

# Potřeba energie a bílkovin v silovém sportu

Mgr. Petr Loskot

LF MUNI, Ústav ochrany a podpory zdraví

25.2.2020

# Obsah přednášky

- Energetická potřeba v silovém sportu... jak spočítat?
- Rekapitulace základů metabolismu bílkovin
- **Souhrnná doporučení pro příjem bílkovin v silových sportech**
- **Podle jakých studií tato doporučení vznikala? PŘEHLED**
- 1) Jak dlouho trvá zvýšená proteosyntéza po jídle?
- 2) Ideální dávka bílkovin pro stimulaci proteosyntézy
- 3) Může být nějaký rozdíl v této dávce u našich prarodičů?
- 4) Kolik bílkovin organismus maximálně využije pro proteosyntézu v 1 porci?
- 5) Příjem pomalu stravitelného proteinu na noc
- 6) Příjem proteinů+sacharidů po tréninku... představuje to výhodu?
- Celkové shrnutí

# Kdo je to silový sportovec?

RYCHLOSTNĚ-SILOVÉ SPORTY	RYCHLOSTNÍ	ATLETIKA-SPRINTY	100 - 400m
		DRÁHOVÁ CYKLISTIKA	200m - 1km
		PLAVÁNÍ	50m - 100m
		RYCHLOBRUSLENÍ	500m - 1km (1,5km)
		IN-LINE BRUSLENÍ	100m - 1km
		BOBY	
	SILOVÉ	VZPÍRÁNÍ	
		SILOVÝ TROJBOJ	
	RYCHLOSTNĚ-SILOVÉ	ATLETIKA-SKOKY	dálka, trojskok, výška, tyčka
		ATLETIKA-VRHY, HODY	koule, disk, oštěp, kladivo
		ALPSKÉ LYŽOVÁNÍ	
		SKOKY NA LYŽÍCH	
		SNOWBOARDING	

- **Disciplíny kulturistiky a fitness (esteticko koordinační)**
- **Crossfit**

Fyziologie sportovních disciplín,  
Bernacikova (2017)

# Více a méně společné rysy silových sportovců

Požadavek zvyšování výkonnosti (silové výkon, změny v tělesném složení)

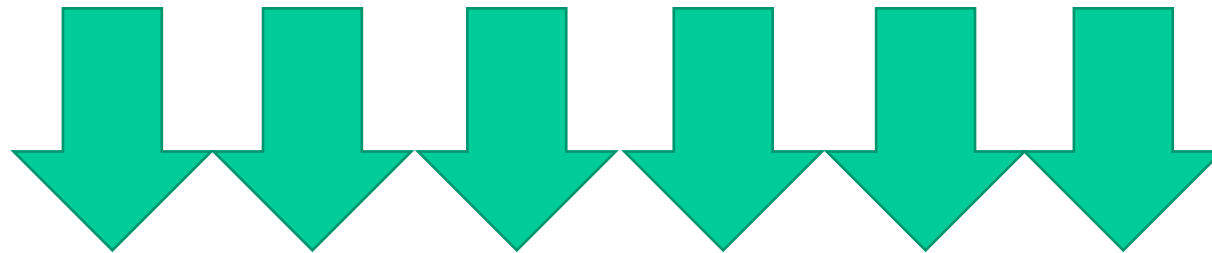
Požadavek maximální výkonnosti (periodizace přípravy a "peak")

Podobná povaha fyzické zátěže (spíše kratší intervaly zatížení)

Podobné energetické krytí výkonu (podobné požadavky na výživu)

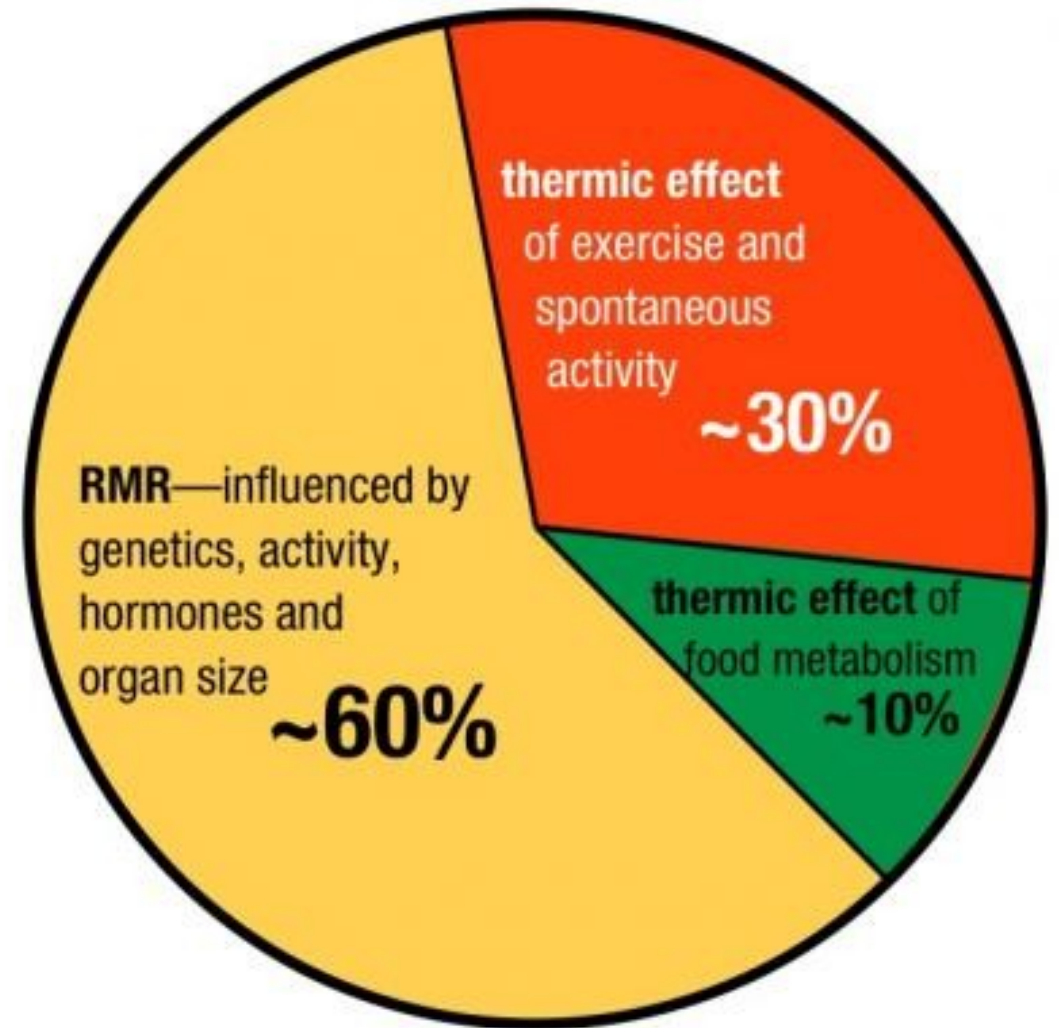
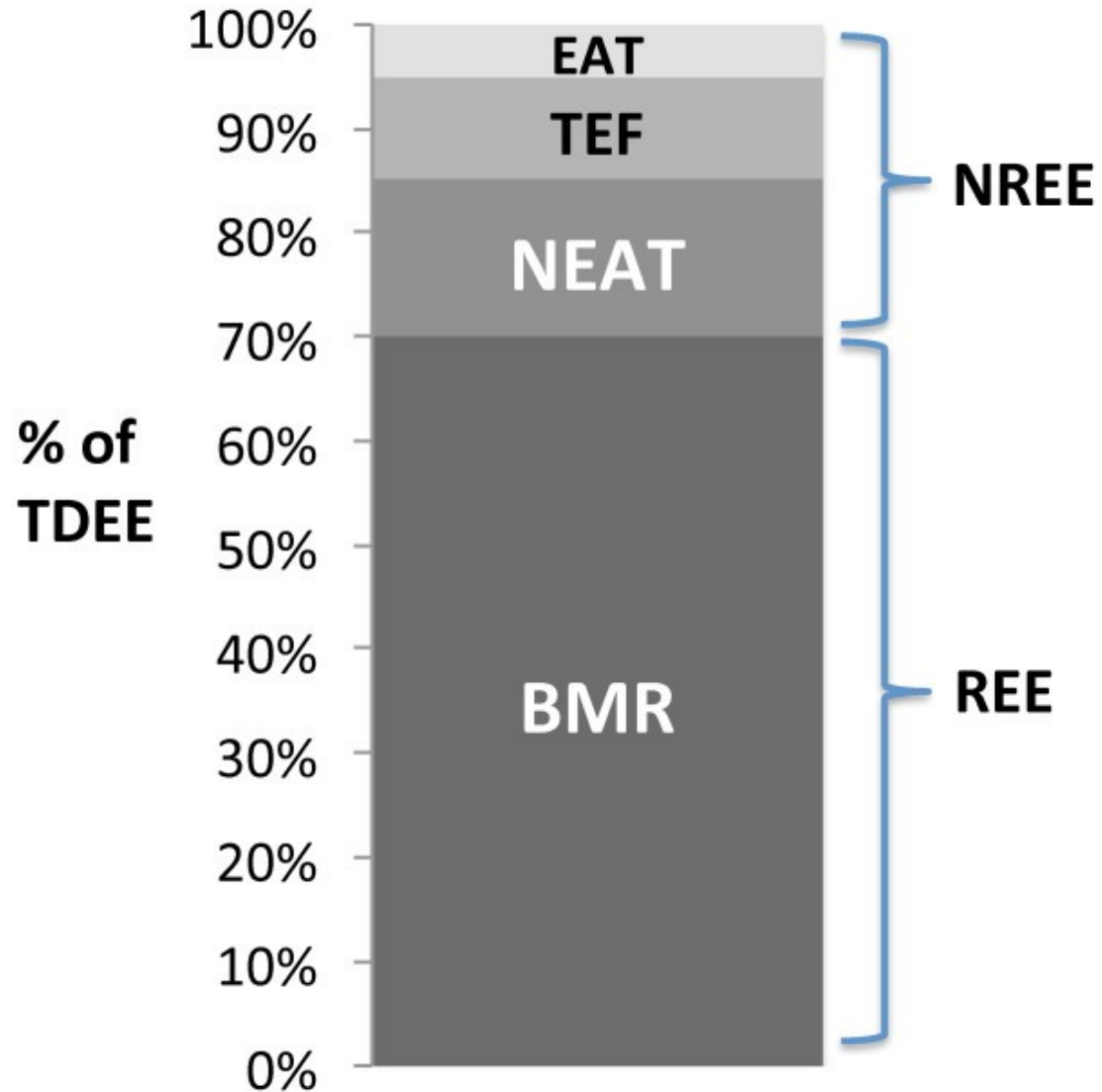
Časté změny tělesné hmotnosti (nabírání, hubnutí)

Podobné tělesné složení co do zastoupení kosterního svalstva



**Výživa a příjem bílkovin hraje velkou roli u všech těchto atributů**

# Energetická bilance a potřeba



# Energetická bilance

Souhrn veškerých metabolických procesů vyjadřuje celkovou energetickou potřebu organismu (TDEE, total daily energy expenditure)

**Konvenčně se celková energetická potřeba/výdej dělí na:**

- 1) **BMR** (bazální metabolický výdej)
- 2) **NEAT, EAT** (energie spotřebovaná na běžné denní aktivity, energie spotřebovaná při cvičení)
- 3) **DIT** (dietou indukovaná termogeneze, jinak také TEF – termický efekt stravy)
- 4) **Energie spotřebovaná navíc z dalších důvodů (stres, choroba, regenerace tréninku)**

# 1) Určení bazálního výdeje energie (BMR)

## **Harris-Benedictova rovnice:**

muži:  $66,47 + (13,75 \times \text{hmotnost}) + (5 \times \text{výška}) - (6,75 \times \text{věk})$

ženy:  $665,09 + (9,56 \times \text{hmotnost}) + (1,84 \times \text{výška}) - (4,67 \times \text{věk})$

## **Mifflin-St. Jeorova rovnice:**

muži:  $(9,99 \times \text{hmotnost}) + (6,25 \times \text{výška}) - (4,92 \times \text{věk}) + 5$

ženy:  $(9,99 \times \text{hmotnost}) + (6,25 \times \text{výška}) - (4,92 \times \text{věk}) - 161$

## **Katch-McArdle rovnice:**

$(21,6 \times \text{beztuková hmotnost těla}) + 370$

# Úroveň fyzické aktivity (PAL) (dle WHO, 2004)

Popis fyzické aktivity	Hodnota PAL
Sedavé zaměstnání	1,3–1,5
Středně aktivní životní styl	1,6–2,0
Náročný životní styl	2,0–2,4
Extrémně náročný životní styl	Nad 2,4

- **Většina současné populace spadá do rozmezí PAL 1,3–1,7**
- **U sportovců může být opět tato hodnota značně variabilní (1,5–2,5)**



# Jak orientačně určit výdej energie při aktivitách i bez fitness hodinek?



- **MET jednotky (tzv. metabolic equivalent of task)**
- 1 MET jednotka: výdeje energie 1 kcal/kg tělesné hmotnosti za hodinu aktivity
- Z MET jednotek lze snadno vypočítat přibližný výdej energie
- MET jednotky lze také snadno převést na PAL, které lze připočíst k základnímu výdeji energie, Postup:

Kcal/kg za hodinu  $\rightarrow$  kcal/lb za hodinu ( $/2,2$ )  $\rightarrow$  přepočítání na koeficient PAL ( $/10$ )

# Hodnoty PAL některých sportovních aktivit

<b>Activity</b>	<b>Examples</b>	<b>Per Hour of Activity</b>	<b>Multiplier PAL</b>
Low Intensity Aerobic (130 HR or lower)	Brisk walking, slow cycling (<13 mph)	1.5 cal/lb (3.3 cal/kg) 2 cal/lb (4.4 cal/kg)	0.15 0.2
Medium Intensity Aerobic (130-150 HR)	Swimming, jogging cycling (13-15mph)	2-3 cal/lb (4.4-6.6 cal/kg)	0.2-0.3
High Intensity Aerobic (160-180 HR)	Cycling (17-18mph), running (6' mile)	3-4 cal/lb (6.6-8.8 cal/kg)	0.3-0.4
Highly Trained Athletes	Cycling (18+mph), running (8' mile or faster)	5-8 cal/lb (10.5-17.6 cal/kg)	0.5-0.8
Weight Training	Recreational Physique/PL/OL	1 cal/lb (2.2 cal/kg) 2 cal/lb (4.4 cal/kg)	0.1 0.2-0,35
Team Sports (variable)	Volleyball Basketball Soccer	1-2 cal/lb (2.2-4.4 cal/kg) 3.75 cal/lb (8.25 cal/kg) 6 cal/min (13.2 cal/kg)	0.1-0.2 0.375 0.6

# Dietou indukovaná termogeneze

Jedná se o navýšení energetického výdeje z důvodu vynaložení energie na procesy spojené s trávením, absorpcí, metabolizací a uskladněním živin po příjmu potravy.

Živina	Hodnota termického efektu stravy
Tuky	0–3 %
Sacharidy	5–10 %
Bílkoviny	20–30 %
Ethanol	Cca 20 %
<b>Běžná smíšená strava</b>	<b>10 %</b>

**Cca 10 % energetického příjmu tak nejsme schopni využít**

# Další faktory ovlivňující výdej energie

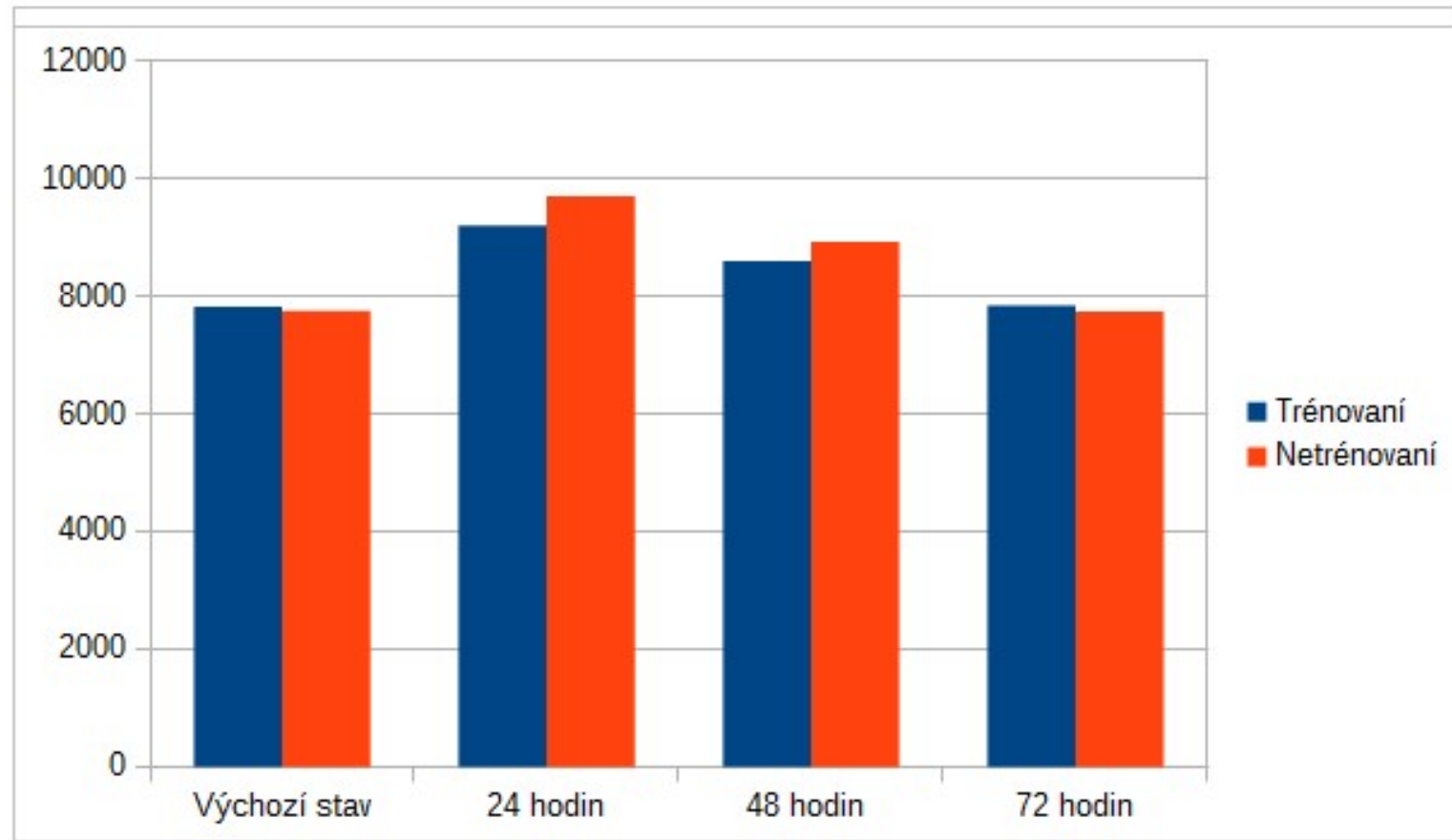
Aspekt ovlivňující metabolismus	Ovlivnění
Tělesná a okolní teplota	↑ i ↓
Přítomnost choroby, zranění	↑ i ↓
<b>Regenerace po fyzické aktivitě, zejména silového charakteru</b>	↑
Těhotenství; laktace (400–500 kcal/d)	↑
Genetické aspekty	↑ i ↓
Hormonální aspekty	↑ i ↓
Stres	↑
Kouření	↑
Růst	↑
Změny hormonů v návaznosti na menstruační cyklus	↑ i ↓

# Jak náročná může být regenerace silového tréninku?

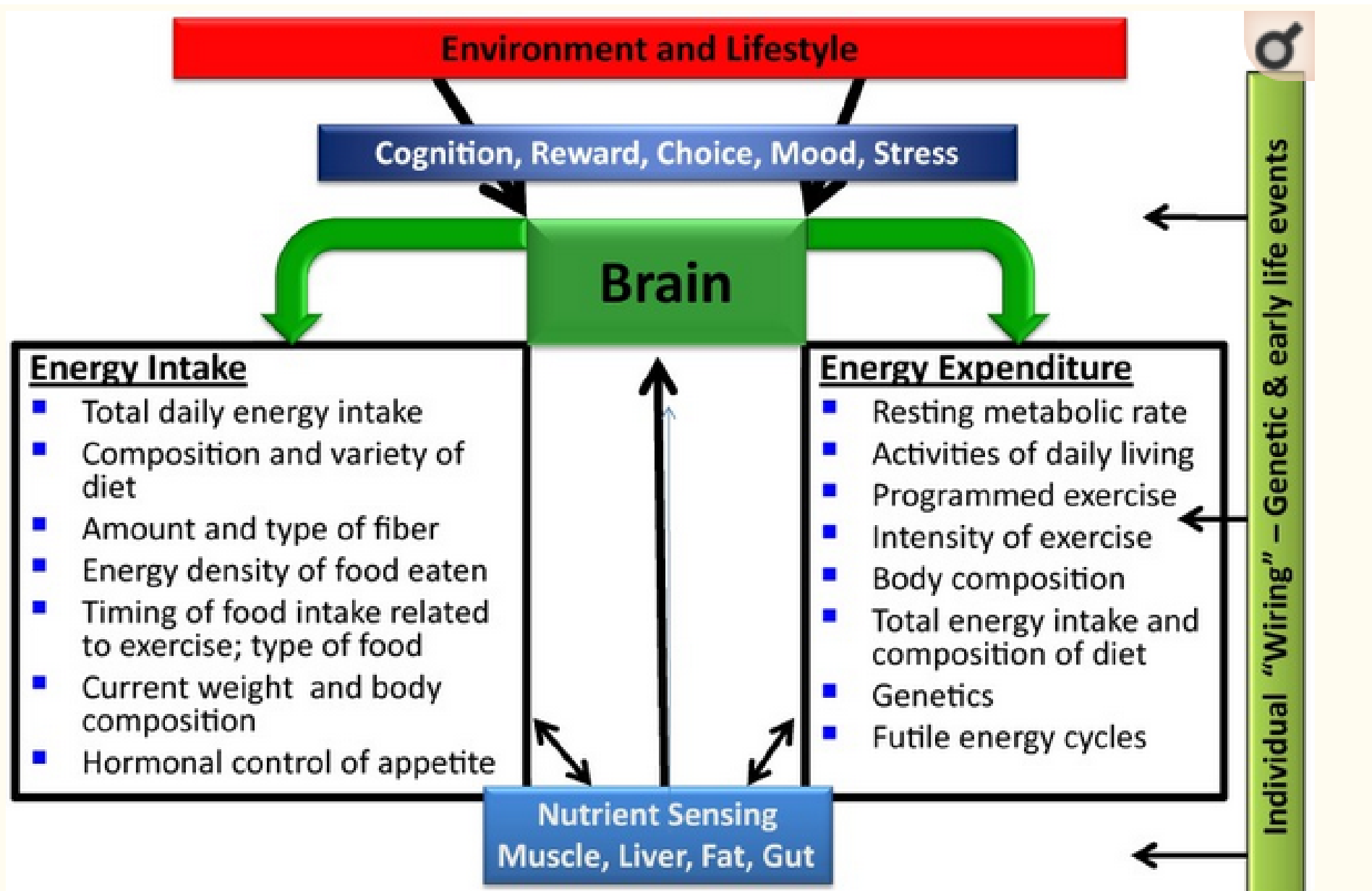
- Regenerace po FA, a to zejména odporového charakteru, může poměrně razantně zvyšovat BMR
- Dolezal (2000), **Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload.**
- Legpress (8x6) (pracovní váha 6RM)
- 4 sekundy trvající excentrická fáze pohybu
- 2 skupiny: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



Určit výdej/potřebu energie **skutečně přesně** je téměř nemožné



# Celková potřeba energie

Zahrnuje v sobě všechny složky energetického výdeje

- 1) BMR – bazální výdej energie
- 2) PAL – pohybová aktivita
- 3) DIT – termický efekt stravy
- 4) **Další faktory měnící výdej energie, je obtížné je přesně určit**

Celkový výdej energie organismu:

$$\mathbf{BMR \times PAL + (10 \% DIT) + (další faktory)}$$



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

Table I. Reported dietary intake of energy and macronutrients among adult male strength and power athletes during training (unless otherwise stated)

Sport	Population	Body mass (kg)	Energy		Carbohydrate		Protein		Fat		Survey method
			MJ	$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	g	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	g	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	g	% E	
Throwing	Elite ( $n=6$ )	109	$22.4 \pm 2.9$	$205 \pm 25$	$450 \pm 52$	$4.1 \pm 0.5$	$265 \pm 44$	$2.4 \pm 0.4$	$277 \pm 97$	$47 \pm 16$	3–5 day weighed diary
	National level ( $n=20$ )	96	$14.6 \pm 3.3$	$152 \pm 36$	375	3.9	160	$1.7 \pm 0.9$	158	$41 \pm 5$	7 day diary
	National team ( $n=2$ )	104	$15.0 \pm 2.8$	$145 \pm 20$	$429 \pm 81$	$4.1 \pm 0.6$	$134 \pm 2$	$1.3 \pm 0.1$	$119 \pm 8$	$30 \pm 4$	3 day diary
Sprinting	National level ( $n=10$ )	67	$11.1 \pm 1.5$	$167 \pm 33$	$340 \pm 57$	$5.1 \pm 1.0$	$102 \pm 20$	$1.5 \pm 0.4$	$90 \pm 16$	$30 \pm 3$	3 day diary
Weightlifting	Elite ( $n=10$ )	80	$19.2 \pm 2.5$	$238 \pm 25$	$431 \pm 96$	$5.4 \pm 1.2$	$257 \pm 47$	$3.2 \pm 0.6$	$205 \pm 33$	$40 \pm 7$	3–5 day weighed diary
	International ( $n=7$ )	76	12.8	167	320	4.2	97	1.3	134	39	4–7 day diary
	National and collegiate ( $n=28$ )		$15.2 \pm 3.9$		392		161		160	$39 \pm 6$	3 day diary
	National team ( $n=15$ )	95	31.4	330	764	8	295	3.1	380	45	3 day semi-weighed diary
Bodybuilding	National level ( $n=19$ )	84	$15.2 \pm 5.0$	$181 \pm 50$	$399 \pm 143$	4.8	$156 \pm 42$	$1.9 \pm 0.6$	$155 \pm 62$	$39 \pm 4$	7 day diary
	Competitive ( $n=76$ )	82	$15.0 \pm 4.2$	183	$320 \pm 132$	3.9	$200 \pm 79$	2.4	$157 \pm 50$	39	7 day diary
	Elite ( $n=6$ )	80	$20.1 \pm 0.2$	251	592	$7.4 \pm 0.3$	224	$2.7 \pm 0.1$	174	32	7 day diary
	International ( $n=8$ )	87	13.7	157	424	4.9	201	2.5	118	32	4–7 day diary
	Competitive ( $n=7$ )										
	Training	91	$15.0 \pm 4.9$	165	$457 \pm 148$	5	$215 \pm 59$	2.4	$110 \pm 71$	$26 \pm 12$	3 day diary
	Competition	86	$9.8 \pm 1.1$	113	$365 \pm 76$	4.2	$163 \pm 59$	1.9	$32 \pm 18$	$13 \pm 8$	
	Competitive ( $n=20$ )	77	$15.4 \pm 4.4$	200	532	6.9	165	2.1	120	$29 \pm 7$	4 day diary
International ( $n=7$ )	85	$12.4 \pm 1.5$	145	$369 \pm 70$	4.3	$144 \pm 41$	1.7	$95 \pm 12$	28	4 day diary	

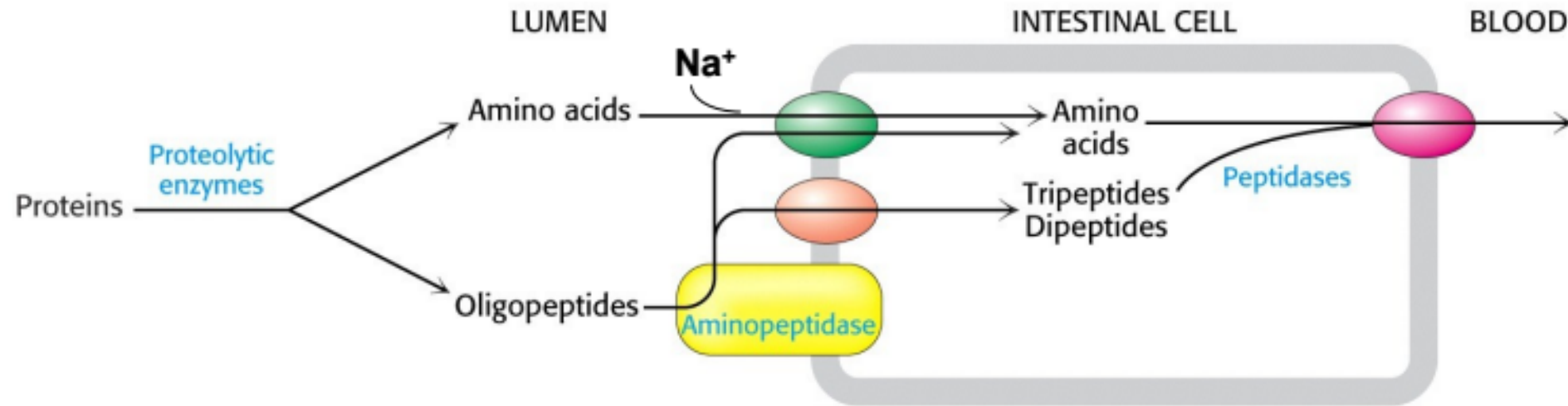
# Funkce bílkovin v organismu

- Strukturní proteiny – kolagen, keratin
- Zajišťující pohyb – aktin, myosin
- Imunitní funkce – imunoglobuliny, bílkoviny akutní fáze
- Metabolické proteiny – enzymy
- Transportní proteiny – lipoproteiny, SHBG, albumin
- Bílkoviny krevní plazmy – onkotický tlak, specifické funkce
- Signální proteiny – hormony, receptory, signální molekuly

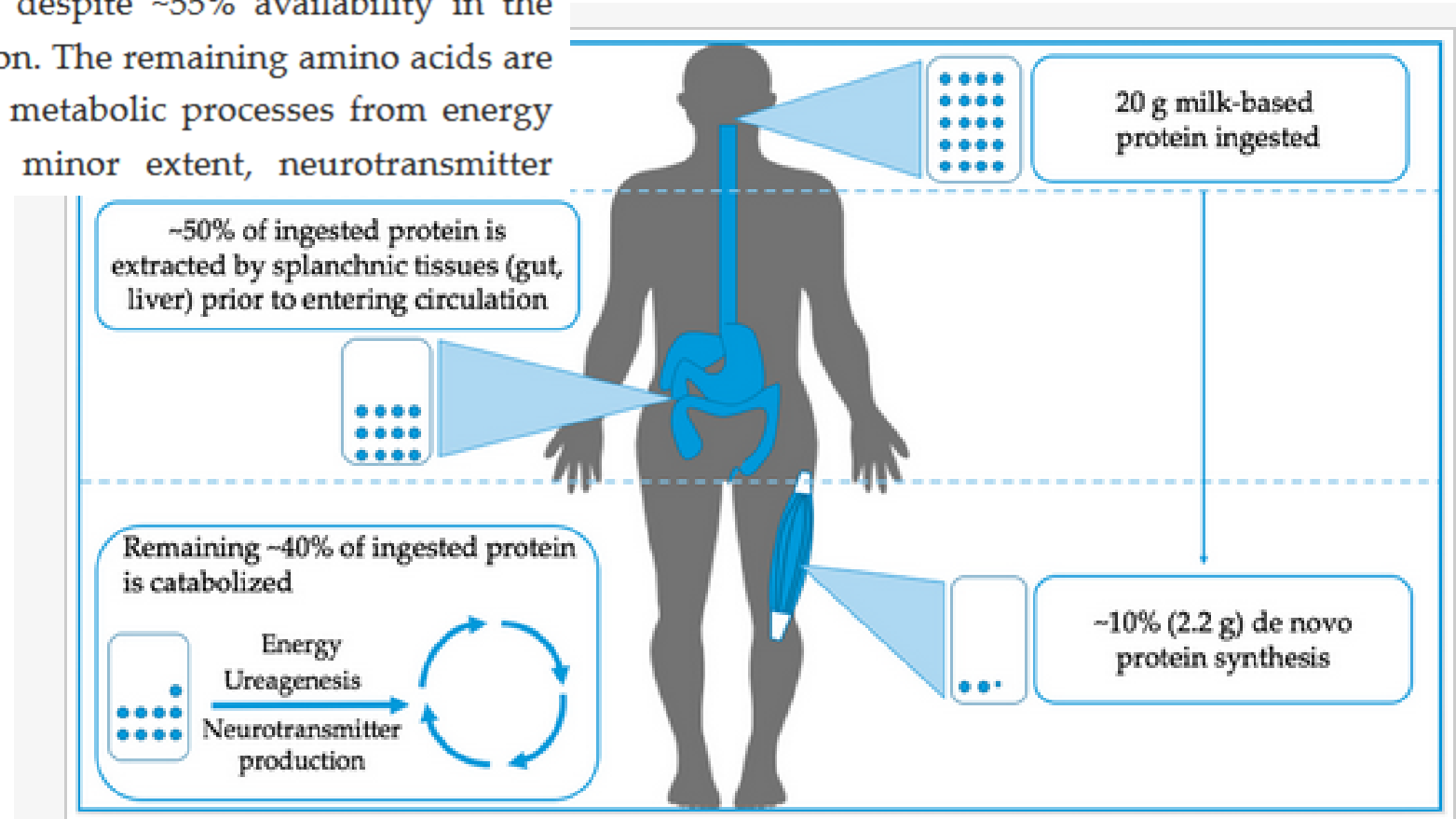
# Rekapitulace trávení bílkovin

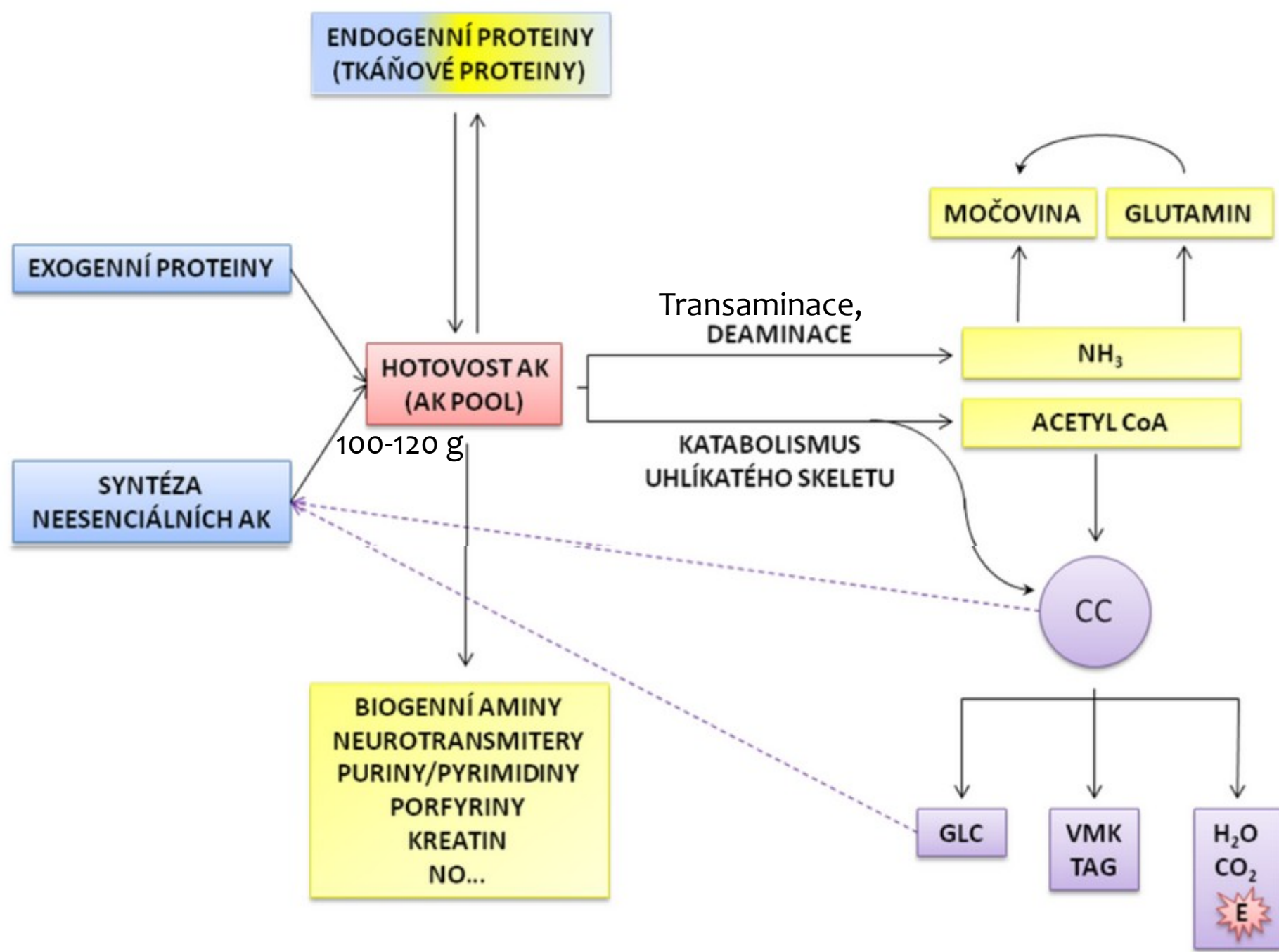
- Trávení bílkovin začíná v žaludku pomocí pepsinu a HCl (HCl aktivuje pepsinogen)
- Pokračuje enzymy obsaženými v pankreatické šťávě (trypsin, chymotrypsin, elastáza)
- Trávení se dokončuje pomocí enzymů kartáčového lemu (aminopeptidázy, dipeptidázy)
- Buňky střeva vstřebávají buď jednotlivé aminokyseliny, nebo krátké peptidy (di-, tri-)
- Děje se tak prostřednictvím specifických transportérů:
  - 1) Jednotlivé aminokyseliny symportem s  $\text{Na}^+$
  - 2) Krátké peptidy pomocí PEPT1 transportérů symportem s  $\text{H}^+$

# Rekapitulace trávení bílkovin



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 → normální metabolismus bílkovin, zvýšené hladiny → katabolismus
Inzulin	Antikatabolismus	Stimulace MPS, podpora vstupu AMK do svalů
Glukagon	Katabolismus	Zapojen do glukoneogeneze
Kortizol	Katabolismus	Glukoneogeneze, snížení MPS
IGF-1	Anabolismus	Anabolismus

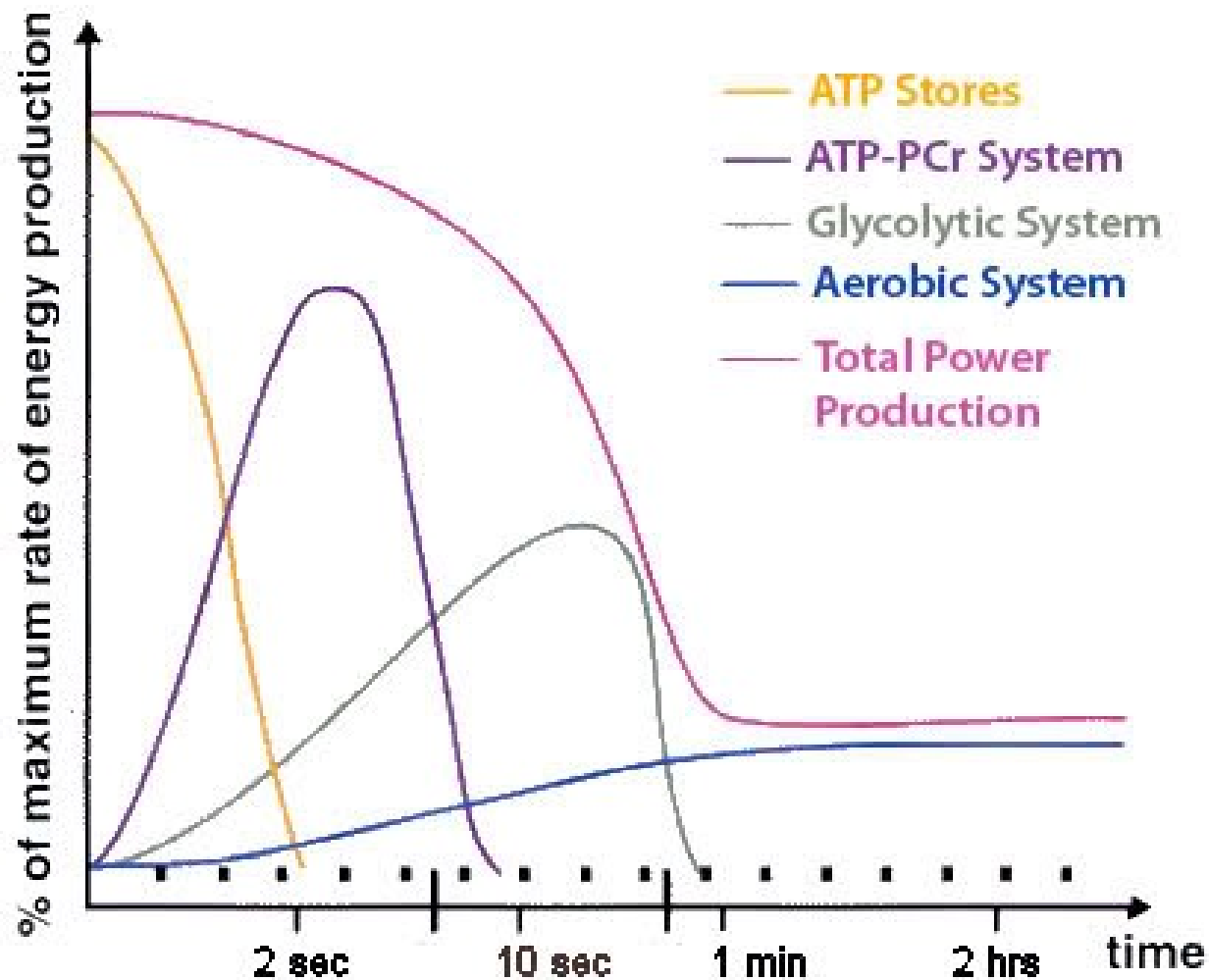
# Katabolismus bílkovin

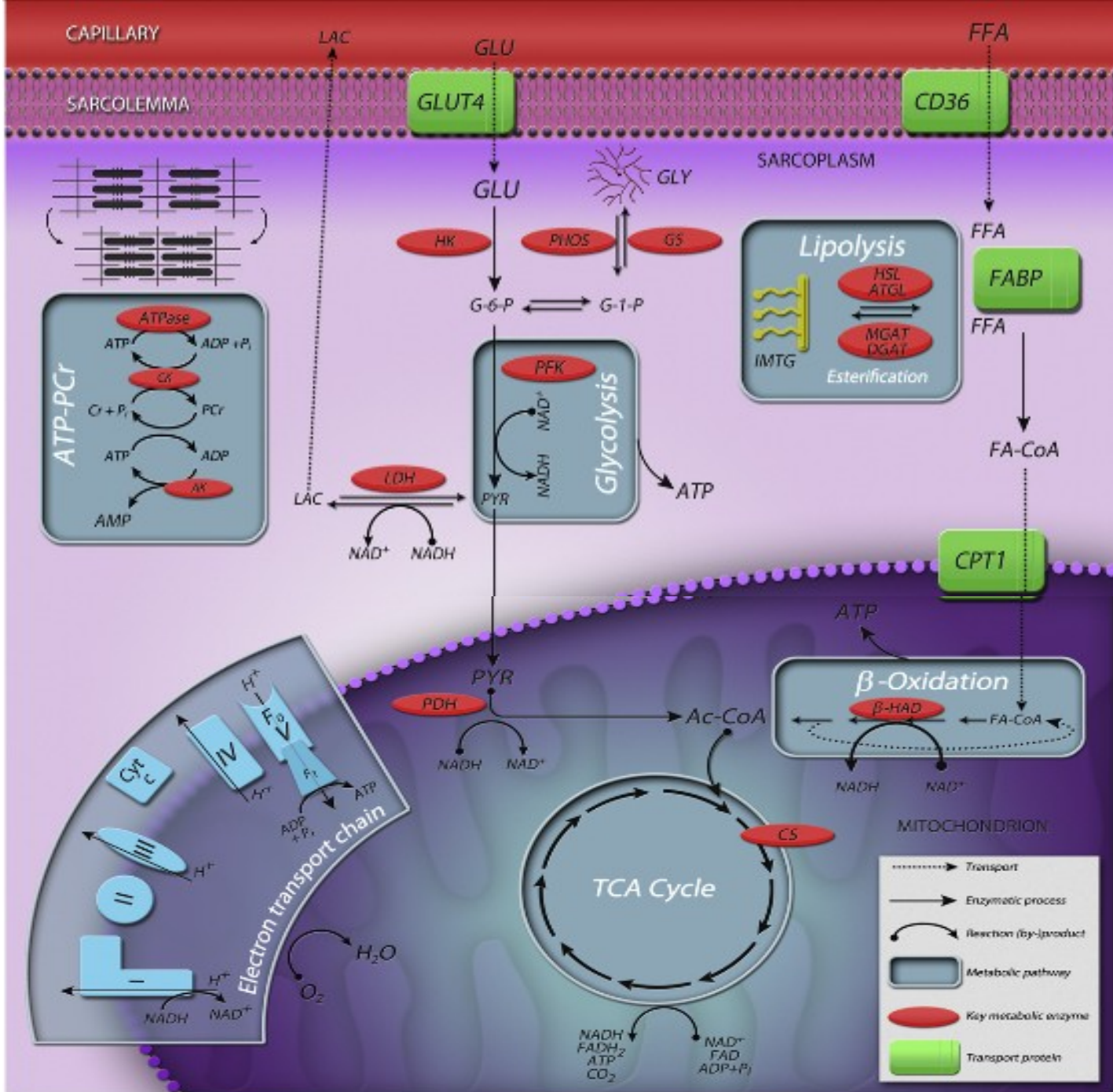
- Katabolismus bílkovin je založen na odstranění dusíku z molekuly aminokyseliny
- Děje se tak z různých důvodů:
  - 1) **Dusík z přijatých aminokyselin** může být zabudován do glutamátu a využit pro syntézu jiných, v aktuální dobu potřebnějších aminokyselin, nebo látek s obsahem dusíku, organismus tedy o tento dusík nepřijde
  - 2) **Organismus má nadbytek přijatých 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)
<b>Skeletal Muscle Morphology and Exercise Performance</b>		
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.

<b>Whole-Body and Metabolic Health</b>		
Bone mineral density	↑ ↑	↑ ↑
<b>Body composition</b>		
Percent body fat	↓ ↓	↓
Lean body mass	↔	↑ ↑
<b>Glucose metabolism</b>		
Resting insulin levels	↓	↓
Insulin response to glucose challenge	↓ ↓	↓ ↓
Insulin sensitivity	↑ ↑	↑ ↑
Inflammatory markers	↓ ↓	↓
Resting heart rate	↓ ↓	↔
Stroke volume, resting and maximal	↑ ↑	↔
<b>Blood pressure at rest</b>		
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

**Bilance svalových bílkovin (NPB, Net Protein Balance) =  
Anabolismus (MPS, proteosyntéza) – Katabolismus (MPB, rozpad)**

**Pro zvýšenou MPS a růst svalové hmoty a silového výkonu je třeba:**

- 1) **Odporový trénink**  
(mechanická tenze, svalové poškození, metabolický stres, periodizace, progresivní přetížení)
- 2) **Substráty pro MPS (příjem bílkoviny - aminokyseliny, energetické substráty)**
- 3) **Vhodné hormonální prostředí**
- 4) **Regenerace** (odpočinek mezi tréninky, spánek, aktivní regenerace)

# 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 (nabírání/udržování/dieta → odlišný osud bílkovin v organismu)
- Aktuální cíle sportovce (nabírání hmotnosti vs. redukce hmotnosti)
- Kvalita přijímaných bílkovin (obsah EAA+leucinu, stravitelnost, biologická hodnota)

# Proč siloví sportovci potřebují zvýšený příjem bílkovin?

**Zvýšená proteosyntéza v buňkách kosterního svalstva  
remodelace svalových bílkovin**

**Podpora nárůstu silového výkonu**

Regenerační procesy

Celkově zvýšený obrat bílkovin silovým tréninkem

Část aminokyselin je oxidována během výkonu jako zdroj energie

Oprava a zesílení pojivových tkání (šlachy, vazy)

Zachování správné funkce imunity po náročných tréninkách

Podpora hojení a regenerace při případném zranění

# Vývoj pohledu na potřebu bílkovin v silovém sportu

<b>Doporučovaný příjem pro běžného dospělého člověka</b>	<b>0,8 g/kg TH (DACH, 2017) 0,83 g/kg TH (WHO, 2007)</b>
<b>Protein and amino acid needs of the strength athlete, Lemon, (1991)</b>	<b>1,5–2,0 g/kg, tj. 12–15 g % CEP</b>
<b>Evaluation of protein requirements for trained strength athletes, Tarnopolsky (1992)</b>	<b>1,76 g/kg</b>
<b>Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance (2000)</b>	<b>1,6–1,7 g/kg</b>
<b>Protein requirements and supplementation in strength sports, Phillips (2004)</b>	<b>1,33 g/kg, tj. 12–15 g % CEP</b>
<b>International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise (2007)</b>	<b>1,4–2,0 g/kg</b>



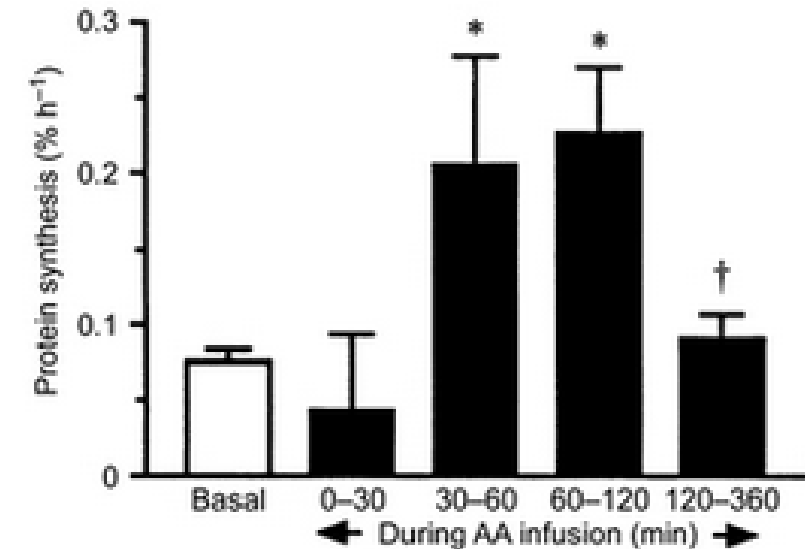
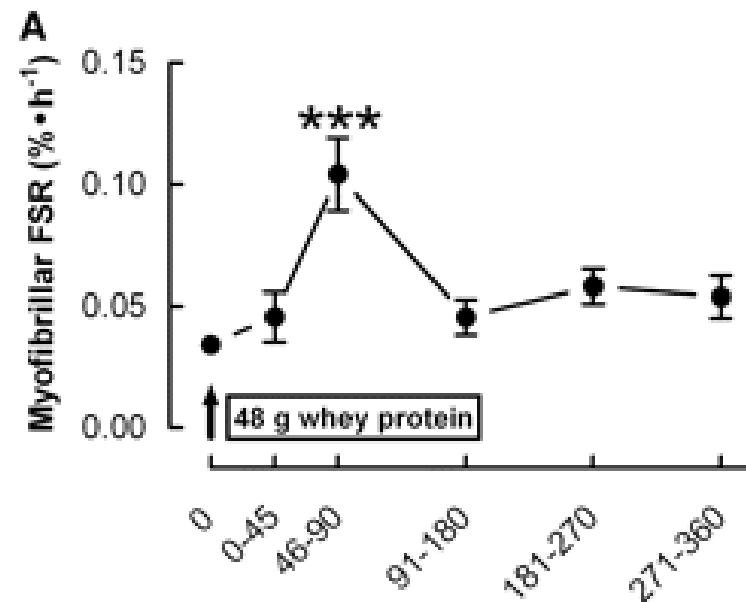
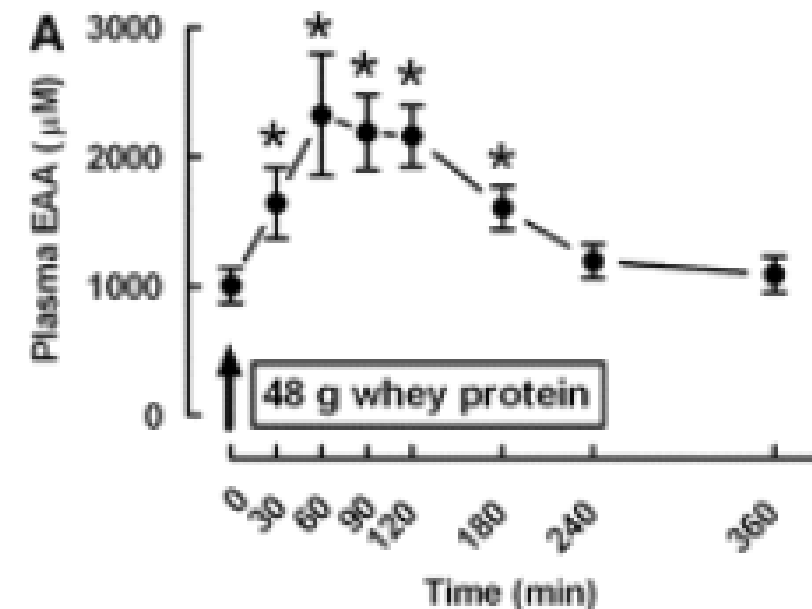
<b>Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance (2009)</b>	<b>1,2–1,7 g/kg</b>
<b>Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding, Slater (2011)</b>	<b>1,6–1,7 g/kg</b>
<b>Indicator Amino Acid-Derived Estimate of Dietary Protein Requirement for Male Bodybuilders on a Non-training Day Is Several-Fold Greater than the Current Recommended Dietary Allowance, Bandegan (2017)</b>	<b>1,7–2,2 g/kg</b>
<b>International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise, Jäger (2017)</b>	<b>1,4–2,0 g/kg</b>
<b>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)</b>	<b>1,6–2,2 g/kg</b>
<b>Nutrition Recommendations for Bodybuilders in the Off-Season: A Narrative Review, Iraki (2019)</b>	<b>1,6–2,2 g/kg</b>

# 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**

# Jak dlouho trvá zvýšená proteosyntéza po příjmu proteinů?

- Atherton (2010) Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling
- **Pozorování dynamiky MPS po požití bolusu 48 g Whey proteinu**
- Bohé (2001) Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids
- **Kontinuální venózní infuze 162 mg/ kg TH aminokyselin za hodinu**



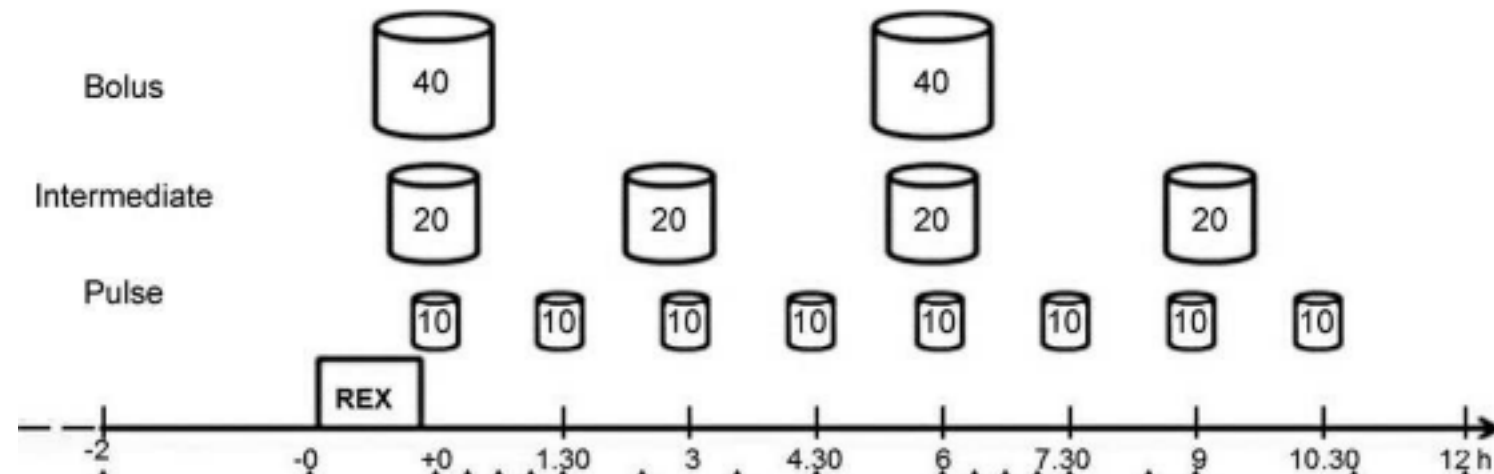
# Jak dlouho trvá zvýšená proteosyntéza po příjmu proteinů?

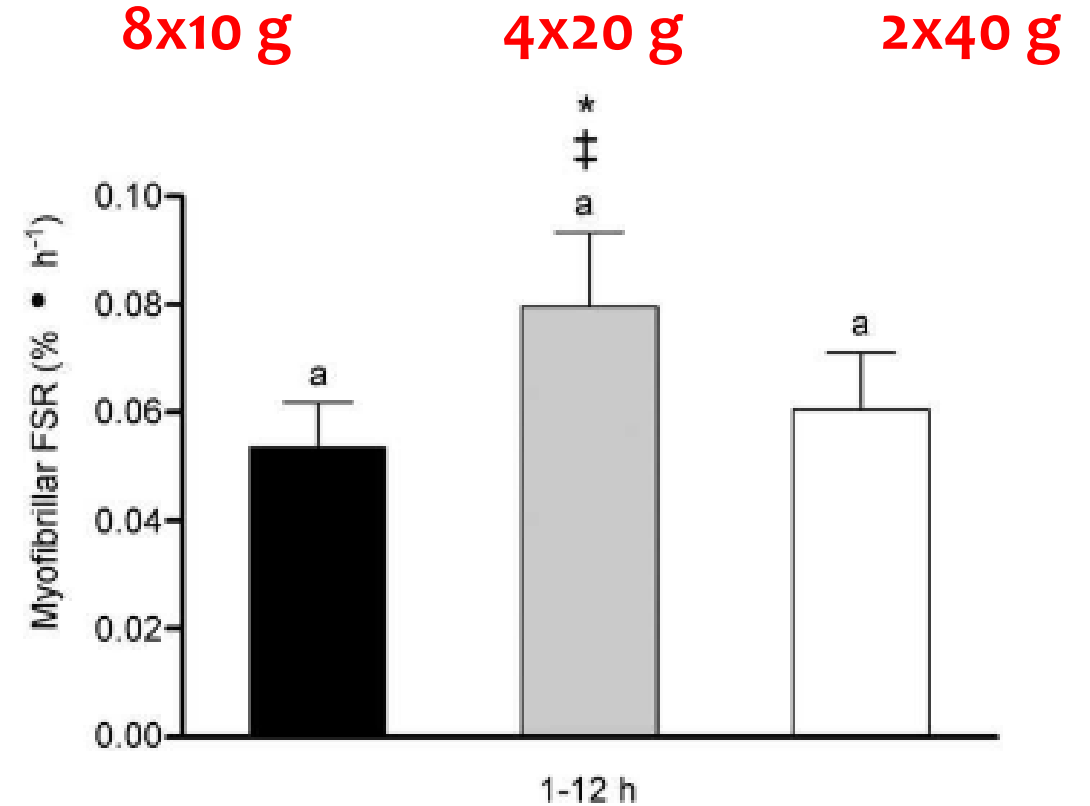
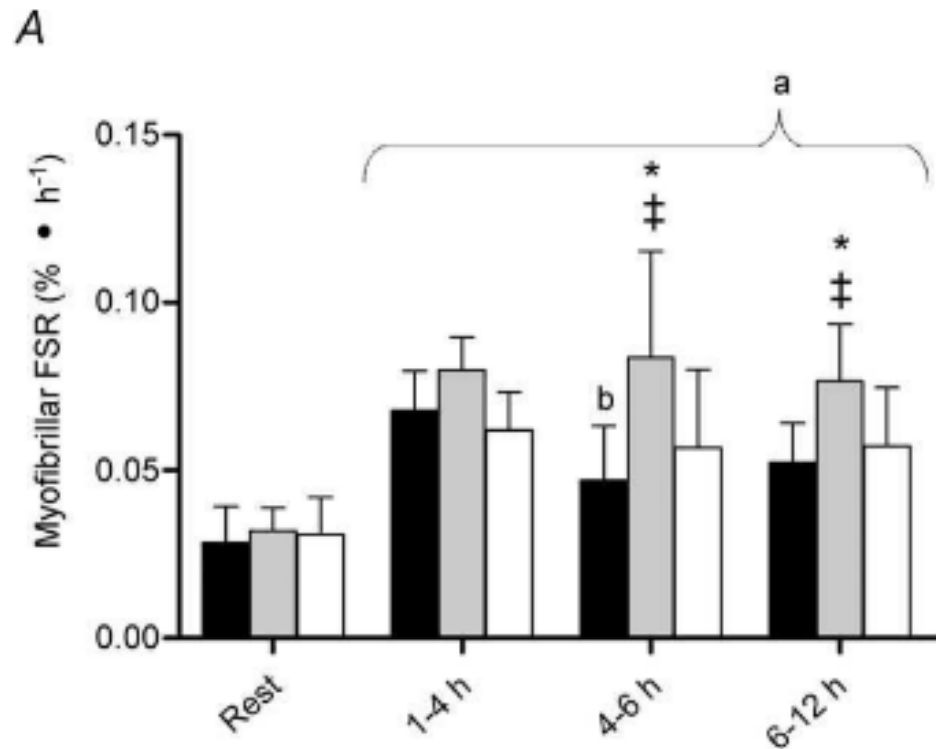
- Zvýšená proteosyntéza trvá cca 2–3 hodiny po požití proteinu
- Maxima v MPS je dosahování zhruba za 90–120 minut po požití
- *„Moreover, because MPS declined in the face of the continued availability of the activating stimulus (ie, plasma and intramuscular leucine), it is likely that muscle possesses a mechanism to gauge its capacity to synthesize new proteins.“*
- *„MPS is saturated and the rate of amino acid catabolism through oxidation and urea production increases and so less amino acids are available for protein synthesis.“*
- *„Note that the relatively short-term stimulation of MPS ( $\approx 1.5$  h), despite the continued AA availability, suggests that continuous intravenous nutrition is likely to result in the overprovision of AAs for protein synthesis.“*
- *„Moreover, the short-term stimulation of MPS by AAs (at  $\approx 1.5$  h) suggests that optimal clinical strategies should involve pulse rather than continuous supply of AA.“*

# 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.

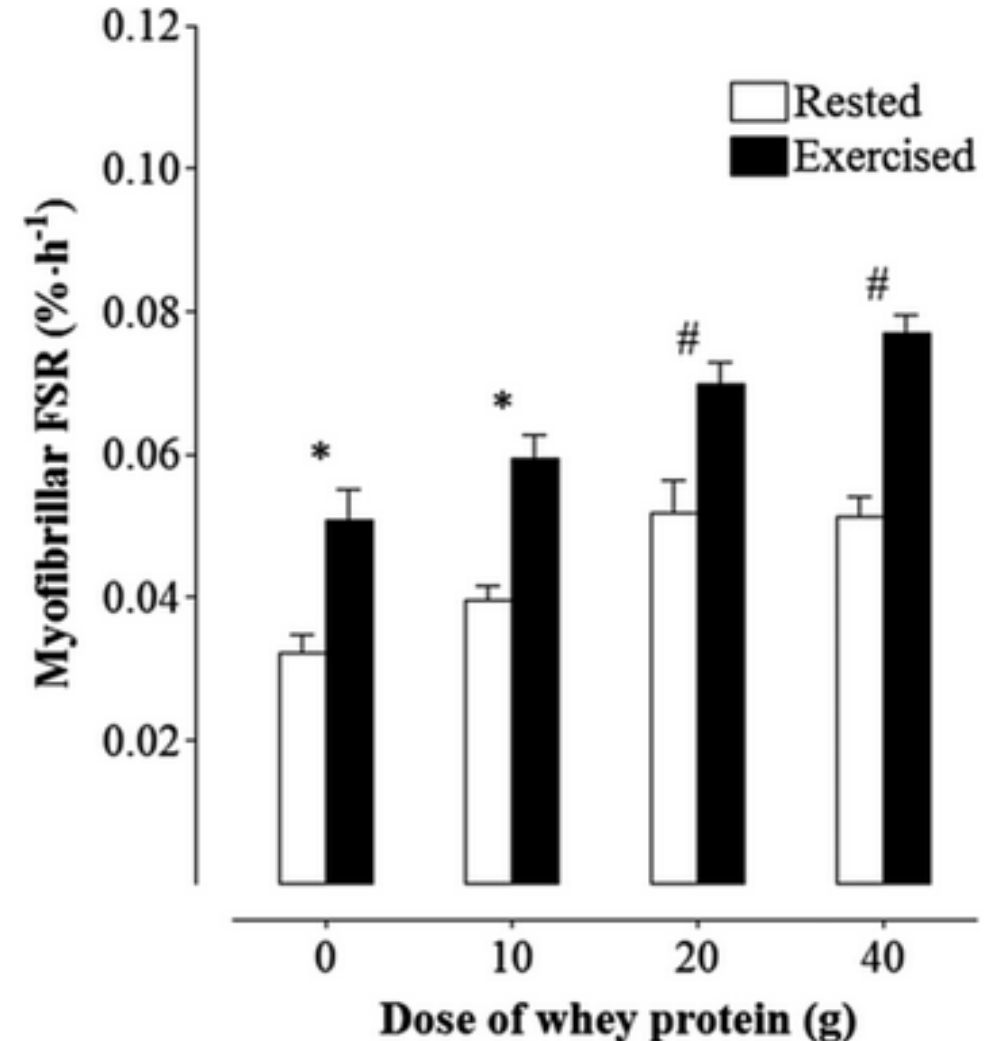




**Figure 4**  
 Myofibrillar fractional synthetic rate (FSR) between time points (A) and mean FSR throughout 1–12 h (B) following a bout of leg extension resistance exercise and post-exercise BOLUS, INT or PULSE ingestion protocol during a 12 h recovery period, as described in Fig. 2. Data were analysed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

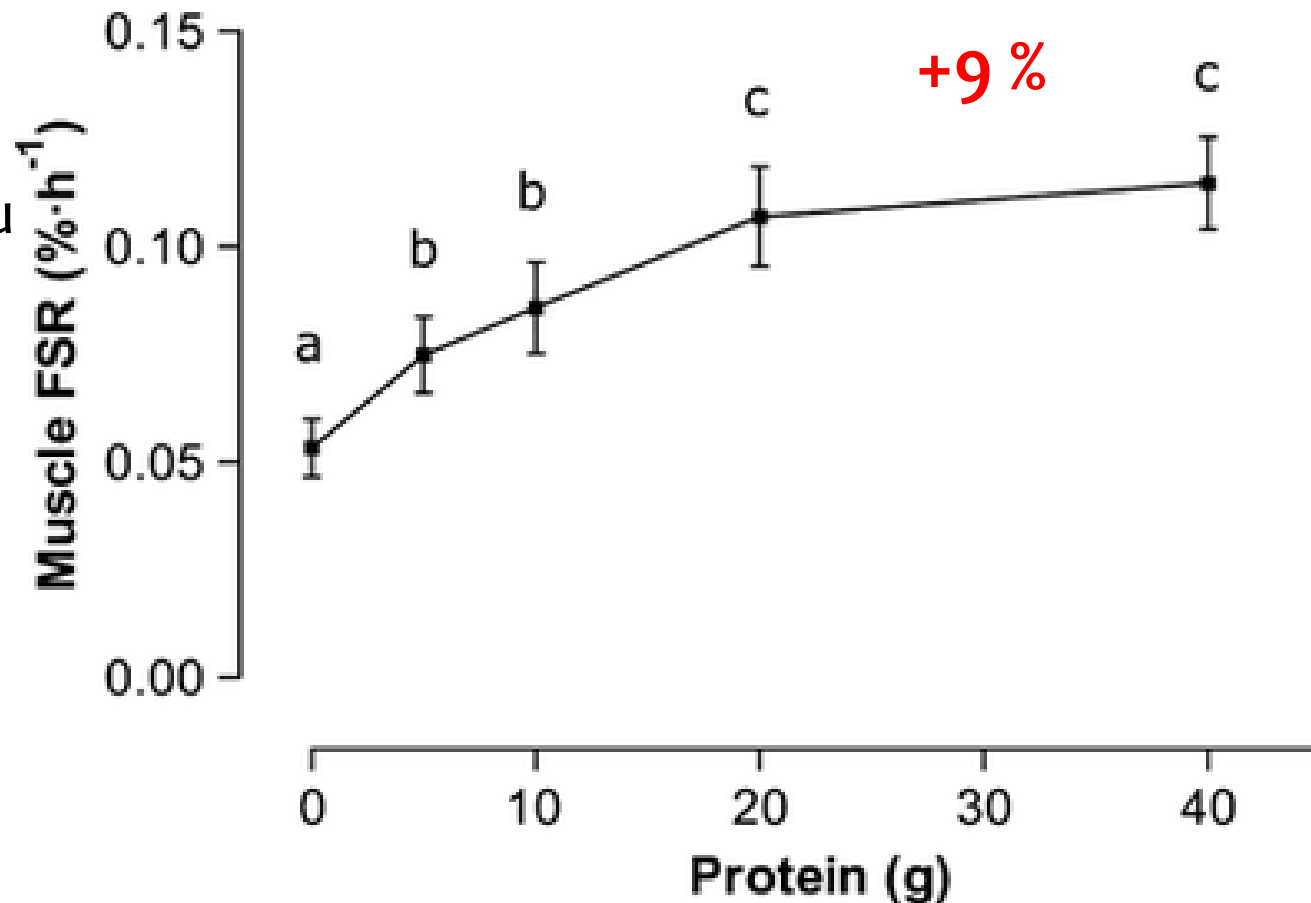
# Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise, Witard (2014)

- Cvičenci s 80–85 kg a 15 % tělesného tuku
- Trénink spodní části těla (4x10 LP a LE)
- **Rozdíl ve FSR po tréninku (0–4 hod) mezi 20 g a 40 g bez statistické významnosti, nicméně byl o 10–14 % vyšší**



# Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men, Moore (2009)

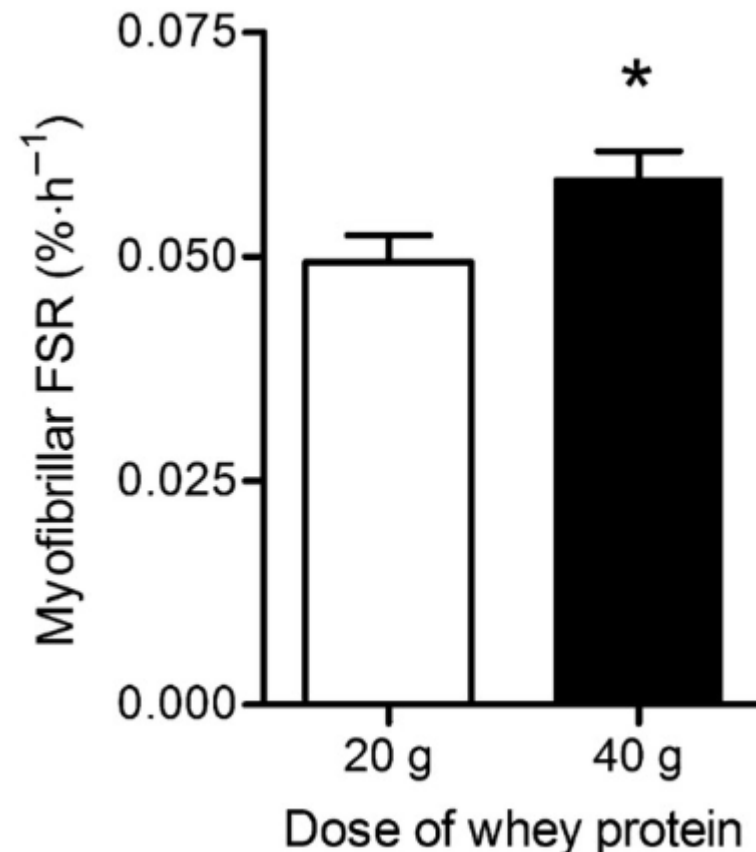
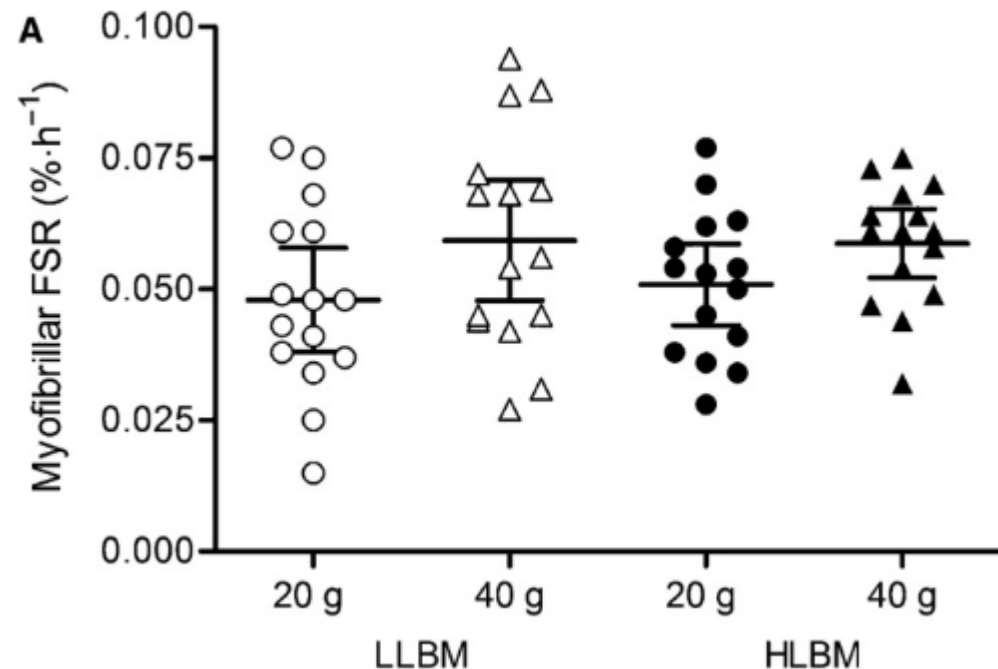
- Trénink spodní části těla (4x10 LP a LE)
- Mladí muži s cca 80 kg a 15 % BF
- FSR měřeno v období 4 hodin po tréninku





# 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)



# 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 aktivní tělesné hmotnosti (LBM) (pod 65 kg a nad 70 kg)

	LBM pod 65 kg	LBM nad 70 kg
Energetický příjem	2498 kcal	2851 kcal
Příjem sacharidů	3,5 ± 1,5	3,2 ± 1,2
Příjem tuků	1,0 ± 0,3	0,9 ± 0,2
Příjem bílkovin	2,0 ± 0,5	1,9 ± 0,6

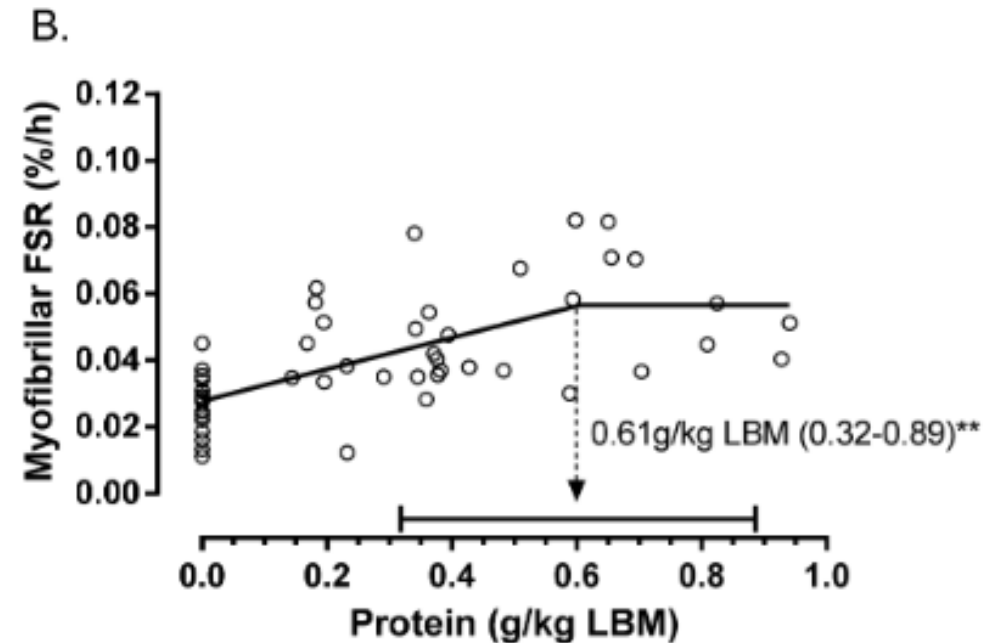
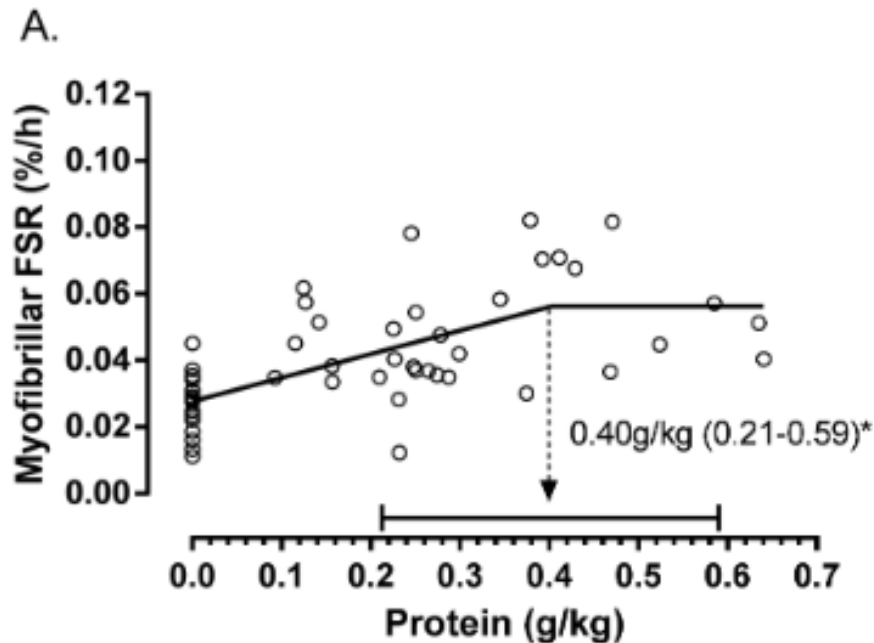
Pro maximalizaci MPS je podle současného poznání  
ideální přijmout **0,25–0,3 g/kg TH**,  
tj. nejčastěji **20–40 g** rychle stravitelného proteinu

Požítí 40 g proteinu může mít jisté malé výhody  
pro vyšší stimulaci MPS (9–15 %) oproti 20 g, nicméně  
praktický dopad je diskutabilní

Po náročnějším tréninku je však větší dávka **40 g B**  
prokazatelně efektivnější (**+20 %** vs. 20 g)

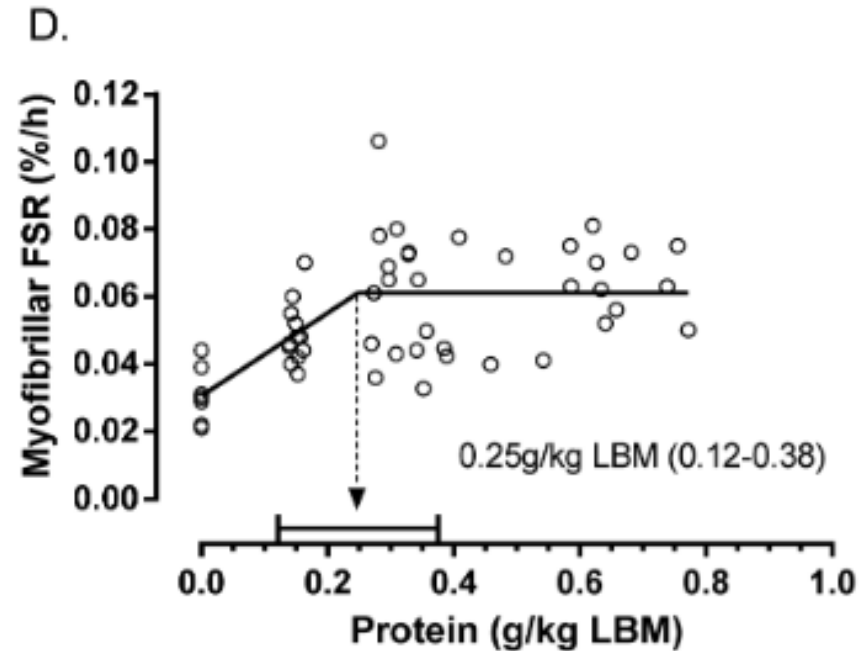
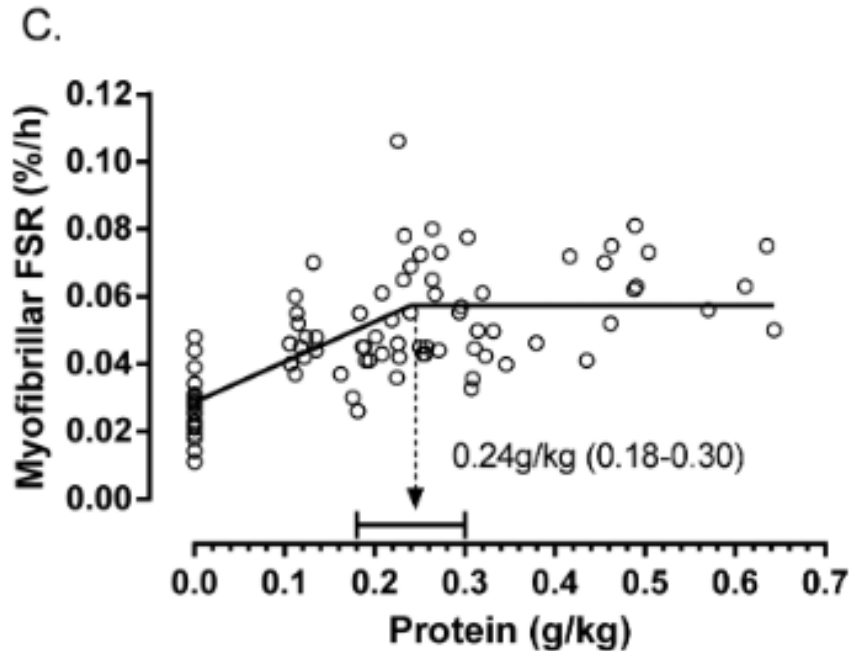
Může být nějaký rozdíl u našich prarodičů, aneb kolik je třeba na 1 porci bílkovin, aby jim rostly svaly (nebo je aspoň udrželi)?

- 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):**

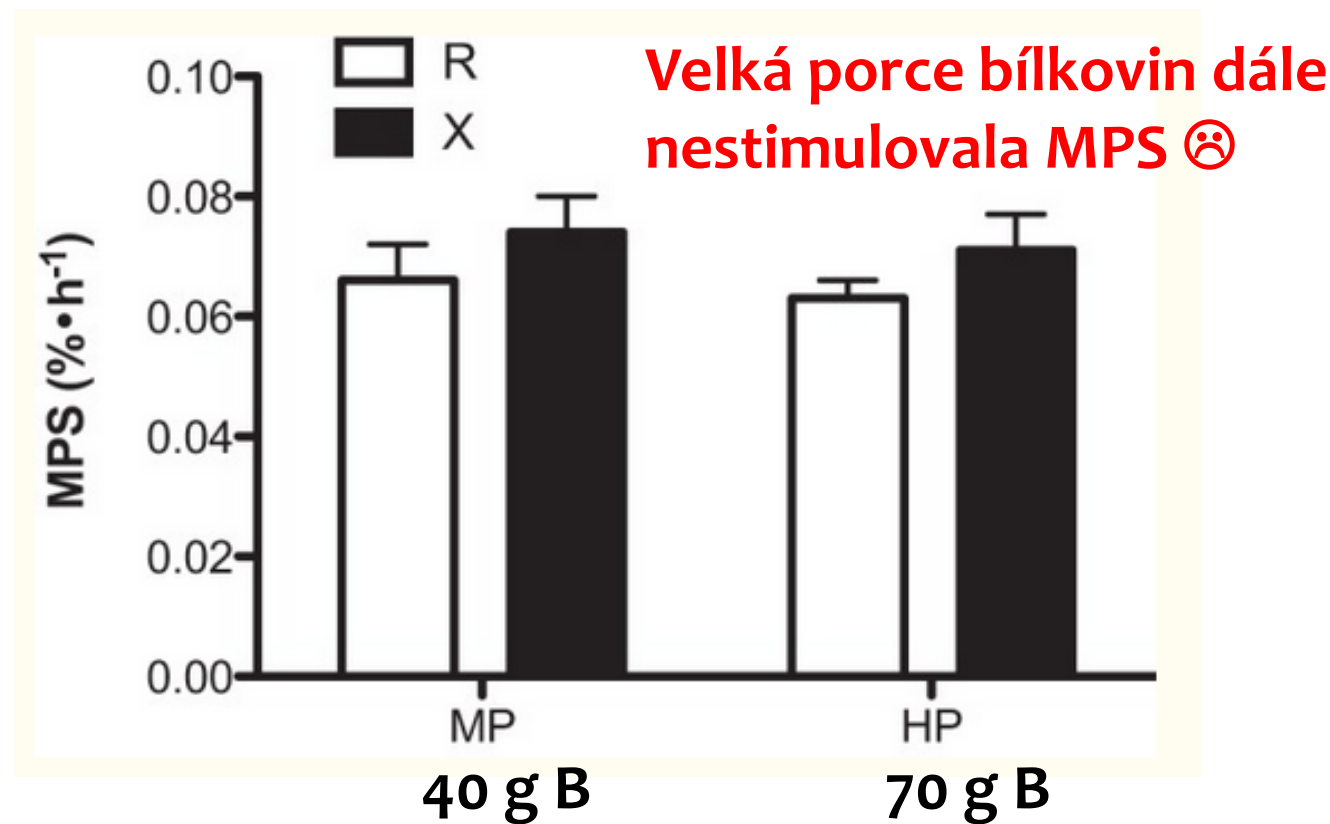


**Závěr:** Our data suggest that healthy older men are less sensitive to low protein intakes and require a greater relative protein intake, in a single meal, than young men to maximally stimulate postprandial rates of MPS.

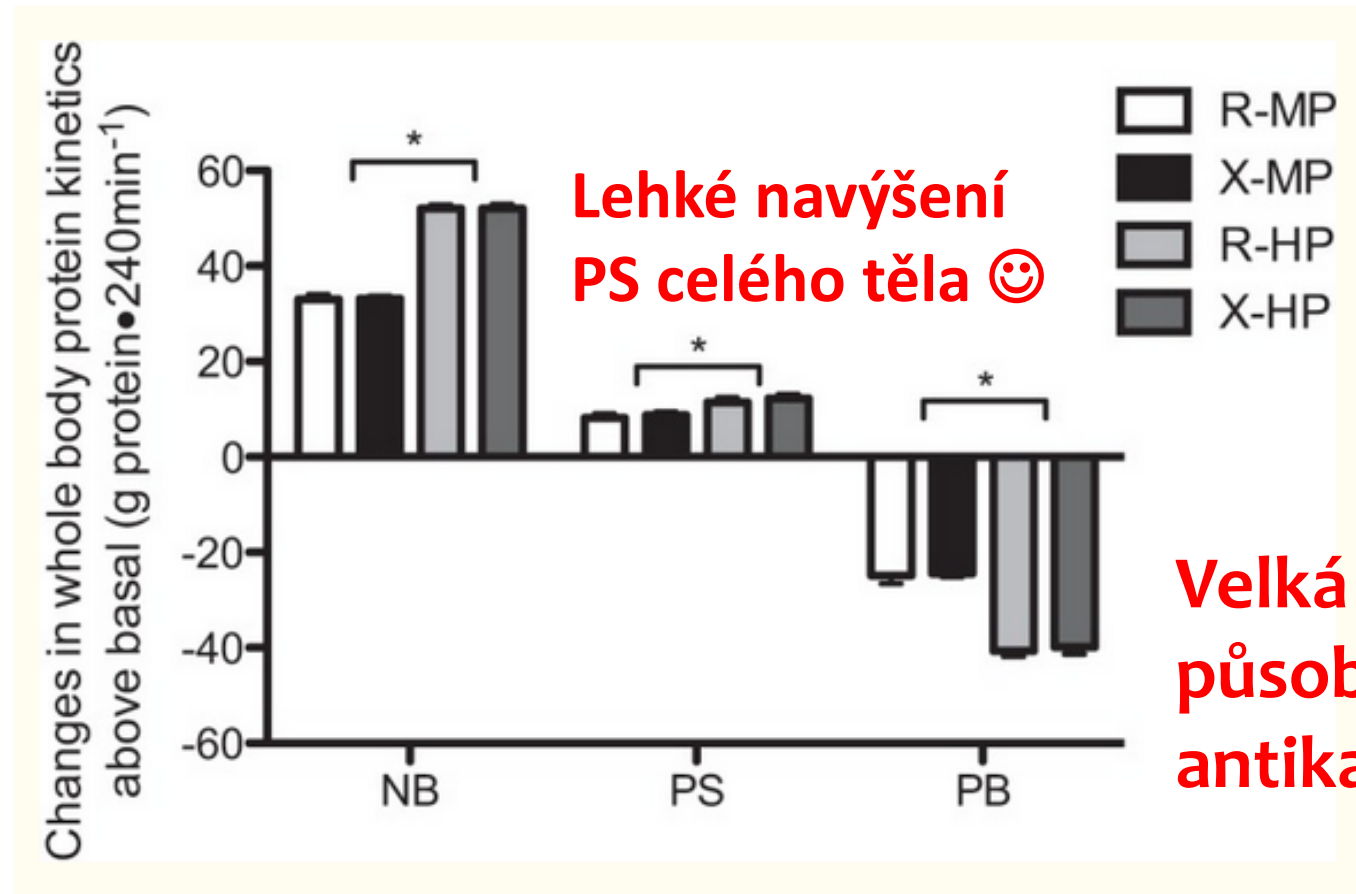
**These results should be considered when developing nutritional solutions to maximize MPS for the maintenance or enhancement of muscle mass with advancing age.**

# The anabolic response to a meal containing different amounts of protein is not limited by the maximal stimulation of protein synthesis in healthy young adults, Kim (2016)

- Studie zkoumající příjem „velké porce masa“ v klidu nebo po tréninku celého těla nejen na MPS, ale také na důležitou veličinu MPB u mužů s 80–85 kg



Stimulation of gut protein synthesis is potentially beneficial, particularly in a situation where MPS has been already maximized. **Proteins retained in the gut can be released into the circulation as a consequence of gut protein turnover and then be used for MPS.** This mechanism could be particularly important overnight, in which the fasting state is predominated by PB, with resultant negative NB.



**Lehké navýšení  
PS celého těla 😊**

**Velká porce bílkovin  
působila více  
antikatabolicky 😊**

How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution, Schoenfeld (2018)

**Většina studií sledující akutní stimulaci MPS pracuje s rychle stravitelnými proteiny (whey), které se chovají odlišně než proteiny z běžné smíšené stravy**

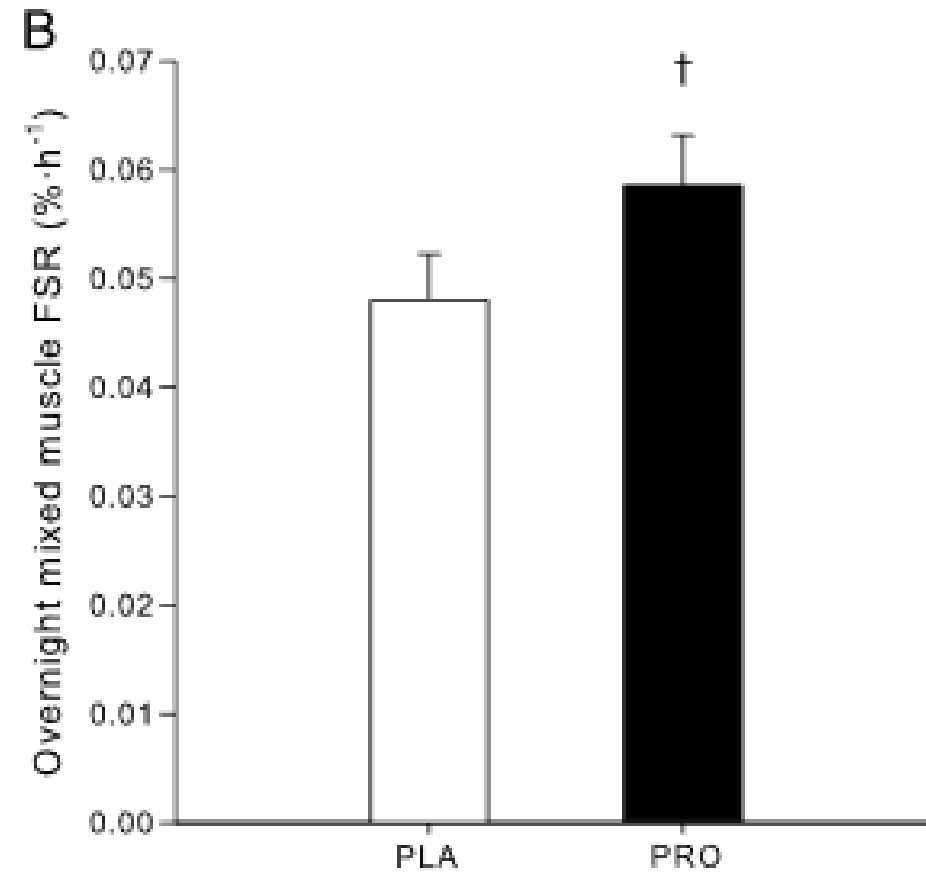
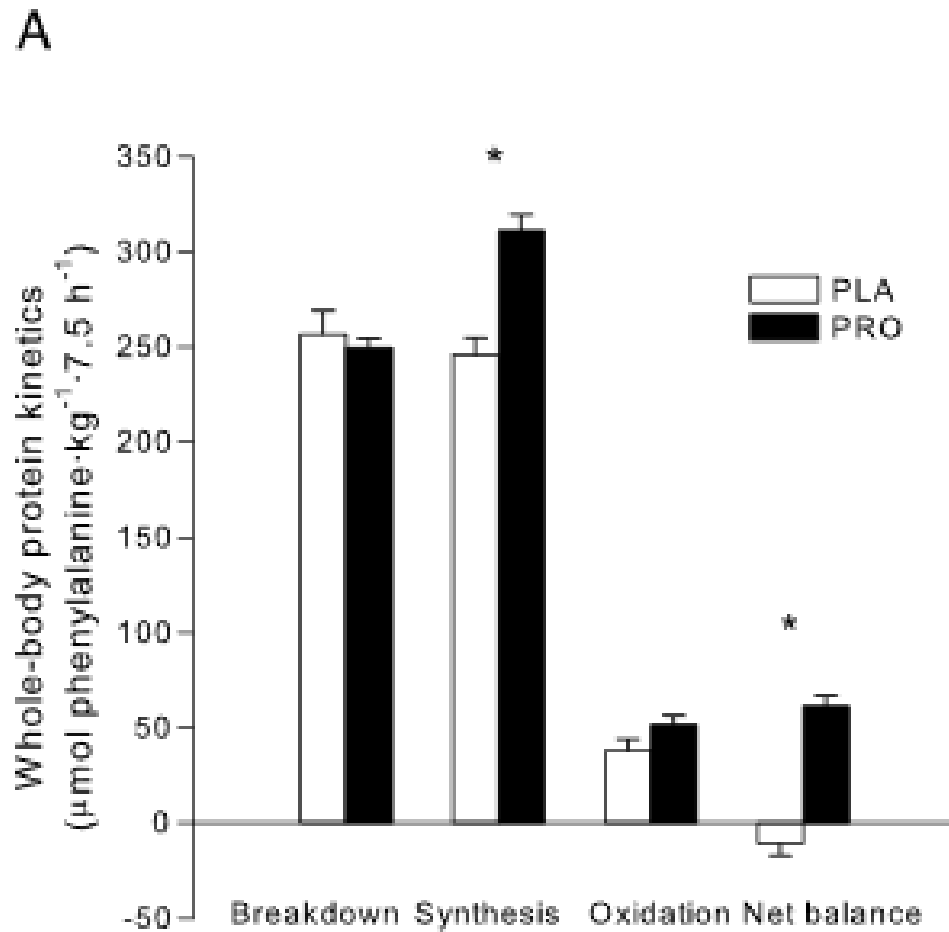
**Na základě těchto poznatků pro příjem proteinů můžeme soudit, že maximální množství bílkovin v jednom **smíšeném jídle** využitelných pro MPS může být položeno do rozmezí **0,4–0,55 g/kg TH****

**Vyšší dávky proteinů (70 g a více) nejsou nutné, nicméně mohou pozitivně ovlivňovat celkovou bilanci bílkovin na úrovni celého těla**



# Příjem kaseinu (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 40 g** or **PLACEBO.**“



Doporučení: **ISSN (2017)**

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

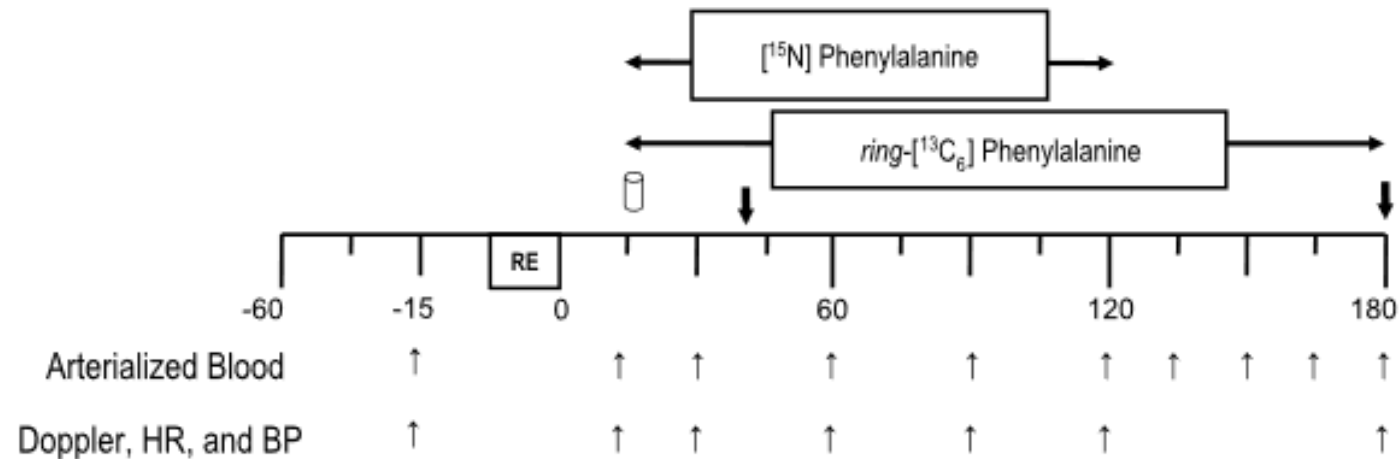
# Jsou sacharidy bezprostředně po tréninku společně s proteinem nutností?

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

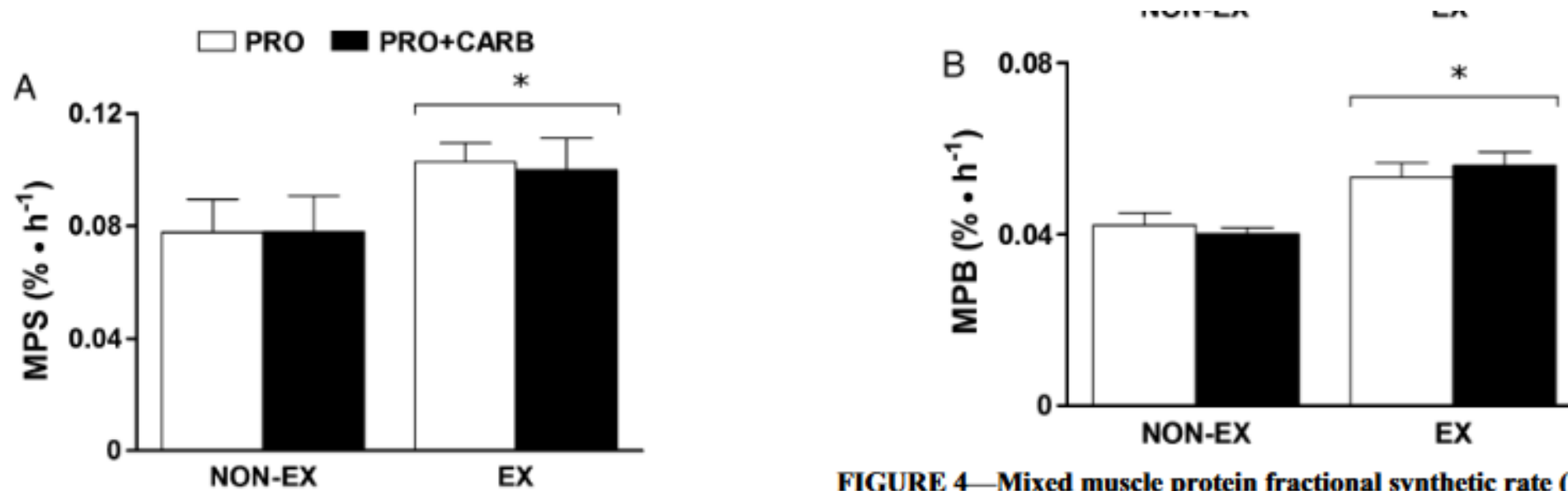
🗂 25 g Whey Protein (PRO) or 25 g Whey Protein + 50 g Maltodextrin (PRO+CHO)

↓ Muscle Biopsy (Both Legs)

↑ Blood Sample, Blood Flow Measure (Both Legs)



# 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**

# 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 doporučovaném 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)
- **Pokrytí nároků na zvýšenou proteosyntézu po silovém tréninku** („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, pozitivní změny v tělesném složení**



# 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].
- Slater, G., & Phillips, S. M. (2011). **Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Sciences***, 29(sup1), S67–S77. doi:10.1080/02640414.2011.574722
- Stokes T, Hector AJ, Morton RW, McGlory C, Phillips SM. **Recent Perspectives Regarding the Role of Dietary Protein for the Promotion of Muscle Hypertrophy with Resistance Exercise Training. *Nutrients***. 2018;10(2):180. Published 2018 Feb 7. doi:10.3390/nu10020180
- **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.
- Atherton (2010) Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mTORC1 signaling
- Bohé (2001) Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids