

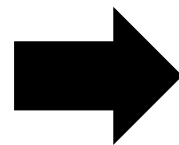
Proteínas e exercício

Prof. Dr. Guilherme G. Artioli

Universidade de São Paulo

Applied Physiology & Nutrition Research Group

Proteínas são macromoléculas formadas por uma cadeia de aminoácidos



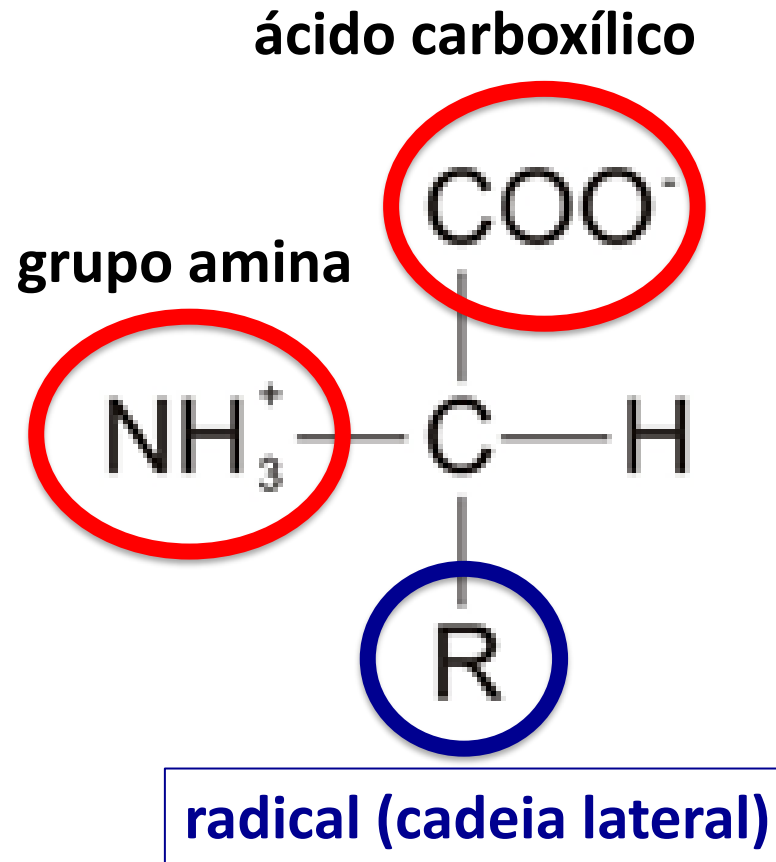
Tertiary structure: one complete protein chain (1st chain of hemoglobin)



Quaternary structure: the four separate chains of hemoglobin assembled

Proteínas são longas cadeias de aminoácidos

estrutura de um aminoácido



Aminoácidos essenciais

histidina
isoleucina
leucina
lisina
metionina
fenilalanina
treonina
triptofano
valina

Aminoácidos não essenciais

alanina
arginina
asparagina
aspartato
cisteína
glutamato
glutamina
prolina
serina
glicina
tirosina

Valor biológico das proteínas (qualidade)

>> Classificação referente à quantidade de nitrogênio retida

>> Depende da:

- quantidade de aminoácidos essenciais
- digestibilidade

PDCAAS

(protein digestibility-corrected amino acid score)

Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Scores (PDCAAS) for Selected Foods

FOOD	PDCAAS
Casein	1.00
Egg white	1.00
Beef	0.92
Pea flour	0.69
Pinto beans, canned	0.57
Kidney beans, canned	0.68
Black beans, autoclaved	0.53
Fava beans, autoclaved	0.47
Lentils, canned	0.52
Chickpeas, canned	0.71
Peas (Century), autoclaved	0.68
Soybean protein concentrate	0.99
Soybean protein isolate	0.92
Pea protein concentrate	0.73
Rapeseed protein concentrate	0.93
Sunflower protein isolate	0.37
Wheat gluten	0.25
Peanut meal	0.52
Whole wheat	0.40
Rolled oats	0.57
Rice-wheat gluten	0.26

— Source: Food and Agriculture Organization. Protein quality evaluation. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/>

Table 1: DIAAS (%) Scores for Various Food Sources

	DIAAS (%)	Quality of Protein	Reference
Whole Milk Powder	143	High	FAO (2013)
Milk protein concentrate	118	High	FAO (2013)
Whole Milk	114	High	Philips (2017)
Egg – hard boiled	113	High	Philips (2017)
Beef	111	High	Ertl et al (2017)
Whey protein isolate	109	High	FAO (2013)
Chicken breast	108	High	Philips (2017)
Soy protein concentrate	98.5	Good	Philips (2017)
Whey protein concentrate	98.3	Good	Philips (2017)
Pea protein	91.5	Good	Philips (2017)
Soy protein	91.5	Good	Philips (2017)
Wheat	91.5	Good	Philips (2017)
Soy protein isolate	90	Good	Philips (2017)
Chickpeas	83	Good	Philips (2017)
Pea protein concentrate	82	Good	Philips (2017)
Mixed diet: Wheat, peas and whole milk powder	82	Good	FAO (2013)
Peas - cooked	58	Low	Philips (2017)
Rice - cooked	59	Low	Philips (2017)
Rye	47.6	Low	Ertl et al (2017)
Barley	47.2	Low	Ertl et al (2017)
Wheat	40.2	Low	Ertl et al (2017)
Almonds	40	Low	Philips (2017)
Rice protein concentrate	37	Low	Philips (2017)
Corn-based cereal	10	Low	Philips (2017)

DIAAS

(digestible indispensable amino acid score)

Funções das proteínas:

- Estrutural (ex.: colágeno e matriz extracelular, citoesqueleto)
- Locomoção (ex.: actina e miosina)
- Metabólica e Energética (ex.: ATPase e outras enzimas)
- Regulatória e sinalizatória (ex.: hormônios, fosforilases)
- Sistema imune (ex.: anticorpos)
- Transporte (ex.: GLUTs, albumina, hemoglobina)
- Substrato energético

Fatos importantes sobre digestão e absorção

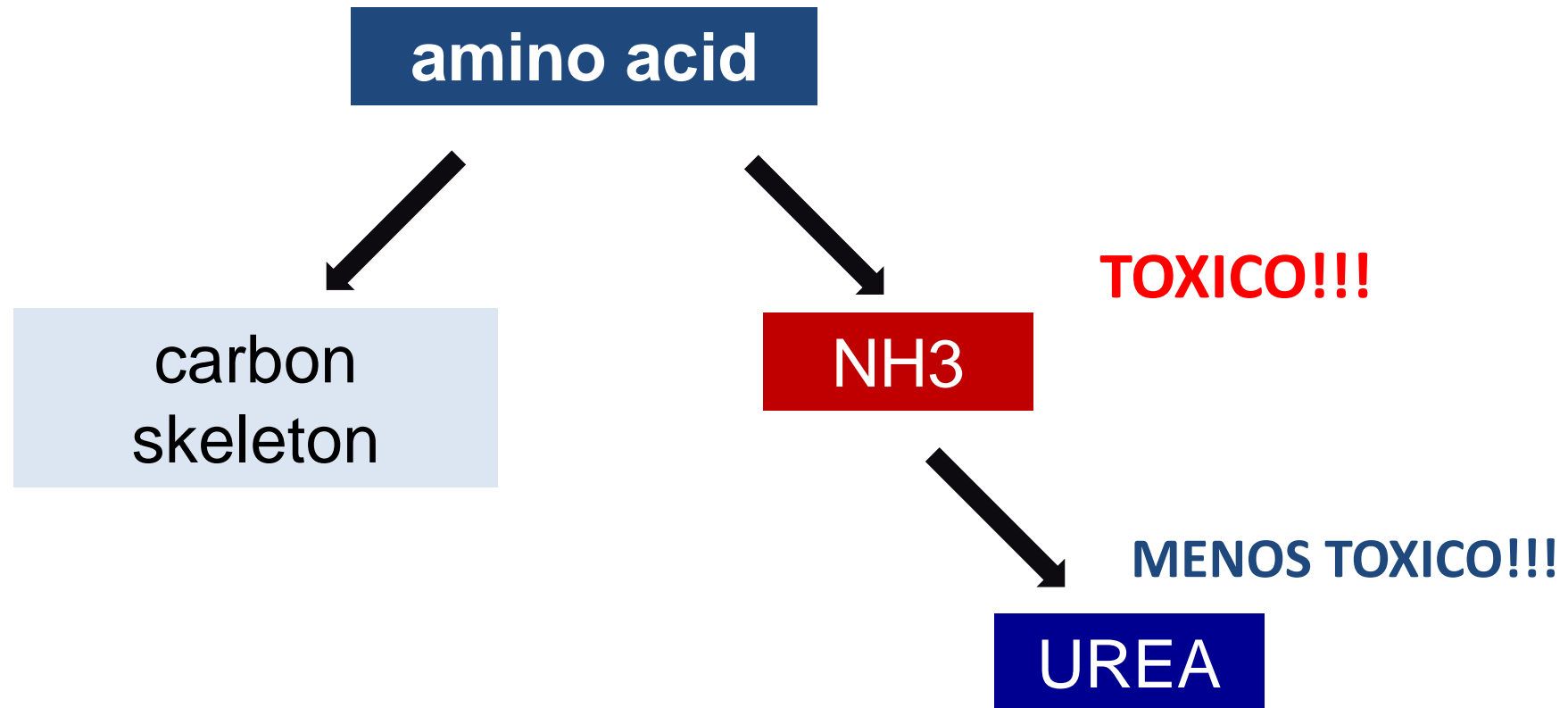
- ✓ a digestão hidrolisa proteínas em seus AAs, dipeptídeos e tripeptídeos



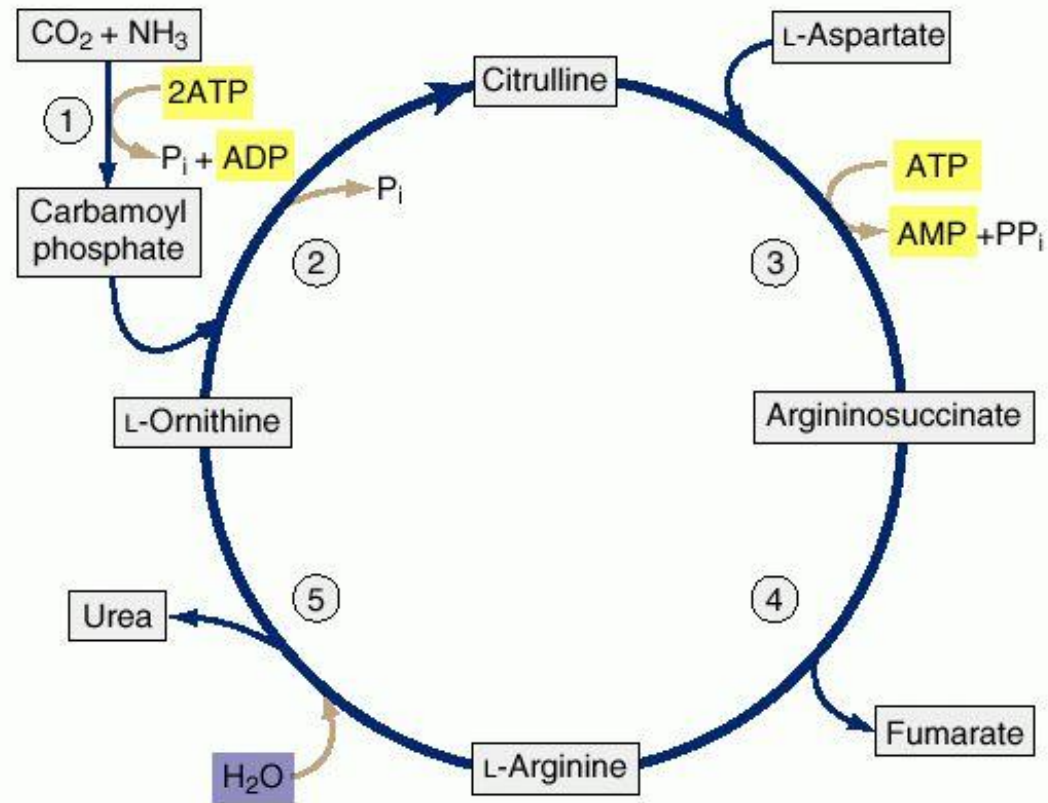
Fatos importantes sobre digestão e absorção

- ✓ a digestão hidrolisa proteínas em seus AAs, dipeptídeos e tripeptídeos
- ✓ AAs livres NÃO são melhor absorvidos: preferência para proteína intacta, hidrolisados ou por comida

A degradação proteica resulta na formação de amônia



Conversão de NH₃ em ureia é feita no ciclo da ureia

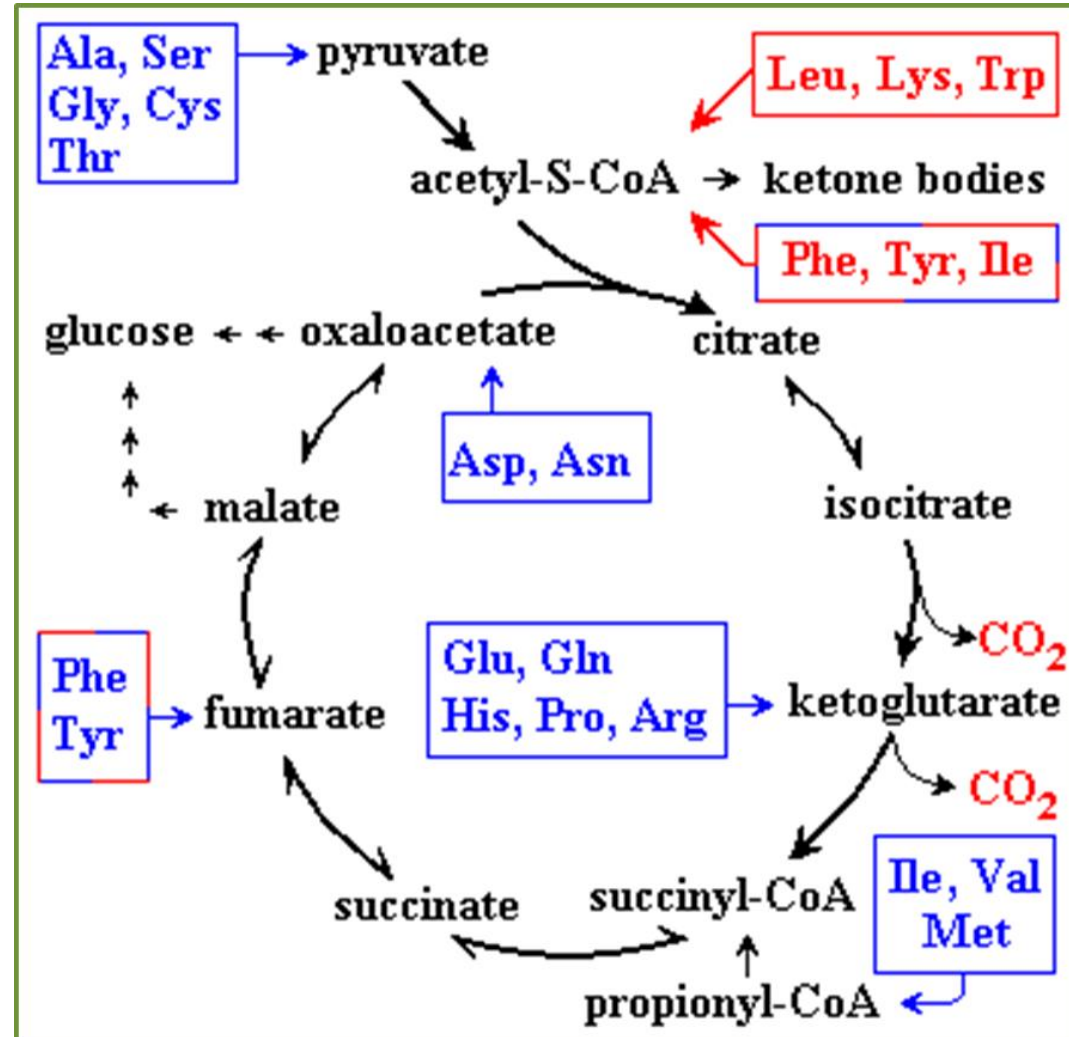


KEY TO ENZYMES (Circled Numbers)

1. Carbamoyl-phosphate synthase (ammonia)
2. Ornithine carbamoyltransferase
3. Argininosuccinate synthase
4. Argininosuccinate lyase
5. Arginase

O esqueleto de carbono de alguns AAs pode ser convertido em glicose

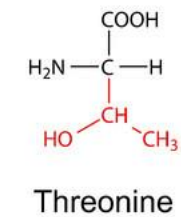
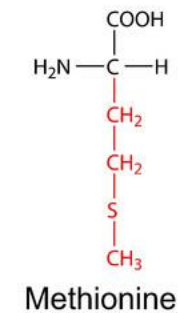
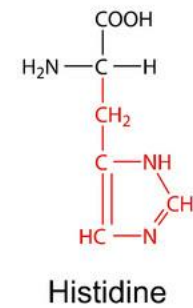
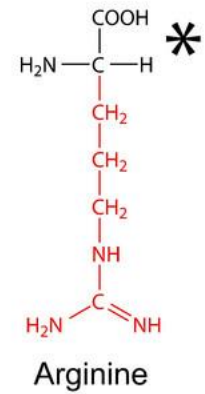
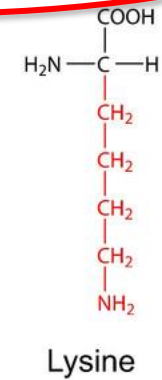
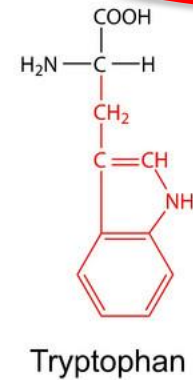
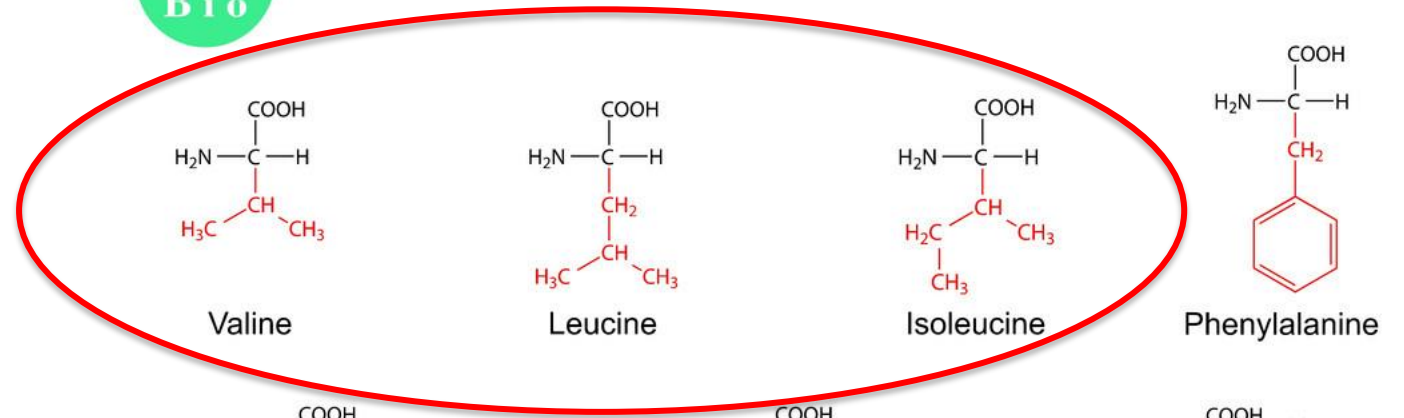
- ✓ proteólise produzirá glicose a partir de AAs

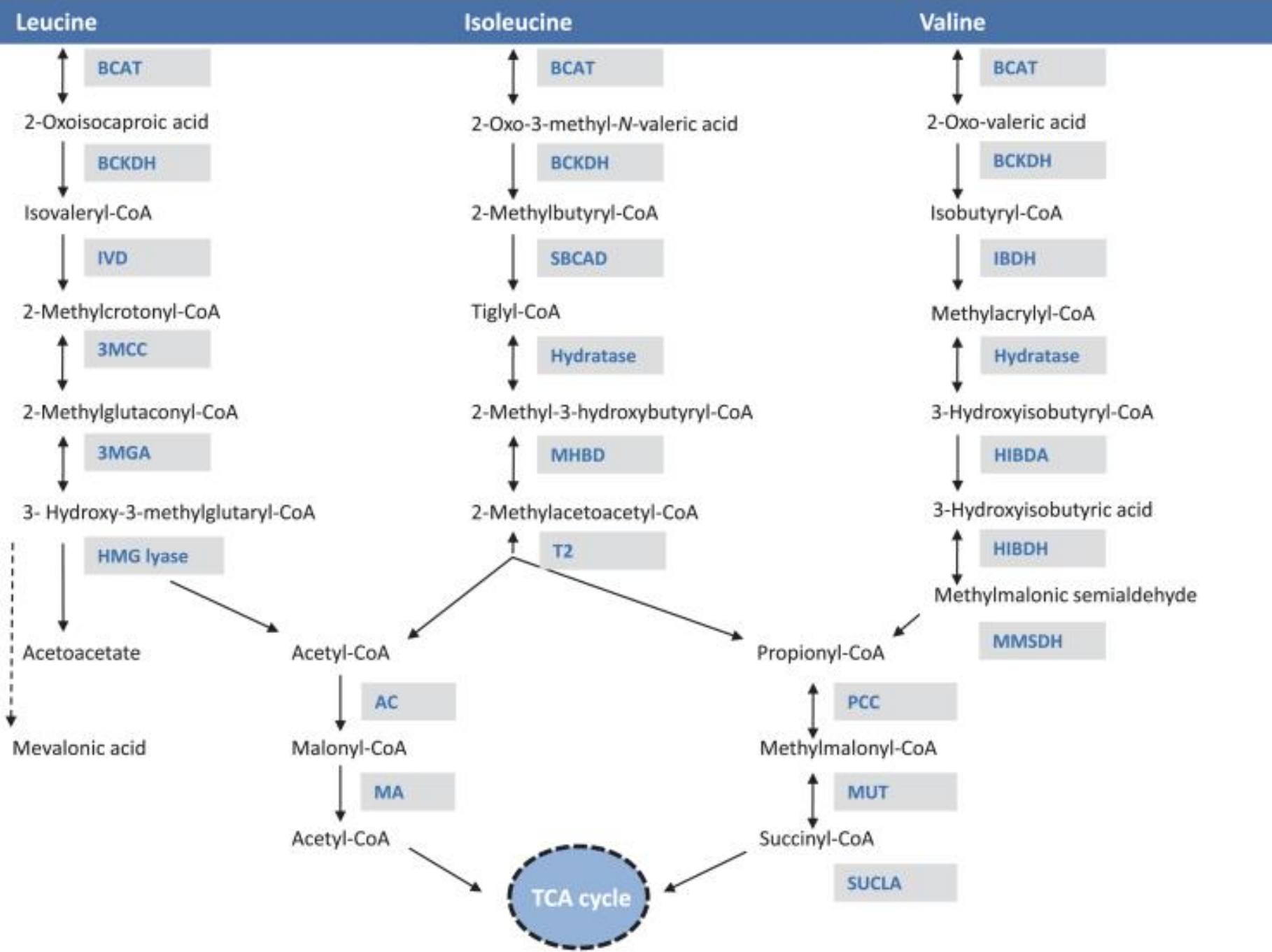


Essential Amino Acids

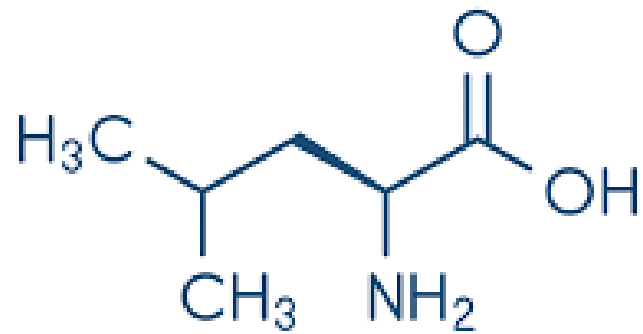


Aminoácidos de cadeia ramificada (BCAAs)





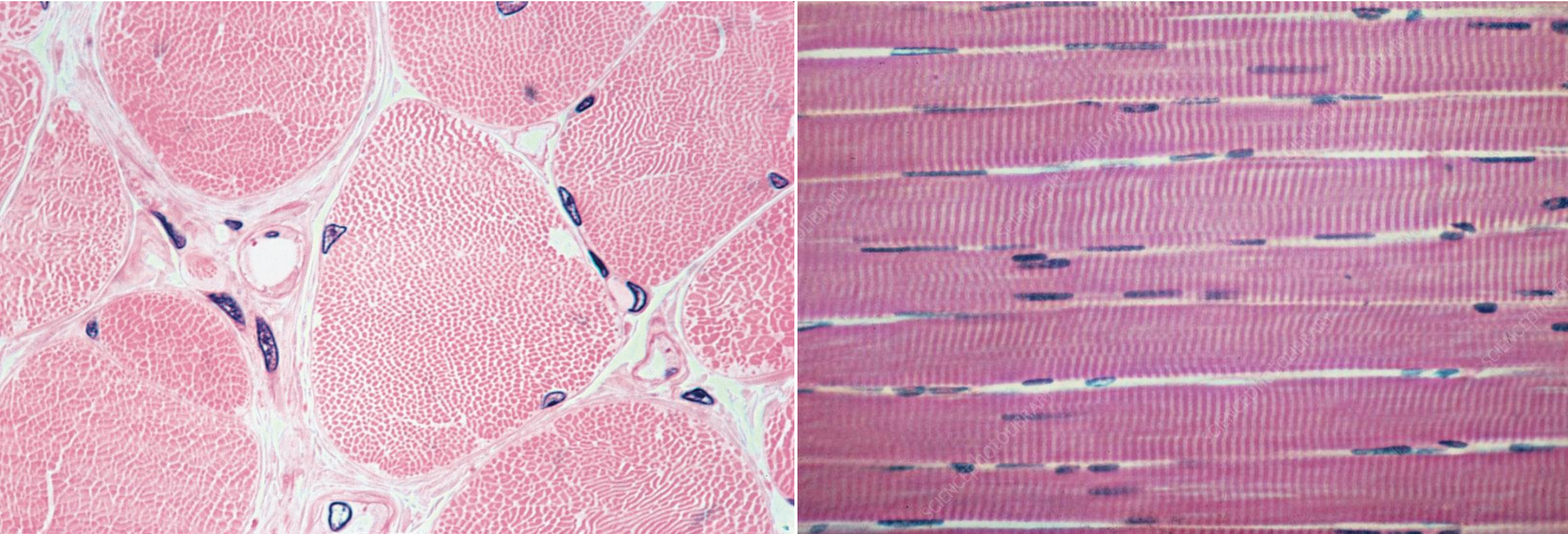
Metabolismo de BCAAs ocorre no músculo, e não no fígado



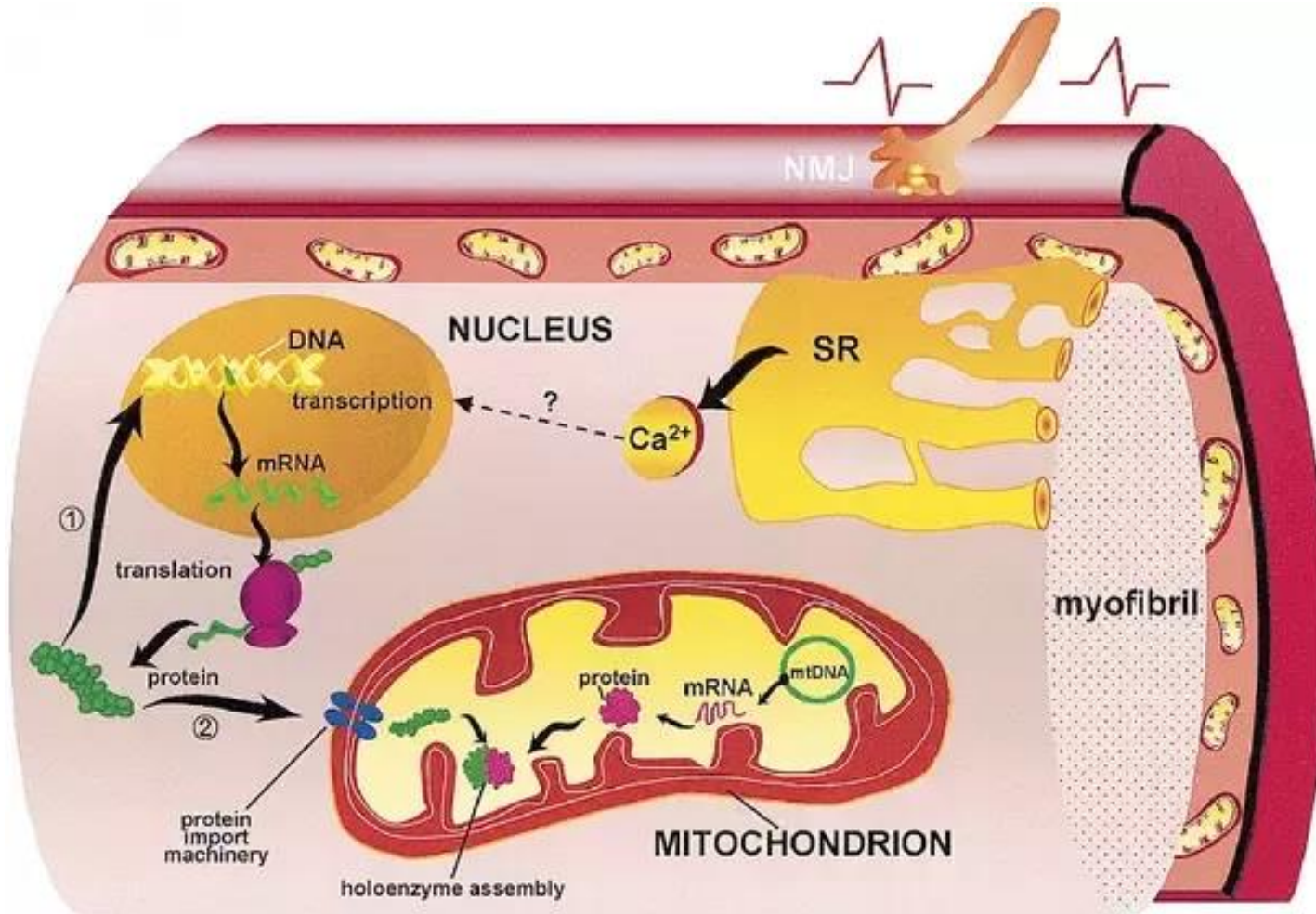
leucine

Papel importante no estímulo da síntese proteica muscular

Relembrando a morfologia do m. esquelético



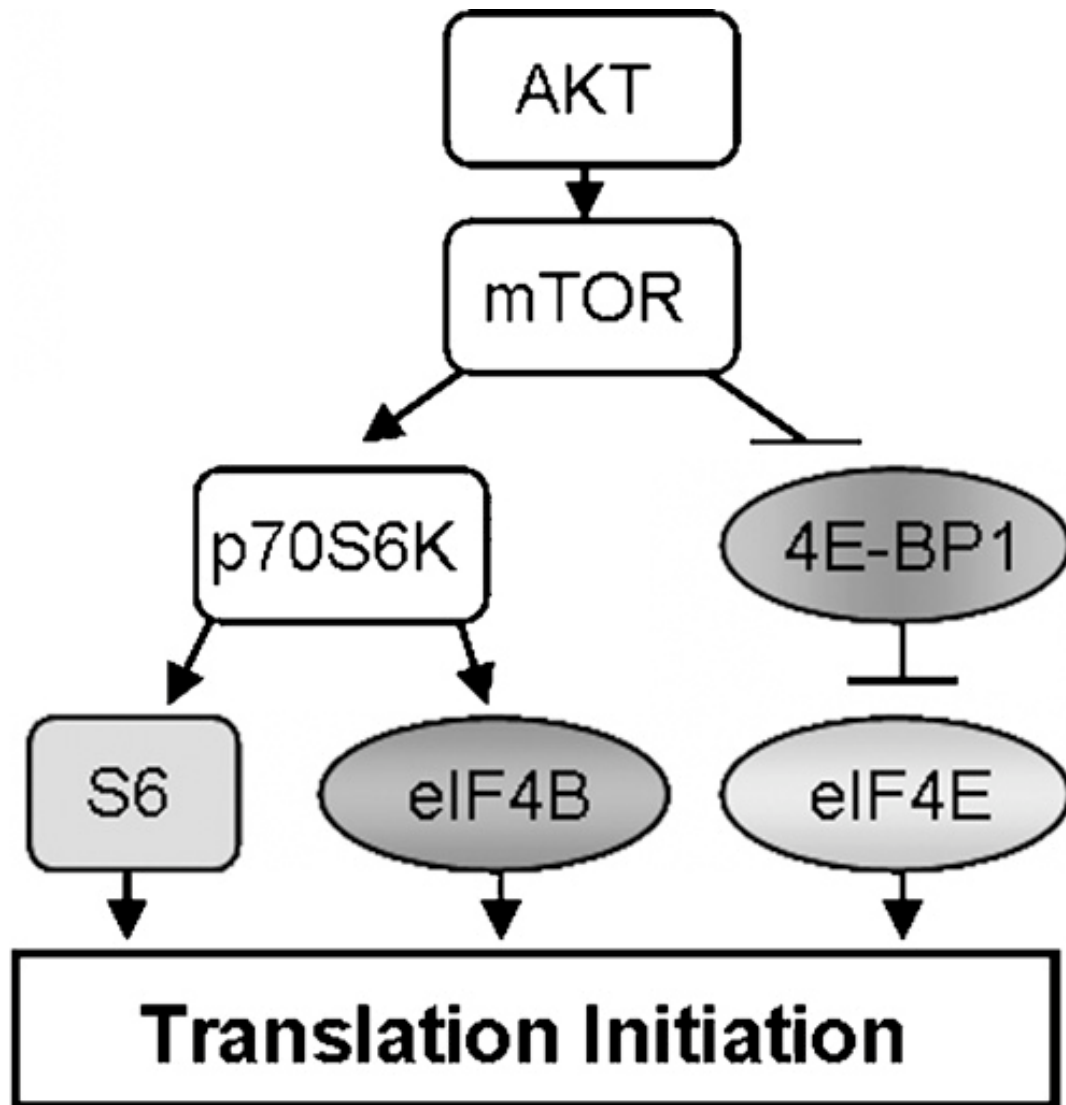
Células alongadas, multinucleadas, núcleos periféricos, presença de células satélites



Núcleo
(transcrição gênica)

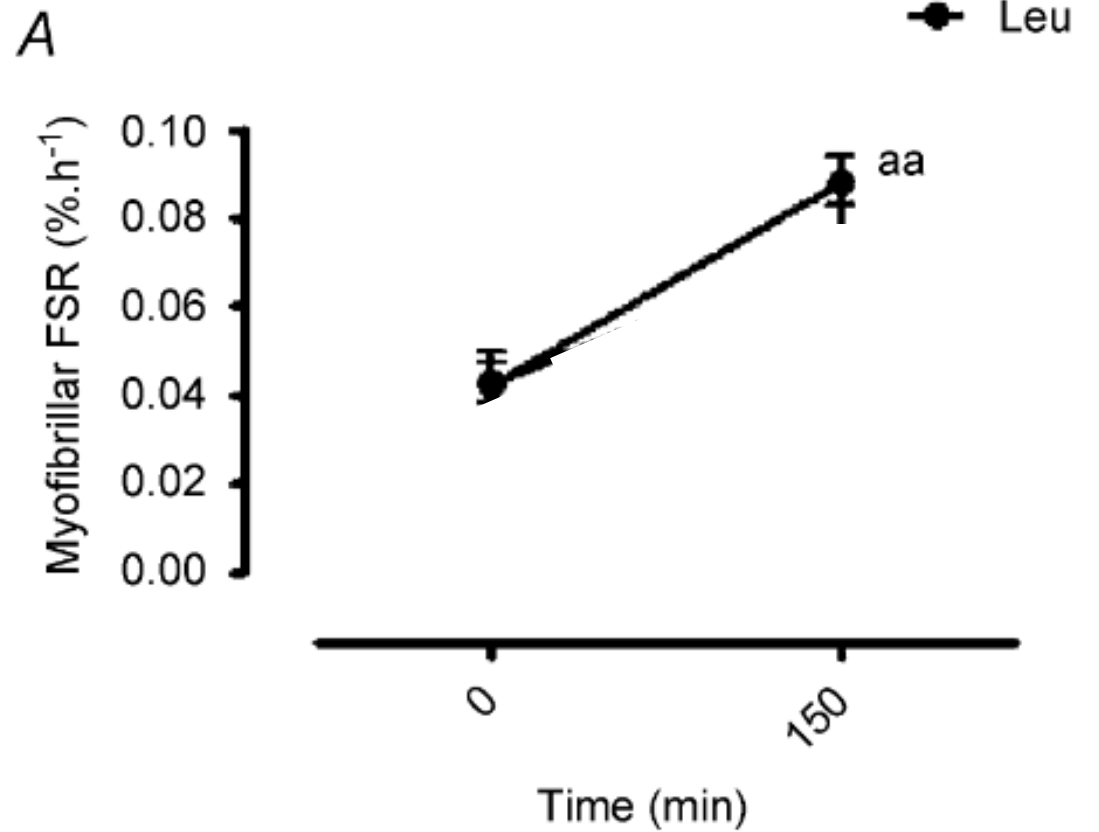
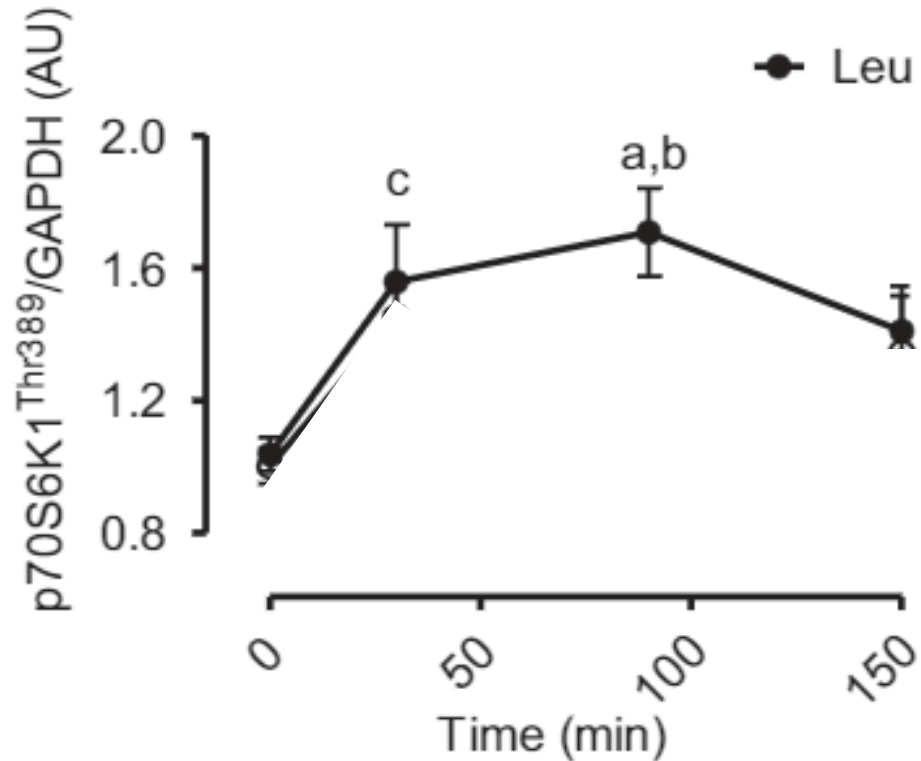


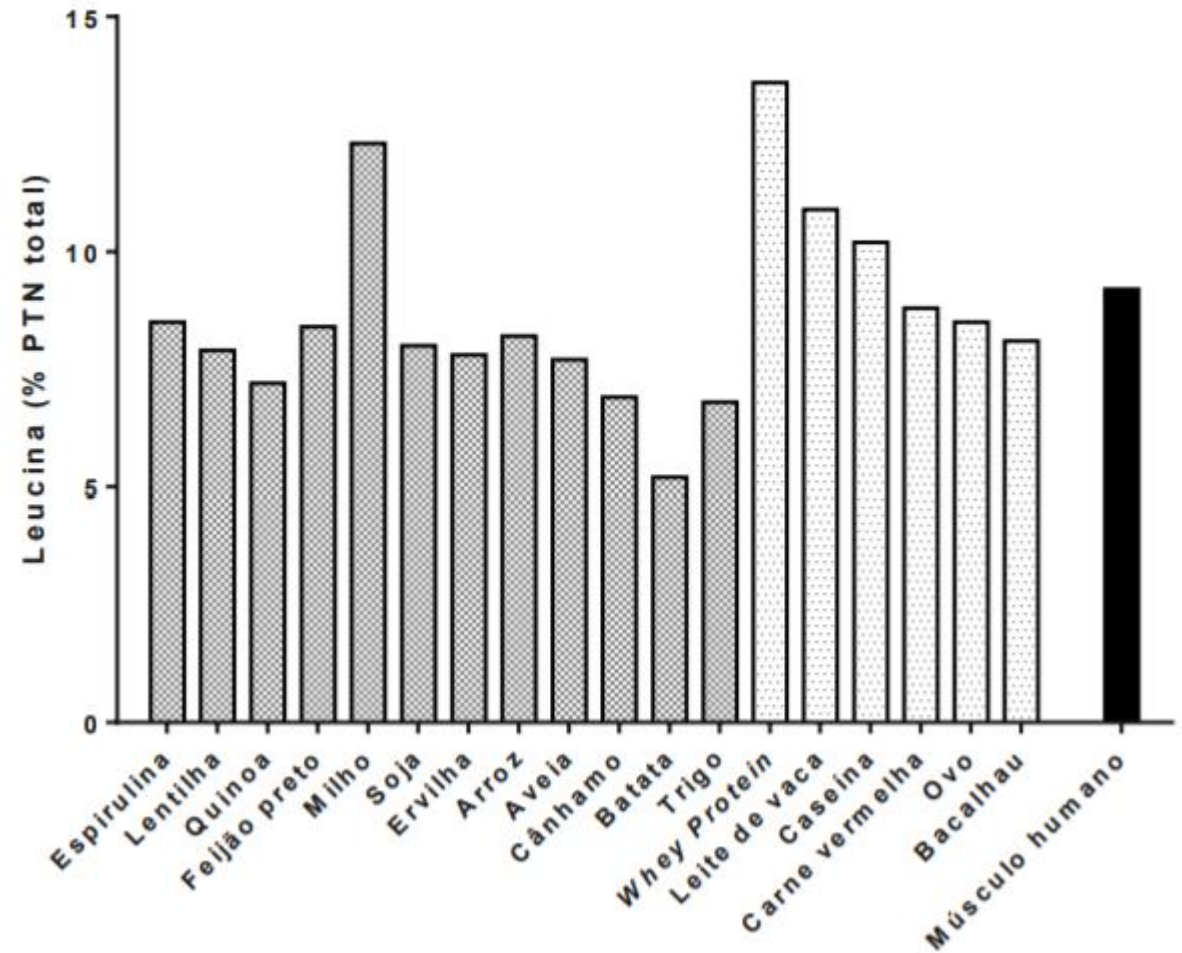
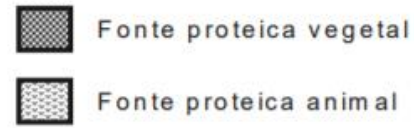
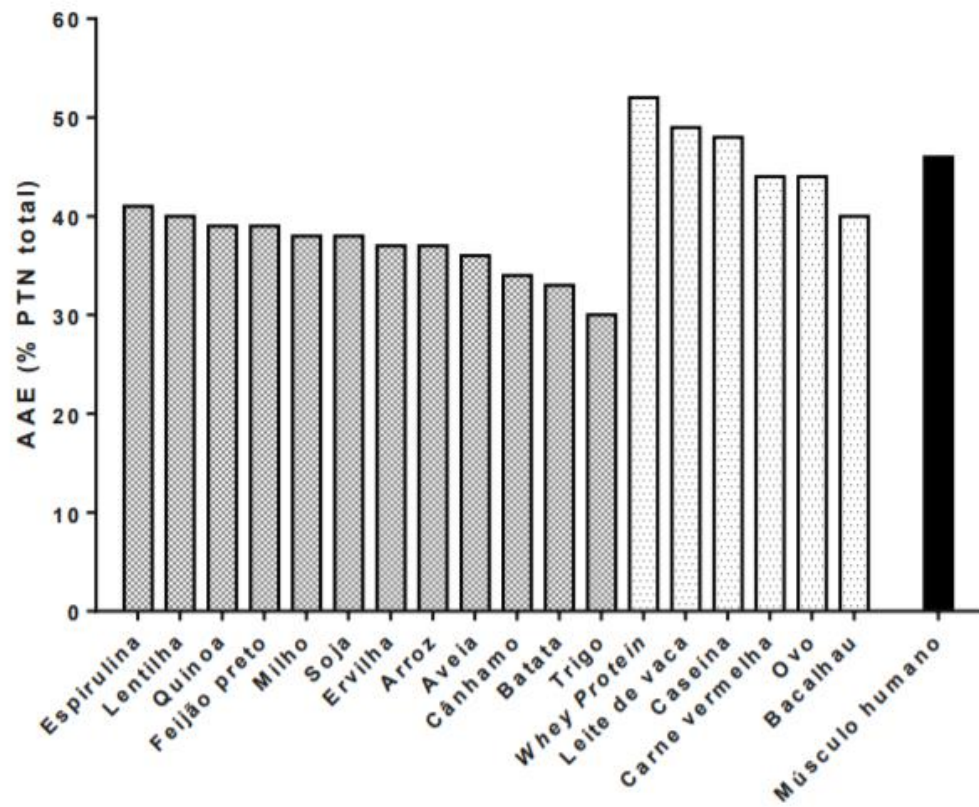
Ribossomo
(tradução proteica)



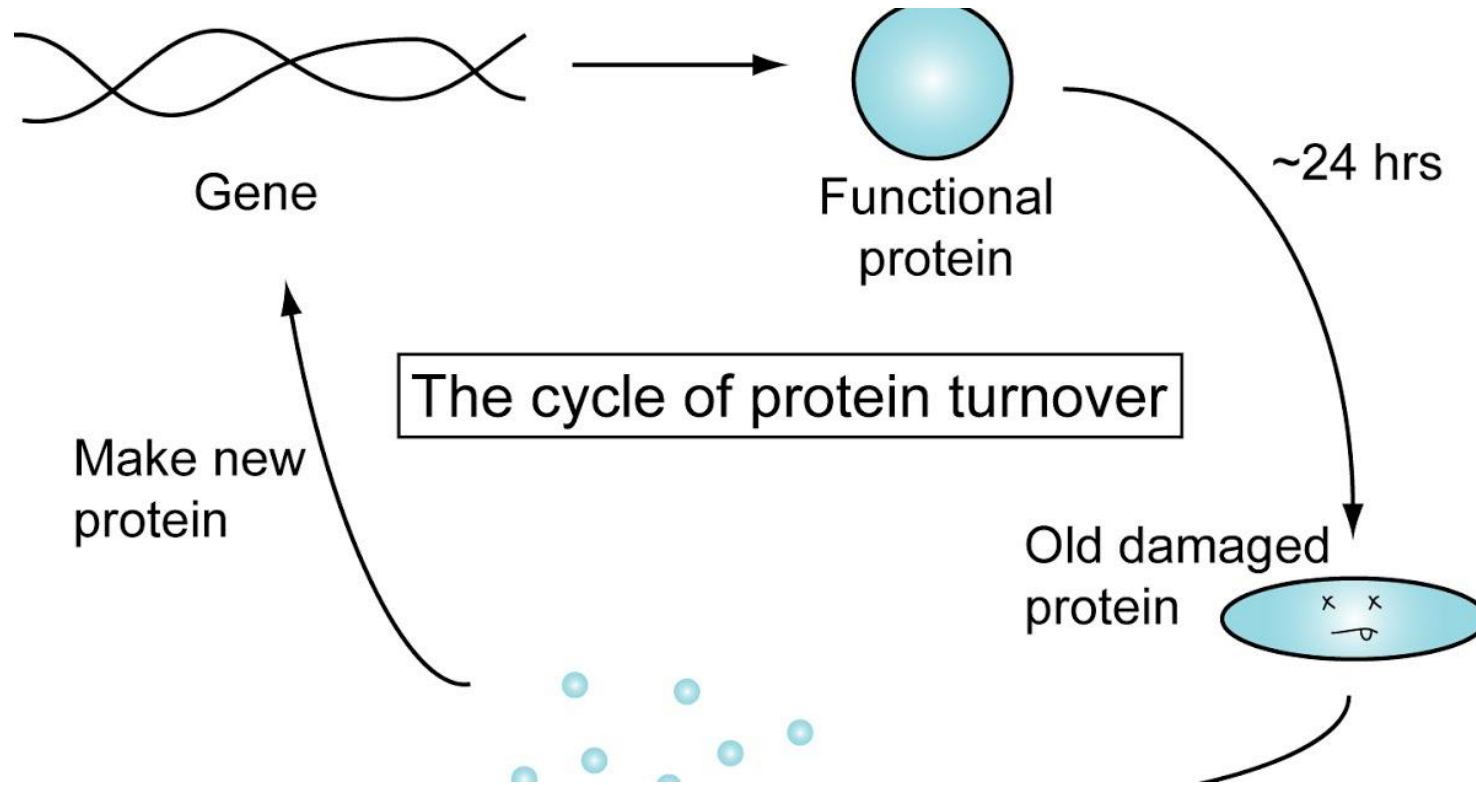
Fosforilação controla a atividade de p70S6K, que controla atividade da proteína ribossomal S6, que sintetiza proteínas no ribossomo

Leucina sinaliza para o início da tradução proteica





Turnover proteico



Balanço proteico

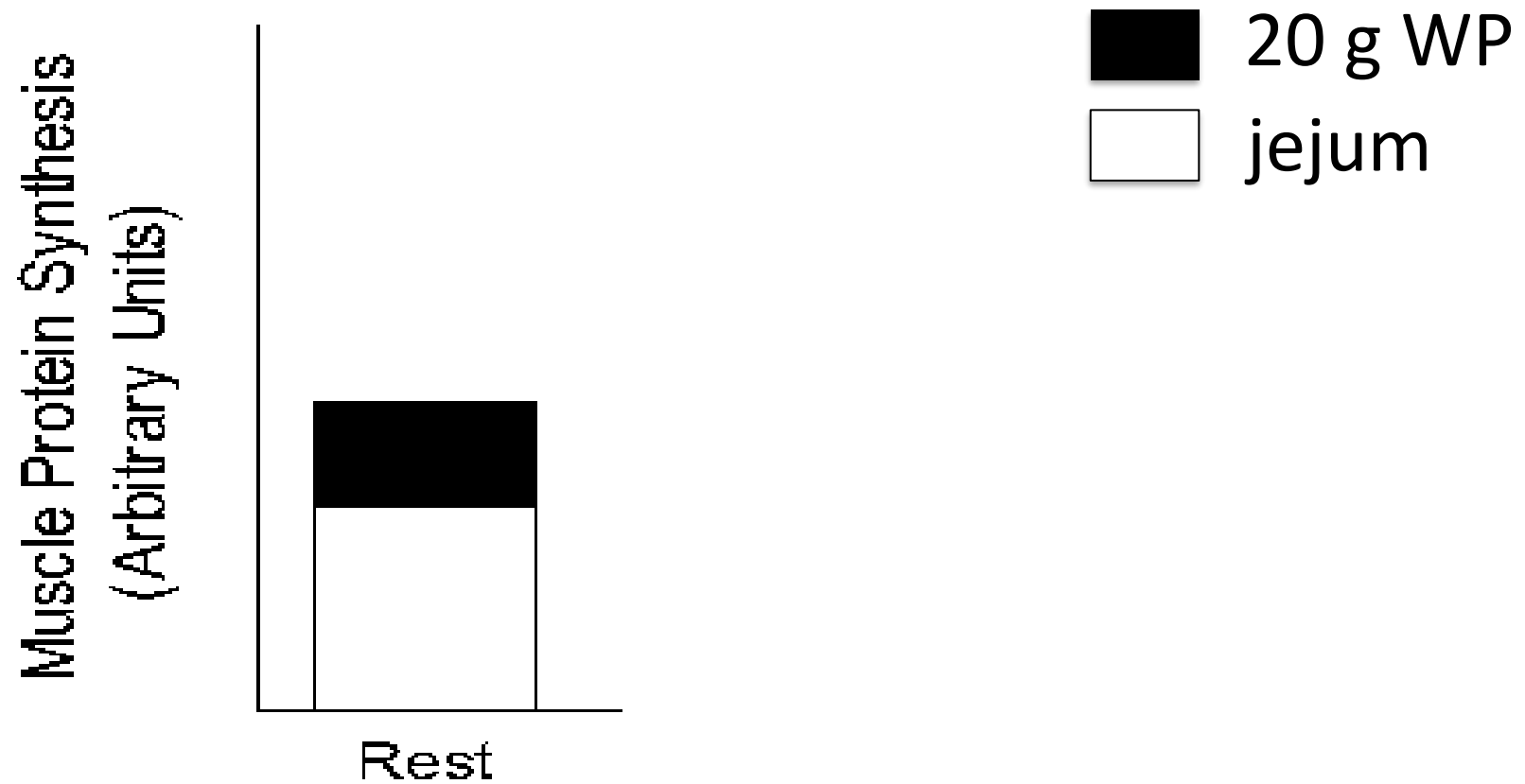


Balanço proteico **positivo** (longo prazo):
hipertrofia muscular

Balanço proteico **neutro** (longo prazo):
manutenção da massa muscular

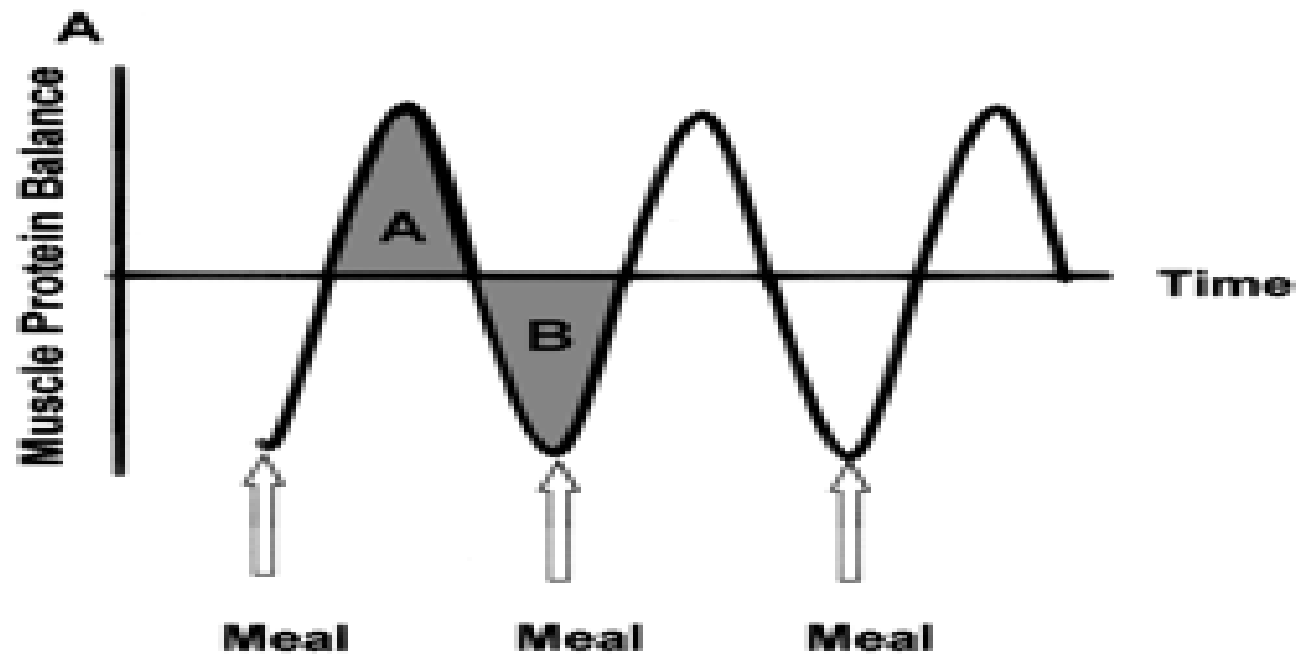
Balanço proteico **negativo** (longo prazo):
perda de massa muscular

Consumo de alimentos ricos em proteína de boa qualidade aumenta a síntese proteica muscular

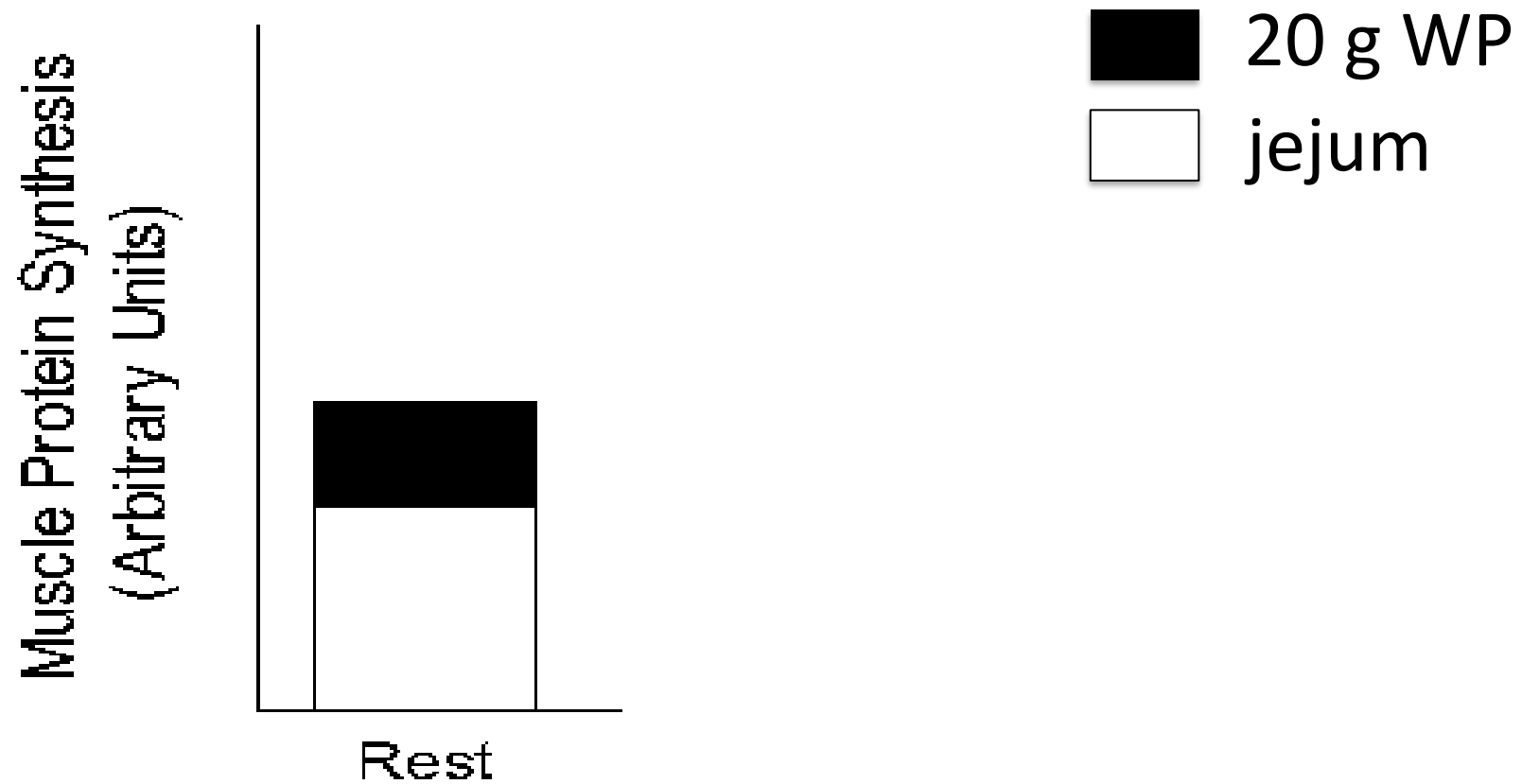


Isso leva à hipertrofia muscular?

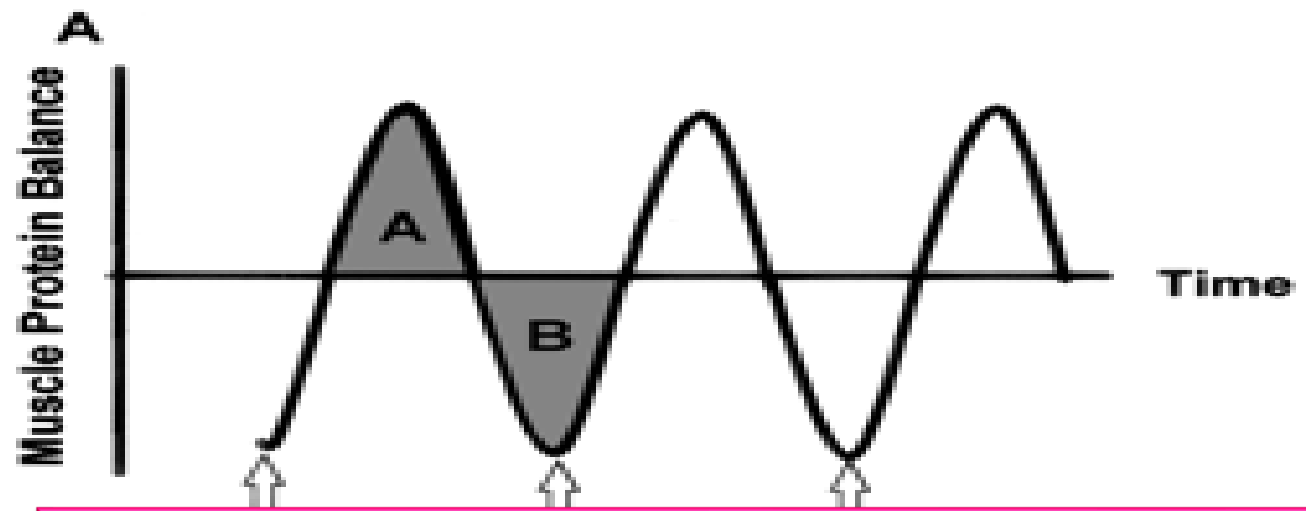
A ingestão de proteínas aumenta a síntese proteica no músculo, mas não o suficiente para causar hipertrofia



E se a pessoa treinar força?



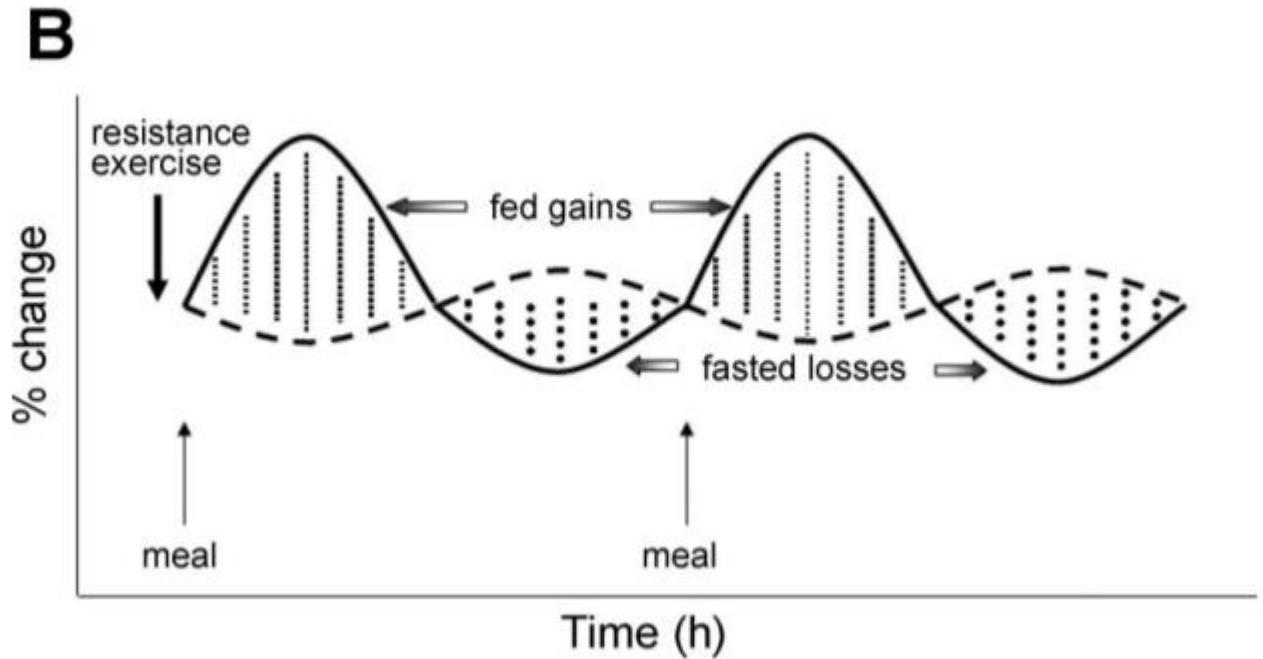
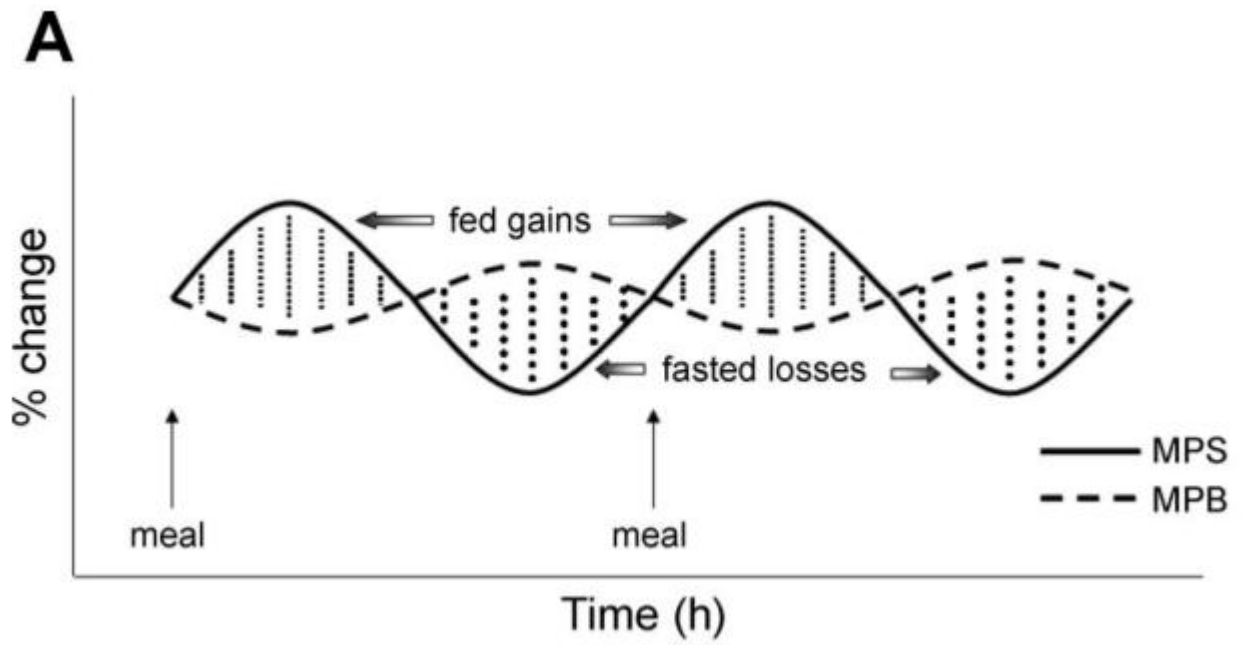
A ingestão de proteínas aumenta a síntese proteica no músculo, mas não o suficiente para causar hipertrofia



a menos que exista estímulo para tal (via exercício de força)

Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences

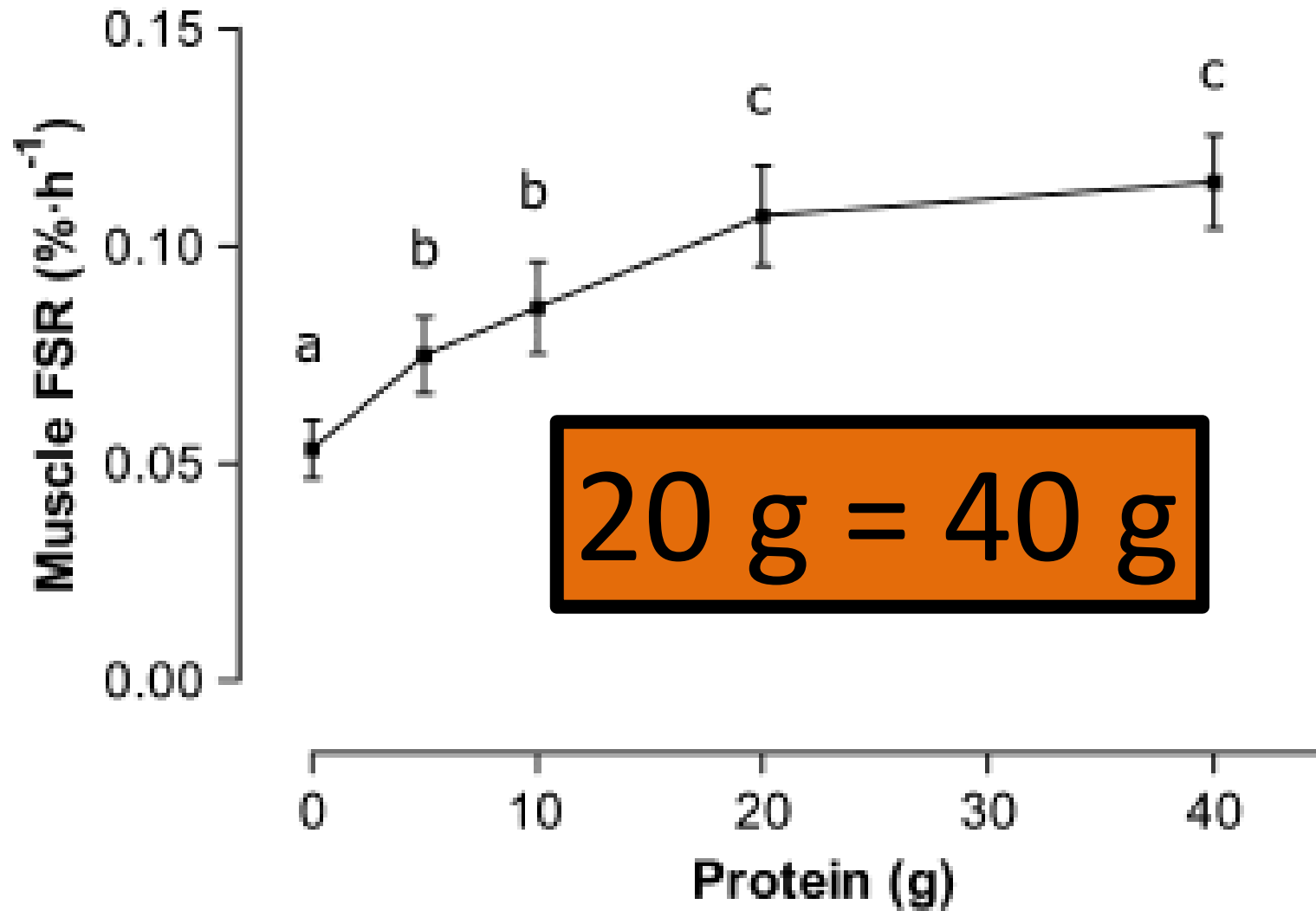
Nicholas A. Burd, Jason E. Tang, Daniel R. Moore and Stuart M. Phillips
J Appl Physiol 106:1692-1701, 2009. First published 26 November 2008;
doi:10.1152/jappphysiol.91351.2008



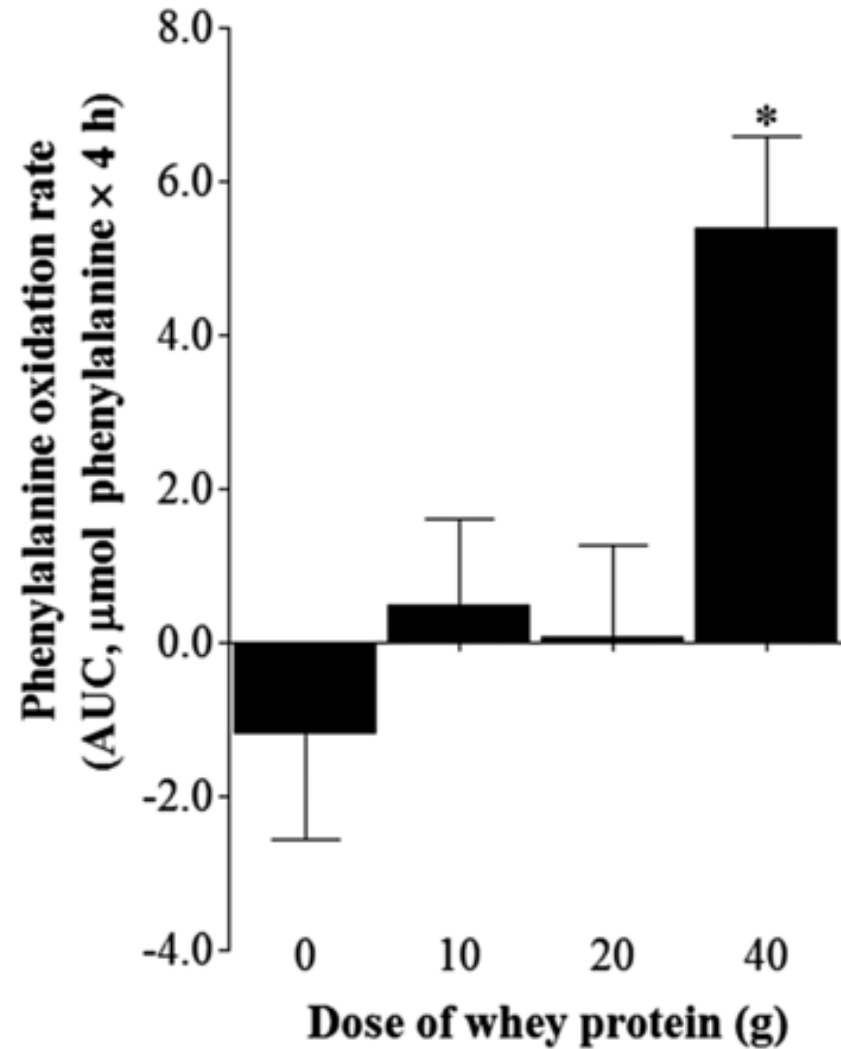
1. “Dose” ótima de proteína

Quanto mais proteína, melhor?

- estudo “dose-resposta”
- 0, 5, 10, 20, 40 g ovalbumina após TF

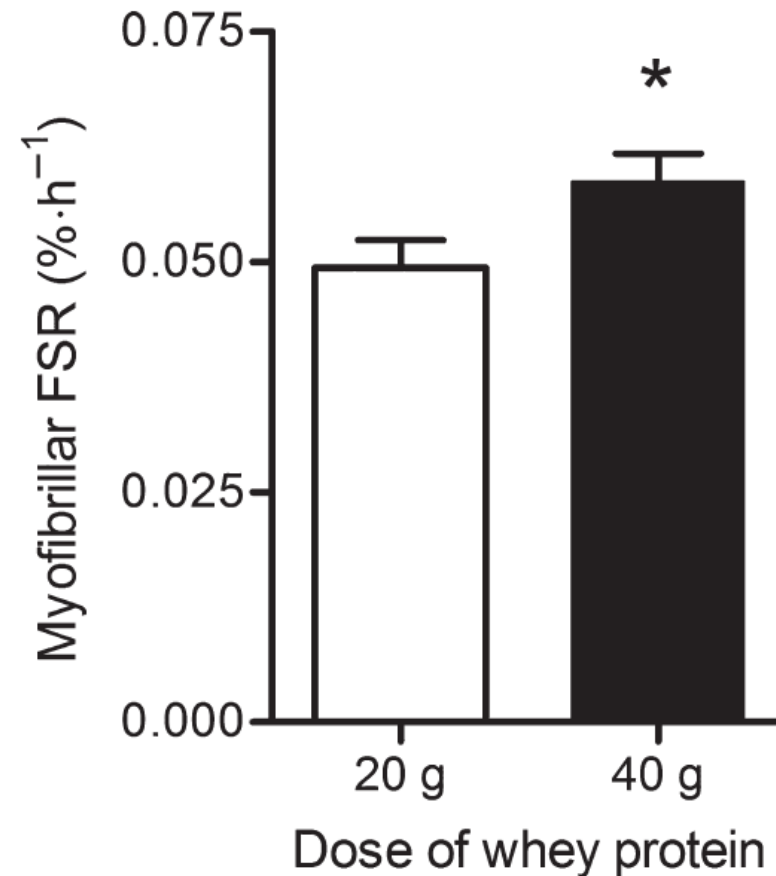


não “oxide” seu dinheiro...

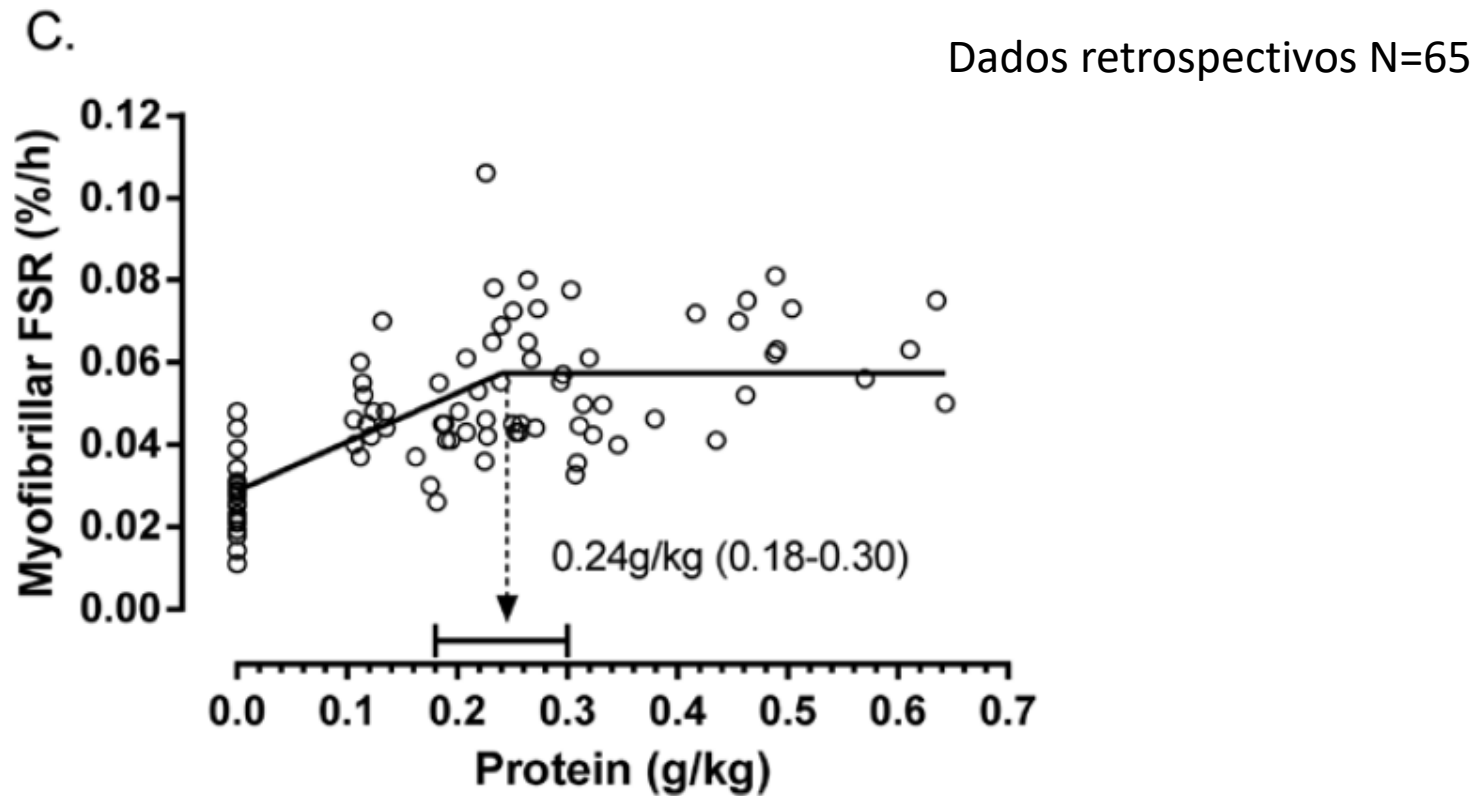


Ingestão ideal de proteína por refeição em jovens

- Maior massa muscular treinada = maior necessidade proteica?

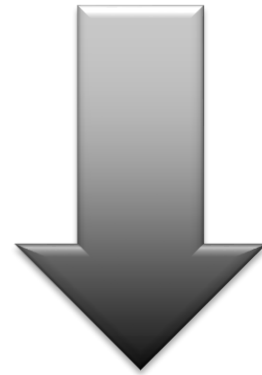


Ingestão ideal de proteína por refeição em jovens



Para dar conta da variabilidade individual, os autores adicionaram 2 SDs = 0.4g/kg/refeição

20 g = $\sim 0,25$ mg/kg de peso



+ 2 DP

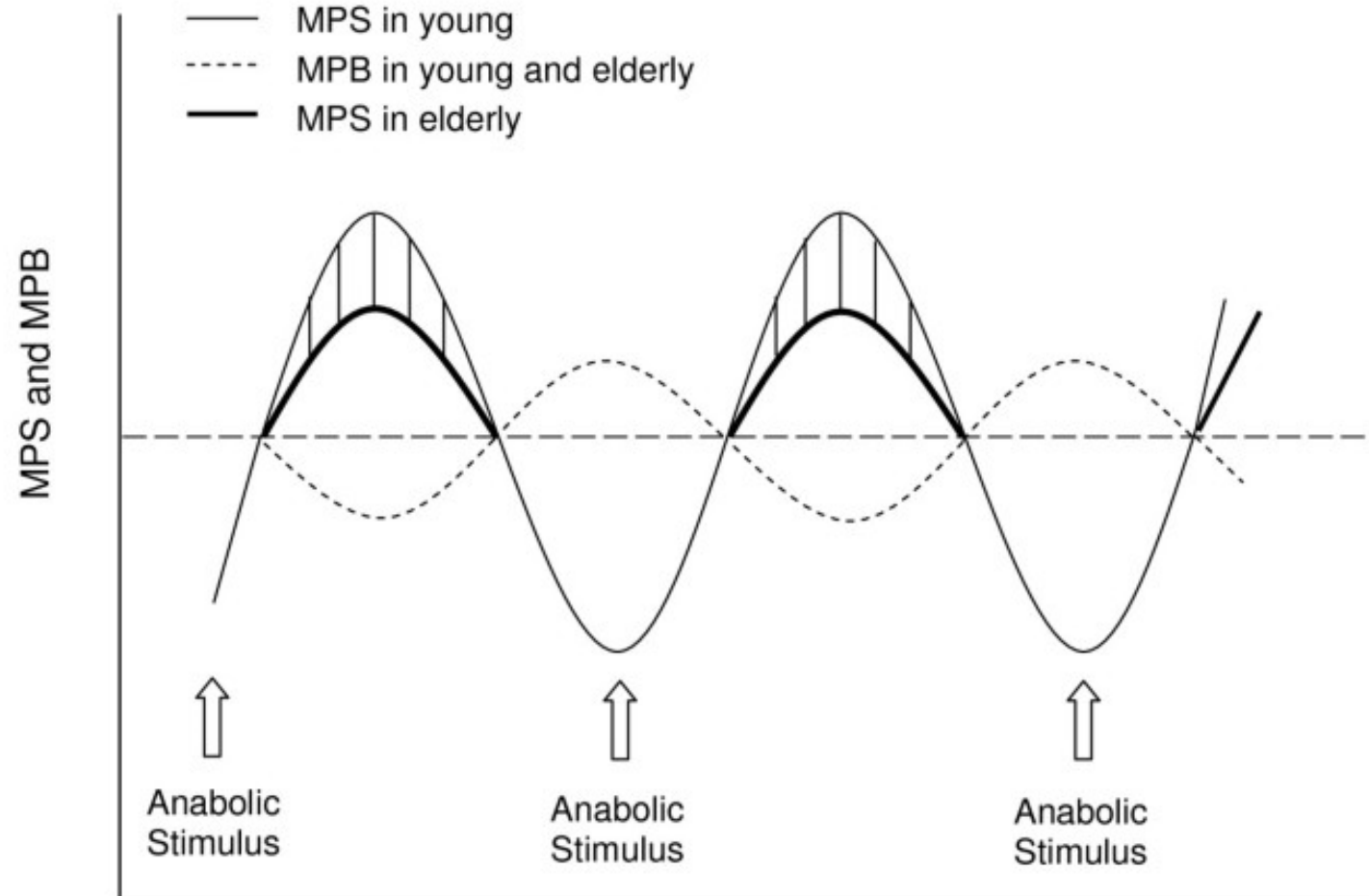
0,4 mg/kg de peso corporal

1ª conclusão

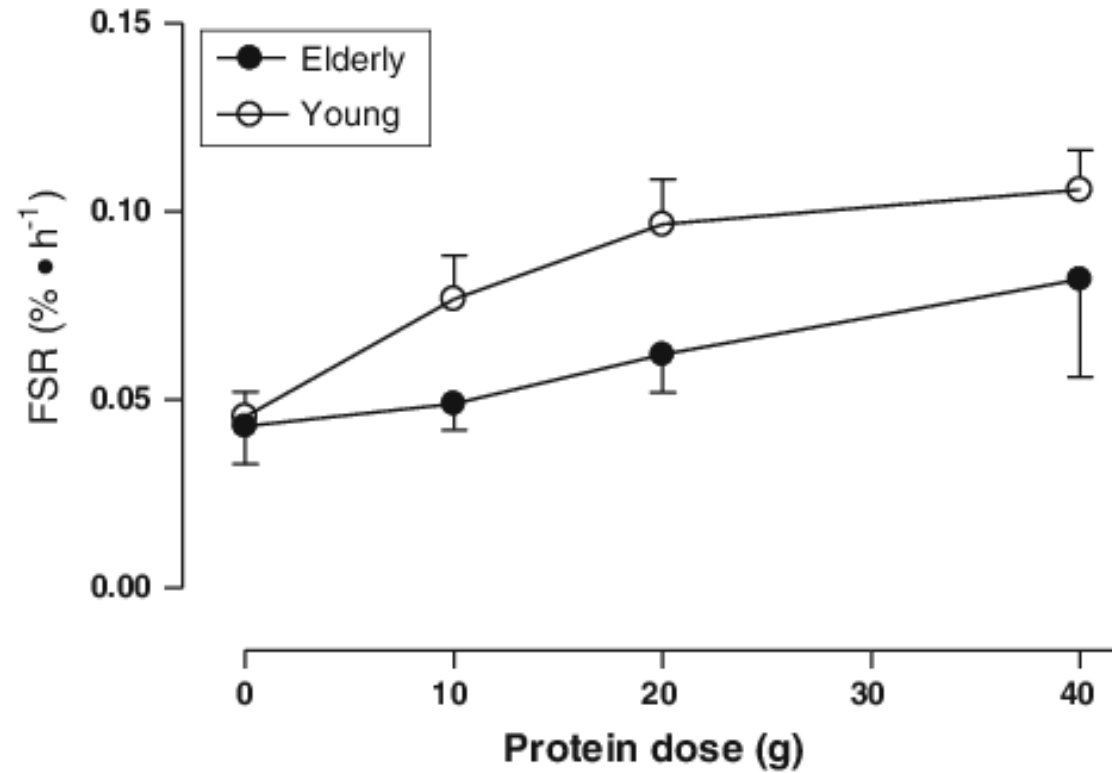
“Dose” ótima de proteína é
~0,4 g/kg de peso corporal

EM JOVENS!

Resistência anabólica em idosos



Resistência anabólica em idosos

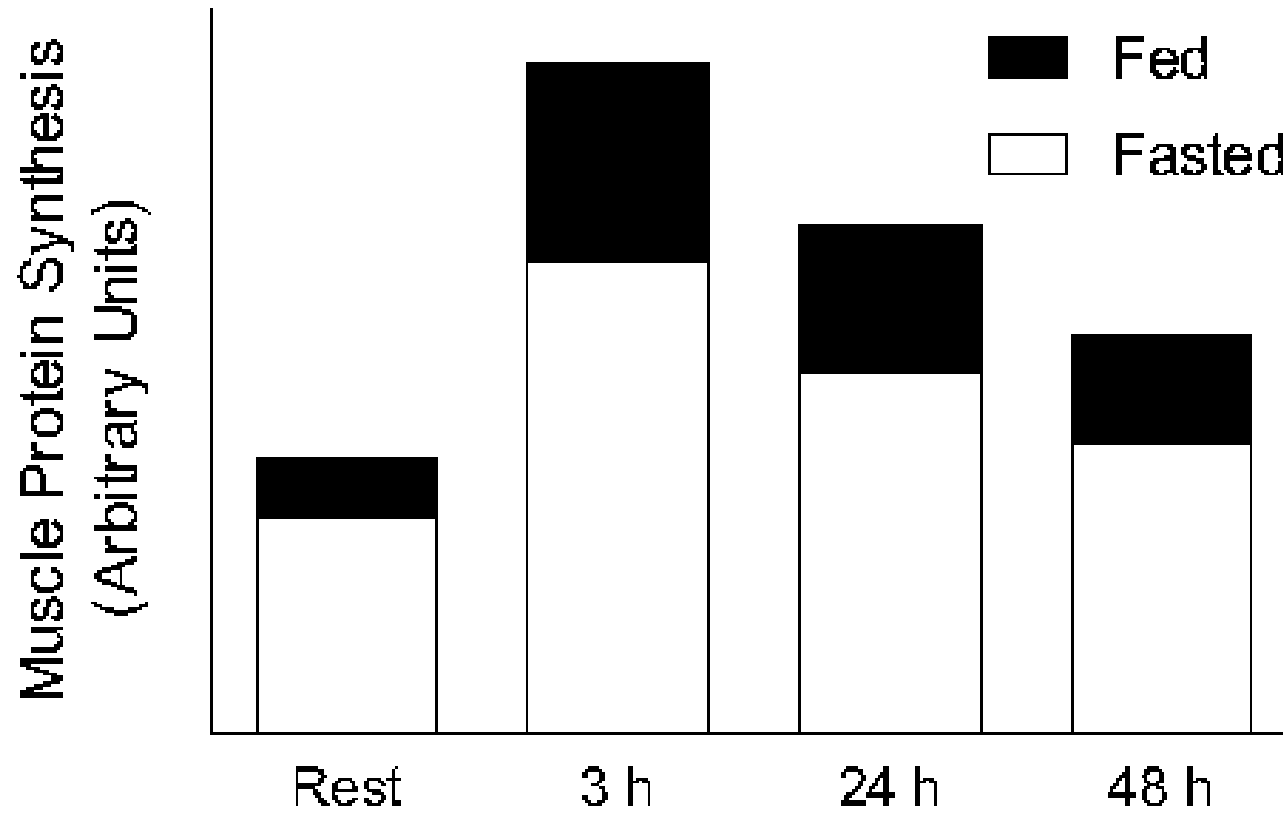


2. *Timing* ideal de ingestão proteica

Janela de Oportunidade



Treinamento de força e janela de oportunidade – um “portal”?”



REVIEW

Open Access

The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis

Brad Jon Schoenfeld^{1*}, Alan Albert Aragon² and James W Krieger³

quando a ingestão proteica é adequada, sem efeito do timing

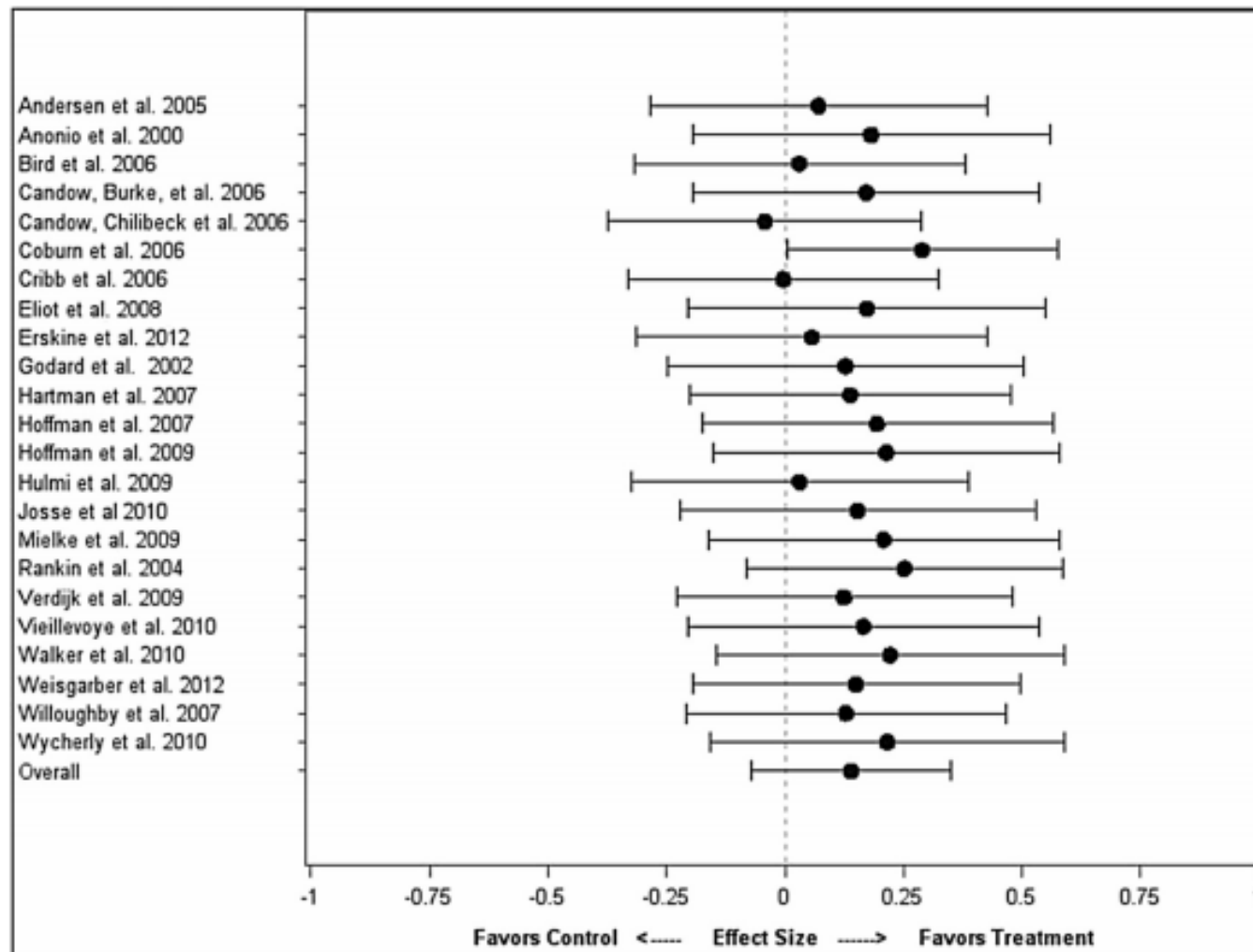


Figure 3 Impact of protein timing on hypertrophy by study, adjusted for total protein intake.

2ª conclusão

Pouco importa o *timing* de
ingestão

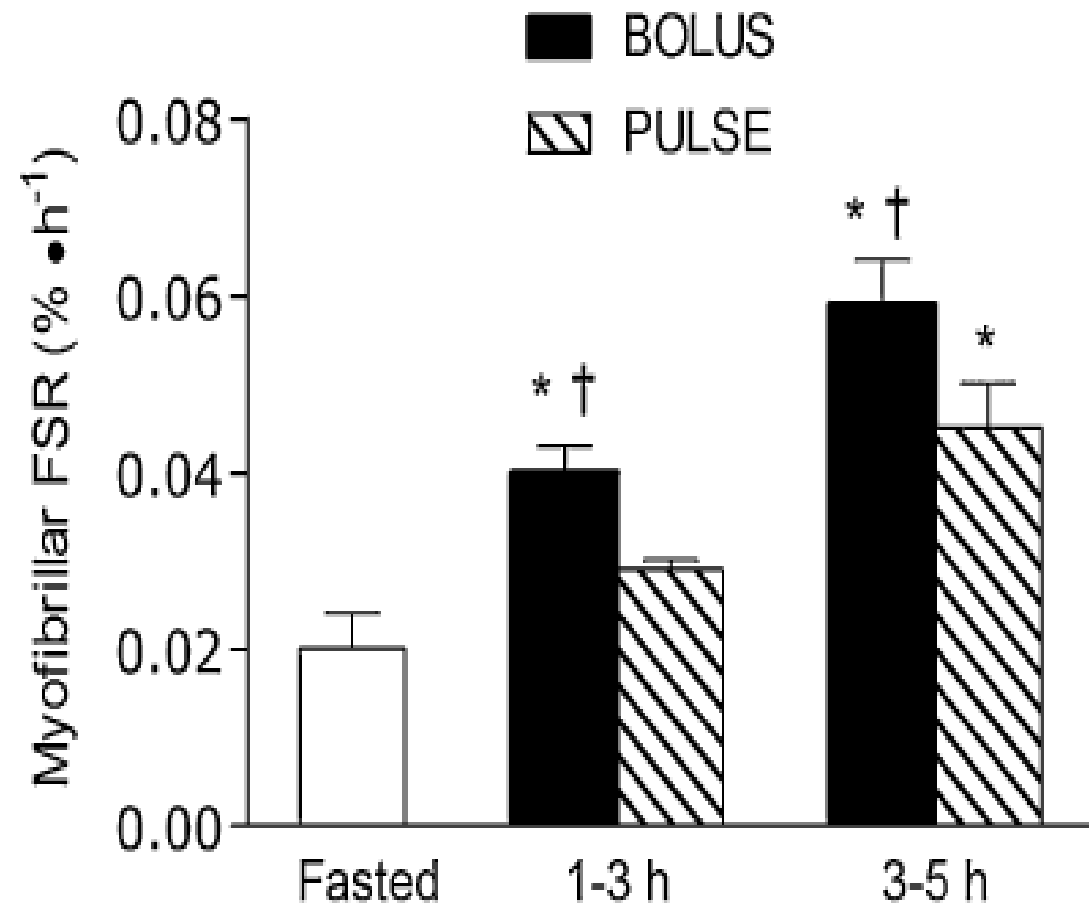
(desde que outros aspectos estejam satisfatórios: ex.:
distribuição, doses e consumo total diário)

3. Distribuição ótima das “doses”

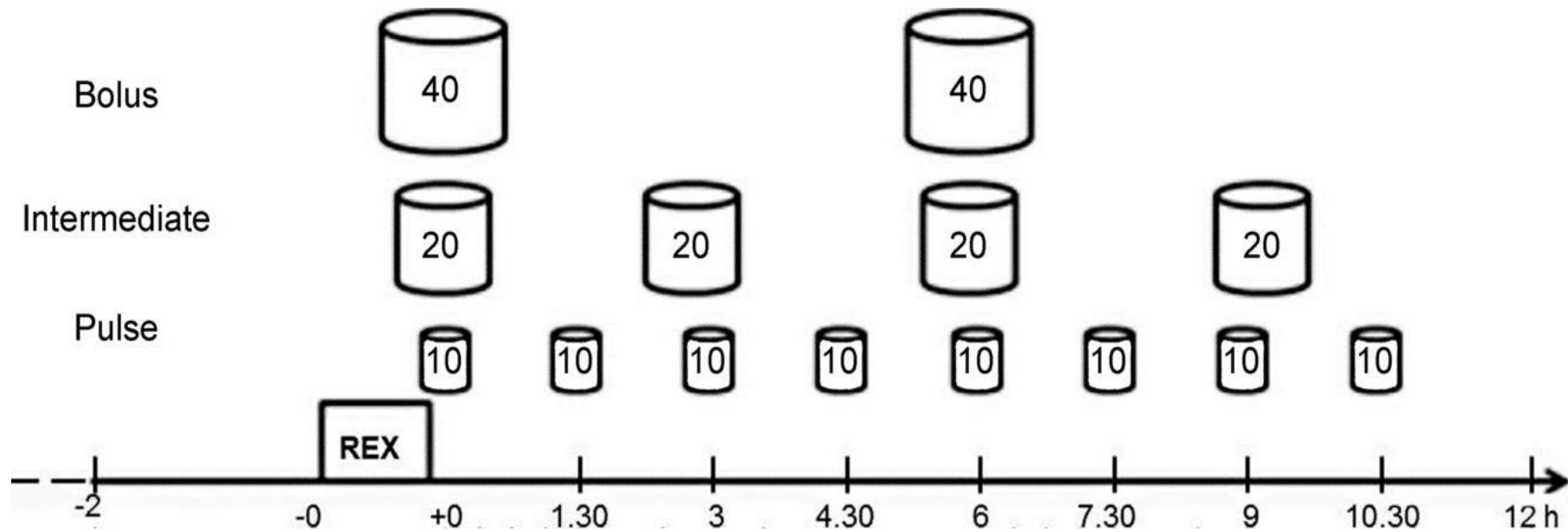
Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise¹⁻⁴

Daniel WD West, Nicholas A Burd, Vernon G Coffey, Steven K Baker, Louise M Burke, John A Hawley, Daniel R Moore, Trent Stellingwerff, and Stuart M Phillips

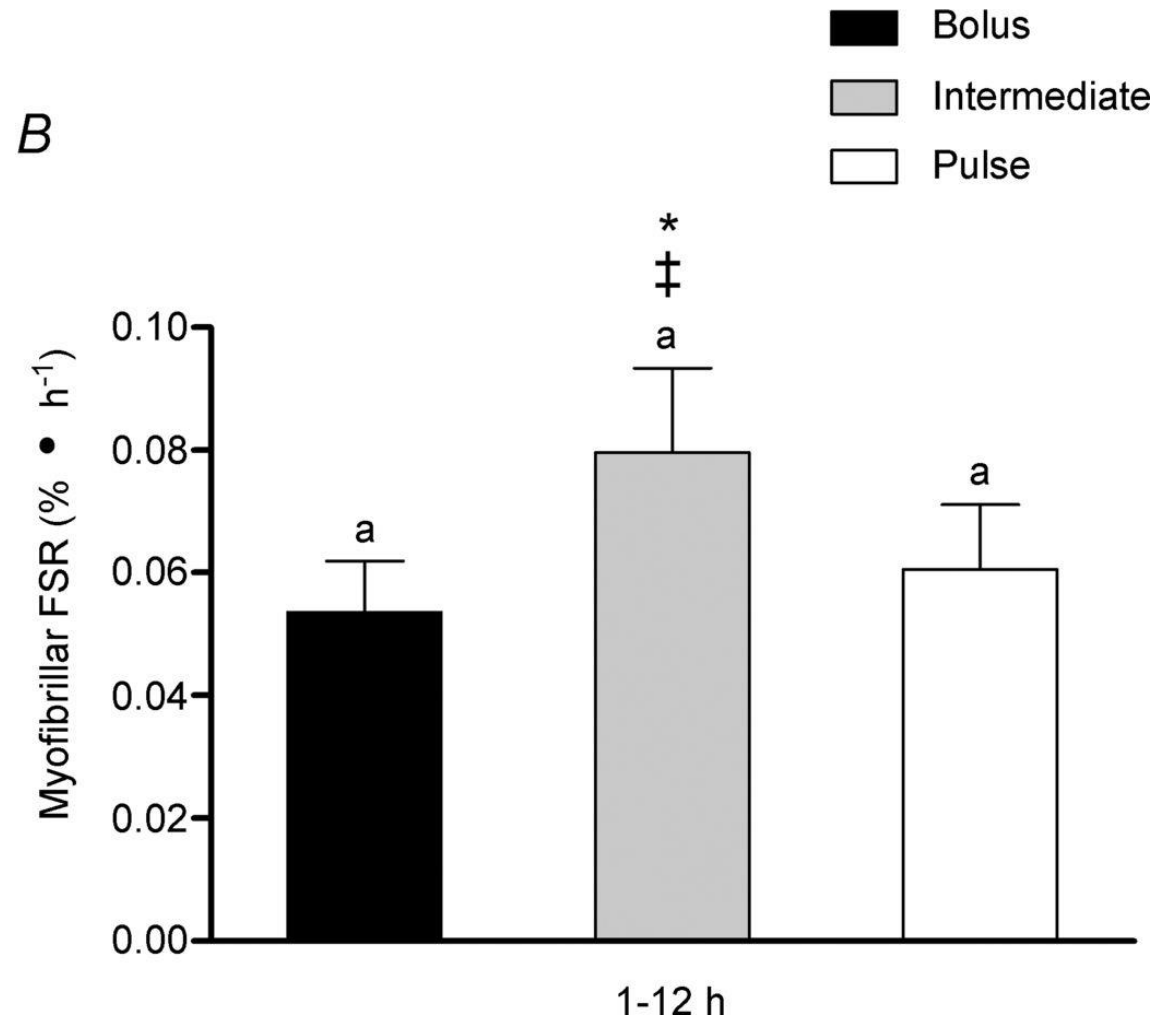
Rápida elevação da aminoacidemia é importante para o estímulo da síntese proteica



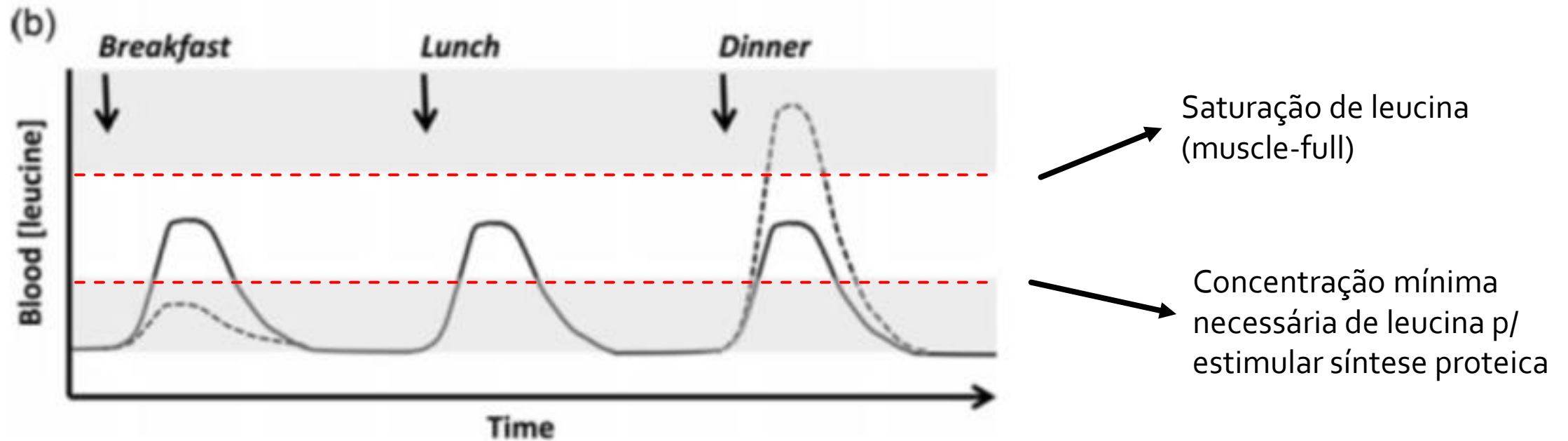
Distribuição da ingestão



Distribuição da ingestão



Distribuição da ingestão



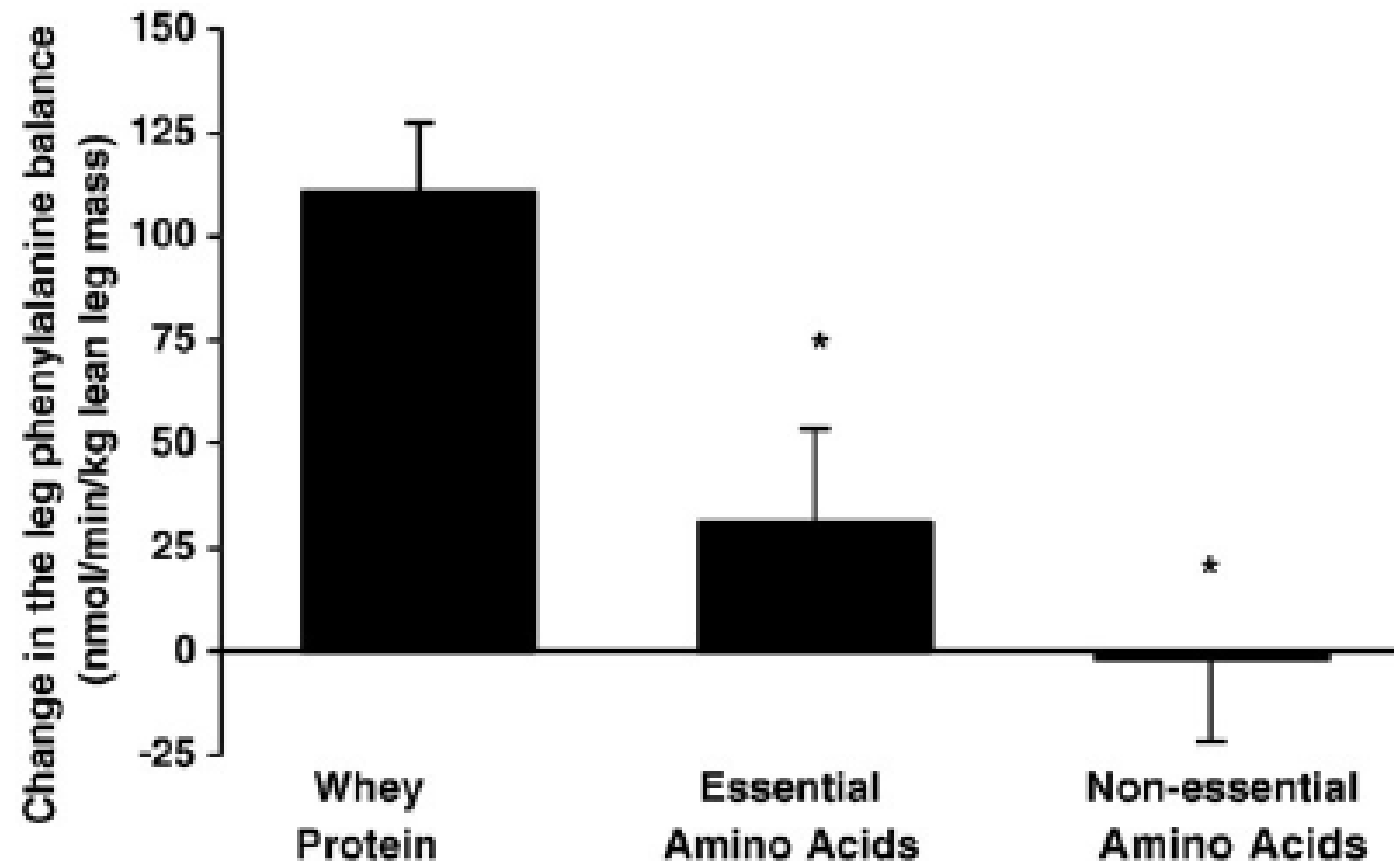
3ª conclusão

~0,4 g/kg distribuídos ao longo
de 4-5 refeições ao dia

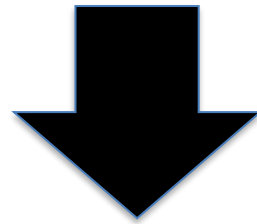
(p/ maximizar hipertrofia muscular)

4. Fonte de proteína e estímulo à síntese proteica

proteínas aumentam mais a síntese proteica do que aminoácidos isolados

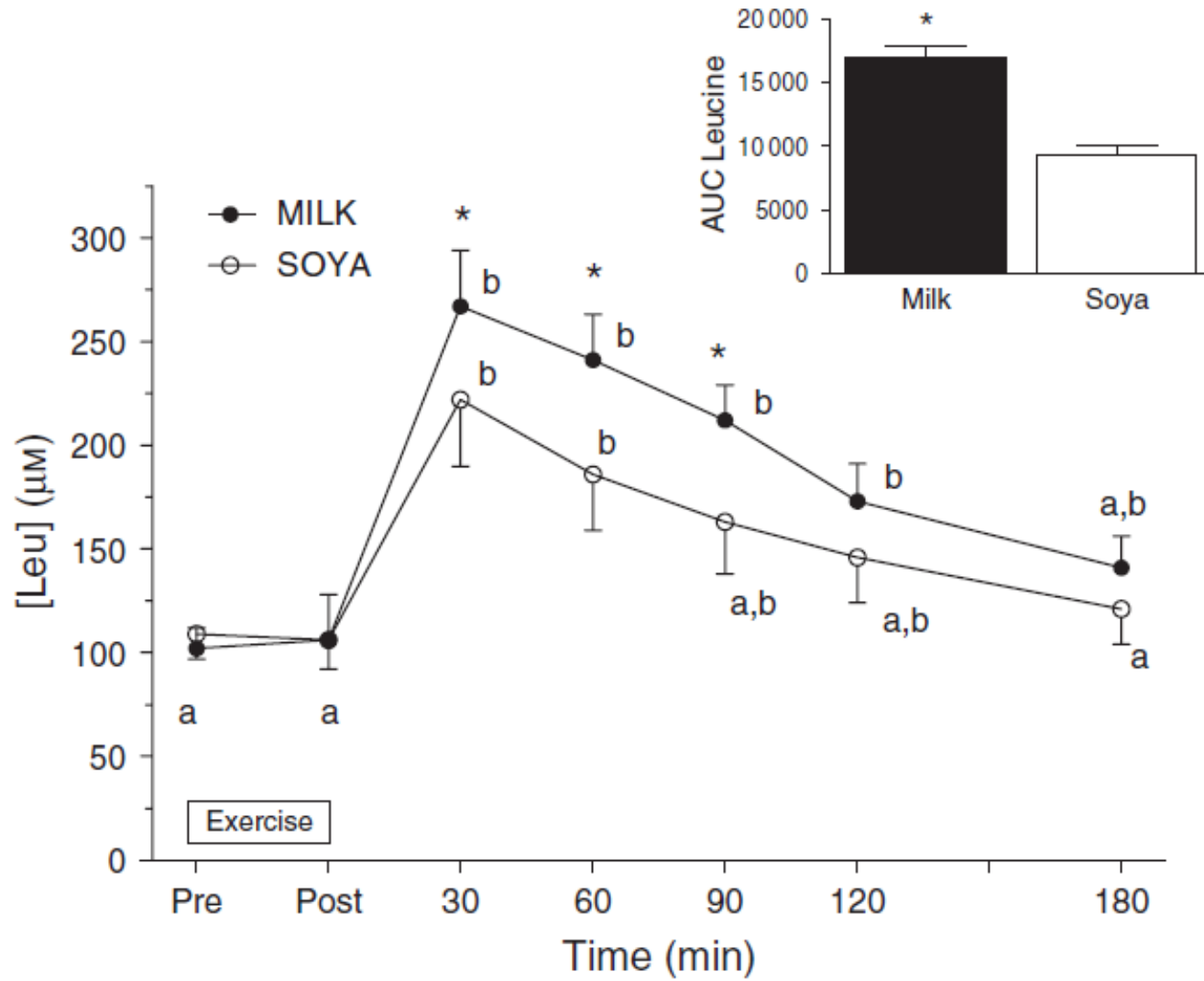


- 20 g whey protein ~10 g aminoácidos essenciais
- 20 g albumina (ovo ~9 g aminoácidos essenciais)
- 20 g caseína (~8 g de aminoácidos essenciais)
- 20 g soja (~7-8 g de aminoácidos essenciais)

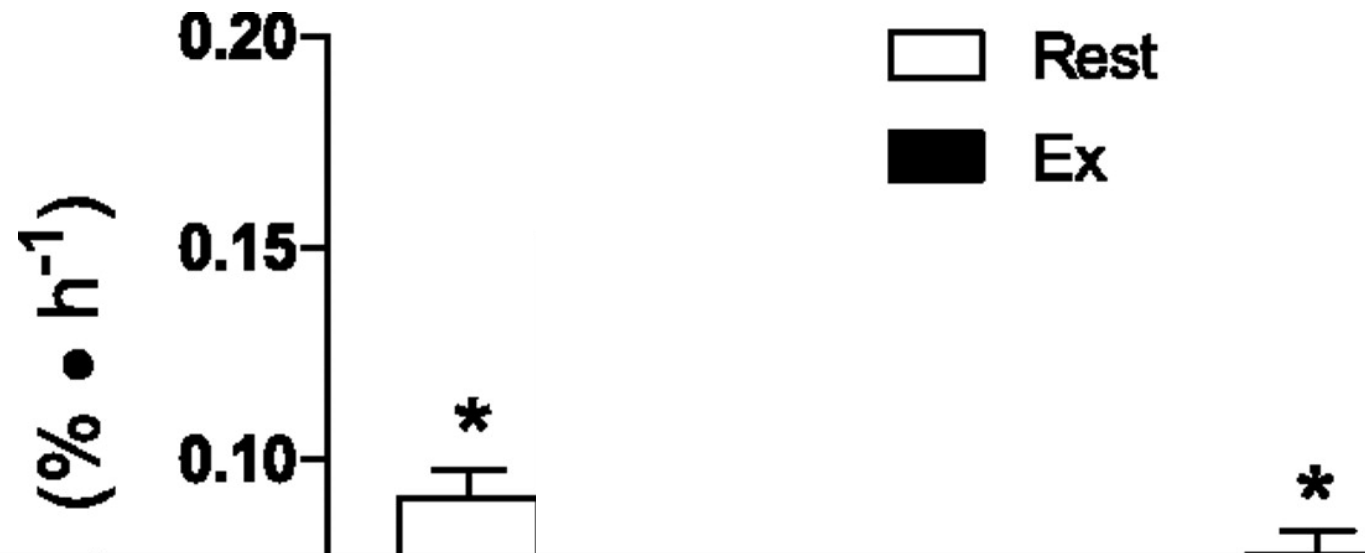


todas essas proteínas, exceto caseína,
promovem aumento rápido na
concentração de AAE

Influência da fonte na leucinemia

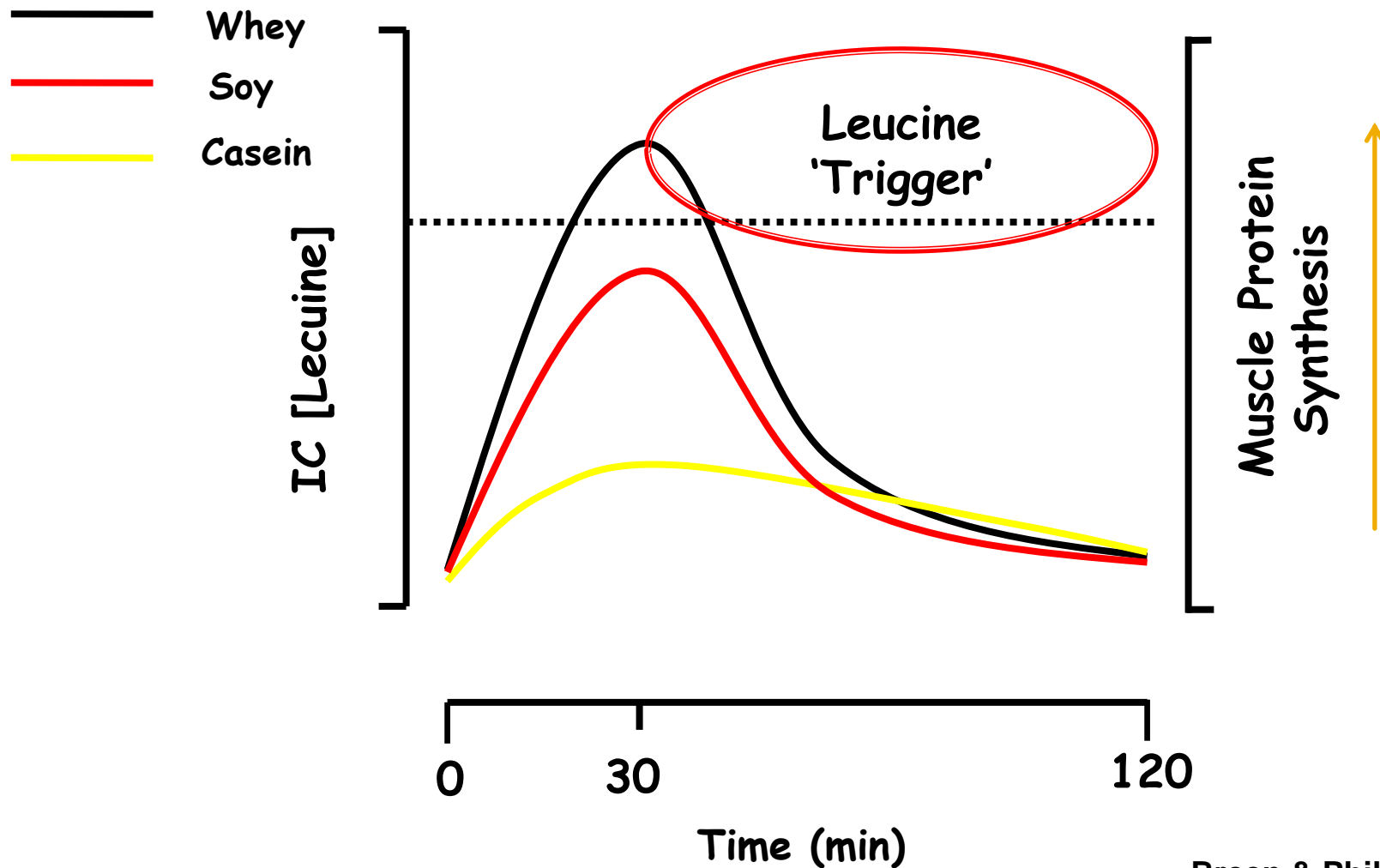


Perfil de leucina melhor para ativar a síntese proteica



Proteínas ricas em Leucina são mais eficientes

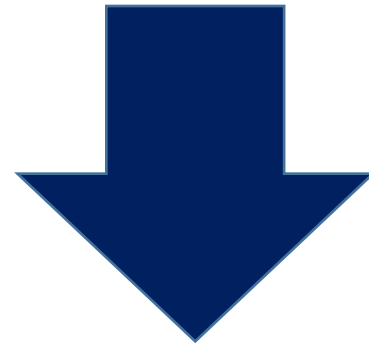
Hipótese da leucinemia como gatilho



Mas apenas leucina isolada, sem outros aminoácidos essenciais, não aumenta a síntese proteica!

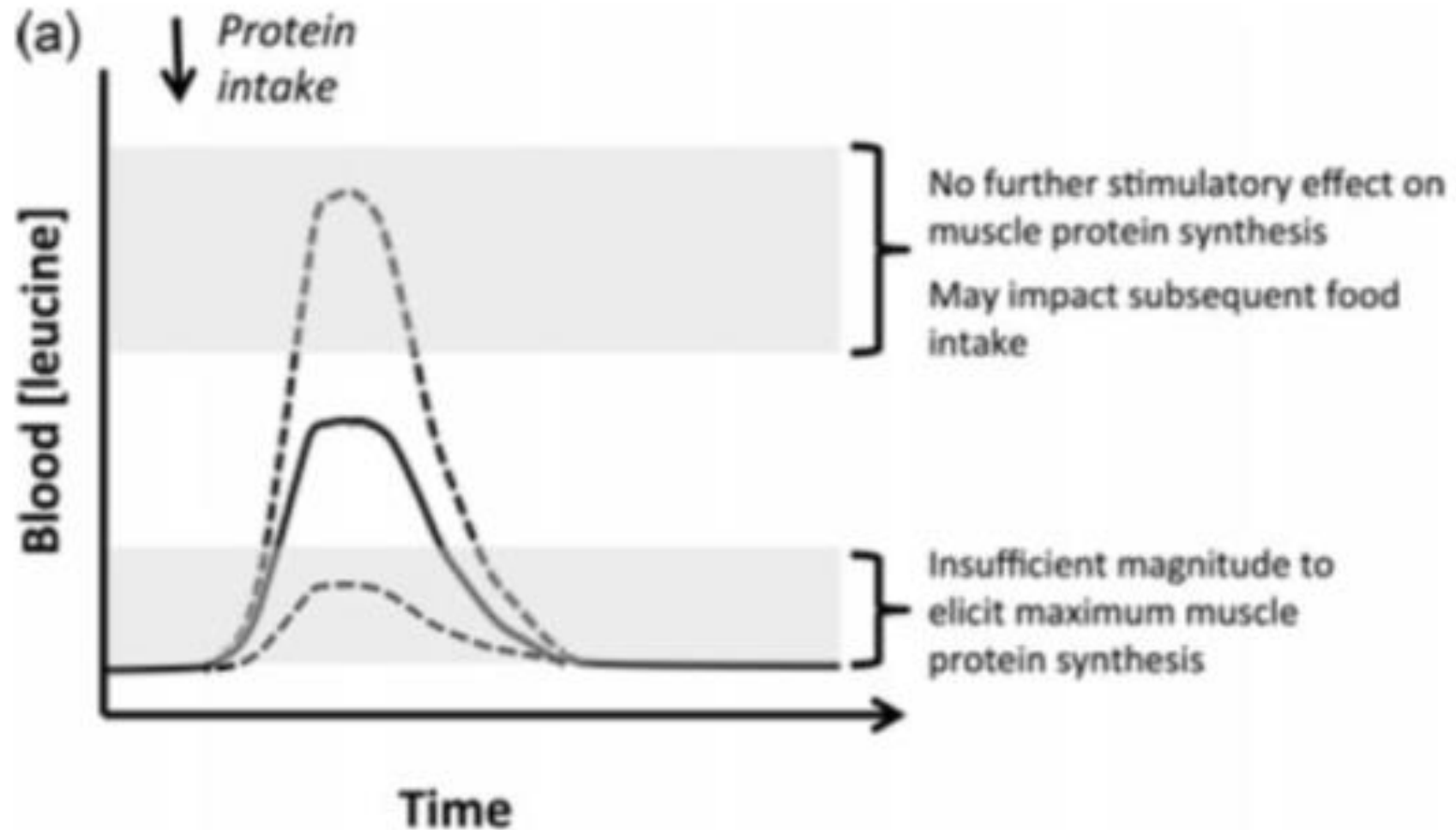
Explicação: presença do estímulo anabólico sem presença dos “blocos de construção” não resulta em síntese proteica

“Quanto mais melhor”



não se aplica ao
caso da leucina!!!

“Muscle full effect”



Portanto:

- >> adicionar leucina ao Whey
- >> tomar leucina junto com Whey
- >> tomar leucina junto às refeições
- >> tomar whey junto às refeições
- >> exagerar no consumo de proteína
- >> etc.....

favor não insistir...

NÃO TRARÃO GANHOS ADICIONAIS!!!

Leucine Supplementation Has No Further Effect on Training-induced Muscle Adaptations

ISABEL THOMAZI DE ANDRADE^{1,2}, BRUNO GUALANO¹, VICTORIA HEVIA-LARRAÍN¹, JUAREZ NEVES-JUNIOR¹, MONIQUE CAJUEIRO¹, FELIPE JARDIM¹, RODRIGO LEITE GOMES¹, GUILHERME GIANNINI ARTIOLI¹, STUART M. PHILLIPS³, PATRÍCIA CAMPOS-FERRAZ², and HAMILTON ROSCHEL¹

¹Applied Physiology and Nutrition Research Group, University of São Paulo, São Paulo, BRAZIL; ²Faculty of Applied Sciences, University of Campinas, Limeira, São Paulo, BRAZIL; and ³Department of Kinesiology, McMaster University, Hamilton, CANADA

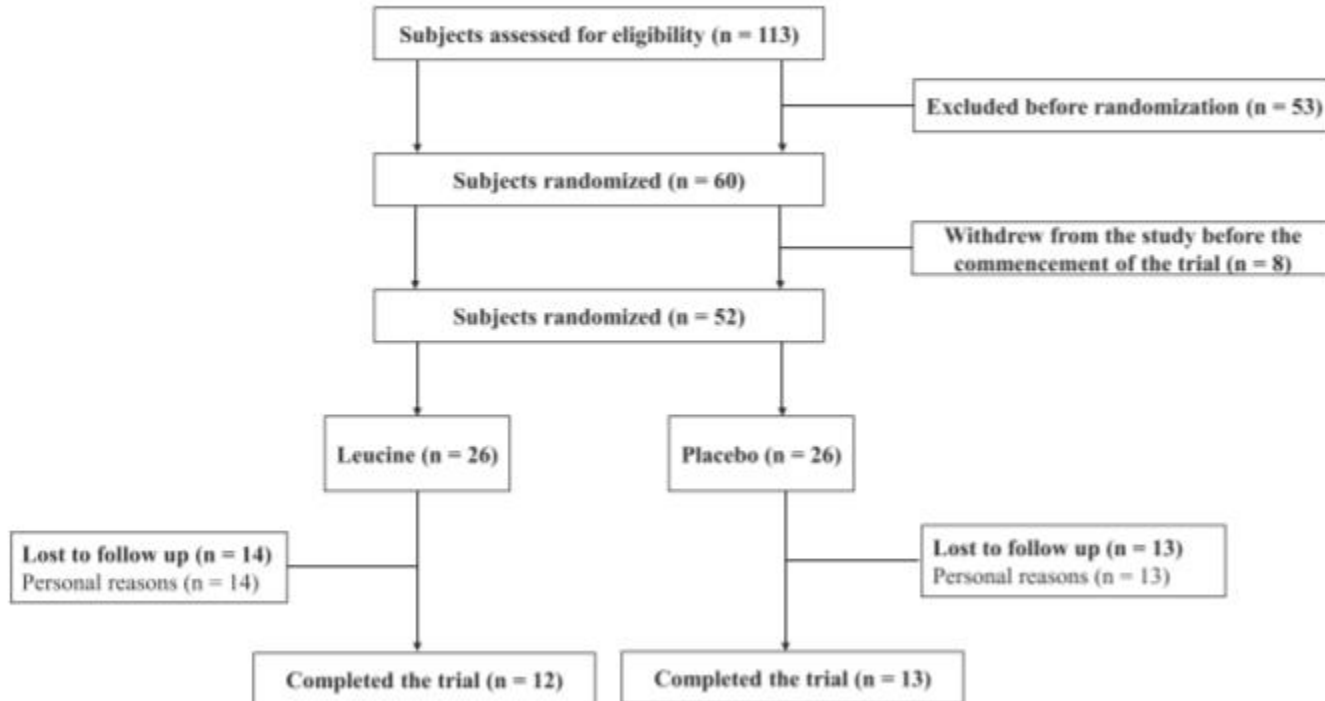


TABLE 2. Dietary intake.

	PRE		POST		<i>P</i>
	LEU	PLA	LEU	PLA	
Energy, kcal	2562 ± 455	2438 ± 481	2846 ± 768	2344 ± 552	0.11
Protein, g	129 ± 26	142 ± 33	136 ± 30	143 ± 32	0.60
Protein, g·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	1.72 ± 0.43	1.81 ± 0.47	1.76 ± 0.36	1.81 ± 0.42	0.77
Leucine, g	10 ± 2	11 ± 3	11 ± 2	11 ± 3	0.42
Carbohydrates, g	330 ± 82	279 ± 101	341 ± 123	255 ± 83	0.41
Fat, g	82 ± 18	85 ± 28	106 ± 37	84 ± 27	0.06

P value for group–time interaction. Values are expressed as mean ± SD.

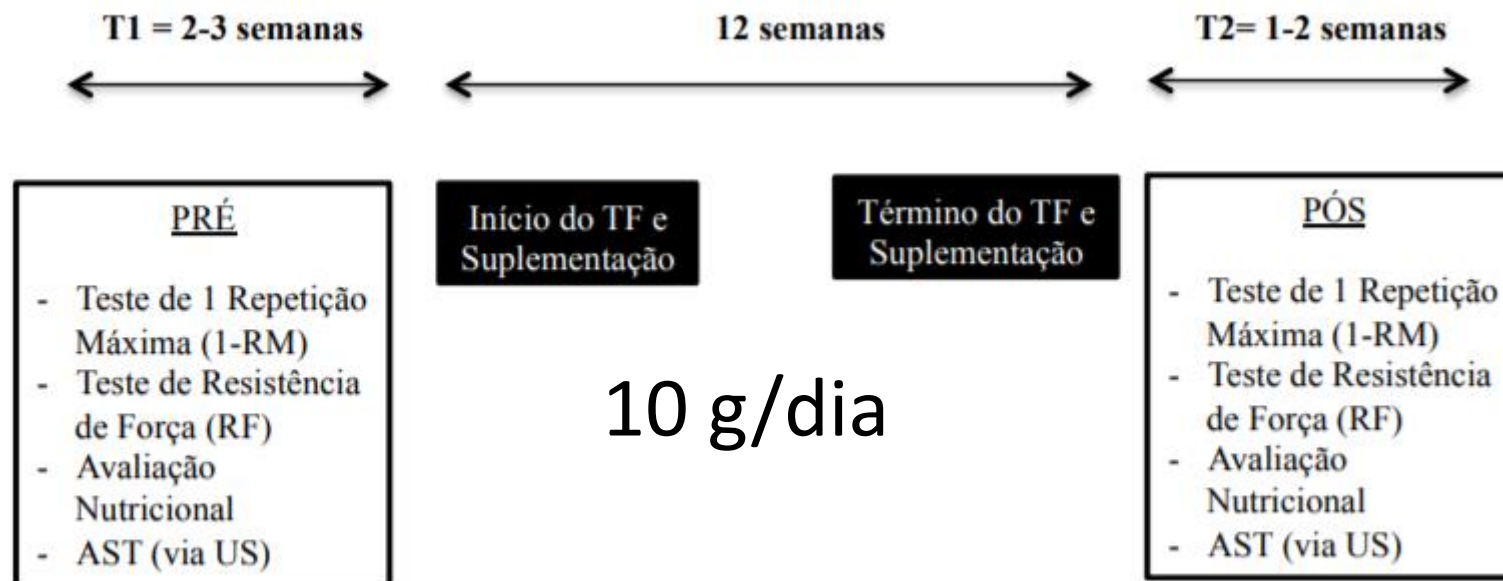
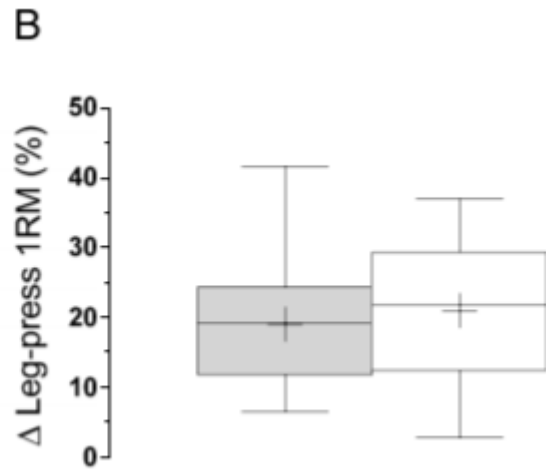
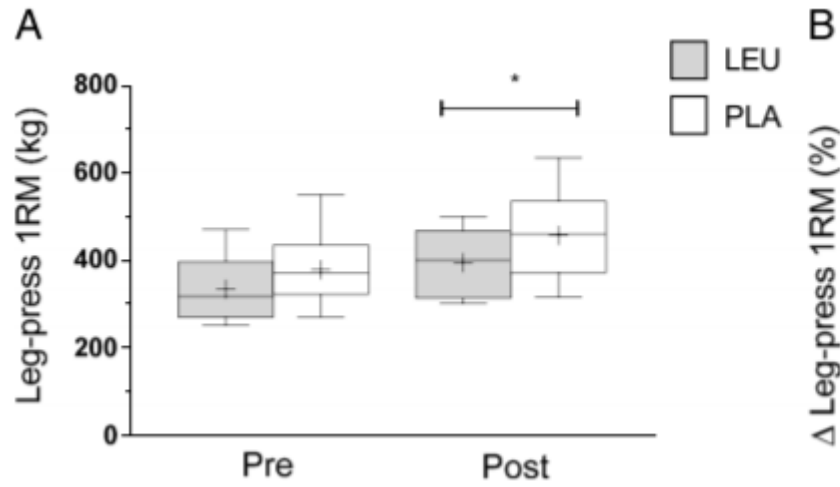
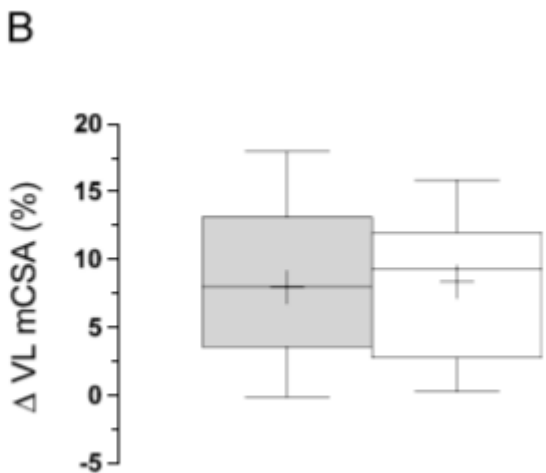
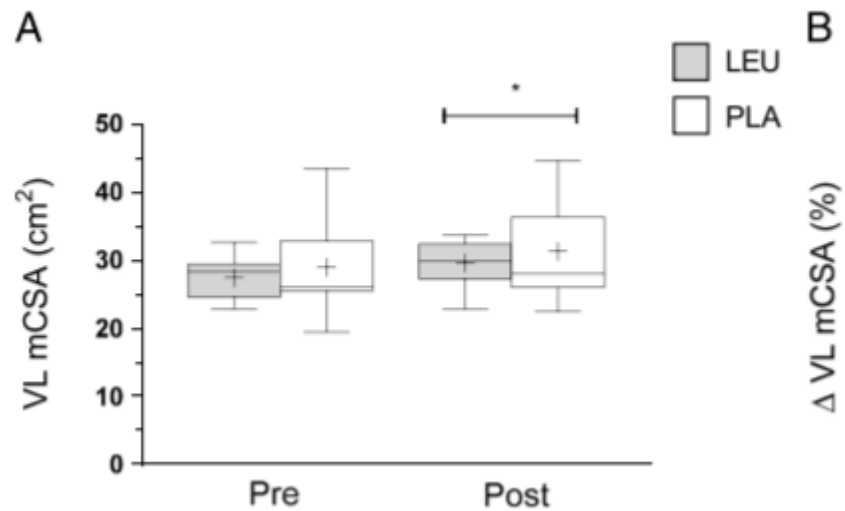


Figura 1- Desenho Experimental, ilustrando procedimento de testes e período de treinamento e suplementação

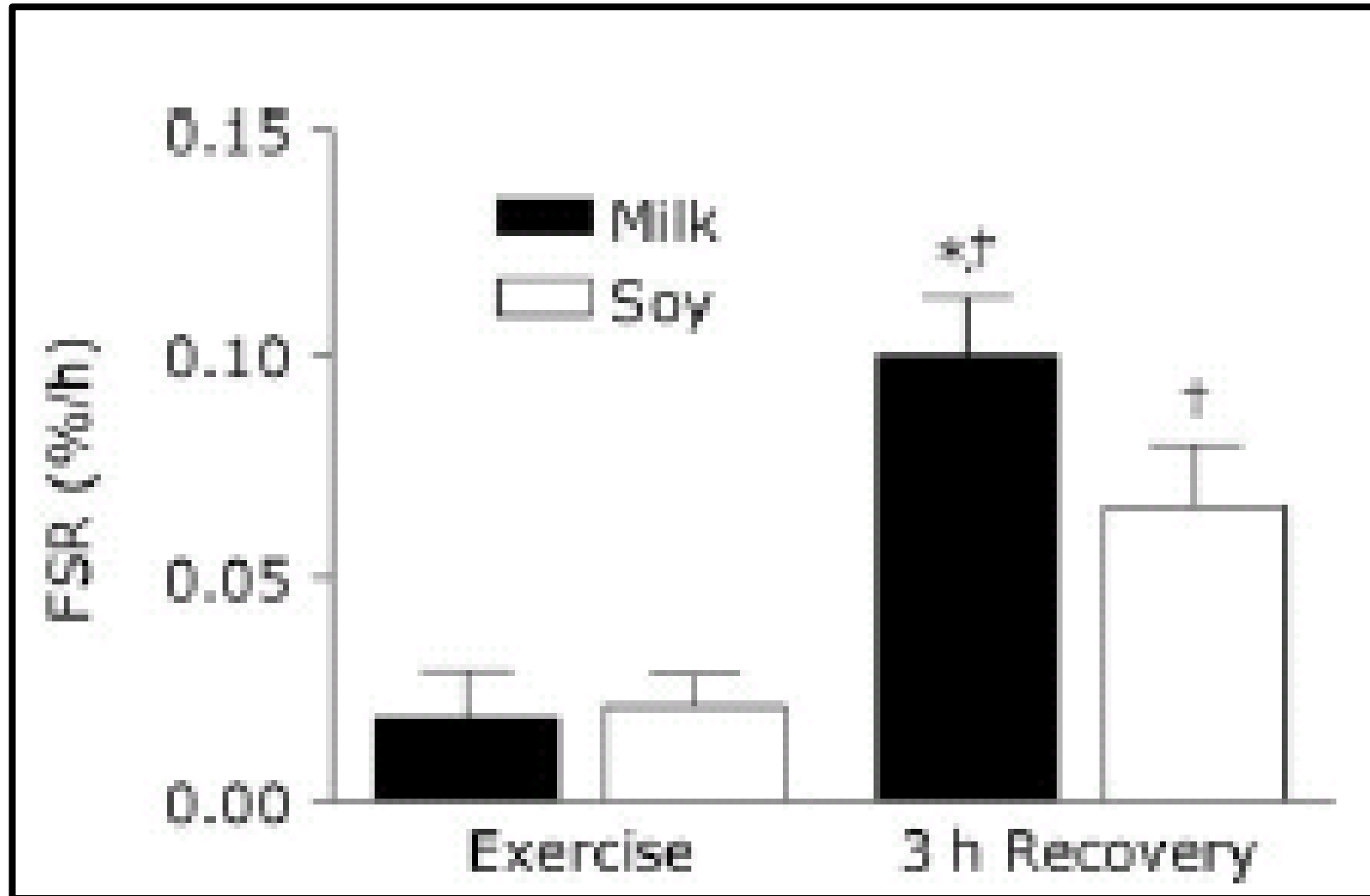


Força
(1RM)



CSA
(US)

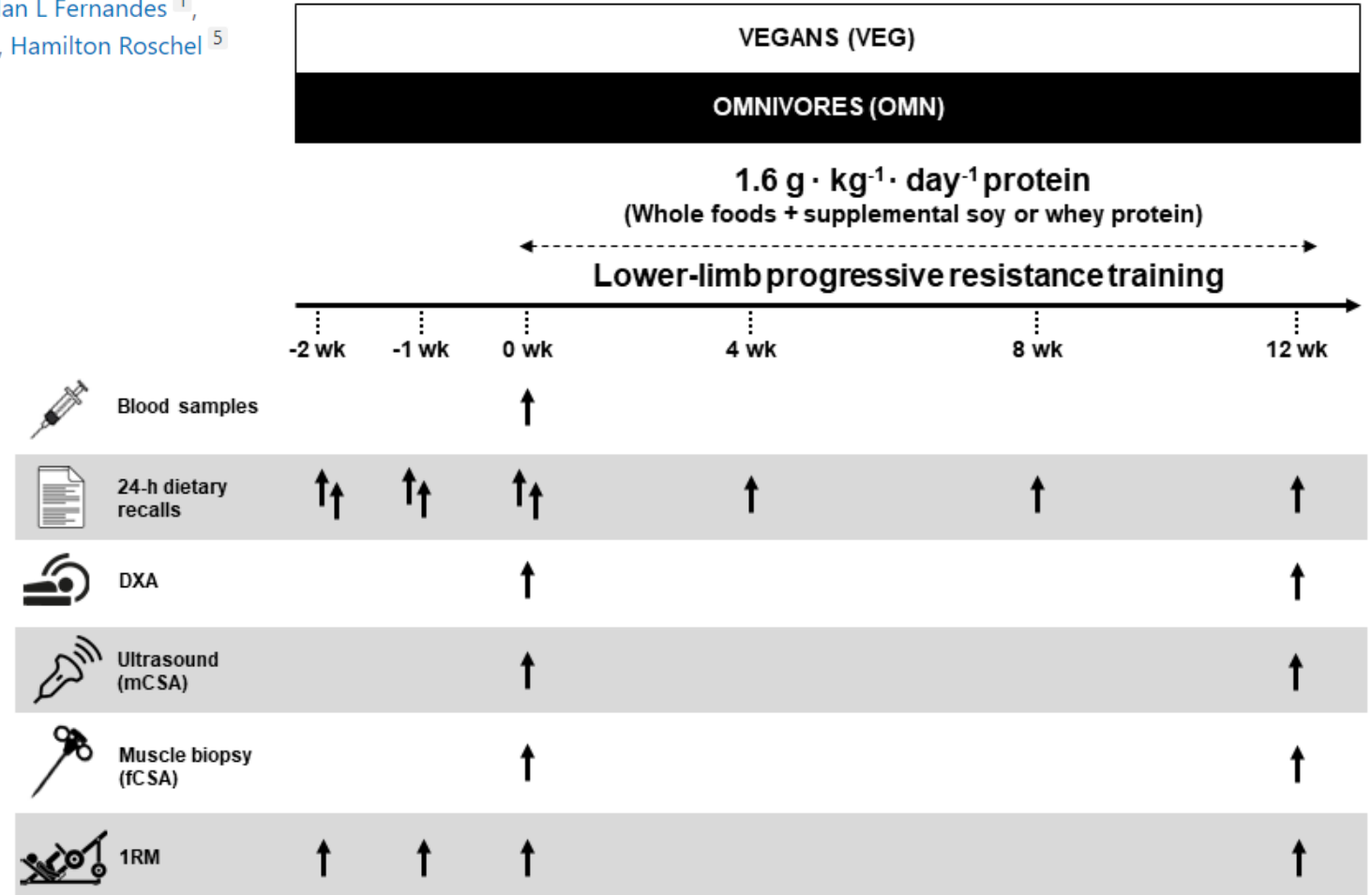
Leite vs. proteína de soja

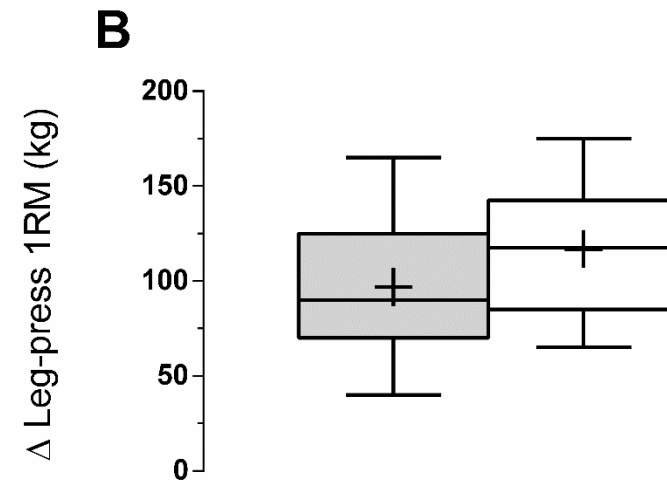
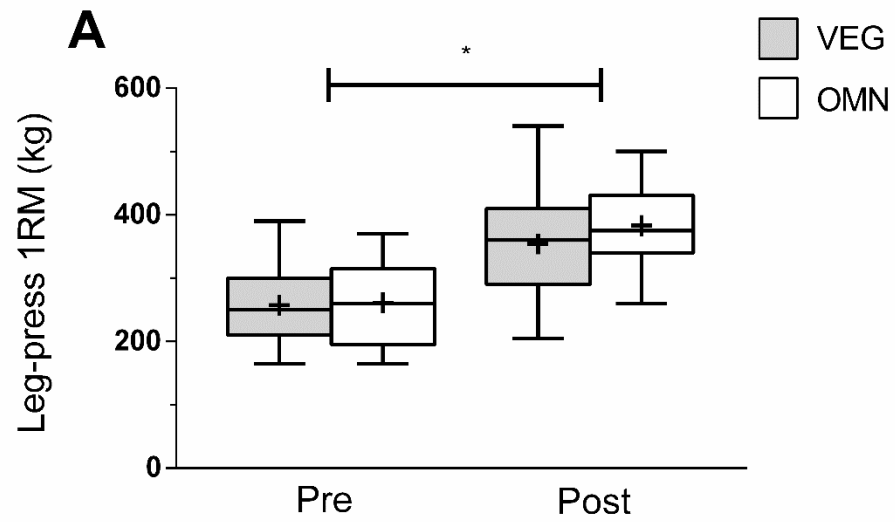
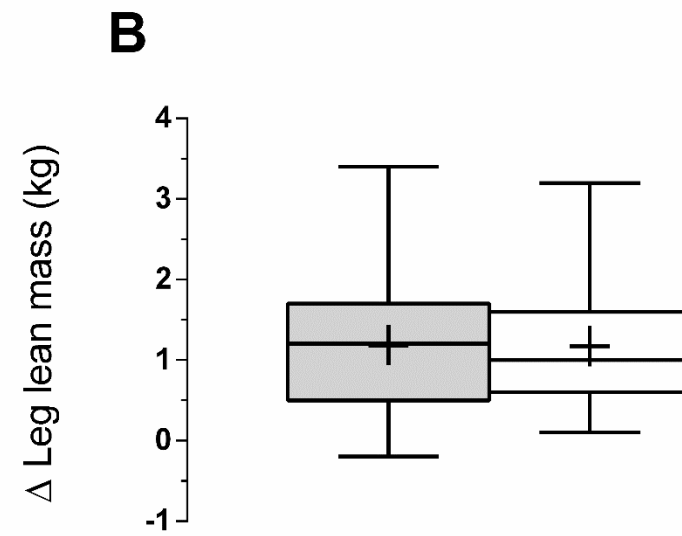
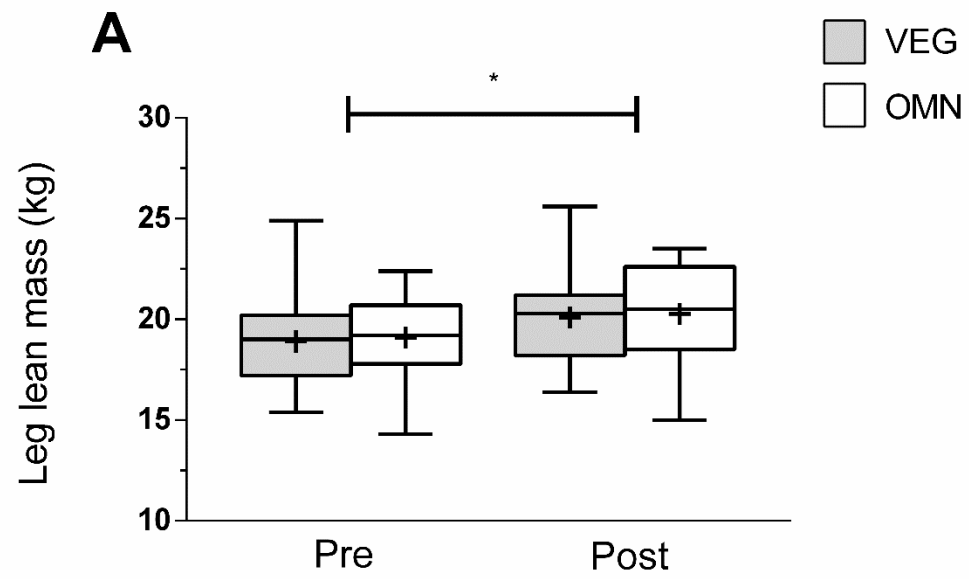


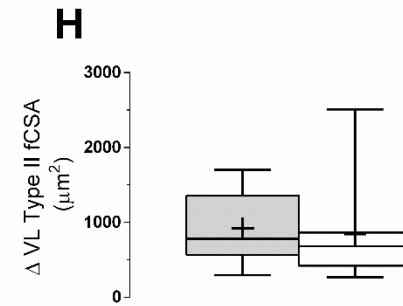
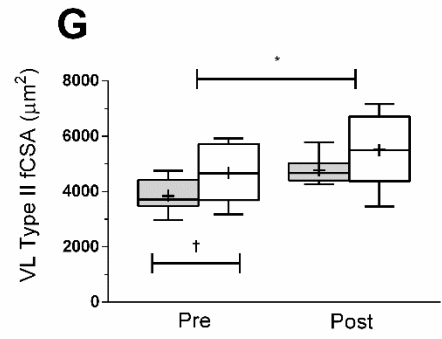
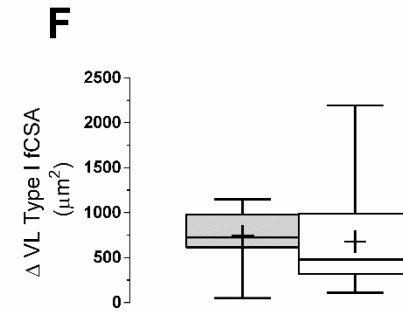
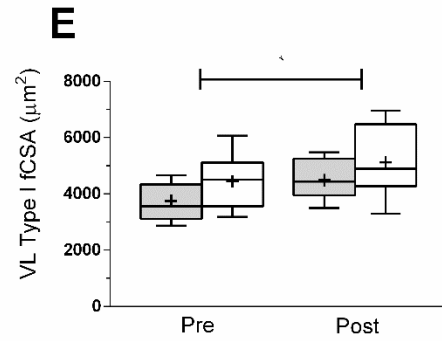
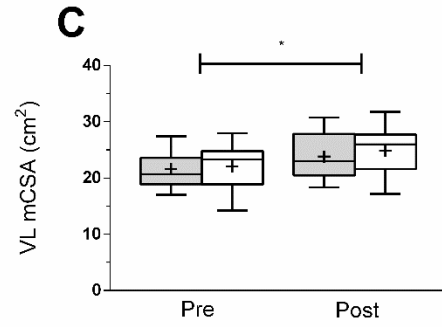
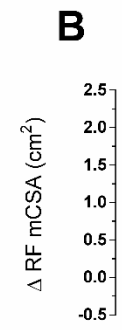
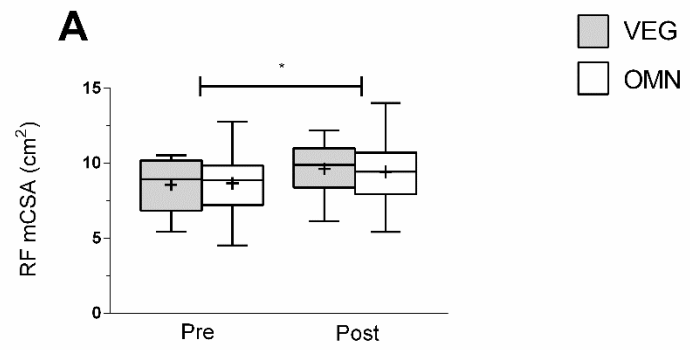
Então dietas vegetariana/veganas são piores
para hipertrofia?

High-Protein Plant-Based Diet Versus a Protein-Matched Omnivorous Diet to Support Resistance Training Adaptations: A Comparison Between Habitual Vegans and Omnivores

Victoria Hevia-Larraín ¹, Bruno Gualano ^{1 2}, Igor Longobardi ¹, Saulo Gil ¹, Alan L Fernandes ¹, Luiz A R Costa ¹, Rosa M R Pereira ³, Guilherme G Artioli ¹, Stuart M Phillips ⁴, Hamilton Roschel ⁵





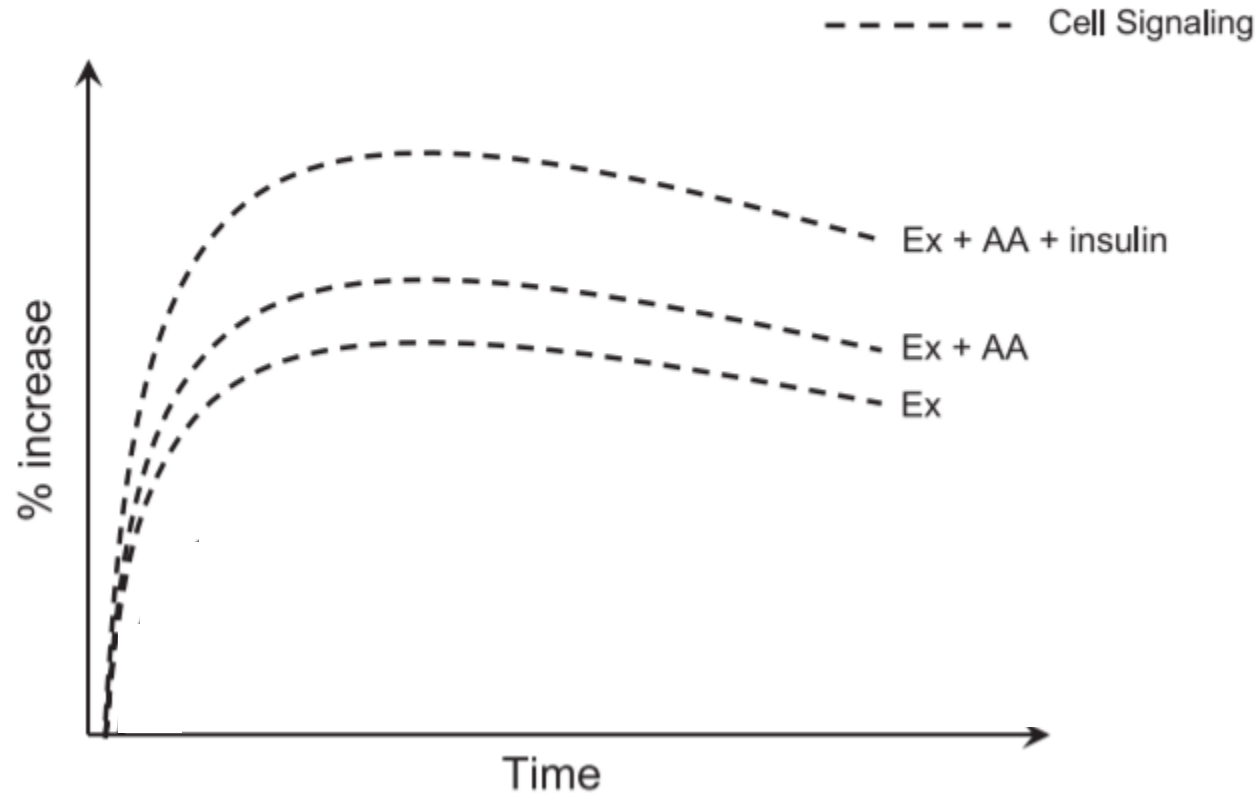


4ª conclusão

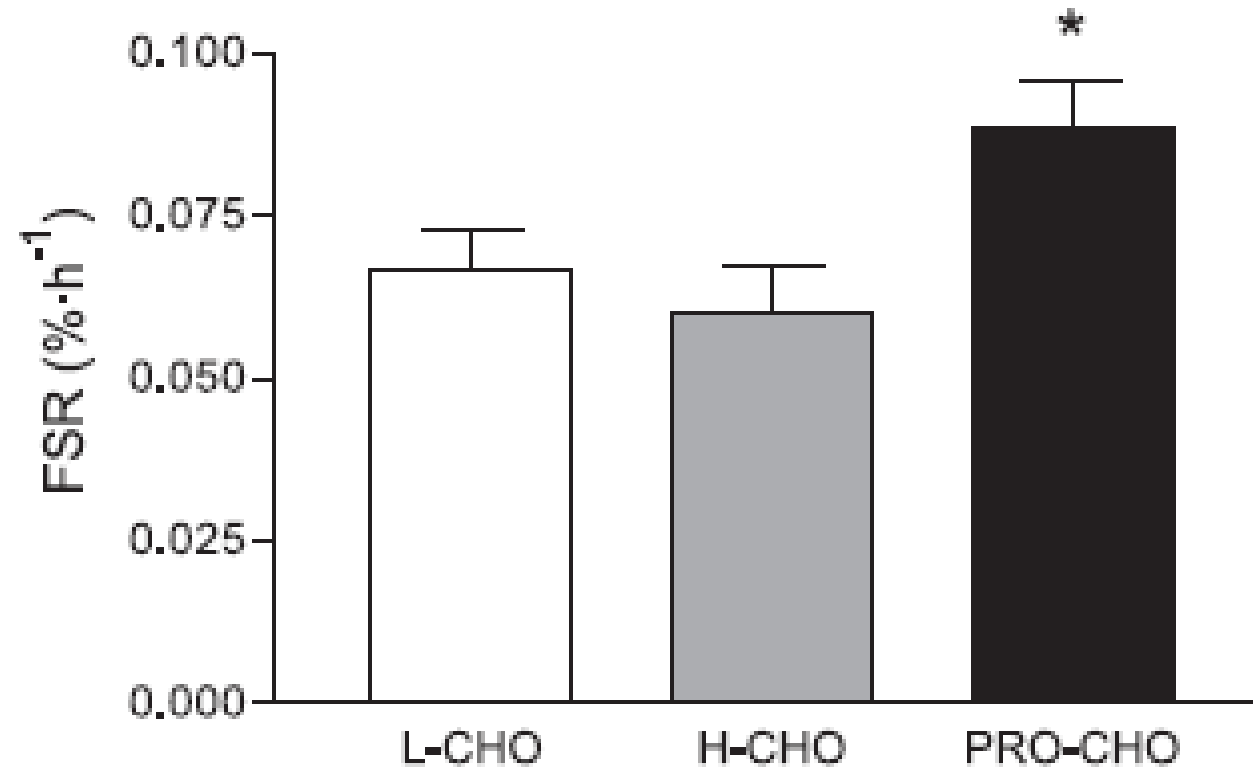
- Proteínas ricas em leucina e de alto valor biológico parecem ser melhores
- Proteínas de rápida absorção parecem ser melhores
- Ajuste de dose facilmente tornaria proteínas com menos leucina igualmente efetivas
- Em longo prazo, essas diferenças não parecem ser importantes, desde que haja consumo total adequado e bem distribuído

5. Carboidrato (insulina)
potencializa o efeito
anabólico da proteína?

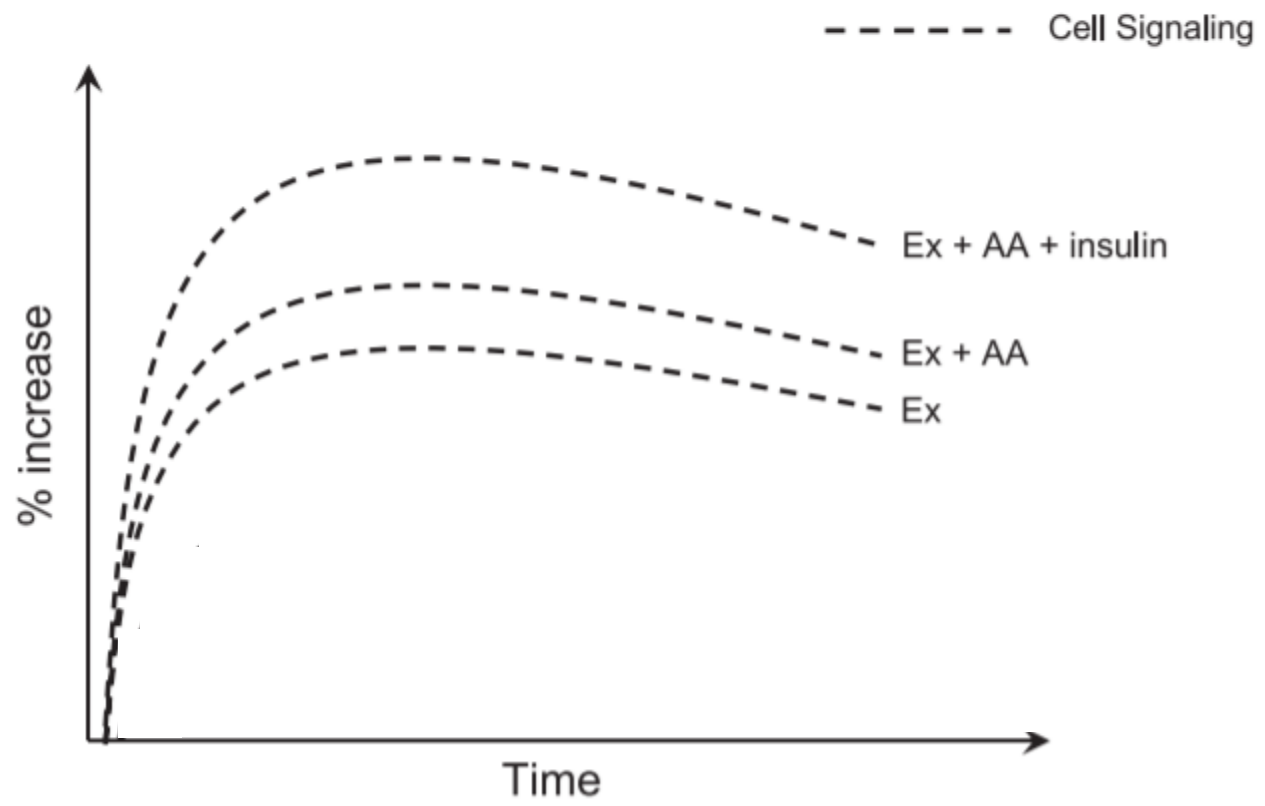
Papel da insulina na sinalização sustenta essa hipótese



Mas parece haver um descompasso entre sinalização e síntese proteicas

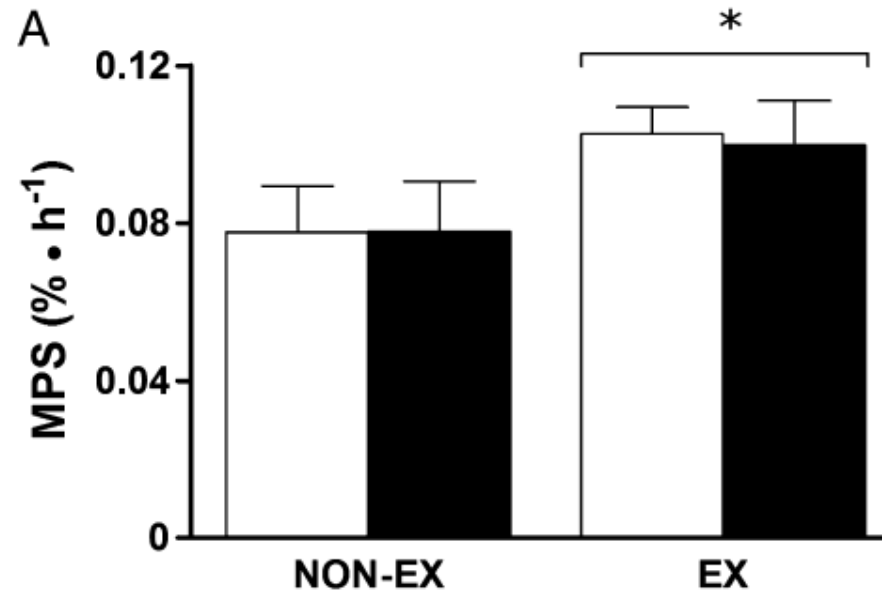
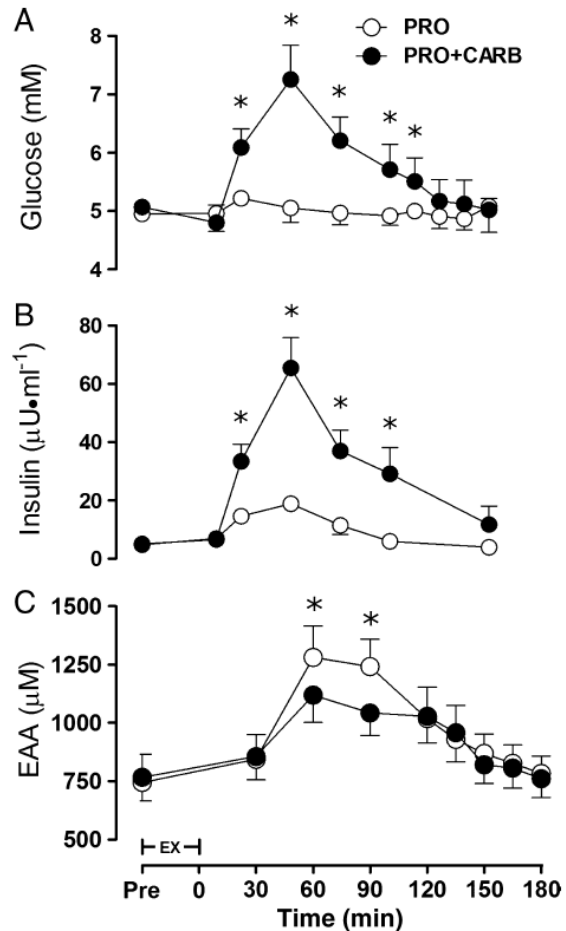


CHO, INDEPENDENTE DA DOSE, É ESTÍMULO SUB-ÓTIMO!



Combinação de proteína e CHO maximiza síntese proteica?

- Aumento da insulinemia (?)



Insulina pode reduzir o “catabolismo” após o exercício?

**Especula-se que CHO aumenta insulina, um hormônio
que bloquearia o catabolismo proteico muscular**

Afinal, devo mesmo me preocupar com “catabolismo” em condições normais?

CHO, INDEPENDENTE DA DOSE, NÃO É SUFICIENTE!

Qual a melhor estratégia para potencializar o anabolismo após o exercício?

Resposta: proteína (já secreta insulina)

mas carboidratos podem desempenhar outros papéis: restauração do glicogênio, controle da glicemia, etc...

Resposta mais correta: refeição

5ª conclusão

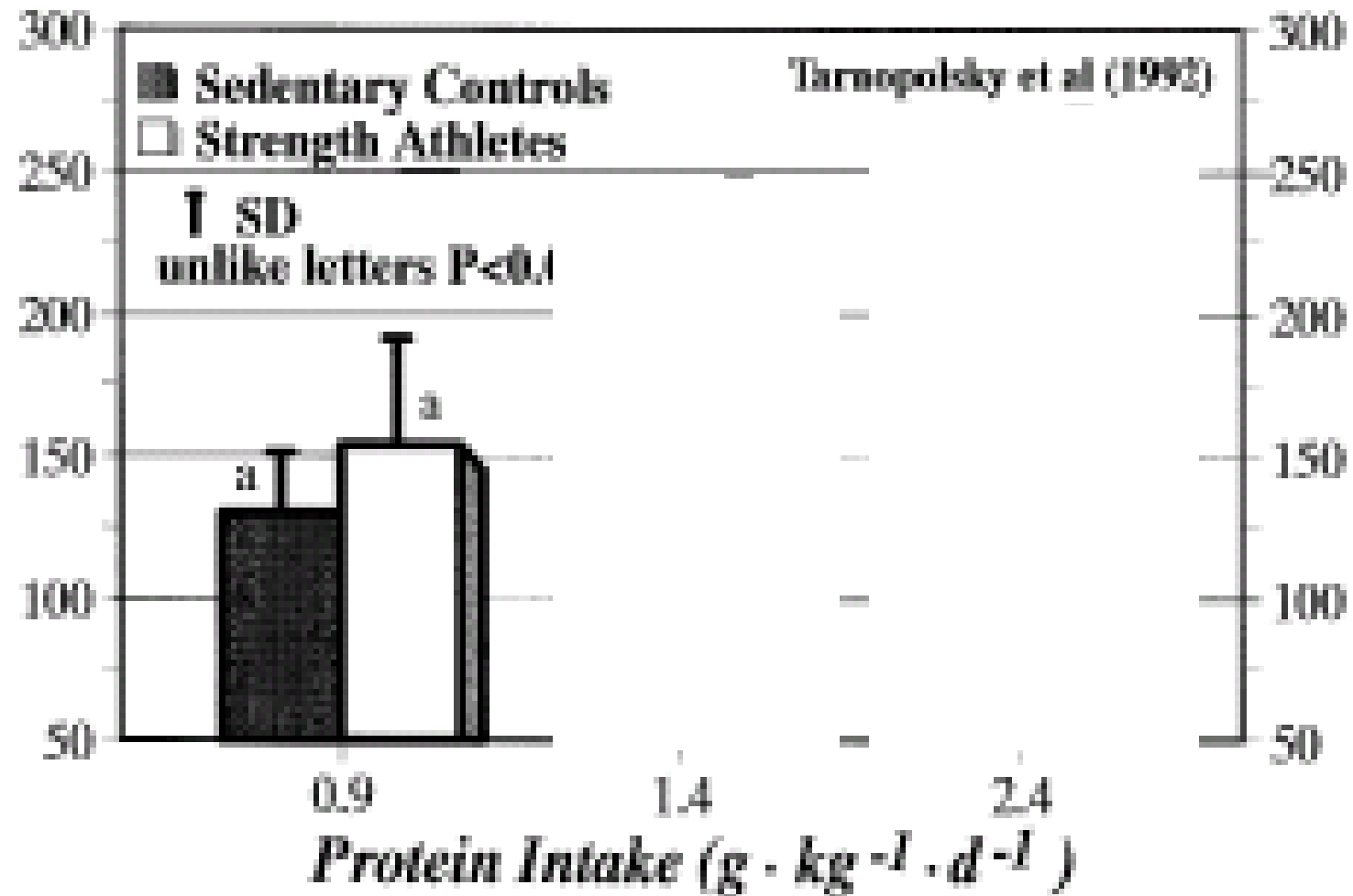
CHO (e insulina) não
potencializam anabolismo,
tampouco atenuam catabolismo

insulina tem efeito permissivo e há limite. Leucina é secretora de insulina
NÃO QUER DIZER QUE NÃO SE DEVA INGERIR CARBOIDRATOS!

7. O que fazer!?

Fazer o que já se sabe há décadas...

Whole Body Protein Synthesis ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)



Muscle Protein Synthetic Rate (arbitrary units)

