



# Efeito da Oferta Dietética de Proteína Sobre o Ganho Muscular, Balanço Nitrogenado e Cinética da $^{15}\text{N}$ -Glicina de Atletas em Treinamento de Musculação

## Effect of the Dietary Protein Intake on the Muscular Gain, Nitrogen Balance and $^{15}\text{N}$ -Glycine Kinetics of Athletes in Resistance Training

Nailza Maestá<sup>1</sup>

Edilson Serpeloni Cyrino<sup>2</sup>

Aparecida Yooko Outa Angeleli<sup>3</sup>

Roberto Carlos Burini<sup>4</sup>

1. Centro de Metabolismo em Exercício e Nutrição (CeMENutri), da Faculdade de Medicina - FMUNESP, Botucatu (SP), Brasil.

2. Universidade Estadual de Londrina (UEL)/PR, Centro de Educação Física e Desportos – UEL/PR.

3. Departamento de Clínica Médica da FMUNESP

4. Departamento de Saúde Pública, Responsável pelo CeMENutri, FMUNESP, Botucatu (SP).

### Endereço para correspondência:

Roberto Carlos Burini

– UNESP Faculdade de Medicina

– Departamento de Saúde Pública,

CeMENutri – Distrito de Rubião Jr,

s/nº – CEP 18618-970 – Botucatu

(SP) – Telefone: (14) 3811 6128

Email: cemenutri@fmb.unesp.br

Submetido em 05/07/2007

Versão final recebida em 18/10/2007

Aceito em 17/01/2008

### RESUMO

O efeito da oferta crescente de proteína sobre o ganho muscular, balanço nitrogenado e cinética da  $^{15}\text{N}$ -glicina de atletas de musculação foi estudado em seis jovens saudáveis, praticantes de treinamento com pesos (> 2 anos), sem uso de anabolizantes e concordes com os princípios éticos da pesquisa. Todos receberam adequações dietéticas (0,88g de proteína/kg/dia) pré-experimento de 2 semanas (D1) após o que se ofereceu, por idêntico período, dieta contendo 1,5g de proteína/kg de peso corporal/dia com 30kcal/g de proteína (dieta D2). A seguir receberam, nas próximas 2 semanas, a dieta D3, contendo 2,5g de proteína/kg de peso corporal/dia e 30 kcal/g proteína. As avaliações antropométricas, alimentares, bioquímicas, balanço nitrogenado (BN) e cinética com  $^{15}\text{N}$ -glicina foram realizadas no início do estudo, pós D1 (M0) e no último dia das dietas D2 (M1) e D3 (M2). Ao final do estudo (4 semanas) houve aumento significativo na massa muscular (1,63±0,9kg), sem diferença entre D2 e D3. O BN acompanhou o consumo protéico/energético (M0 = -7,8g/dia; M1 = 5,6g/dia e M2 = 16,6g/dia) e a síntese protéica acompanhou o BN, com significância estatística (p<0,05) em relação ao basal (M0) mas semelhante entre D2 e D3 (M1 = 49,8±12,2g N/dia e M2 = 52,5±14,0g N/dia) e sem alteração significativa do catabolismo. Assim, os dados de BN e cinética da  $^{15}\text{N}$ -glicina indicam que a ingestão protéica recomendável para esses atletas é superior ao preconizado para sedentários (0,88g/kg) e inferior a 2,5g/kg de peso, sendo no caso, 1,5g de proteína/kg de peso/dia com ajuste do consumo energético para 30 kcal/g de proteína.

**Palavras-chave:** exercício, dieta, proteína, síntese, músculo.

### ABSTRACT

The effect of increased protein intake on the muscle mass gain, nitrogen balance and  $^{15}\text{N}$ -glycine kinetics was studied in six young, healthy subjects practitioners of strength training (> 2 years), without use of anabolic steroids and in agreement with the ethical principles of the research. All athletes received adequate diet (0.88g protein/kg/day) during 2 weeks prior the study (D1), and thereafter with diet providing 1.5g of protein/kg/day and 30kcal/g of protein (D2 diet) for the subsequent 2 weeks. Later on, they all received diet with 2.5g of protein/kg/day (D3 diet) and 30 kcal/g protein for the last two weeks. Body composition, food intake, blood biochemistry, nitrogen balance (NB) and  $^{15}\text{N}$ -glycine kinetics were determined at the beginning, after D1 (M0) and in the last days of the D2 (M1) and D3 (M2). The results showed at the end of the study (4 weeks) significant increase in muscle mass (1.63±0.9kg), without difference between D2 and D3. The NB followed the protein/energy consumption (M0 = -7.8g/day; M1 = 5.6g/day and D3 = 16.6g/day), the protein synthesis followed the NB, with M0 < (M1=M2) (M1 = 49.8±12.2g N/day and M2 = 52.5±14.0g N/day). Protein catabolism rate was similarly kept among diets. Thus, the results of the NB and  $^{15}\text{N}$ -glycine kinetics indicate that the recommended protein intake for these athletes is higher than the one for sedentary adults (0.88g/kg) and lower than 2.5g/kg, around 1.5g of protein/kg/day, with adjustment of the energy consumption to 30 kcal/g of protein.

**Keywords:** exercise, diet, protein, synthesis, muscle

## INTRODUÇÃO

O treinamento de força favorece a hipertrofia muscular, pela maior liberação de hormônios anabólicos (GH, IGF-1 e testosterona), bem como a disponibilidade de nutrientes (aminoácidos e glicose) no músculo<sup>(1)</sup>. Entretanto, o maior consumo de ATP para a contração muscular pode diminuir a disponibilidade de energia para síntese proteica muscular<sup>(2)</sup>. Assim, caso não haja adequação das calorias não protéicas, a oxidação de aminoácidos no músculo esquelético e a conversão hepática dos aminoácidos gliconeogênicos em glicose aumentam e, com isso, diminuem as disponibilidades de aminoácidos para a síntese proteica<sup>(3)</sup>.

A proteína é o regulador mais importante do metabolismo proteico<sup>(4)</sup>. Segundo Bilsborough e Mann<sup>(5)</sup>, não só a quantidade protéica, mas a composição deve ser levada em consideração. Arginina, lisina, glutamina são estimulantes dos hormônios anabólicos (insulina, GH, IGF-1) e, os aminoácidos de cadeia ramificada, têm papel importante na regulação metabólica da síntese proteica muscular. Para síntese proteica muscular, os aminoácidos essenciais são tão eficientes quanto à mistura completa de aminoácidos e, uma mistura de aminoácidos de cadeia ramificada é tão eficiente na promoção da síntese proteica como todos aminoácidos essenciais reunidos. Dentre eles a leucina tem efeito preponderante<sup>(6)</sup>. A leucina age como mediador positivo modulando especificamente as atividades das quinases intracelulares ligadas a tradução do mRNA de proteínas como a 3'fosfatidilinosinol quinase e a quinase proteica ribossomal *S6 mammalian target of rapamycin* (mTOR)-70kDa (p70<sup>s6k</sup>). A leucina estimula a atividade da mTOR no músculo para iniciação da síntese proteica e pode ser considerada como substrato bioativo desta modulação<sup>(6)</sup>.

Atualmente, apesar de terem sido esclarecidas as necessidades protéicas de atletas de força, (1,4 a 1,8g/kg de peso/dia)<sup>(7)</sup> ainda persistem hábitos alimentares hiperprotéicos para o ganho de massa muscular associados ao treinamento com pesos.

Portanto, o objetivo do estudo foi verificar o efeito da oferta crescente de proteína, com adequação energética, sobre o ganho muscular, balanço nitrogenado e cinética da <sup>15</sup>N-glicina de atletas em treinamento de musculação.

## Casuística e Métodos

Em estudo prospectivo observacional foram investigados jovens, do sexo masculino, praticantes de musculação há no mínimo dois anos, não usuários de esteróides anabolizantes, não vegetarianos e não fumantes ou etilistas. Com esses critérios foram selecionados seis atletas entre 18 e 35 anos de idade, devidamente informados sobre a proposta do estudo, os procedimentos a que seriam submetidos e assinantes do termo de consentimento livre e esclarecido, com posterior aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa desta instituição (Of.269/98).

## Hábitos alimentares e Protocolo dietético

A investigação dos hábitos alimentares foi realizada durante um mês pré-intervenção dietética, por meio do registro alimentar de três dias e aplicação do recordatório alimentar de 24 horas<sup>(8)</sup>, com cálculo da quantidade centesimal dos nutrientes por meio do software de Nutrição "NUTWIN"<sup>(9)</sup>.

A partir dos dados pré-intervenção foram feitas adequações permitindo que consumissem dieta contendo 1,5g de proteína/kg de peso corporal/dia com 30 kcal/g de proteína. Esta foi a dieta das

duas primeiras semanas de intervenção, denominada dieta D2. Nas duas semanas subsequentes os atletas receberam a dieta D3, com o acréscimo de 1 g de proteína/kg de peso/dia, oferecido pelo suplemento Amino 2000<sup>®</sup>, perfazendo um total de 2,5g de proteína/kg de peso corporal/dia e mantendo a adequação de 30kcal/g de proteína.

Todos os alimentos foram selecionados, adquiridos, temperados, cozidos e porcionados em restaurante sob a supervisão de profissional nutricionista. Cada atleta recebia a embalagem contendo a alimentação diária, devidamente etiquetada, contendo todas as refeições. As eventuais sobras eram computadas e excluídas do cálculo diário da ingestão.

A duração total da fase de intervenção dietética foi de 28 dias (dietas D2 + D3) (figura 1).

## Protocolo de exercício físico

O protocolo de treinamento constou de duas fases, com a primeira fase (14 dias) na pré-intervenção dietética, tendo como finalidade o nivelamento do condicionamento muscular entre os participantes. A segunda fase (em presença do tratamento dietético) visou a hipertrofia muscular, envolvendo programação, de exercícios, em seis dias consecutivos, intercalados por um de descanso.

Cada sessão constou de três exercícios para cada grupamento muscular, com quatro séries por exercício. O número de repetições, utilizadas em cada uma das séries, foi igual a 12/10/8/6, respectivamente, com cargas crescentes (meia pirâmide)<sup>(10)</sup>.

As cargas utilizadas foram compatíveis com o número de repetições máximas obtidas previamente para cada exercício pelo teste de 1 repetição máxima (1RM). Para cada exercício foram utilizadas cargas de 70-85% de 1 RM.

Foram realizadas três sessões de treinamento durante seis dias por semana<sup>(11)</sup>: A (1º e 4º dias) para peitoral, ombro e tríceps, B (2º e 5º dias) para costas, bíceps e antebraço e C (3º e 6º dias) para coxa, panturrilha e abdome (tabela 1).

O protocolo de musculação foi realizado durante todo o período de tratamento dietético (D2 e D3) com total de 28 dias de duração (figura 1).

## Avaliação da Composição Corporal

Para a avaliação do peso corporal e altura foi utilizada balança antropométrica (Filizola®, Brasil) e estadiômetro fixo à parede<sup>(12)</sup>.

As circunferências do braço (CB), coxa (CC) e panturrilha (CP), e as dobras cutâneas triptal (DCT), abdominal (DCA), coxa (DCC) e panturrilha (DCP) foram utilizadas para o cálculo da massa gorda e massa muscular do corpo<sup>(12)</sup>. Para o cálculo da densidade corporal realizou-se a equação preconizada por Jackson & Pollock<sup>(13)</sup>, o percentual de gordura corporal (%G) pela equação de Siri<sup>(14)</sup> e a massa muscular (kg) pela equação proposta por Lee *et al.*<sup>(15)</sup>.

A avaliação da composição corporal foi realizada antes do início da intervenção dietética (M0), ao final das primeiras duas semanas (M1) de tratamento dietético com D2 e no final das últimas duas semanas com a dieta D3, com total de 28 dias (M2) (figura 1).

## Análise Sangüínea

As amostras sangüíneas foram colhidas pela manhã, após 10-12 horas de jejum, por meio de punção venosa. Soro e plasma foram utilizados para as dosagens de glicose, triglicerídios, colesterol total e HDL-colesterol, proteínas totais e albumina por métodos colorimétrico

(Sera-Pack®, Bayer, USA) e os hormônios insulina, testosterona total e livre dosados pela técnica de radioimunoensaio<sup>(16)</sup>. Estas dosagens foram realizadas nos momentos M0, M1 e M2 (figura 1).

**Tabela 1.** Características antropométricas e do consumo alimentar dos culturistas (n=6) antes (M0) e após intervenção (M1 e M2) com diferentes tratamentos dietéticos e treinamento com pesos.

Variáveis	Momentos		
	M0	M1	M2
Peso (kg)	91,3±17,4 <sup>a</sup>	94,0±17,5 <sup>a</sup>	95,7±18,1 <sup>a</sup>
MM (kg)	41,3±5,1 <sup>a</sup>	42,0±5,1 <sup>ab</sup>	43,0±5,6 <sup>b</sup>
MM (%)	45,8±3,8 <sup>a</sup>	45,2±3,6 <sup>a</sup>	45,4±4,1 <sup>a</sup>
Gordura (kg)	12,2±6,1 <sup>a</sup>	12,7±6,4 <sup>a</sup>	13,7±7,5 <sup>a</sup>
Gordura (%)	12,7±4,1 <sup>a</sup>	12,9±4,4 <sup>a</sup>	13,6±5,0 <sup>a</sup>
kcal total	1.886±260 <sup>a</sup>	5.505±920 <sup>b</sup>	7.500±1.288 <sup>c</sup>
kcal/kg	21,5±6,2 <sup>a</sup>	60,6±2,3 <sup>b</sup>	79,9±1,8 <sup>c</sup>
kcal/g proteína	20,3±4,0 <sup>a</sup>	39,2±1,2 <sup>b</sup>	31,8±0,7 <sup>c</sup>
Proteína total	78,9±14,1 <sup>a</sup>	140,5±24,0 <sup>b</sup>	234,5±41,5 <sup>c</sup>
Proteína/kg	0,88±0,2 <sup>a</sup>	1,54±0,03 <sup>b</sup>	2,51±0,03 <sup>c</sup>
Carboidrato total (g)	255±49 <sup>a</sup>	1.069±183 <sup>b</sup>	1.404±258 <sup>c</sup>
Carboidrato (g)/kg	2,9±0,8 <sup>a</sup>	11,8±0,4 <sup>b</sup>	14,9±0,3 <sup>c</sup>
Lipídio total (g)	60,9±11,9 <sup>a</sup>	74,3±10,5 <sup>a</sup>	104,4±10,4 <sup>b</sup>

MM – massa muscular.

<sup>a,b</sup> letras iguais sem diferença entre os tratamentos dietéticos; <sup>a,b,c</sup> letras diferentes diferença entre os tratamentos dietéticos (ANOVA).

M0 - Início do estudo - jejum de 21 horas (apenas 1 refeição) (D1);

M1 - Dieta com 1,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína (D2);

M2 - Dieta com 2,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína (D3).

## AVALIAÇÃO DO METABOLISMO PROTÉICO TOTAL

### Balanço Nitrogenado

O período de coleta de urina foi de 24 horas. Foram dosadas uréia urinária (método urease), amônia (extração em Conway) e nitrogênio total pelo método micro-Kjeldahl para o cálculo do balanço nitrogenado (BN)<sup>(17)</sup>.

O BN foi realizado no início do estudo, jejum de 21h (D1) e repetido no final de cada dieta (D2 e D3) (figura 1).

### Estudo cinético da <sup>15</sup>N-Glicina

Foi oferecida dose única, via oral, de 150 a 200 mg de <sup>15</sup>N-Glicina, 99 átomos % em excesso (MERCK & C.O., INC. Rahaway, New Jersey, USA)<sup>(18)</sup> dissolvida em 10 mL de água destilada e consumida de imediato as 8h do dia do estudo<sup>(19)</sup>.

Para análise do enriquecimento do produto final: <sup>15</sup>N-amônia foi utilizada a urina colhida durante as primeiras 9 horas (8-17h) do dia e a <sup>15</sup>N-uréia na urina colhida durante toda as 24h (8 - 8h do dia subsequente) do estudo<sup>(18)</sup>.

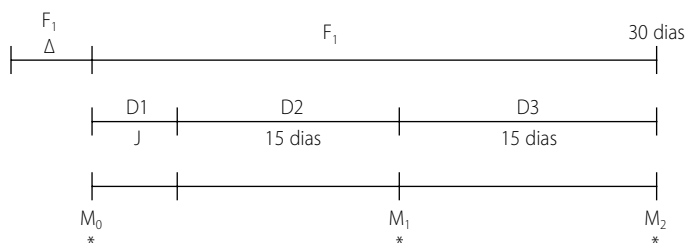
Fluxo nitrogenado, síntese e catabolismo protéico foram calculados pela equação proposta por Picou e Taylor-Roberts<sup>(20)</sup> e, como resultado final foi realizada a média aritmética dos enriquecimentos da uréia mais

amônia (uréia+amônia/2). Todos estes cálculos foram realizados nos três momentos, no início do estudo, jejum de 21h (D1) e repetidos no final das dietas D2 e D3 (figura 1).

## Análise Estatística

As avaliações foram realizadas nos momentos pré-tratamento dietético (M0), pós-tratamento D1 (M1) e pós-tratamento D2 (M2) (figura 1).

Para comparações entre os momentos foi utilizada a análise de variância (ANOVA) e quando detectada a diferença realizou-se o teste Tukey's pos para determinar a magnitude das diferenças. Todas as conclusões estatísticas foram realizadas no nível de 5% de significância.



**Figura 1.** Desenho Experimental

F<sub>1</sub> = fase pré-dietética

F<sub>2</sub> = fase dietética e treinamento para hipertrofia muscular

D<sub>1</sub> = jejum de 21 horas

D<sub>2</sub> = dieta com 1,5g de proteína/kg de peso/dia

D<sub>3</sub> = dieta com 1,5g de proteína/kg de peso/dia + 1g de suplemento proteico industrializado/kg de peso

\* Avaliação antropométrica

exames bioquímicos

urina de 24h

estudo cinético com <sup>15</sup>N glicina

balanço nitrogenado

Δ registro alimentar de três dias e recordatório do consumo alimentar de 24 horas

## RESULTADOS

As características antropométricas e alimentares dos atletas nos momentos do estudo encontram-se na tabela 1. As alterações do peso, massa magra e adiposa do corpo não foram estatisticamente significantes, mas ao final dos 28 dias de treinamento e intervenção dietética (M2) houve aumento de 4,8% no peso corporal e, em menores proporções na massa muscular (4,1%), com a massa adiposa aumentando em 12,3%. O maior aumento do peso se deu nos primeiros 15 dias (M1) com a dieta D2 e o da massa magra e adiposa ocorreu nos últimos 15 dias (M2) com a dieta D3.

Habitualmente os atletas já consumiam cerca de 1,5g de proteína/kg de peso/dia e 10g de carboidrato/kg de peso/dia, para um total de 5.000 kcal/dia, sendo 11%, 76% e 13% das calorias totais como proteínas, carboidratos e lipídios, respectivamente (tabela 1).

O consumo energético (kcal total e kcal/kg de peso) foi significativamente diferente entre os tratamentos, com maior oferta energética na dieta D3 (7.499±1.287 kcal e 79,9±1,8 kcal/kg, respectivamente) em comparação a D2 e D1. O mesmo aconteceu com o consumo protéico, conforme o estipulado, a dieta D3 foi composta por quantidades aumentadas de proteína em comparação a D1 e D2. Entretanto, quando corrigidas as calorias pela proteína consumida das dietas, observou-se que a dieta D2 apresentou a maior (p<0,05) proporção (39,2±1,2 kcal/g de proteína) em comparação a D1 e D3 (tabela 1).

O consumo glicídico também diferiu (p<0,05) entre as dietas, com quantidades maiores nas dietas D2 e D3 (1.068±183 e 1.404±258 g/dia, respectivamente). O consumo lipídico diferiu significativamente apenas na dieta D3, maior do que as demais (Tabela 1).

Quando se calculou a massa muscular acumulada (delta) pode-se observar que ao final dos 28 dias (M2-M0) houve aumento significativo de 1,63±0,9kg. No entanto, não houve diferença significativa, no ganho muscular, entre as primeiras 2 semanas (M1-M0) com a dieta D2 (0,67±0,5kg) e as últimas 2 semanas (M2-M1) com a dieta D3 (0,96±1,0kg).

As características bioquímicas e hormonais dos atletas nos momentos do estudo encontram-se na tabela 2. Observa-se que após as dietas D2 (M1) e D3 (M2) houve redução ( $p<0,05$ ) nas concentrações séricas de colesterol total, testosterona total e livre e, aumento significativo dos triglicerídios e da insulina, em comparação a D1 (M0), entretanto, sem diferença entre as dietas D2 e D3. As concentrações de HDL colesterol, glicose, proteínas totais e albumina não se alteraram durante os momentos dietéticos (tabela 2).

**Tabela 2.** Bioquímica geral e hormonal do plasma de culturistas após intervenção dietética e treinamento com pesos.

Variáveis	Momentos		
	M0	M1	M2
Colesterol total (mg/dL)	186±13,9 <sup>a</sup>	163±2,6 <sup>b</sup>	165±10,9 <sup>b</sup>
HDL – colesterol (mg/dL)	36,5±4,9 <sup>a</sup>	35,3±4,4 <sup>a</sup>	34,3±3,5 <sup>a</sup>
Triglicerídios (mg/dL)	67,3±42,1 <sup>a</sup>	129,3±29,8 <sup>b</sup>	114,2±27,6 <sup>b</sup>
Glicose (mg/dL)	89,9±4,6 <sup>a</sup>	92,7±12,1 <sup>a</sup>	86,3±11,9 <sup>a</sup>
Proteínas totais (g/dL)	7,4±0,2 <sup>a</sup>	7,4±0,4 <sup>a</sup>	7,6±0,3 <sup>a</sup>
Albumina (g/dL)	4,0±0,3 <sup>a</sup>	4,3±0,4 <sup>a</sup>	4,2±0,2 <sup>a</sup>
Insulina (μU/mL)	8,5±2,3 <sup>a</sup>	35,7±17,1 <sup>b</sup>	40,1±23,9 <sup>b</sup>
Testosterona Total (μg/mL)	623±47,8 <sup>a</sup>	476±113,2 <sup>b</sup>	450±118,0 <sup>b</sup>
Testosterona Livre (pg/mL)	36,5±3,7 <sup>a</sup>	28,5±5,6 <sup>b</sup>	25,9±3,3 <sup>b</sup>

<sup>a,a</sup> letras iguais sem diferença entre os tratamentos dietéticos; <sup>a,b,c</sup> letras diferentes diferença entre os tratamentos dietéticos (dados expressos em mediana e semi amplitude interquartilica - *Kruskal-Wallis* ANOVA – teste não paramétrico para mais de dois grupos).

M0 - Início do estudo - jejum de 21 horas (apenas 1 refeição);

M1 - Dieta com 1,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína;

M3 - Dieta com 2,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína.

As características do balanço nitrogenado e *turnover* da <sup>15</sup>N glicina dos atletas nos momentos do estudo encontram-se na tabela 3. O balanço nitrogenado aumentou significativamente nos tratamentos dietéticos, sendo negativo (-7,8g/dia) em D1, neutro em D2 (5,6g/dia) e positivo em D3 (16,6g/dia). Paralelamente, o fluxo nitrogenado aumentou significativamente de D1 para D2 permanecendo estável em D3. O padrão de variação da síntese protéica foi semelhante ao do fluxo nitrogenado, diferentemente do catabolismo protéico que permaneceu estável com a variação dietética (tabela 3).

A proporção entre síntese e catabolismo protéicos (S/C) aumentou significativamente após os tratamentos com as dietas D2 (124%) e D3 (150%) em comparação a D1 (86%) (figura 2).

**Tabela 3.** *Turnover* protéico muscular de culturistas após intervenção com diferentes tratamentos dietéticos e treinamento com pesos.

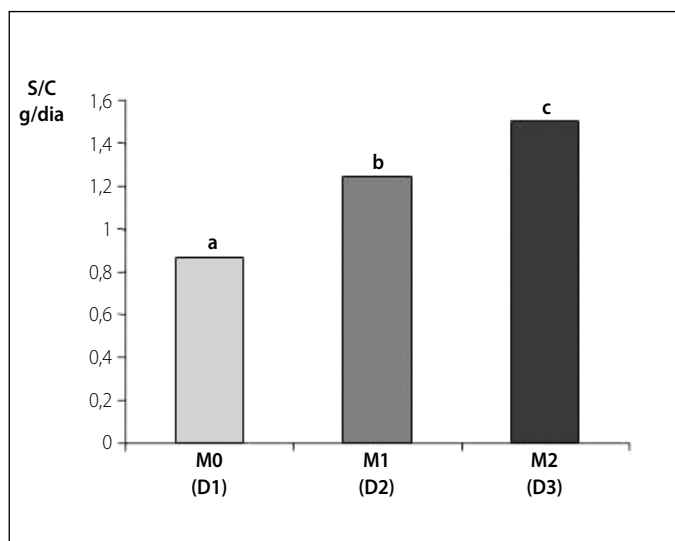
Variáveis	Momentos		
	M0	M1	M2
Balanço nitrogenado (g/24h)	-7,8±4,1 <sup>a</sup>	5,6±2,4 <sup>b</sup>	16,6±4,3 <sup>c</sup>
Fluxo médio (g/24h)	42,8±7,2 <sup>a</sup>	55,4±12,2 <sup>b</sup>	58,8±14,8 <sup>b</sup>
Síntese média (g/24h)	37,2±6,6 <sup>a</sup>	49,8±12,2 <sup>b</sup>	52,5±14,0 <sup>b</sup>
Catabolismo médio (g/24h)	43,2±7,2 <sup>a</sup>	40,4±11,4 <sup>a</sup>	35,8±11,9 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> letras diferentes diferença entre os tratamentos dietéticos (ANOVA  $p<0,05$ ).

D1 - Início do estudo - jejum de 21 horas (apenas 1 refeição);

D2 - Dieta com 1,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína;

D3 - Dieta com 2,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína.



**Figura 2.** Efeito da intervenção com diferentes tratamentos dietéticos (D2 e D3), 15 dias cada, sobre os valores médios da relação de síntese sobre catabolismo protéico (S/C) em culturistas (n=6) durante treinamento com pesos.

<sup>a,b,c</sup> letras diferentes – diferença entre os tratamentos dietéticos (dados expressos em mediana e semi amplitude interquartilica - *Kruskal-Wallis* ANOVA – teste não paramétrico para mais de dois grupos).

D1 - Início do estudo - jejum de 21 horas (apenas 1 refeição);

D2 - Dieta com 1,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína;

D3 - Dieta com 2,5g de proteína/kg de peso/dia e ≥30kcal/g de proteína.

## DISCUSSÃO

Jovens culturistas com 28,2 kg/m<sup>2</sup>, 12,7% de gordura e 45,8% de massa muscular, ingerindo 0,88g de proteínas/kg de peso, apresentaram balanço nitrogenado negativo de -7,8g/dia. Outros autores já haviam mostrado que a recomendação protéica para adultos sedentários é insuficiente para a positividade nitrogenada de atletas<sup>(21)</sup>. Prevê-se que a ingestão habitual média de proteínas, destes atletas, contenha, aproximadamente, 0,5 a 0,8g de proteína/kg de peso a mais do recomendável para sedentários de mesma idade<sup>(7,22)</sup>.

O exercício físico intenso aumenta a excreção de nitrogênio e quando as ingestões protéica e energética (principalmente de carboidrato) são insuficientes, diminui o balanço nitrogenado tornando-o negativo<sup>(23)</sup>. Isto é indesejável para atletas, como aconteceu com este estudo, no estado de jejum de 21h (D1) com apenas uma

refeição (0,88g de proteína/kg de peso/dia e 20 kcal/g de proteína). Entretanto, quando se elevou a ingestão protéica para 2,5g de proteína/kg de peso/dia (D3) houve maior retenção nitrogenada, com balanço positivo, em presença da proporção 1,5 para síntese/catabolismo protéico. Na dieta D2, com menor retenção nitrogenada (5,4g), essa proporção foi de 1,24. Há recomendações que relação síntese/catabolismo seja mantida ao redor de 1,5 para positividade do balanço nitrogenado de atletas<sup>(23)</sup>.

A adequação protéica depende basicamente da ingestão energética, pois sob circunstâncias em que a ingestão energética é inadequada, os aminoácidos da proteína dietética e do catabolismo protéico são substancialmente desviados para a produção de ATP. Portanto, não faz sentido aumentar o consumo protéico sem a devida adequação energética<sup>(24)</sup>, no caso 30 kcal/g protéica

Ao contrário da boa aderência do atleta ao elevado consumo protéico há dificuldades de aceitação no que se refere ao consumo energético. Usualmente, os praticantes desta modalidade esportiva não consomem quantidades energéticas suficientes para o anabolismo protéico, com receio de aumentar a massa adiposa. Neste estudo, a adequação do consumo energético, em relação ao peso corporal ou a proteína, não resultou em grandes alterações da massa gorda, mas contribuiu positivamente para o ganho de massa muscular.

É crucial a disponibilidade suficiente de aminoácidos não apenas para a maior síntese fibrilar, mas também, para promover o reparo da massa muscular lesada. Entretanto, não há benefícios adicionais ao *turnover* protéico total com ingestões superiores a 1,8g/kg de peso/dia<sup>(25)</sup>.

Oliveira *et al.*<sup>(26)</sup> comparam 1,8g de proteína/kg de peso/dia com 4g/kg/dia em praticantes de treinamento com pesos. Como no presente trabalho verificaram os autores que o aumento da ingestão protéica não promoveu ganhos adicionais significativos na massa e força musculares. Hoje a recomendação protéica para atletas de musculação é cerca de 1,8g/kg de peso/dia<sup>(7,22)</sup>.

A associação de aminoácidos essenciais com carboidrato estimula o balanço protéico com aumento da síntese e redução do catabolismo protéico<sup>(27,28)</sup>, isto porque a ingestão de carboidrato potencializa a resposta ao efeito anabólico do exercício<sup>(29)</sup>.

Miller *et al.*<sup>(30)</sup> mostraram que o consumo protéico com carboidrato resultou em aumento da síntese protéica muscular nos períodos de uma hora e duas horas após o treino, período este que coincide com o pico da síntese e catabolismo protéico muscular nas condições de repouso (pós-treino)<sup>(31,32)</sup>. O fato da dieta ser fracionada em várias vezes ao dia, disponibilizou aminoácidos e energia constantemente, sem elevar ou diminuir o pico destes substratos, na circulação, dessa forma mantendo o fluxo protéico, com conseqüente aumento da síntese protéica e redução do catabolismo. A ingestão protéica distribuída em três ou mais refeições diárias pode ser mais efetiva no estímulo anabólico protéico em comparação a uma ou duas refeições diárias<sup>(33)</sup>. A promoção do anabolismo protéico é maior quando a alimentação protéica é distribuída durante o dia e quando a taxa de absorção dos aminoácidos ingeridos induzem moderado aumento nas concentrações periféricas de aminoácidos<sup>(25)</sup>.

Em valores significativos o fluxo e a síntese protéica não diferiram entre as dietas oferecendo 1,5 ou 2,5g de proteína/kg de peso/dia, mostrando que o acréscimo de cerca de 0,5g de proteína/kg de peso/dia ao recomendado para sedentários adultos seriam suficientes para aumentar a disponibilização de aminoácidos no sangue e, conseqüentemente,

nas células. Note-se que, paralelamente, houve aumento significativo da insulina, fator anabólico proporcionador de maior captação de aminoácidos pelos músculos<sup>(5)</sup>.

No estudo de Hulmi *et al.*<sup>(34)</sup> a oferta de proteína do soro do leite e de caseína, imediatamente antes do exercício com pesos, elevou significativamente a concentração de insulina com efeito positivo sobre o balanço protéico pelo estímulo da síntese protéica e também pela maior disponibilidade de aminoácidos.

O treinamento com pesos estimula, preferencialmente, as fibras musculares tipo II, e é nelas que ocorrem reduções significativas das concentrações de aminoácidos essenciais pós-exercício<sup>(35)</sup>. Por isso, a partir do momento em que se aumentou a oferta protéica (D2-D3) houve resposta positiva da síntese protéica (3g) com redução do catabolismo protéico (5g), mesmo que sem relevância estatística. Isto ocorre quando a ingestão nitrogenada coincide com o estado de recuperação após o exercício<sup>(34)</sup>.

Segundo Volek<sup>(1)</sup>, uma única sessão de exercício com pesos leva à liberação de hormônios anabólicos e catabólicos que interagem com receptores específicos do músculo esquelético. Por outro lado, a ingestão de nutrientes (carboidratos, lipídios e proteínas) antes e após o exercício pode alterar a resposta hormonal e a liberação de nutrientes para o músculo. Esta interação hormônios/nutrientes contribui para a sinalização celular modulando a atividade de enzimas, participantes dos processos de transcrição e translação de proteínas miofibrilares. Se este padrão de resposta aguda ao exercício for de suficiente magnitude e duração, ocorrerá acréscimo protéico com conseqüente hipertrofia das fibras musculares.

Apesar do elevado consumo alimentar e energético a glicemia e a lipídemia mantiveram-se nos limites de normalidade, tanto com a dieta D2 quanto com a D3.

Tanto o treinamento com pesos quanto a composição da dieta podem estimular a liberação de hormônios anabólicos<sup>(1)</sup>. Em nosso estudo, apenas a insulinemia se elevou pela ação dietética.

Várias combinações de aminoácidos livres mostraram efeitos na maior produção endógena de hormônios (testosterona, GH, IGF-1) imediatamente após o consumo<sup>(36)</sup>. Em nosso estudo as concentrações de testosterona foram determinadas somente no estado de repouso, jejum após 8-10h de sono.

Portanto, a partir deste trabalho pioneiro, na América Latina, pelo uso de isótopos estáveis no metabolismo protéico de atletas, podemos concluir que a oferta protéica de 2,5g/kg de peso/dia não traz benefícios adicionais a 1,5g/kg/dia para aumentar o fluxo e a síntese protéica, bem como a positividade do balanço nitrogenado. Adicionalmente, a elevação da oferta protéica (2,5g/kg de peso/dia) proporcionou maior síntese sobre catabolismo, mas não diferenciou quanto ao ganho muscular. Então, não há necessidade de se aumentar o consumo protéico de culturistas para quantidades muito superiores a 1,5g/kg de peso/dia, procurando adequar o consumo energético ao consumo protéico, para que haja mais síntese e redução do catabolismo muscular.

## AGRADECIMENTO

A FAPESP pelo auxílio financeiro e ao CNPq pela concessão das bolsas de mestrado e produtividade.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Volek JS. Influence of Nutrition on Responses to Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 689-96.
2. Levenhagen DK, Carr C, Carlson MG, Maron DJ, Borel MJ, Flakoll PJ. Post-exercise protein intake enhances whole-body and leg protein accretion in humans. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 828-37.
3. Wasserman DH, Geer RJ, Williams PE, Lacy DB, Abumrad NN. Interaction of gut and liver in nitrogen metabolism during exercise. *Metabolism* 1991; 40: 307-14.
4. Biolo G, Antonione R, Barazzoni R, Zanetti M, Guarnieri G. Mechanisms of altered protein turnover in chronic diseases: a review of human kinetic studies. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* 2003; 6: 55-63.
5. Bilborough S, Mann N. A review of issues of dietary protein intake in humans. *Int J Sport Nutr and Exerc Metabol* 2006; 16: 129-52.
6. Dardevet D, Rieu I, Fournoux P, Sornet C, Combaret L, Bruhat A, et al. Leucine: a key amino acid in ageing-associated sarcopenia? *Nutr Res Rev* 2003; 16: 61-70.
7. Carvalho T, Rodrigues T, Meyer F, Lancha Jr AH, De Rose EH, Nóbrega ACL, et al. Diretriz da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e potenciais riscos para a saúde. *Rev Bras Med Esporte* 2003; 9: 43-56.
8. Cintra IP, Von Der Heyde ME, Schmitz BAS, Franceschini SCC, Taddei JAAC, Sigulem DM. Métodos de inquéritos dietéticos. *Cadernos de Nutrição* 1997; 13: 11-23.
9. Anção MS, Cuppari L, Draibe AS, Sigulem D. Programa de apoio à nutrição – NutWin, versão 1,5, São Paulo: Departamento de Informática em Saúde – SPDM – UNIFESP/EPM, 2002, CD-ROM.
10. Kraemer WJ, Fry AC. Strength testing: Development and evaluation of methodology. In Maud PJ, Foste C. *Physiological assessment of human fitness*. Champaign, IL: Human kinetics; 1995: 155-238.
11. Cyrino ES, Maestá N, Burini RC. Aumento de força e massa muscular em atletas de culturismo suplementados com proteína. *Revista Treinamento Desportivo* 2000; 5: 9-18.
12. Heyward VH, Stolarczyk LM. Método antropométrico. In: Heyward VH, Stolarczyk LM. *Avaliação da composição aplicada*. São Paulo: Manole; 2000: 73-97.
13. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978; 40: 497-504.
14. Siri WE. Body composition from fluid space and density. In J. Brozek & A. Hanschel (Eds.), *Techniques for measuring body composition*. Washington, DC: National Academy of science; 1961: 223-44.
15. Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 796-803.
16. Dwenger A. Radioimmunoassay: an overview. *J Clin Chem Clin Biochem* 1984; 22: 883-94.
17. Dichi I, Dichi JB, Burini RC. Metabolismo protéico global em humanos mediante técnicas com isótopos estáveis. *Cadernos de Nutrição* 1997; 14: 13-22.
18. Waterlow JC. <sup>15</sup>N end-product methods for the study of whole body protein turnover. *Proc Nutr Soc* 1981; 40: 317-20.
19. Garlick PJ, Clugston GA, Waterlow JC. Influence of low-energy diets on whole-body protein turnover in obese subjects. *Am J Physiol* 1980; 238: E235-44.
20. Picou D, Taylor-Roberts T. The measurement of total protein synthesis and catabolism and nitrogen turnover in infants in different nutritional state and receiving different amounts of dietary protein. *Clin Sci* 1969; 36: 283-96.
21. Lemon PWR, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Atkinson SA. Effect of dietary of dietary protein and body building exercise on muscle mass and strength gains. *Can J Sports Sci* 1990; 15: 145.
22. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association & Dietitians of Canada, Joint Position Statement of Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 2130-45.
23. Lemon PWR. Beyond the Zone: Protein Needs of Active Individuals. *J Am Coll Nutr* 2000; 19: 513S-21S.
24. Read RSD. Macronutrient innovations and their educational implications: Proteins, peptides and amino acids. *Asia Pacific J Clin Nutr* 2002; 11: S174-S83.
25. Gaine PC, Pikosky MA, Bolster DR, Martin WF, Maresh CM, Rodriguez NR. Postexercise whole-body protein turnover response to three levels of protein intake. *Med Sci Sport Exerc* 2007; 39: 480-6.
26. Oliveira PV, Baptista L, Moreira F, Lancha-Júnior AH. Correlação entre a suplementação de proteína e carboidrato e variáveis antropométricas e de força em indivíduos submetidos a um programa de treinamento com pesos. *Rev Bras Med Esporte* 2006; 12: 51-5.
27. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SI, Wolf SE, Owens-Stovall SK, Petrini BE, et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001; 281: E197-206.
28. Dorrens J, Rennie MJ. Effects of ageing and human whole body and muscle protein turnover. *Scand J Med Sci Sports* 2003; 13: 26-33.
29. Borsheim E, Cree MG, Tipton KD, Elliott TA, Aarsland A, Wolfe RR. Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol* 2004; 96: 674-8.
30. Miller SL, Tipton KD, Chinkes DL, Wolf SE, Wolfe RR. Independent and Combined Effects of Amino Acids and Glucose after Resistance Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 449-55.
31. Pitkanen HT, Nykanen T, Knuutinen J, Lahti K, Keina" Nen O, Alen M, et al. Free Amino Acid Pool and Muscle Protein Balance after Resistance Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 784-92.
32. Wolfe RR. Regulation of muscle protein by amino acids. *J Nutr* 2002; 132:3219s- 24s.
33. Mosoni L & Mirand PP. Type and timing of protein feeding to optimize anabolism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003; 6: 301-6.
34. Hulmi JJ, Volek JS, Selanne H, Mero AA. Protein ingestion prior to strength exercise affects blood hormones and metabolism. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 2005; 37: 1990-7.
35. E s s e' N-Gustavsson E, Blomstrand E. Effect of exercise on concentrations of free amino acids in pools of type I and type II fibers in human muscle with reduced glycogen stores. *Acta Physiol Scand* 2002; 174: 275-81.
36. Chromiak JA & Antonio J. Use of amino acids as growth hormone-releasing agents by athletes. *Nutrition* 2002; 18: 657-61.