

# Bílkoviny

-

# Proteiny

a jejich role ve  
sportu



# Bílkoviny - Proteiny úvod



Materiál pro výstavbu a údržbu tkání:



Trávicí šťávy, hormony, enzymy, krevní elementy a obranné látky.



Příčně pruhovaná svalovina.



Srdeční svalovina.



Hladká svalovina.

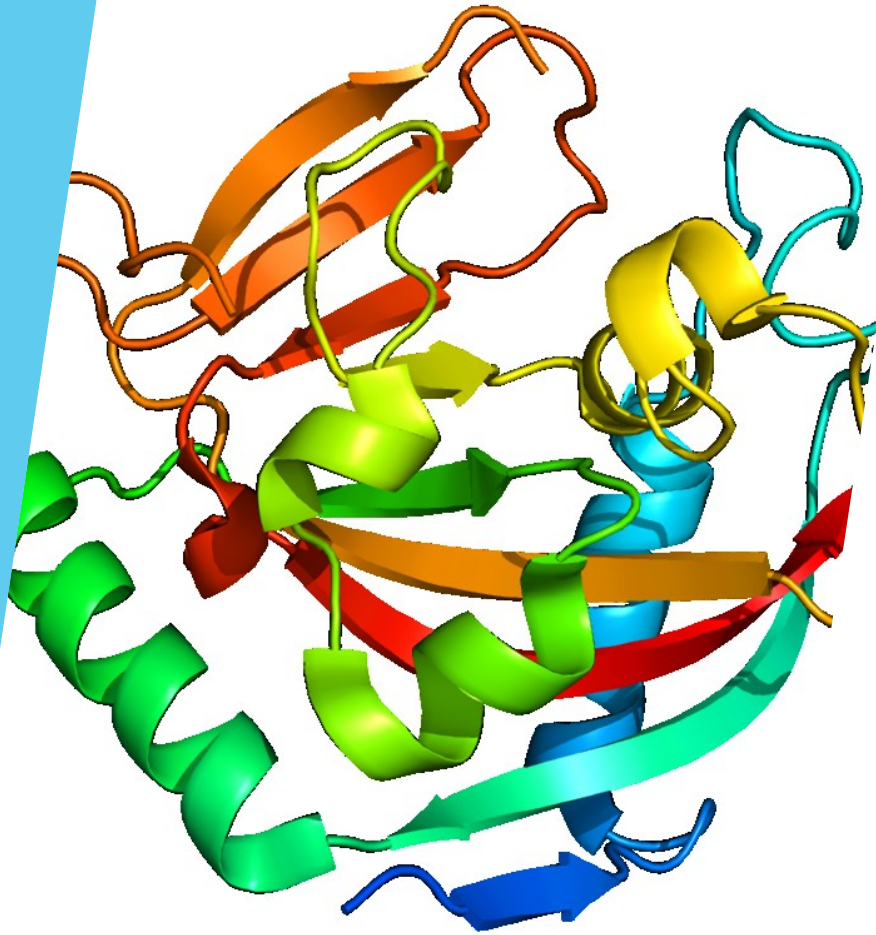


Pojivová tkáň - kosti, vazy, chrupavky.



Dělení proteinů na dalším listu.

# Základní dělení bílkovin



## Proteiny

Živočišné  
*Plnohodnotné*

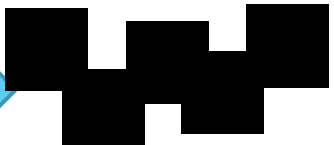
Rostlinné  
*Nepлноhodnotné*

- ▶ Proteiny jsou tzv. **biopolymery** poměrně komplikované svou strukturou.
- ▶ Jejich struktura je tvořena složitými řetězci **aminokyselin**, které tvoří jednotlivé „stavební kameny“ spojené peptidovou vazbou (podobně jako je tomu u polysacharidů - řetězce monosacharidů vzájemně spojených glykosidickou vazbou).

## Dělení bílkovin, metabolismus, aminokyseliny a jejich význam.



# Aminokyseliny (AMK)

- ▶ V lidském těle má většina metabolických drah podobu kruhu, a proto podobně jako u sacharidů je i u bílkovin **potřeba nejdříve složitější sloučeniny rozštěpit na menší**, které mohou přestoupit přes střevní stěnu do krve a následně být využitelné pro organismus.
- ▶ Bílkoviny → Oligopeptidy → Peptidy → Aminokyseliny → 
- ▶ Celkem existuje **20 tzv. biogenních** nebo jinak také proteinogenních AMK, které mají význam v procesu tvorby lidských proteinů či peptidů.
- ▶ **AMK nemají zásobní formu** tak jako sacharidy (glykogen) či tuky (tuková tkáň). AMK, které získáme potravou nějaký čas kolují v naší krvi („*aminokyselinový pool*“) a pokud jich není třeba, pak vstupují do energetického metabolismu a močovinového cyklu.
- ▶ Krátkodobě jsme schopni odbourávat vlastní bílkoviny (nejčastěji svaly) pro získání AMK k výrobě bílkovin potřebných pro život (enzymy, hormony atp.). Například budeme-li vystaveni nedostatku bílkovin ve stravě či hladovění.



# Aminokyseliny (AMK)

- ▶ AMK dělíme podle schopnosti organismu je vyrobit či nikoli:



# Esenciální aminokyseliny

- ▶ Fenylalanin
- ▶ Histidin
- ▶ **Izoleucin**
- ▶ **Leucin**
- ▶ Lysin
- ▶ Methionin
- ▶ Threonin
- ▶ Tryptofan
- ▶ **Valin**

## Živočišné bílkoviny *Plnohodnotné*

*Živočišné B jsou označovány jako plnohodnotné, protože mají kompletní zastoupení esenciálních AMK. Živočišné zdroje jsou tak z pohledu příjmu AMK a jejich vyváženého zastoupení výhodnější než rostlinné zdroje.*

BCAA

*Branched chained amino acids*

*Větvené aminokyseliny nebo jinak také aminokyseliny s rozvětveným řetězcem, které jsou důležité v procesu tvorby svalových bílkovin.*

# Semiesenciální a neesenciální aminokyseliny

## ▶ Semiesenciální:

- ▶ Arginin
- ▶ Cystein
- ▶ Glutamin
- ▶ Glycin
- ▶ Prolin
- ▶ Tyrosin

## ▶ Neesenciální:

- ▶ Alanin
- ▶ Asparagin
- ▶ Kyselina asparagová
- ▶ Kyselina glutamová
- ▶ Serin

## Syntéza AMK

*Pokud jsme zdraví a netrpíme zrovna malnutricí (nedostatečnou výživou), pak je lidské tělo schopno si jednotlivé semiesenciální a neesenciální AMK vyrobit z esenciálních AMK (syntetizovat).*



# Glukogenní a ketogenní AMK

## ▶ Glukogenní:

- ▶ **Histidin**
- ▶ **Methionin**
- ▶ **Valin**
- ▶ Alanin
- ▶ Arginin
- ▶ Asparagin
- ▶ Kyselina asparagová
- ▶ Cystein
- ▶ Kyselina glutamová
- ▶ Glutamin
- ▶ Glycin
- ▶ Prolin
- ▶ Serin

## ▶ Ketogenní:

- ▶ **Leucin**
- ▶ **Lysin**

## ▶ Gluko- i ketogenní:

- ▶ **Isoleucin**
- ▶ **Fenylalanin**
- ▶ **Threonin**
- ▶ **Tryptofan**
- ▶ **Tyrosin**

## Glukoneogeneze

Glukogenní AMK jsou AMK, které mohou být procesem glukoneogeneze přeměněny na glukózu.

Produkce glukózy z glukogenních AMK zahrnuje přeměnu těchto AMK na oxokyseliny a následně na glukózu. Oba tyto děje se odehrávají v játrech. Tento mechanismus se uplatňuje především při nedostatečném příjmu potravy, dlouhotrvajícím hladovění či nadměrné pohybové aktivitě.

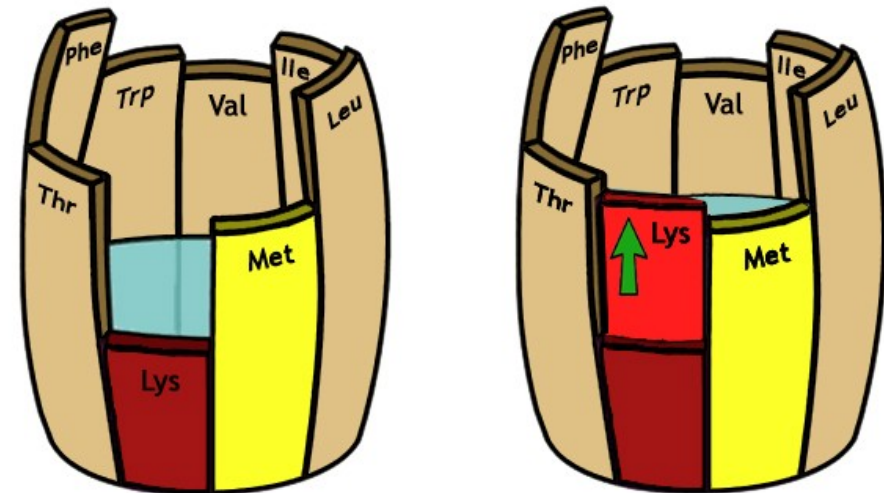
Ketogenní AMK jsou naopak odbourávány na ketolátky. Opět výhradně v játrech a využívány jsou následně extrahepatálními tkáněmi jako dočasný zdroj energie. Primárně směřují do mozku, který sám nedokáže získat energii z katabolismu mastných kyselin a jehož jedinou živinou je glukóza popř. právě ketolátky

# Limitní aminokyselina

*Esenciální AMK limitující  
využitelnost ostatních  
esenciálních AMK v bílkovině*

- ▶ *Esenciální aminokyselina, která se nejvíce vzdaluje referenčním hodnotám pro spektrum esenciálních AMK.*
- ▶ *Její obsah v bílkovině je nedostatečný, respektive limitní.*
- ▶ *Snižuje se využitelnost ostatních **esenciálních** AMK.*

## Limiting Amino Acid



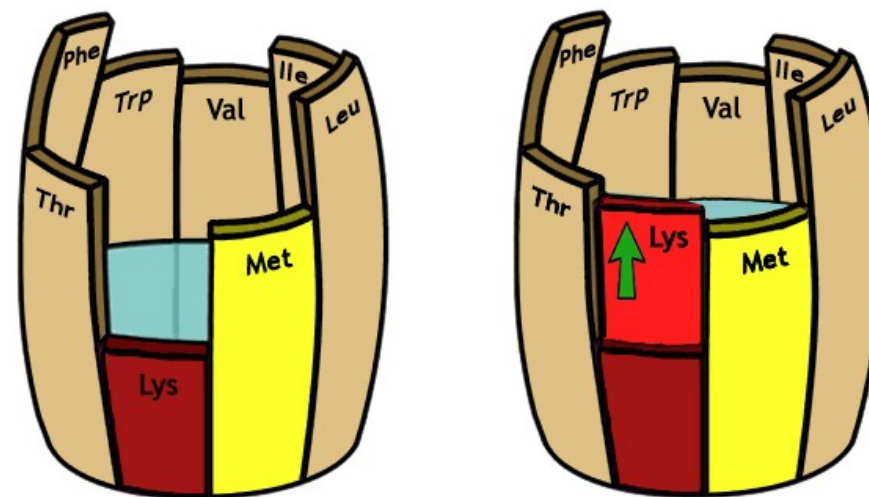
©Nutrientsreview.com

# Limitní aminokyselina

*Esenciální AMK limitující  
využitelnost ostatních  
esenciálních AMK v bílkovině*

- ▶ Situace 1 je grafickým znázorněním neplnohodnotné bílkoviny - aminokyselinové spektrum 9 esenciálních AMK se vzdaluje referenčním hodnotám pro plnohodnotné AMK spektrum. V tomto případě AMK Lysin bude omezovat využitelnost ostatních AMK a výsledných bílkovin bude vyrobeno menší množství.
- ▶ Situace 2 je grafickým znázorněním bílkoviny, která by byla plnohodnotná, pokud by obsahovala adekvátní množství esenciální AMK Lysinu.

## Limiting Amino Acid

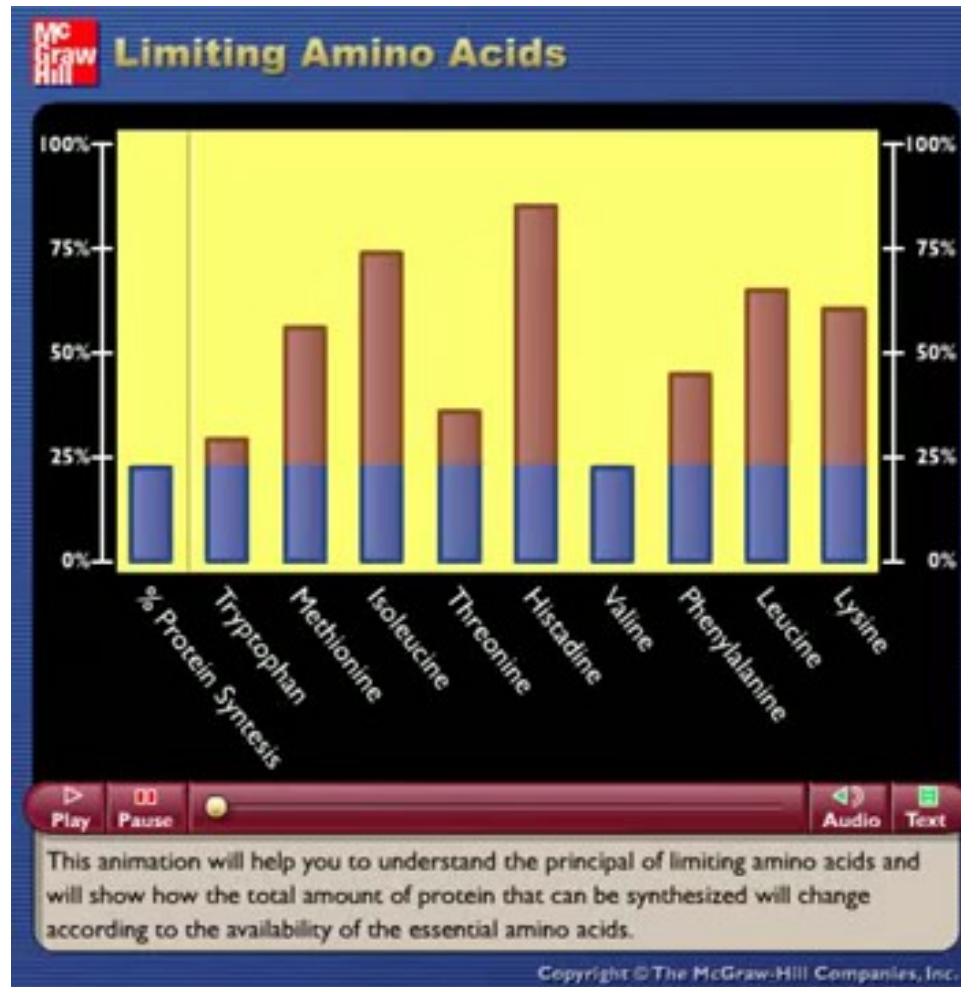


©Nutrientsreview.com

1

2

## Grafické znázornění limitní AMK



Aminokyselina:	g / 100 g bílkoviny
Histidin	1,5
Isoleucin	3
Leucin	5,9
Lysin	4,5
Methionin + Cystein	2,2
Fenylalanin + Tyrosin	3,8
Threonin	2,3
Tryptofan	0,6
Valin	3,9

Referenční bílkovina dle WHO/FAO/UNU z roku  
2007

## Referenční aminokyselinové skóre (AAS) *AAS z angl. zkratky amino acid score*

- ▶ Využitelnost bílkovin se vyjadřuje pomocí AAS srovnáním s referenční bílkovinou.
- ▶ AAS = 100 ... ideální zastoupení AMK
  - ▶ Pšenice = 44
  - ▶ Rýže = 57
  - ▶ Kukuřice = 41
  - ▶ Sója = 47
  - ▶ Čočka = 31
  - ▶ Hrách = 37
  - ▶ Hovězí maso = 94
  - ▶ Vejce = 119

# Referenční aminokyselinové skóre

## AAS z angl. zkratky amino acid score

- ▶ Rubnerův zákon - výpočet AAS.
- ▶  $\uparrow \text{AAS} = \uparrow \text{poměr AMK}_{\text{limit}} \text{ vůči referenční bílkovině.}$
- ▶ AAS limitní AMK blíží se 100 zvyšuje využitelnost B.

### Návod na výpočet kvality proteinů?

1. Podmínkou je, aby produkt měl ve svém složení zveřejněné aminokyselinové spektrum bílkoviny. Pokud ho výrobce neudává, bude lepší se poohlédnout po jiném produktu. Nechcete přece kupovat zajíce v pytli :)
2. Porovnáme množství aminokyseliny v gramech na 100 g čisté bílkoviny vybraného produktu v poměru k množství aminokyseliny v gramech na 100 g bílkoviny v referenční bílkovině dle následujícího vzorce:

$$\mathbf{A / B \times 100 = C}$$

3. Tímto způsobem vypočítáme aminokyselinové skóre všech aminokyselin, které uvádí WHO / FAO.
4. Aminokyselina, která dosáhla nejnižšího aminokyselinového skóre je poté dle **Rubnerova zákona** označena za limitní aminokyselinu.
5. Výsledné aminokyselinové (chemické) skóre produktu je poté stejné jako aminokyselinové skóre limitní aminokyseliny. Čím je aminokyselinové skóre produktu vyšší, tím je vyšší poměr limitní aminokyseliny vůči referenční bílkovině a produkt je hodnotnější oproti produktu s nižším aminokyselinovým skóre. Vybírejte vždy produkty s nejvyšším AAS. Například proteinový koncentrát **Inkospor X-treme Muscle 85** má hodnotu AAS 174, což znamená, že tento produkt obsahuje o 74 % více limitní aminokyseliny než ideální protein. Takového proteinu tedy stačí užívat poměrně menší množství než produktu s AAS s hodnotou 100.

Aminokyselina:	g / 100 g bílkoviny
Histidin	1,5
Isoleucin	3
Leucin	5,9
Lysin	4,5
Methionin + Cystein	2,2
Fenylalanin + Tyrosin	3,8
Threonin	2,3
Tryptofan	0,6
Valin	3,9

*Referenční bílkovina dle WHO/FAO/UNU z roku 2007*

## Příklad

- ▶ Lysin je typickou limitní AMK pro obilniny (například bílkovina nacházející se v pšenici).
- ▶ Řekněme, že obsah Lysinu v pšenici je cca 2,5 g/100 g bílkoviny (o 2 g méně než se udává v referenční bílkovině).
- ▶ AAS pro Lysin je 55.
- ▶ Zjednodušeně se tedy dá říci, že využitelnost ostatních esenciálních AMK v pšenici je nižší o 45 %.

# Obsah bílkovin v potravinách

- ▶ Přestože jsou některé rostlinné proteiny co do obsahu vynikajícím zdrojem bílkovin, vždy je potřeba mít na paměti, že rostlinné bílkoviny jsou omezeny limitní AMK.
- ▶ Tuto skutečnost je možné potlačit kombinací jednotlivých zdrojů. Například:
  - ▶ Rýže + luštěniny
  - ▶ Kukuřice + luštěniny
  - ▶ Atp.

Tab. 13. *Bílkoviny ve vybraných potravinách* (Clarková 2001)

	g bílkovin na 100 g	g bílkovin na 1000 kJ potraviny
<b>Živočišné zdroje</b>		
Vaječný bílek	9	60
Vejece	12,5	20
Mléko polotučné	3,3	17
Jogurt	4,1	10
Tvaroh	13,3	40
Treska	18,3	52
Vepřové maso	21,1	14
Hovězí maso	22,4	14
Kuřecí maso	24,8	35
Tuňák	27,1	32
<b>Rostlinné zdroje</b>		
Madle sušené	21,1	9
Vlašské ořechy	14,7	5
Fazole	8,8	17
Čočka	8,8	18



# Příjem bílkovin

Doporučení pro příjem bílkovin během jednoho dne, ve vztahu k pohybové aktivitě

- ▶ Bílkoviny by měly tvořit 12-15 % z celkového E příjmu.
- ▶ Doporučené množství bílkovin je minimálně 0,8 g/kg TH a maximálně 1,5 g/kg (u sportovců a zejména těch silově orientovaných až 2 g/kg TH).
- ▶ Potřeba bílkovin roste u:
  - ▶ Vytrvalostních sportovců a osob s velkou fyzickou zátěží
  - ▶ Osob, které mají snížený příjem E
  - ▶ Sportovců v období růstu
  - ▶ Osob, které se cvičením začínají
  - ▶ Silových sportovců

# Úloha bílkovin ve sportu



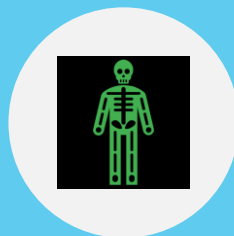
CHRÁNIT KVALITU  
STÁVAJÍCÍ SVALOVÉ  
HMOTY.



DOPLŇKOVÝ ZDROJ  
ENERGIE.



URYCHLIT OBNOVU  
SVALOVÉ HMOTY.



ZAJISTIT UDRŽENÍ  
OSTATNÍCH ŽIVOTNÍCH  
FUNKCÍ -  
ENZYMATICKÁ A  
HORMONÁLNÍ  
ROVNOVÁHA.



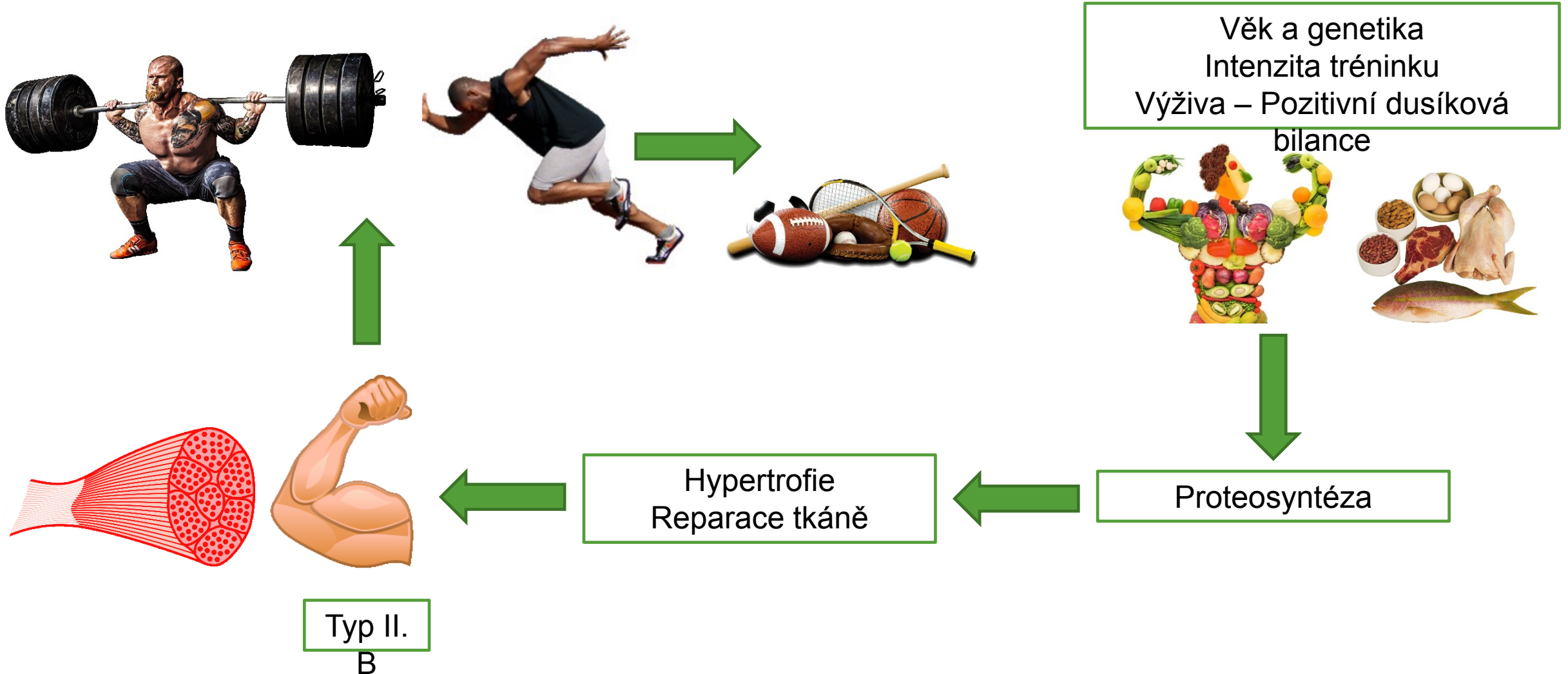
UMOŽNIT PLNÉ  
VYUŽITÍ ZÍSKANÝCH  
SILOVÝCH  
SCHOPNOSTÍ.



VÝZNAM BÍLKOVIN VE  
SPORTOVNÍ VÝŽIVĚ A  
SVALOVÉM RŮSTU

# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

PROTEOSYNTÉZA, HYPERTROFIE A LIMITUJÍCÍ FAKTORY



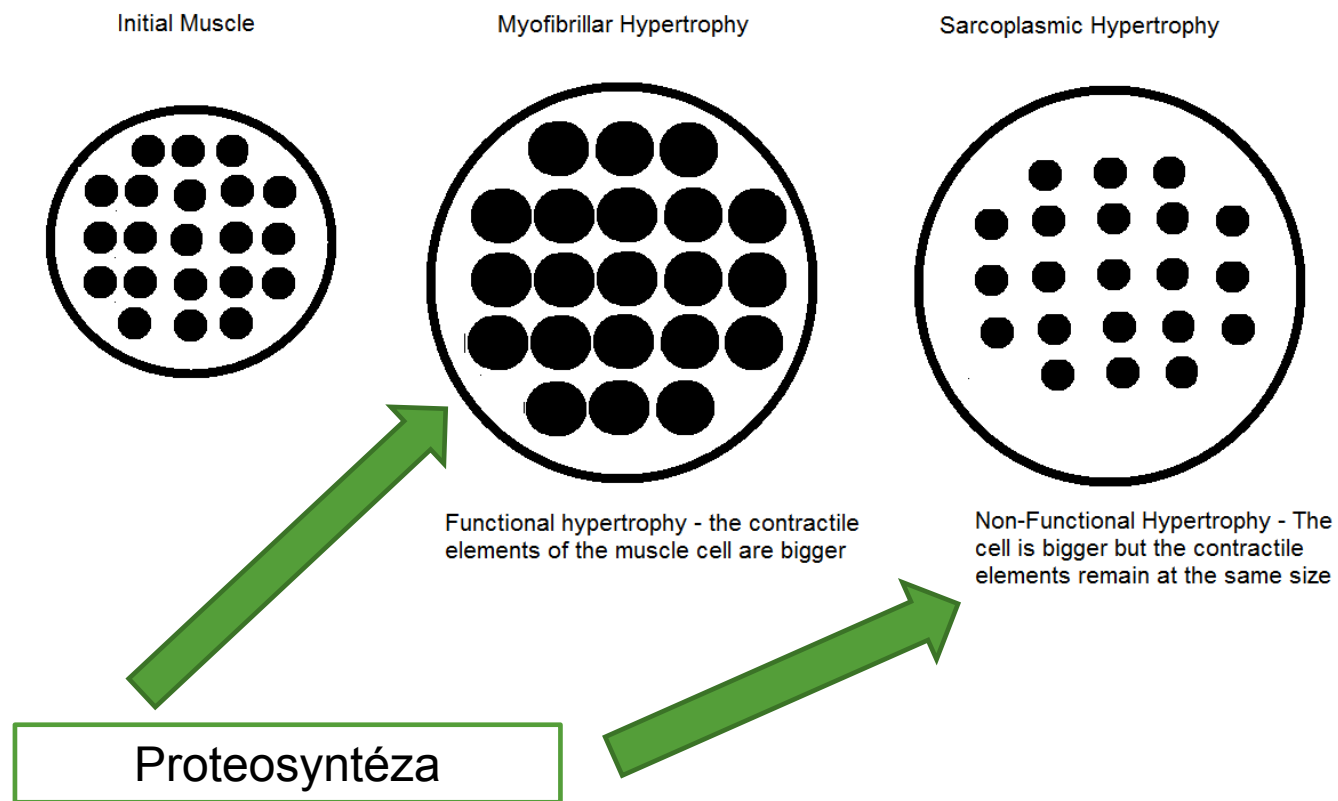
# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## HYPERTROFIE

- Hypertrofie = **zvětšení příčného průřezu svalového vlákna**.
- Přirozený fyziologický proces doprovázený změnami jak na buněčné, tak i mimobuněčné úrovni.
- Dochází ke zvětšení objemu **sarkoplasmy**, novotvorbě nebo zvětšení objemu kontraktilních proteinů aktinu a myosinu - **myofibril**, či v neposlední řadě syntézu nekontraktilních pojivových tkání.
- **Sarkoplazmatická X Myofibrilární hypertrofie (I)**.



# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ HYPERTROFIE



# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## PROTEOSYNTÉZA

- Proces novotvorby bílkovin. Opakem je proteolýza (hladovění, nedostatečný E příjem, vysoká zátěž,...)
- **Stimulace odporovým tréninkem a výživou.**

Čas po odporovém tréninku	MPS	MPB
3 h	↑ 112 %	↑ 31 %
24 h	↑ 65 %	↑ 19 %
48 h	↑ 34 %	↔

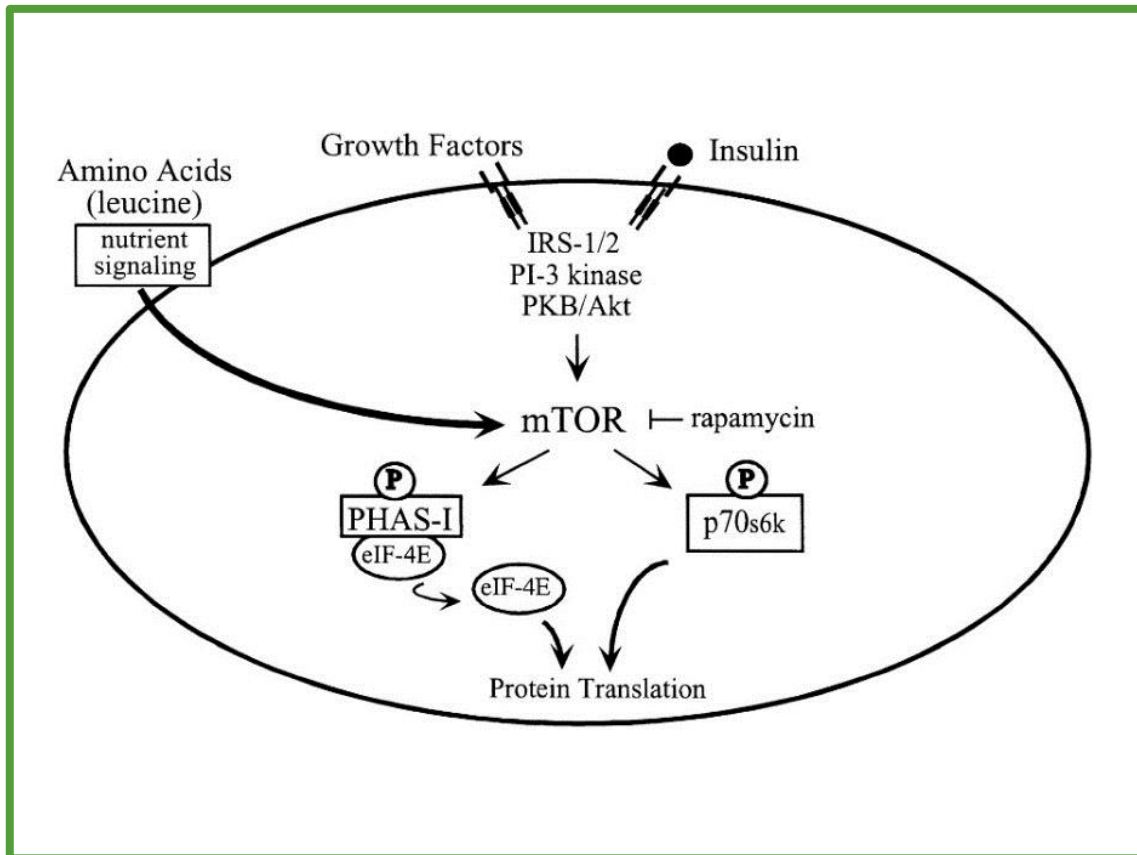
Proteosyntéza (MPS) - Proteolýza (MPB) = Proteinová bilance

- Syntéza svalových bílkovin přetrvává až 2 dny po cvičení (I).
- Dostatečná konzumace bílkovin po zátěži je tedy nezbytná při dosahování kladných hodnot čisté proteinové bilance svalových bílkovin – tzv. **pozitivní dusíková bilance (anabolismus)**.
- K dosažení čisté proteinové bilance musí také proteosyntéza převažovat nad proteolýzou – **periodizace a adekvátní intenzita**.



# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## PROTEOSYNTÉZA



- Ke stimulaci proteosyntézy je zapotřebí **inzulinu**.
  - DM I. typu!
- Příjem sacharidů přispívá k pozitivní proteinové bilanci prostřednictvím redukce míry **proteolýzy – protein šetřící potenciál**.
- Za nejdůležitější aminokyselinu se v oblasti ovlivnění míry syntézy považuje **leucin**. O leucinu se diskutuje jako o kritickém činiteli ovlivňující translační pochody proteosyntézy (I).
  - Součást BCAA



# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## VÝZNAM PŘÍJMU BÍLKOVIN V PROCESU PROTEOSYNTÉZY

- Živočišné bílkoviny jsou pro **maximální stimulaci syntézy** přirozeně vhodnější než bílkoviny rostlinné.
- Rostlinné bílkoviny efektivně zvýší hladinu syntézy až při velmi vysokém dávkování, respektive při exogenním doplnění leucinu.
- Pro efektivní stimulaci proteosyntézy je **rapidní nárůst aminoacidémie** klíčovým prvkem – je proto vhodné volit rychle stravitelné formy bílkovin (1).
- Vícesložkové proteinové doplňky jsou pro stimulaci MPS zřejmě vhodnou alternativou k monokomponentním zdrojům bílkovin.

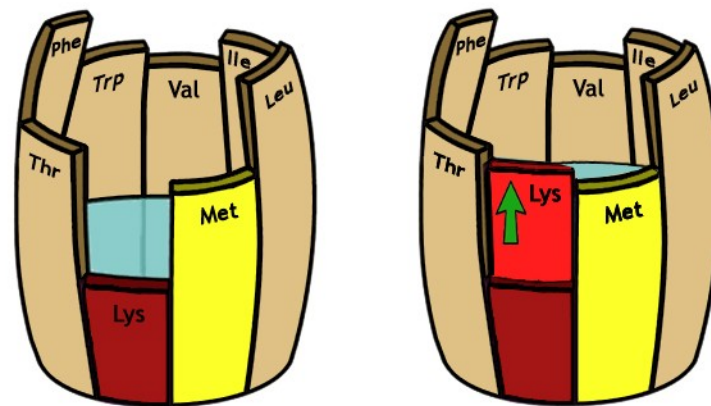


# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## VÝZNAM PŘÍJMU BÍLKOVIN V PROCESU PROTEOSYNTÉZY

- Rostlinné bílkoviny mají v kontrastu k živočišným zdrojům **limitní obsah určité esenciální aminokyseliny**. Tato skutečnost se stává limitním faktorem pro jejich schopnost akutně stimulovat syntézu (I).

### Limiting Amino Acid



©Nutrientsreview.com

Zdroj:

<http://www.nutrientsreview.com/limiting-amino-acid>

# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## OPTIMÁLNÍ MNOŽSTVÍ BÍLKOVIN PO VÝKONU

- Věk, přítomnost odporového tréninku a kvalita zdroje bílkovin tvoří tři hlavní faktory determinující optimální množství.
- Při podání směsi krystalických EAK je 10 g dostatečné množství jak pro mladé, tak i starší jedince (I).
- Z hlediska příjmu kompletní bílkoviny je sledována **optimální stimulace proteosyntézy** u mladších jedinců po podání **20 – 25 g** čisté plnohodnotné bílkoviny, respektive **25 – 40 g** u jedinců staršího věku – pokles aktivity enzymů podílejících se na proteosyntéze (II).
- Starší jedinci vykazují sníženou, ačkoliv odporovým tréninkem ovlivnitelnou citlivost na endogenní působení přijatých bílkovin (aminokyselin).

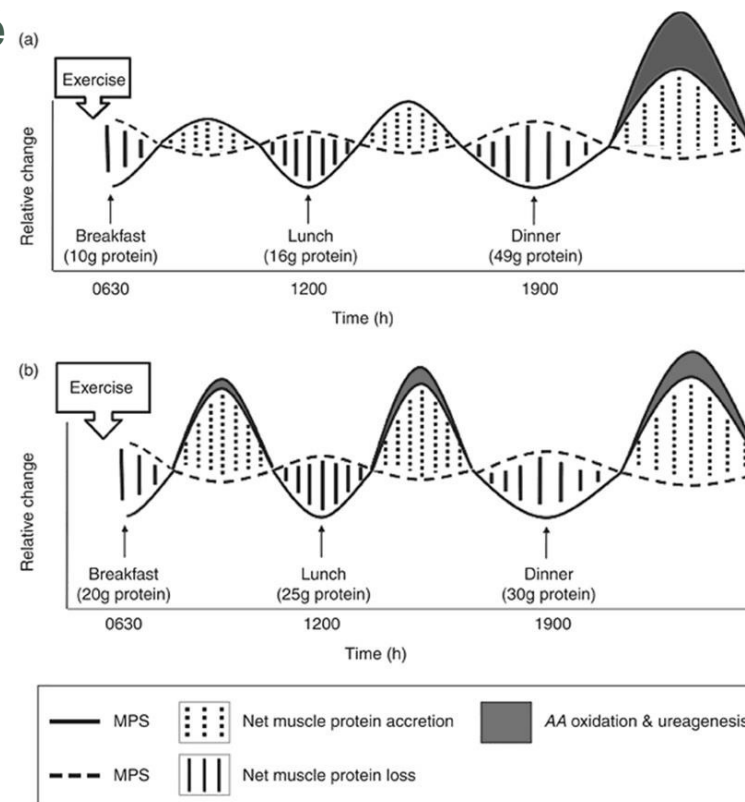
(1) Cuthbertson, D. J., Smith, K., Babraj, J., Leese, G., Waddell, T., Atherton, P., ... Rennie, M. J. (2005). **Anabolic signaling deficits underlie amino acid resistance of wasting, aging muscle.** *FASEB Journal: Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 19(3), 422–424.

(2) Yifan Yang, L. B. (2012a). **Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men.** *The British Journal of Nutrition*, 1–9.

# ROLE BÍLKOVIN VE FYZIOLOGII SVALOVÉ TKÁNĚ

## ZPŮSOB DISTRIBUCE VS. OPTIMÁLNÍ MNOŽSTVÍ BÍLKOVIN

- Tzv. bolusové dávkování (představující konzistentní a pravidelné dodávání bílkovin v optimálním množství) je nejvhodnější způsob distribuce pro dosažení **maximální stimulace proteosyntézy, respektive pozitivní proteinové**



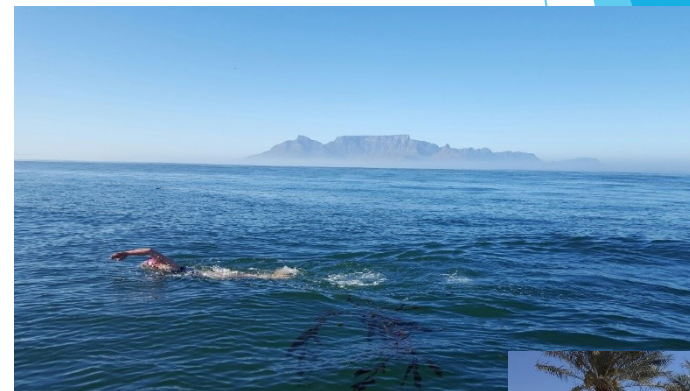
# Aplikace do sportovního prostředí



# Sportovní výživa dle typu zatížení



Silové a rychlostní  
výkony



Vytrvalostní výkony



# Obecná doporučení pro příjem S a B ve vztahu k PA

## Vytrvalostní výkony

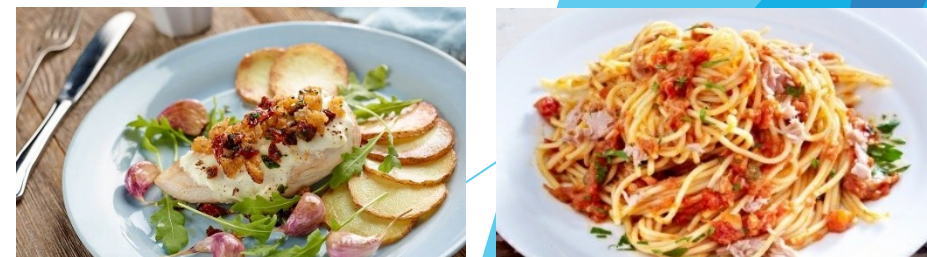
Nebo kombinace 0,8 g S/kg  
+ 0,2-0,4 g B/kg TH

Optimalizace obnovy glykog



1,5 g S/kg TH akutně **nebo** 1,2-1,5 g S/kg TH/hod

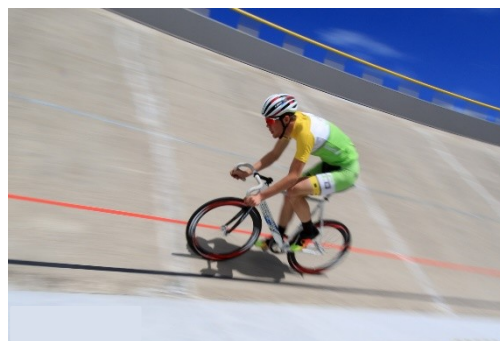
Optimalizace proteosyntézy



0,3-0,4 g B/kg

Fáze časný regenerace

2 hod



Krátkodobá v.



Střednědobá v.



Dlouhodobá v.



~1 g S/kg TH



1 hod



1-4 g S/kg TH  
0,3-0,4 g B/kg TH



4 hod

# Obecná doporučení pro příjem S a B ve vztahu k PA

## Silově-rychlostní výkony

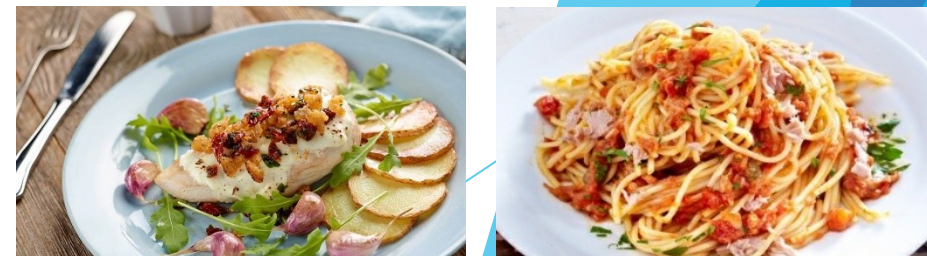
Nebo kombinace 0,8 g S/kg  
+ 0,2-0,4 g B/kg TH

Optimalizace obnovy glykog.



1,5 g S/kg TH akutně **nebo** 1,2-1,5 g S/kg TH/hod

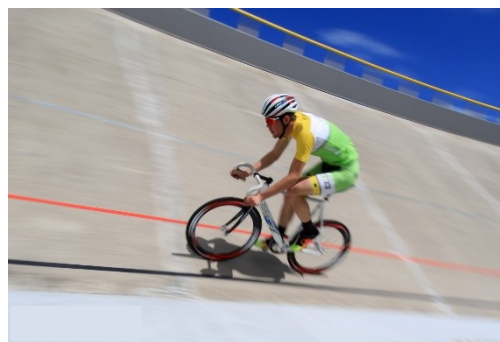
Optimalizace proteosyntézy



0,3-0,4 (0,5) g B/kg TH

Fáze časně regenerace

2 hod



Krátkodobá v.



Střednědobá v.



Dlouhodobá v.



1-2 g S/kg TH  
0,3-0,4 (0,5) g B/kg TH



4 hod



~1 g S/kg TH



1 hod

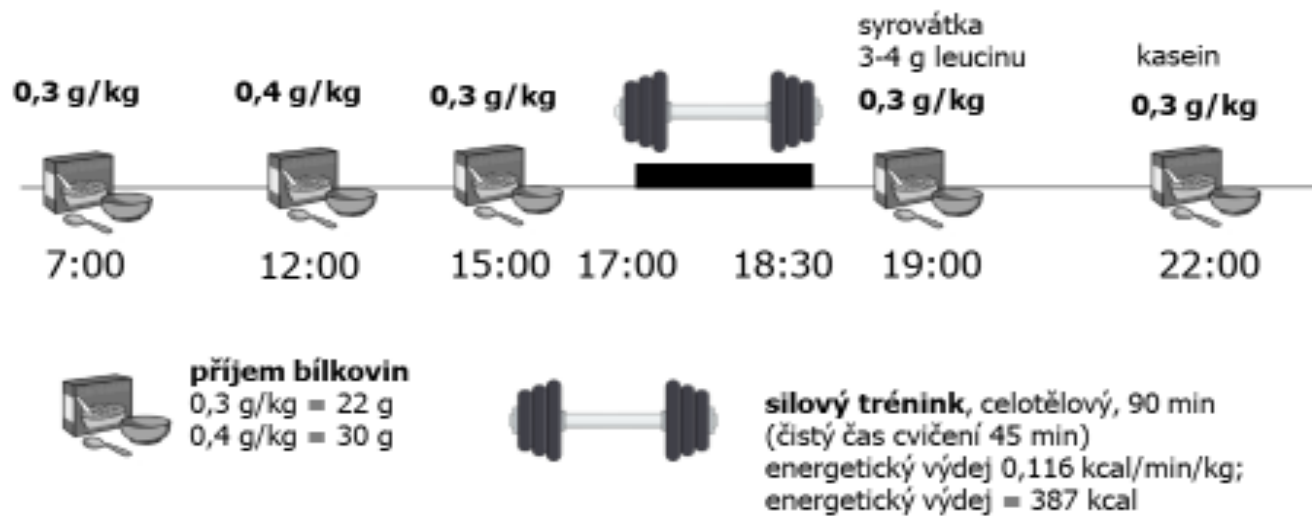




# Obecná doporučení pro příjem S a B ve vztahu k PA

## Vytrvalostní vs silově-rychlostní výkony

- ▶ Příjem bílkovin se pro různé disciplíny liší pouze v jejich celkovém množství za den.
- ▶ Příjem bílkovin by měl být vyvážený v průběhu celého dne do adekvátních porcí (ve vztahu k hmotnosti sportovce).
- ▶ **Pravidelné dávky 0,3-0,4 (0,5) g B čtyřikrát až pětkrát denně jsou naprosto adekvátní pro podporu výkonnosti, regenerace či hypertrofie sportovce vytrvalostního i silově-rychlostního.**
  - ▶ **Optimální celodenní příjem B pro vytrvalostního sportovce činí 1,2-1,4 g B/kg TH:**
    - ▶ 4 porce B v objemu 0,3 g/kg až 5 porcí B v objemu 0,3 g/kg
  - ▶ **Optimální celodenní příjem B pro silově-rychlostního sportovce činí 1,4-1,8 (2) g B/kg TH:**
    - ▶ 5 porcí B v objemu 0,3 g/kg až 5 porcí B v objemu 0,4 g/kg (či 4-5 porcí B v objemu až 0,3-0,5 g/kg)



# Příklad rozložení příjmu bílkovin během jednoho dne