletu aminokyselin a vyloučení dusíku)
- V živých organismech se tyto děje neustále střídají
- U silových sportů a u pohybových aktivit obecně je obrat bílkovin vyšší, tudíž je třeba i jejich zvýšený příjem

Dusíková bilance

- Většina proteinů podléhá neustálé degradaci a opětovnému vytvoření
- Za této dynamické rovnováhy je množství proteinů v organismu neměnné
- Dusík přijatý z potravy ve formě bílkovin = Dusík vyloučený prostřednictvím katabolismu
- **Při růstu a rekonvalescenci:**
- Dusík přijatý z potravy ve formě bílkovin > Dusík vyloučený prostřednictvím katabolických reakcí
- **Při onemocnění, nevhodně vedené dietě:**
- Dusík přijatý z potravy ve formě bílkovin < Dusík vyloučený prostřednictvím katabolických reakcí

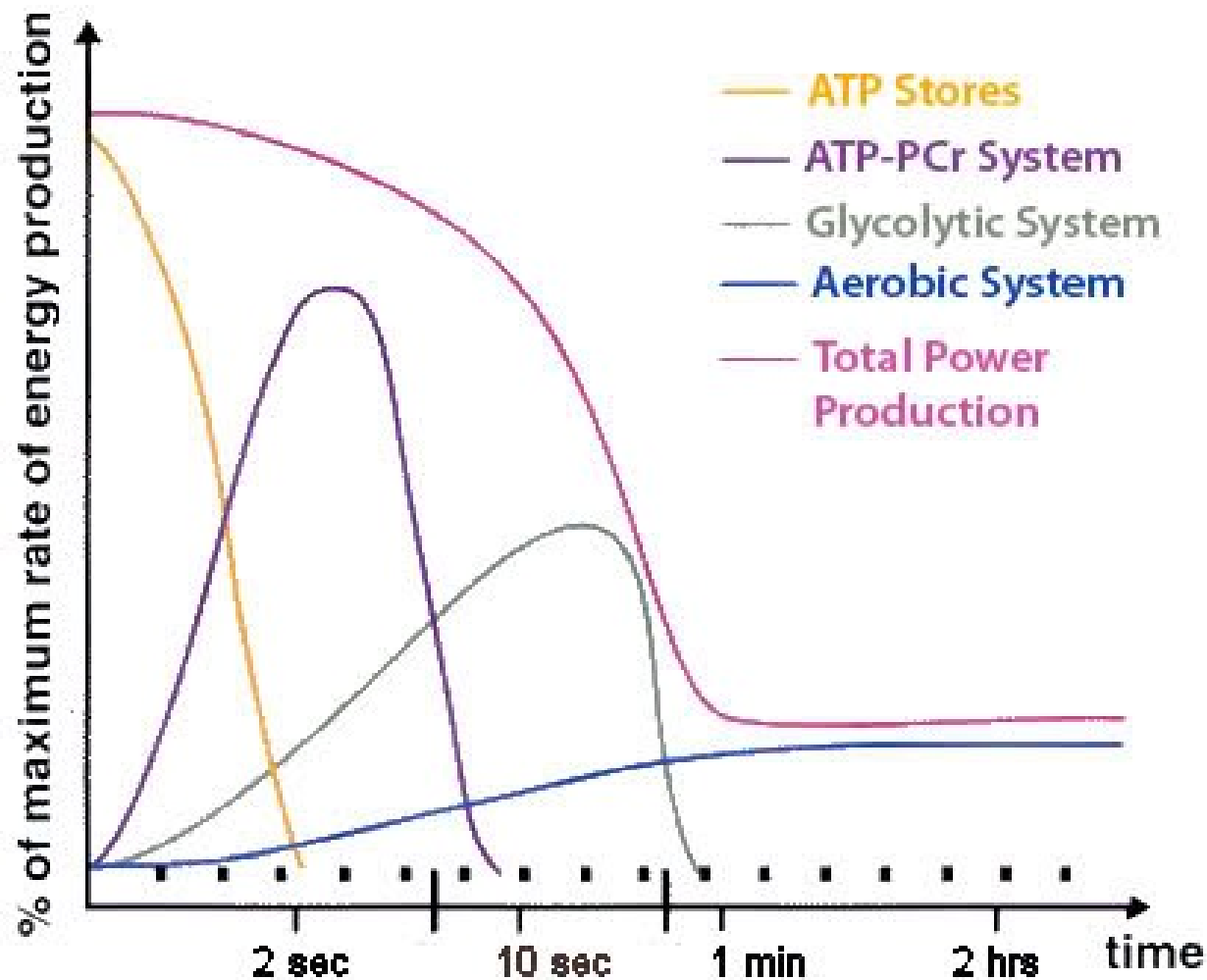
Katabolismus bílkovin

- Katabolismus bílkovin je založen na odstranění dusíku z molekuly aminokyseliny
- Děje se tak z různých důvodů:
 - 1) Dusík z přijatých aminokyselin může být zabudován do glutamátu a využit pro syntézu jiných, v aktuální dobu potřebnějších aminokyselin, nebo látek s obsahem dusíku, organismus tedy o tento dusík nepřijde
 - 2) Organismus má nadbytek aminokyselin, neumí si jich udělat zásobu, takže je třeba dusík vyloučit a ze zbylé uhlíkaté kostry bude produkovat energii (transaminace, deaminace, zabudování dusíku do močoviny)
 - 3) Organismus aktuálně nemá dostatek substrátů pro tvorbu energie, musí sáhnout do svých zásob (např. kosterní svalstvo), z aminokyselin odstranit dusík a zbylou uhlíkatou kostru využít jako zdroj energie



Energetické substráty při silovém výkonu

- Zásoby ATP (cca 2 sekundy)
- Kreatinfosfát (cca 10 sekund)
- (An)aerobní glykolýza (svalový glykogen)
- Beta-oxidace MK (minoritní)
- Aminokyseliny (cca 5–10 % energie)



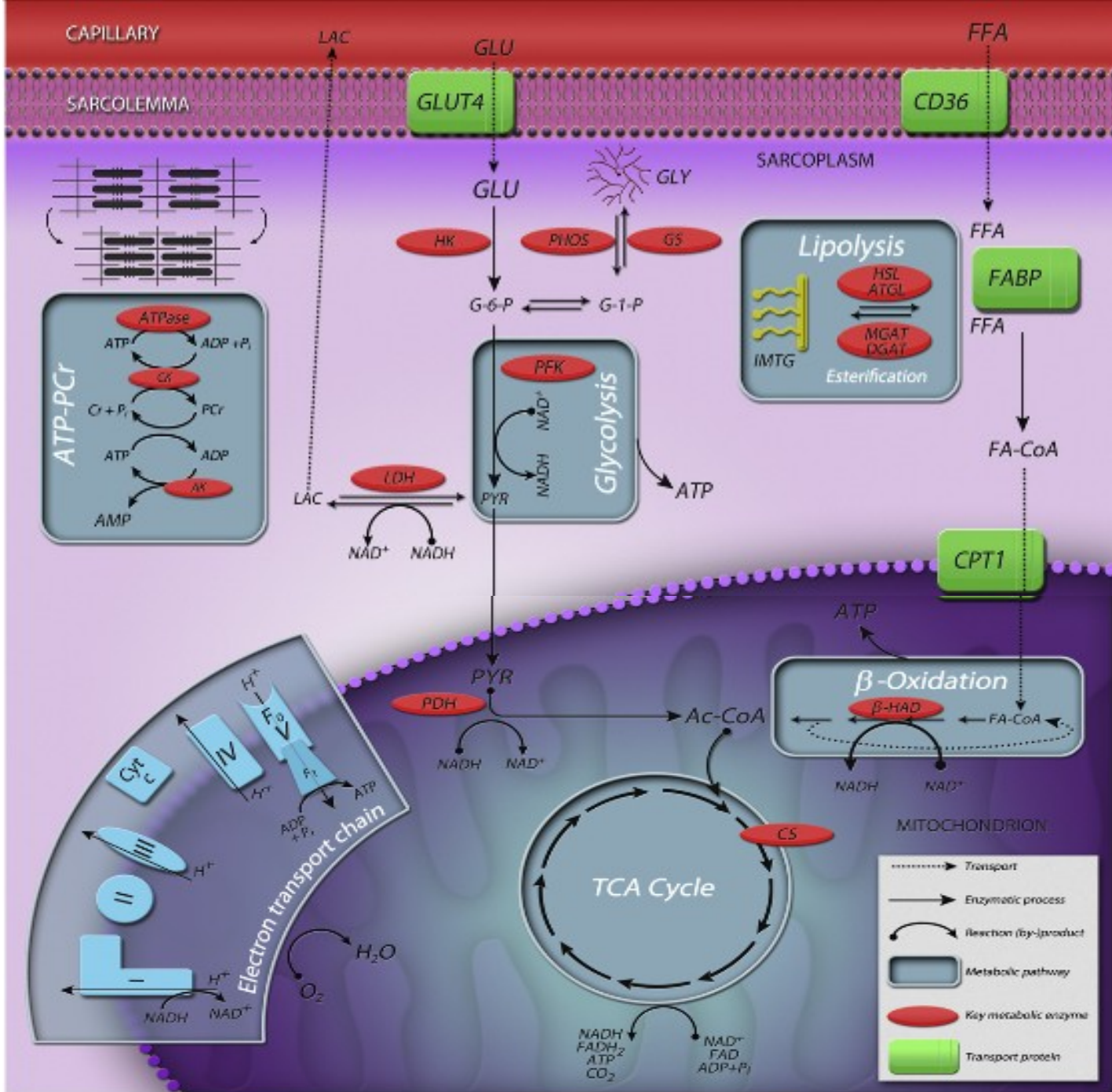


Table 2. Adaptations and Health Benefits of Aerobic Compared to Resistance Exercise

	Aerobic (Endurance)	Resistance (Strength)
Skeletal Muscle Morphology and Exercise Performance		
Muscle hypertrophy	↔	↑ ↑ ↑
Muscle strength and power	↔ ↓	↑ ↑ ↑
Muscle fiber size	↔ ↑	↑ ↑ ↑
Neural adaptations	↔ ↑	↑ ↑ ↑
Anaerobic capacity	↑	↑ ↑
Myofibrillar protein synthesis	↔ ↑	↑ ↑ ↑
Mitochondrial protein synthesis	↑ ↑	↔ ↑
Lactate tolerance	↑ ↑	↔ ↑
Capillarisation	↑ ↑	↔
Mitochondrial density and oxidative function	↑ ↑ ↑	↔ ↑
Endurance capacity	↑ ↑ ↑	↔ ↑

Aerobic exercise training generally encompasses exercise durations of several minutes up to several hours at various exercise intensities, incorporating repetitive, low-resistance exercise such as cycling, running, and swimming. Resistance training generally encompasses short-duration activity at high or maximal exercise intensities, and increases the capacity to perform high-intensity, high-resistance exercise of a single or relatively few repetitions such as Olympic weightlifting, bodybuilding, and throwing events. ↑, values increase; ↓, values decrease; ↔, values remain unchanged; ↑ or ↓, small effect; ↑ ↑ or ↓ ↓, medium effect; ↑ ↑ ↑ or ↓ ↓ ↓, large effect; ↔ ↑ or ↔ ↓, no change or slight change.

Whole-Body and Metabolic Health		
Bone mineral density	↑ ↑	↑ ↑
Body composition		
Percent body fat	↓ ↓	↓
Lean body mass	↔	↑ ↑
Glucose metabolism		
Resting insulin levels	↓	↓
Insulin response to glucose challenge	↓ ↓	↓ ↓
Insulin sensitivity	↑ ↑	↑ ↑
Inflammatory markers	↓ ↓	↓
Resting heart rate	↓ ↓	↔
Stroke volume, resting and maximal	↑ ↑	↔
Blood pressure at rest		
Systolic	↔ ↓	↔
Diastolic	↔ ↓	↔ ↓
Cardiovascular risk profile	↓ ↓ ↓	↓
Basal metabolic rate	↑	↑ ↑
Flexibility	↑	↑
Posture	↔	↑
Ability in activities of daily living	↔ ↑	↑ ↑

Kosterní svalstvo

- U běžného muže představuje cca 40 % tělesné hmotnosti (u žen cca 30 %)
- Muži mají o 50 % kosterního svalstva více než ženy
- Největší rezervoár bílkovin v organismu
- 1 gram glykogenu váže 3 gramy vody, obsah glykogenu v 1 kg 9–15 g)

Složka	Procentuální zastoupení
Voda	73 %
Proteiny	20 %
Glykogen	1–2 %
Intramuskulární tuk	0,01–1 %, zdroje se velmi různí
Anorganické a další organické látky	<5

Proteosyntéza (MPS)

- Odporový trénink vede ke svalovému poškození (mikrotraumata)
- Organismus se snaží kosterní svaly opravit na „vyšší úroveň“, aby další zatížení pro organismus nepředstavovalo takovou zátěž a vychýlení z homeostázy
- Pro zvýšenou MPS a růst svalové hmoty je třeba:
 - 1) Odporový trénink (stimul, který by se měl postupně zvyšovat)
 - 2) Substráty pro MPS (**aminokyseliny**, energetické substráty)
 - 3) Vhodné hormonální prostředí (věk, pohlaví)
 - 4) Regenerace (odpočinek mezi tréninky, spánek, aktivní regenerace)

MPS po tréninkovém stimuluje je zvýšena po dobu následujících 24–48 hodin

Faktory ovlivňující potřebu bílkovin

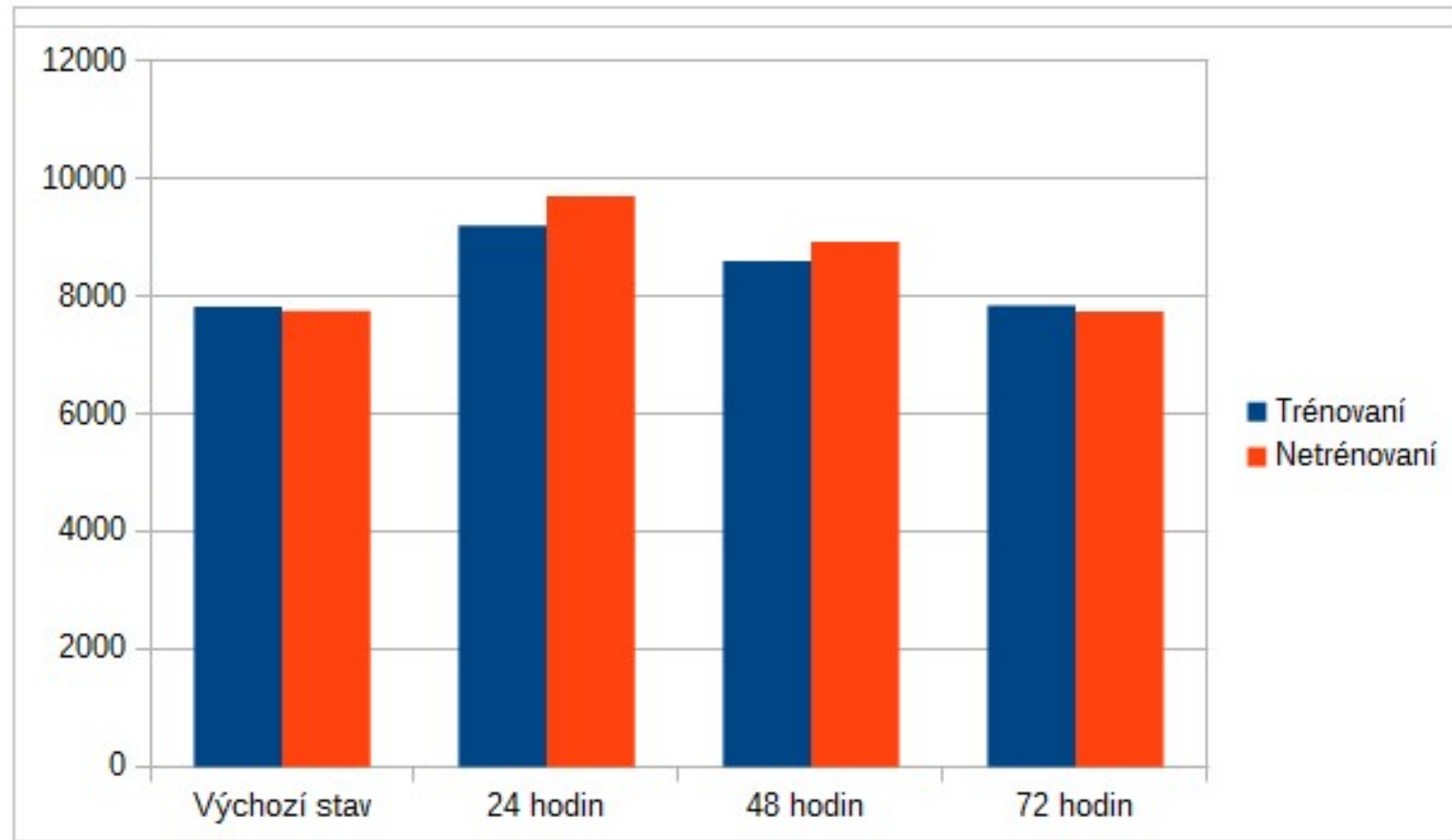
- Věk
- Hmotnost, tělesné složení jedince
- Probíhající onemocnění/rekonvalescence
- Druh tréninku (odporový vs. vytrvalostní)
- Parametry tréninku (objem tréninku, intenzita, frekvence)
- Tréninkový status sportovce (začátečník vs. pokročilý)
- Energetický příjem stravy (osud bílkovin v organismu)
- Aktuální cíle sportovce (nabírání hmotnosti, redukce hmotnosti)
- Kvalita přijímaných bílkovin (obsah EAA, stravitelnost, BV)

Jak náročná může být regenerace silového tréninku?

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

Jak náročná může být regenerace silového tréninku?

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



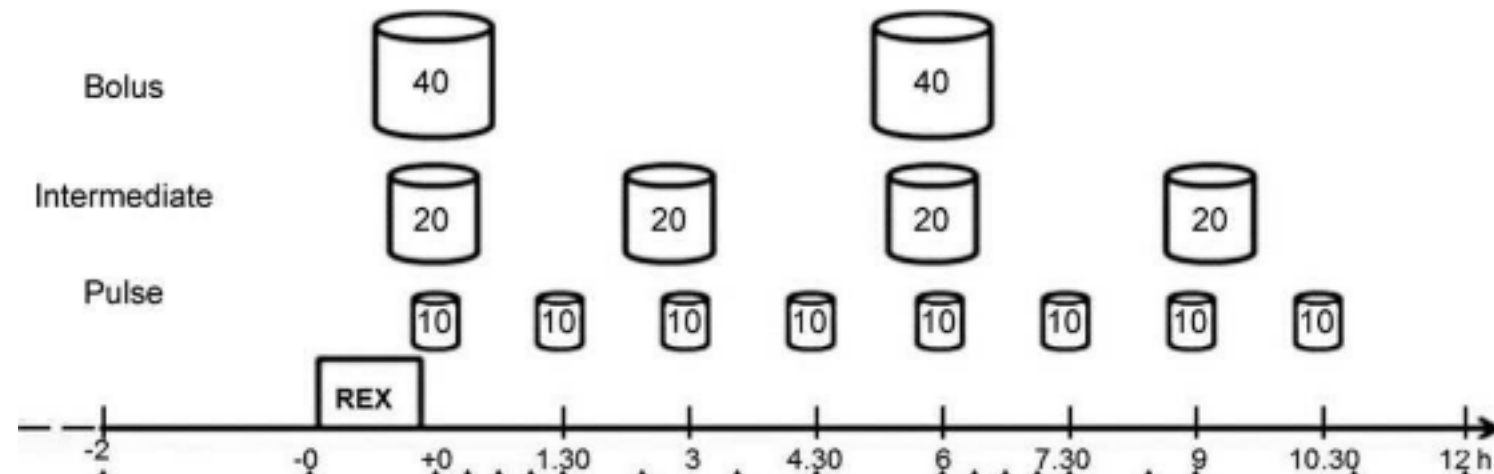
Potřeba bílkovin při silovém sportu

- Základní potřeba bílkovin cca 0,8 g/kg TH
- Pohled na potřebu příjmu bílkovin u silových sportů prochází vývojem:
- Phillips, 2004 (Protein requirements and supplementation in strength sports): 1,2–1,3 g/kg TH
- **ISSN, 2017 (International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise): 1,4–2,0 g/kg TH**
- **Helms, 2014 (A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes.): 2,3–3,1g/kg FFM**
- **Morton, 2018 (A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults.): Protein supplementation beyond a total daily protein intake of ~1,6 g/kg/day during RET provided no further benefit on gains in muscle mass or strength (Confidence interval 95 % up to 2,2 g/kg/day)**

Časování příjmu a množství bílkovin (protein timing)

- Areta, 2013 (Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis)
- „Lehčí trénink“ spodní části těla

We compared three different patterns of ingestion of 80 g of protein during 12 h recovery after resistance exercise and the associated anabolic response in human skeletal muscle. Protein was ingested in 10, 20 or 40 g feedings using a pulsed, intermediate or bolus ingestion regimen, respectively.



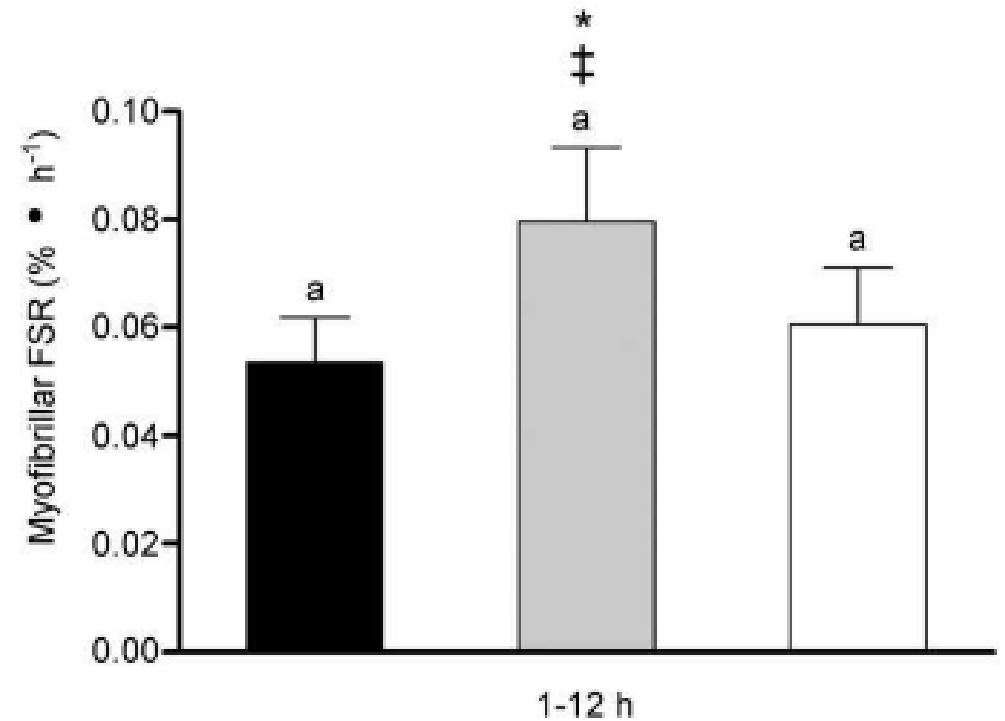
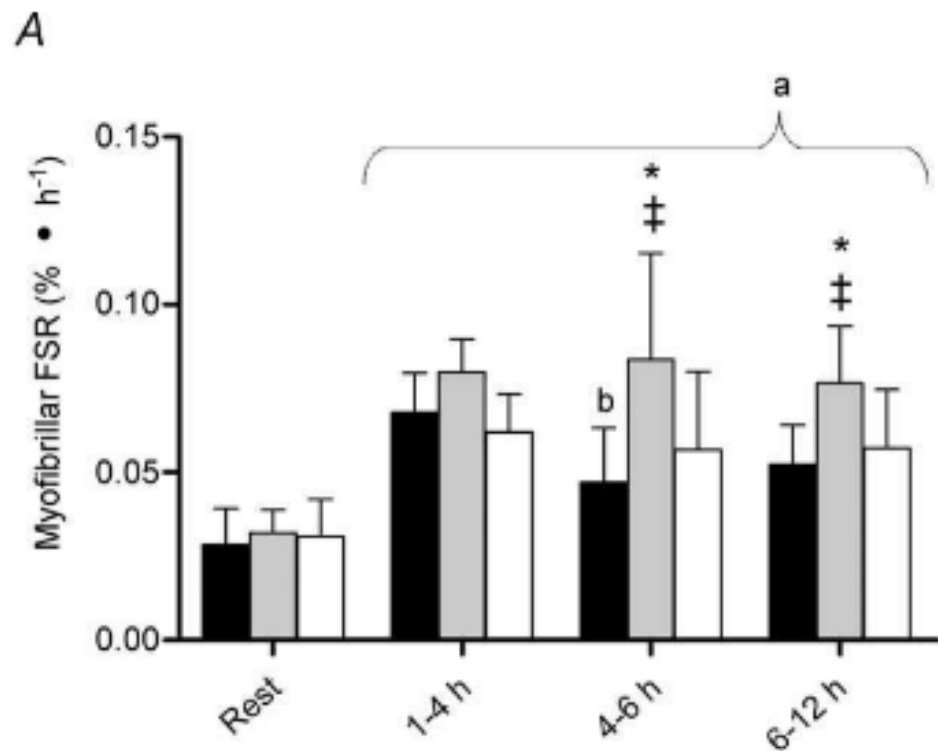
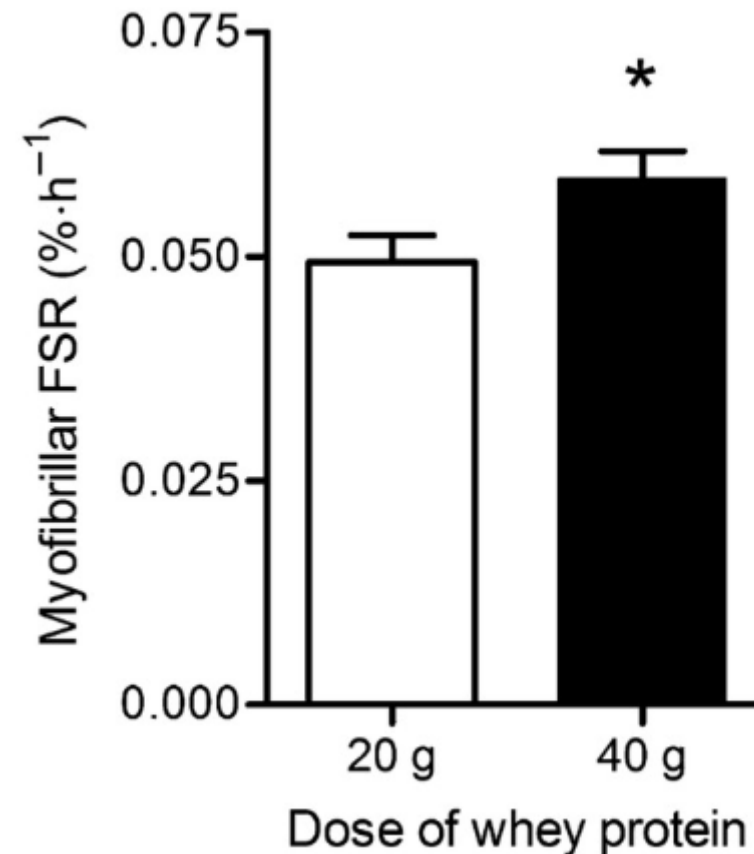
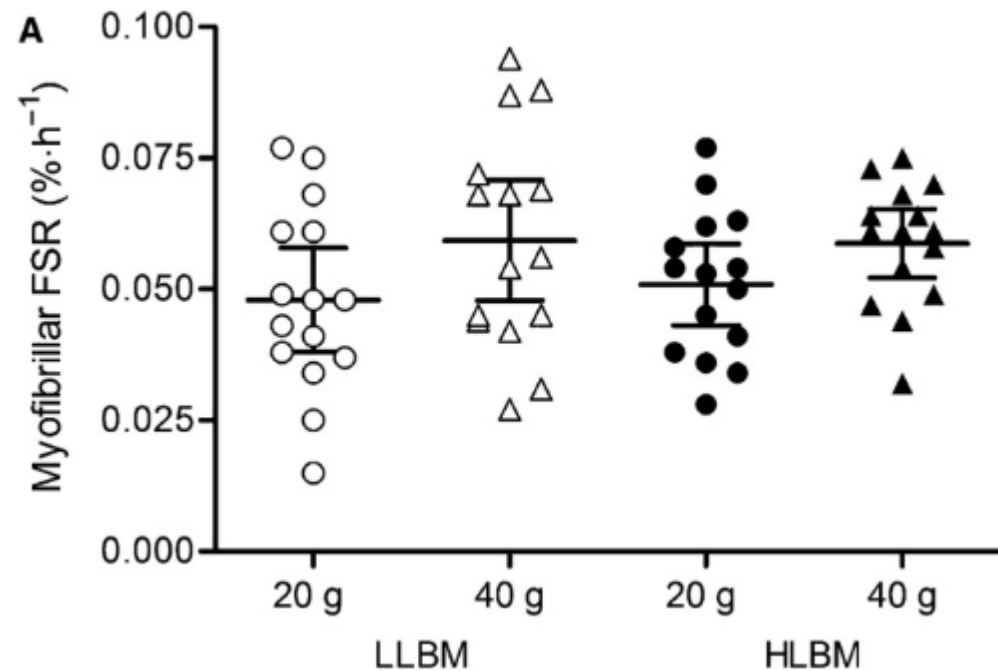


Figure 4

Myofibrillar fractional synthetic rate (FSR) between time points (A) and mean FSR throughout 1–12 h (B) following a bout of leg extension resistance exercise and post-exercise BOLUS, INT or PULSE ingestion protocol during a 12 h recovery period, as described in Fig. 2. Data were analysed using a 2-way ANOVA with Student–Newman–Keuls *post hoc* analysis. Values are mean \pm SD expressed as % · h⁻¹. Different vs. a, Rest; b, 1–4 h; ‡, Bolus and *, Pulse at equivalent time point ($P < 0.05$).

Časování příjmu a množství bílkovin (protein timing)

- **McNaughton, 2016** (The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein)
- Trénink *celého těla*, skupiny s vyšším a nižším zastoupením LBM (pod 65 kg a nad 70 kg)

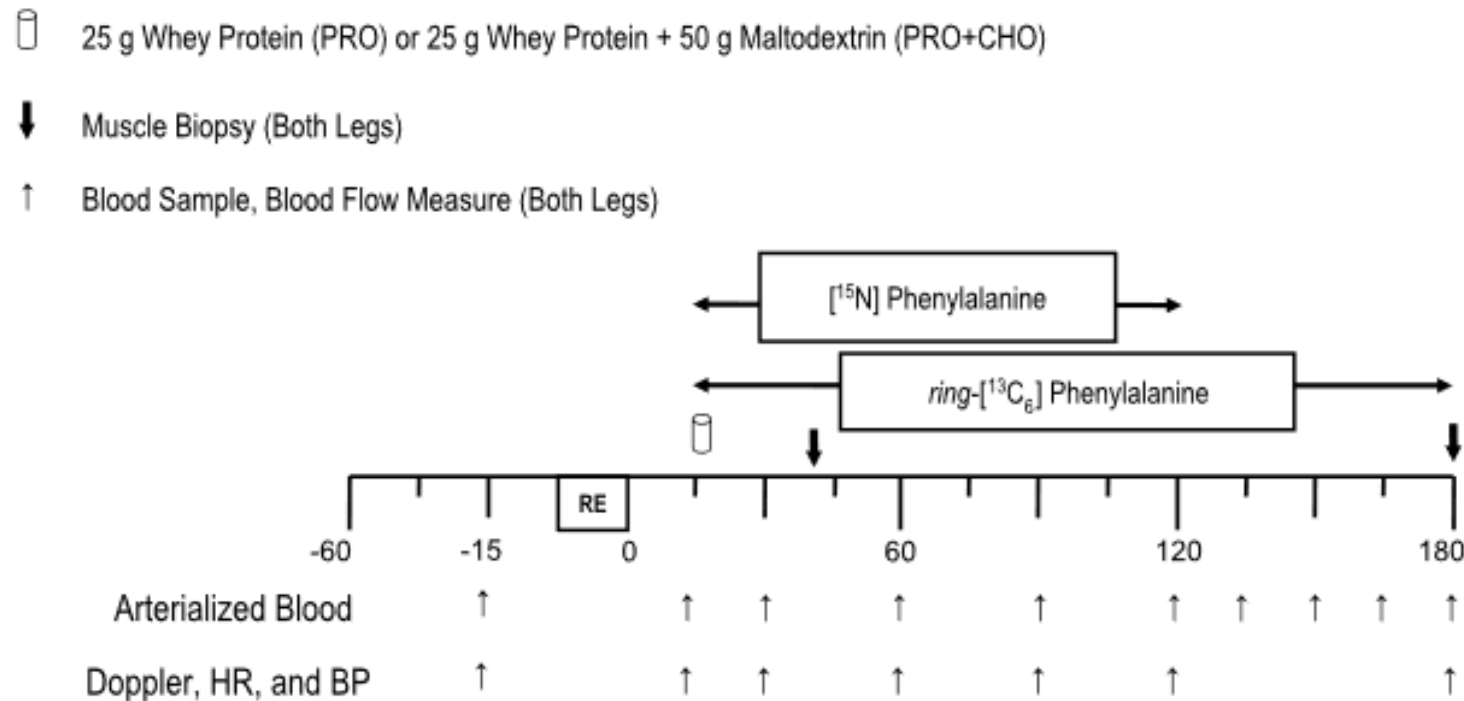


Doporučení pro časování a množství příjmu bílkovin (ISSN, 2017)

- Cílem sportovce je udržovat MPS ideálně během celých 24 hodin
- Příjem proteinů by měl být rozvržen pravidelně během dne **v časových rozestupech 3–4 hodiny**, což kopíruje zvýšenou MPS v návaznosti na příjem potravy
- Obecně je doporučován **příjem bílkovin na 1 porci v množství 0,25 g/kg TH, nebo 20–40 g v absolutním množství**
- **Po náročnějších tréninkových jednotkách** je výhodnější dosahovat spíše **vyššího příjmu bílkovin (cca 40 g)**
- Alternativou může být **příjem EAA v množství 10–12 g + 1–3 g leucinu**
- Sportovec by měl usilovat o **příjem kvalitních zdrojů proteinů s vysokou biologickou hodnotou a vysokým obsahem EAA a leucinu**
- Bezprostředně **v okolí tréninkové jednotky je ideální přijímat rychle stravitelné proteiny, které stimulují MPS efektivněji než ostatní proteiny**

Jsou sacharidy bezprostředně po tréninku společně s proteinem nutností?

- Staples, 2011 (Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone.)
- „Lehčí trénink“ dolních končetin



Jsou sacharidy bezprostředně po tréninku společně s proteinem nutností?

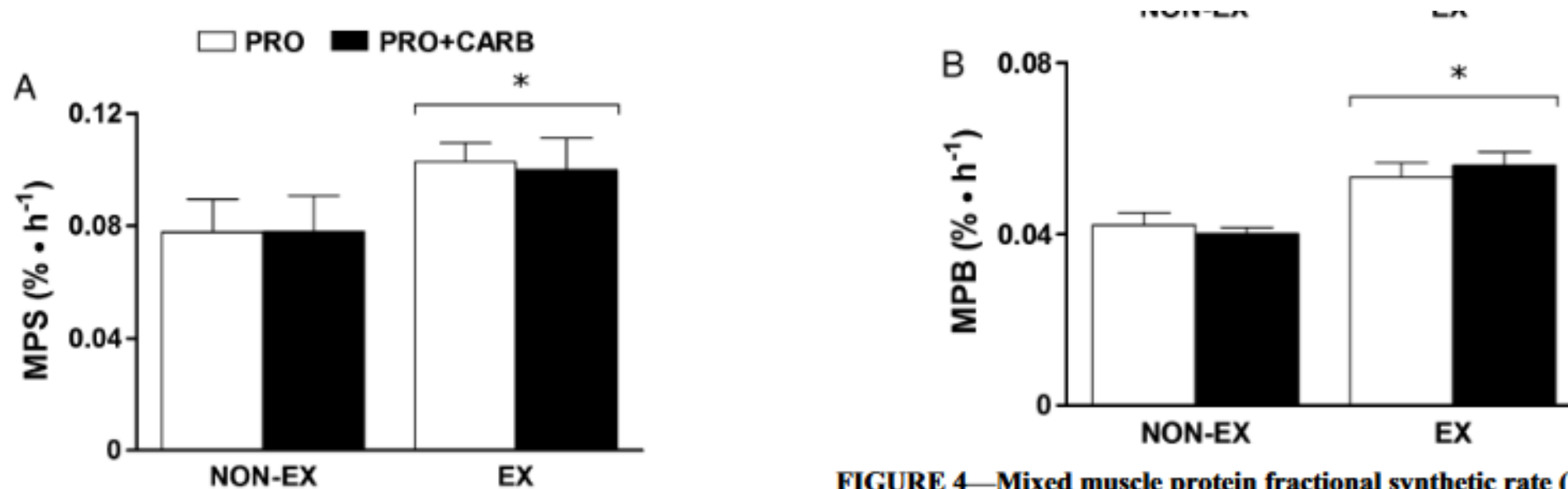


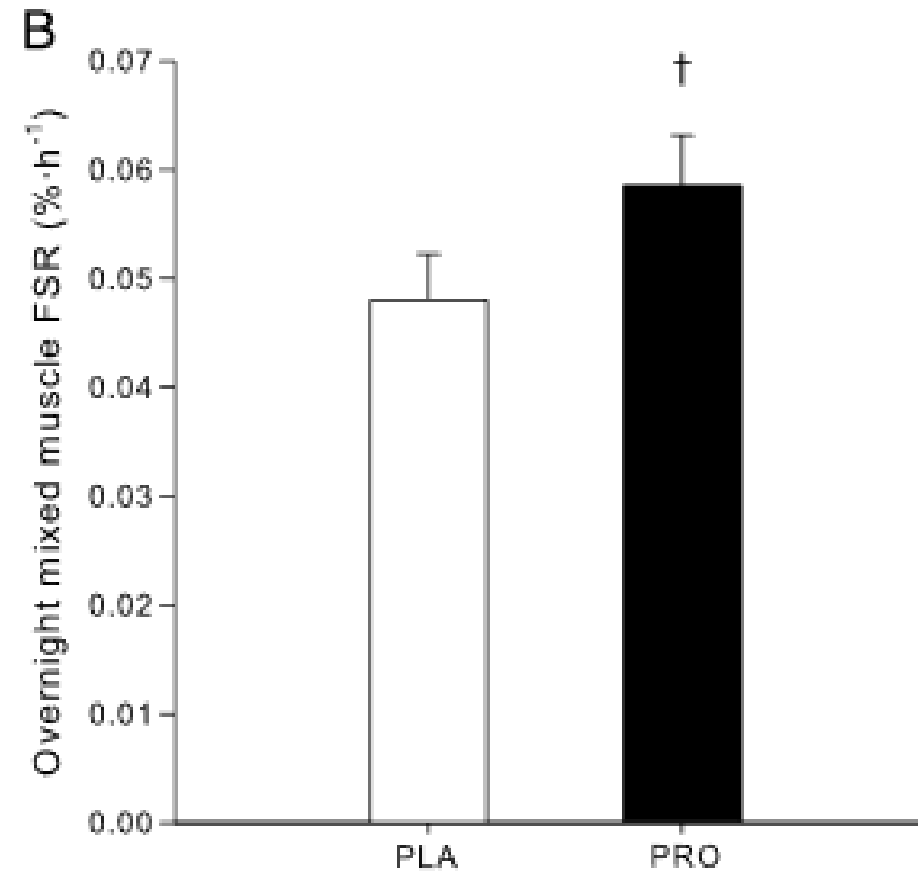
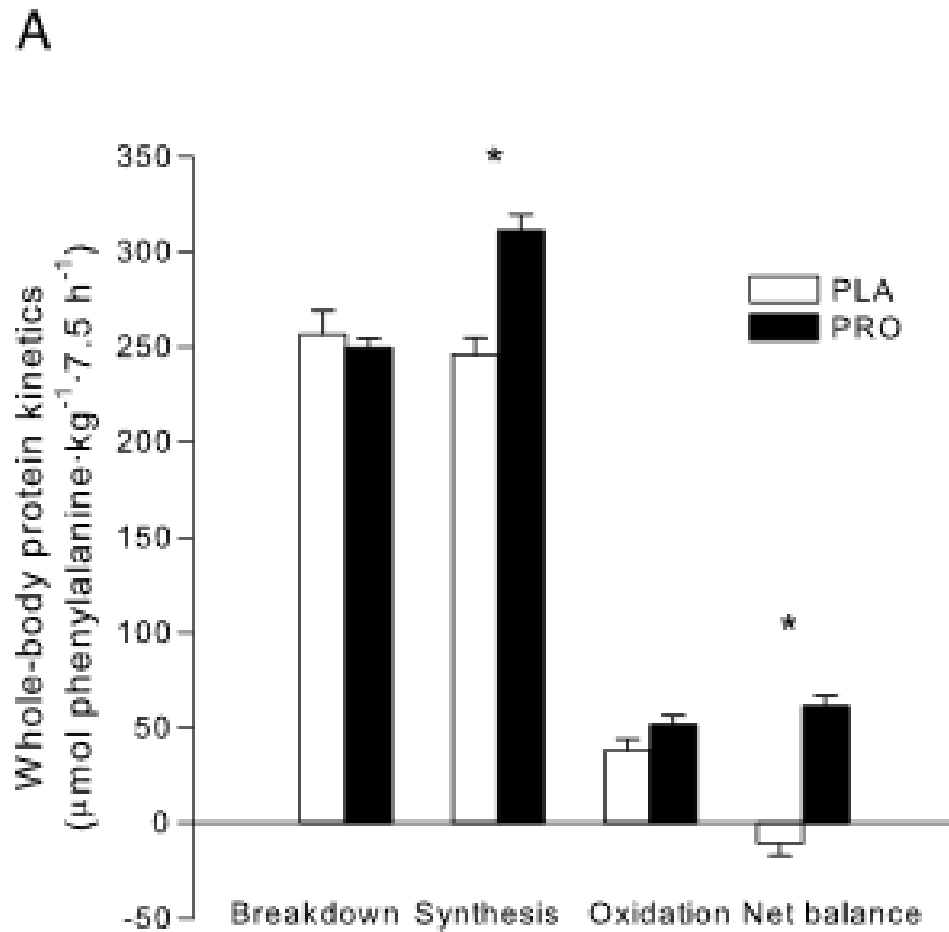
FIGURE 4—Mixed muscle protein fractional synthetic rate (MPS) and breakdown rate (MPB). *Significant main effect of exercised (EX) versus nonexercised (NON-EX; $P < 0.05$). The dashed line on the upper graph indicates a mean resting and fasted rate of MPS obtained from previous studies (6,24,30,31) of $0.041\% \cdot h^{-1} \pm 0.006\% \cdot h^{-1}$ to illustrate differences from the rested fasted state. Values are means \pm SEM.

Jsou sacharidy bezprostředně po tréninku společně s proteinem nutností?

- **Současný příjem proteinů a sacharidů po tréninku ve srovnání se samotným proteinem dále nezvyšuje MPS po silovém tréninku... Žádný benefit???**
- Nutnost příjmu sacharidů po silovém tréninku se odvíjí od několika faktorů:
 - 1) Nastavení celkového příjmu energie a sacharidů
 - 2) Konkrétní cíl (nabírání vs. redukce hmotnosti)
 - 3) Nutnost co nejrychleji začít s resyntézou svalového glykogenu (frekvence tréninků a další aktivity)
- **ZÁVĚR: Příjem sacharidů bezprostředně po silovém tréninku je v naší režii a odvíjí se od našich cílů**

Příjem proteinů (tvarohu) před spaním? 😊

- Jelikož většina anabolických procesů v organismu probíhá ve spánku, mnozí sportovci situují poslední příjem proteinů před spaním? **Co na to věda?**
- **Res, 2012 (Protein Ingestion before Sleep Improves Post-exercise Overnight Recovery)**
- *Methods: „All subjects were provided with appropriate recovery nutrition (20 g of protein, 60 g of CHO) immediately after exercise (21:00 h). Thereafter, 30 min before sleep (23:30 h), subjects ingested a beverage with (PRO) or without (PLA) 40 g.“*

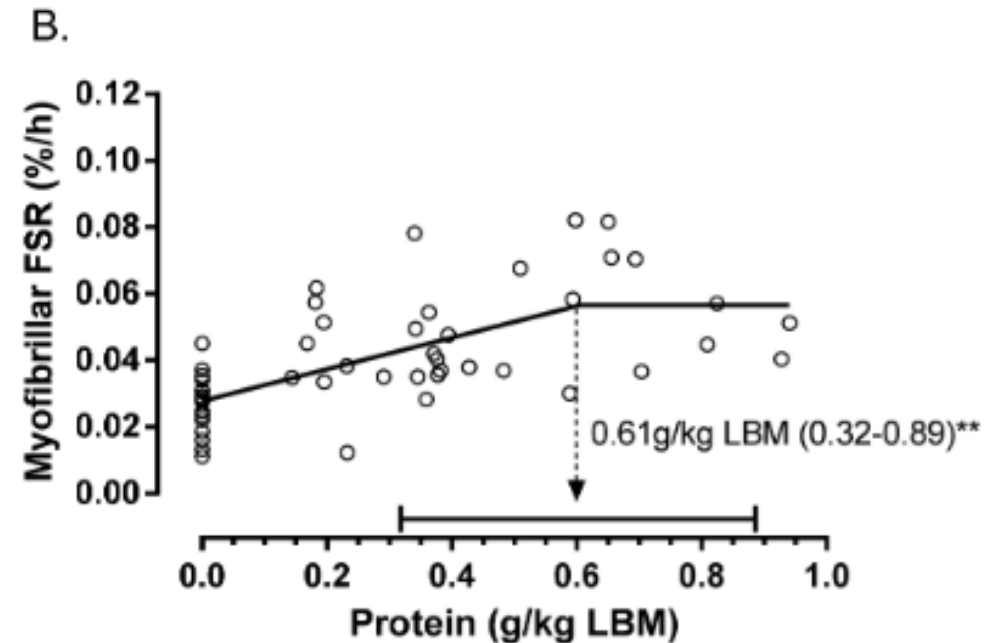
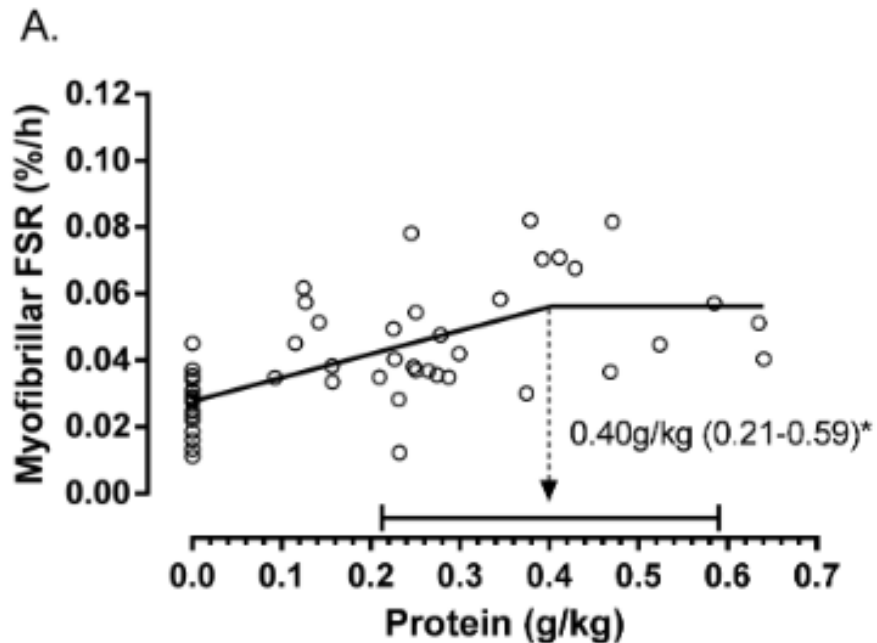


Doporučení: **ISSN (2017)**

„Pre-sleep casein protein intake (30–40 g) provides increases in overnight MPS and metabolic rate without influencing lipolysis.“

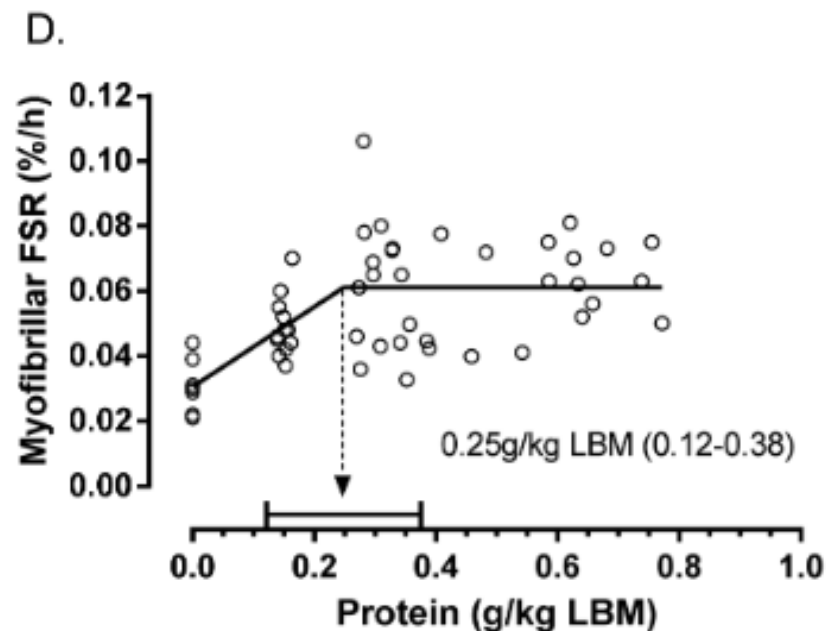
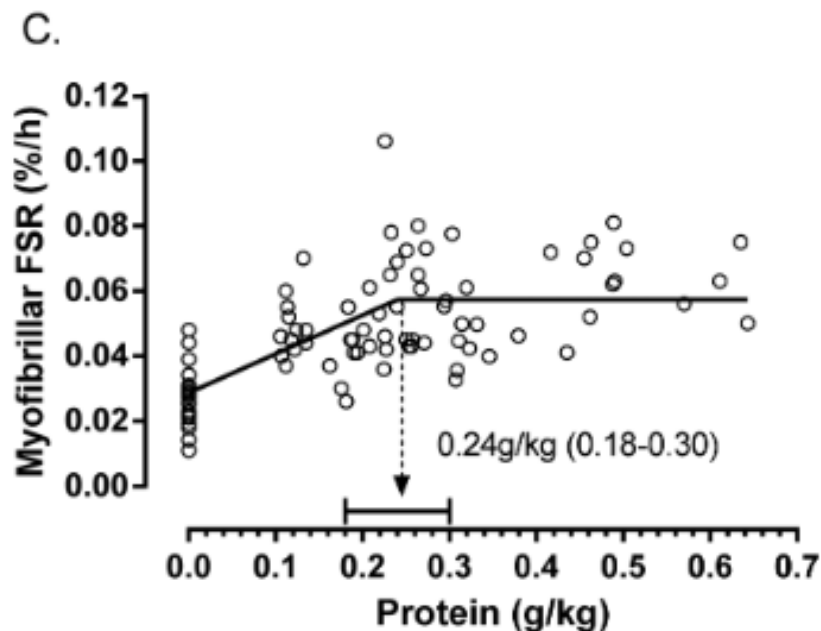
Může být nějaký rozdíl u našich prarodičů, aneb kolik je třeba na 1 porci bílkovin, aby jim rostly svaly (nebo je aspoň udrželi)?

- Moore, (2015) Protein Ingestion to Stimulate Myofibrillar Protein Synthesis Requires Greater Relative Protein Intakes in Healthy Older Versus Younger Men
- Výsledky pro starší muže (cca 70 let):



Může být nějaký rozdíl u našich prarodičů, aneb kolik je třeba na 1 porci bílkovin, aby jim rostly svaly (nebo je aspoň udrželi)?

Výsledky pro mladší muže (cca 22 let):



Závěr: Our data suggest that healthy older men are less sensitive to low protein intakes and require a greater relative protein intake, in a single meal, than young men to maximally stimulate postprandial rates of MPS. These results should be considered when developing nutritional solutions to maximize MPS for the maintenance or enhancement of muscle mass with advancing age.

Kolik gramů bílkovin je organismus schopný využít v jedné porci, aneb **má smysl dávat si 250 g steak?** 😊

- Schoenfeld, 2018 (How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution)
- Kvantifikace maximálního příjmu v jedné porci je ovlivněn řadou faktorů již zmiňovanými v přednášce... **jakými?**
- Velkou roli zde může hrát i **rychlost stravitelnosti proteinu** a **současná konzumace dalších živin celkově prodlužující dobu trávení celého pokrmu**
- **Na základě současného poznání a kalkulací s konfidenčními intervaly (CI 95 %) pro příjem proteinů můžeme soudit, že maximální množství bílkovin v jednom jídle využitelných pro MPS může být určeno do rozmezí 0,4–0,55 g/kg TH**

Praktická specifikace příjmu proteinů v okolí silového tréninku

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

Praktická specifikace příjmu proteinů v okolí silového tréninku

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

Proč tedy siloví sportovci potřebují zvýšený příjem bílkovin?

- Část aminokyselin je oxidována během výkonu jako zdroj energie
- Svalové poškození (zvýšený katabolismus svalových bílkovin)
- Zvýšená proteosyntéza po silovém tréninku a po požití bílkovin („oprava a růst svalové hmoty“)
- Oprava a zesílení pojivových tkání (šlachy, vazy)
- Regenerace (dostatečný příjem bílkovin organismu dovoluje optimálně „opravovat“ svaly po silovém tréninku)
- Adaptace na silový výkon

Doporučená studijní literatura (Hlavní doporučení pochází z těchto publikací):

- Jäger, R., Kerksick, C.M., Campbell, B.I., Cribb, P.J., et al. (2017) **International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition***. [Online] 14, 20. Available from: doi:10.1186/s12970-017-0177-8 [Accessed: 25 July 2017].
- Kerksick, C.M., Arent, S., Schoenfeld, B.J., Stout, J.R., et al. (2017) **International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition***. [Online] 14, 33. Available from: doi:10.1186/s12970-017-0189-4 [Accessed: 7 April 2018].
- Bude též vloženo do studijních materiálů

Další citované studie v prezentaci

Areta, J.L., Burke, L.M., Ross, M.L., Camera, D.M., et al. (2013) Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *The Journal of Physiology*. [Online] 591 (9), 2319–2331. Available from: doi:10.1113/jphysiol.2012.244897.

Brett A. Dolezal, J.A.P. (2000) Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Medicine and science in sports and exercise*. [Online] 32 (7), 1202–1207. Available from: doi:10.1097/00005768-199905001-01542.

Helms, E.R., Zinn, C., Rowlands, D.S. & Brown, S.R. (2014) A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. [Online] 24 (2), 127–138. Available from: doi:10.1123/ijsnem.2013-0054.

Macnaughton, L.S., Wardle, S.L., Witard, O.C., McGlory, C., et al. (2016) The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiological Reports*. [Online] 4 (15). Available from: doi:10.14814/phy2.12893.

Moore, D.R., Churchward-Venne, T.A., Witard, O., Breen, L., et al. (2015) Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. [Online] 70 (1), 57–62. Available from: doi:10.1093/gerona/glu103.

Další citované studie v prezentaci

- Morton, R.W., Murphy, K.T., McKellar, S.R., Schoenfeld, B.J., et al. (2018) A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine*. [Online] 52 (6), 376–384. Available from: doi:10.1136/bjsports-2017-097608.
- Res, P.T., Groen, B., Pennings, B., Beelen, M., et al. (2012) Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. [Online] 44 (8), 1560–1569. Available from: doi:10.1249/MSS.0b013e31824cc363.
- Schoenfeld, B.J. & Aragon, A.A. (2018) How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. [Online] 15, 10. Available from: doi:10.1186/s12970-018-0215-1 [Accessed: 7 April 2018].
- Staples, A.W., Burd, N.A., West, D.W.D., Currie, K.D., et al. (2011) Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. [Online] 43 (7), 1154–1161. Available from: doi:10.1249/MSS.0b013e31820751cb.

