

**Universidade Estadual Paulista**

**“Julio De Mesquita Filho”**

**Faculdade De Ciências Farmacêuticas**

**Efeitos do treinamento de força associado  
à suplementação de proteína e carboidrato na  
força e hipertrofia muscular de homens jovens  
destreinados**

**Priscila Carvalho Santos**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição, na área de concentração: Ciências Nutricionais.

**Orientadora:** Profa. Dra. Ellen Cristini de Freitas.

**Coorientador:** Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi.

**Araraquara**

**2017**

**Efeitos do treinamento de força associado  
à suplementação de proteína e carboidrato na  
força e arquitetura muscular de homens jovens  
destreinados**

**Priscila Carvalho Santos**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição, na área de concentração: Ciências Nutricionais.

**Orientadora:** Profa. Dra. Ellen Cristini de Freitas.

**Coorientador:** Prof. Dr. Cleiton Augusto

Libardi.

**Araraquara**

**2017**

**Ficha Catalográfica**

Elaborada por Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Ciências Farmacêuticas  
UNESP – Campus de Araraquara

**S237e** Santos, Priscila Carvalho  
Efeitos do treinamento de força associado à suplementação de proteína e carboidrato na força e hipertrofia muscular de homens jovens destreinados / Priscila Carvalho Santos. – Araraquara, 2017. 41 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição. Área de Pesquisa e Desenvolvimento em Ciências Nutricionais.

Orientadora: Ellen Cristini de Freitas.  
Coorientador: Cleiton Augusto Libardi.

1. Proteína. 2. Carboidrato. 3. Hipertrofia muscular. 4. Suplementação. I. Freitas, Hellen Cristini de, orient. II. Libardi, Cleiton Augusto, coorient. III. Título.

**CAPES: 50700006**

PRISCILA CARVALHO SANTOS

**Efeitos do treinamento de força associado à suplementação de proteína e carboidrato na força e hipertrofia muscular de homens jovens destreinados**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Araraquara como requisito para a obtenção do título de Mestre(a) em Alimentos e Nutrição

Araraquara, 26 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

  
ELLEN CRISTINI DE FREITAS

  
ENRICO FUINI PUGGINA

  
HUGO TOURINHO FILHO

## **Agradecimentos**

O início do meu trabalho como pesquisadora iniciou-se no primeiro semestre de 2015, quando efetivamente iniciei no Programa de Pós Graduação da Unesp – Araraquara. Desde então tenho aprendido coisas das quais serei eternamente grata.

Primeiramente a acreditar em mim. Claro que, sem a ajuda de algumas pessoas eu jamais teria acreditado. Portanto iniciarei por elas.

Agradeço ao meu namorado Alexandre, minha avó Synézia, meu irmão André, minha cunhada Paula e minha psicóloga Dra. Helena, por acreditarem tanto em mim e me incentivarem com tanta paciência e carinho, dando todo o suporte emocional para que eu acreditasse ser capaz e tornasse meu sonho uma realidade. Obrigada Dra. Helena, por além disso tudo, ter contribuído para o meu desenvolvimento profissional e pessoalmente.

À minha orientadora Profa. Dra. Ellen Cristini de Freitas pela oportunidade de me aproximar da área acadêmica, me orientando e me dando a oportunidade de aprender com seu grupo de pesquisa e sua equipe. Por toda dedicação e ensinamento que me proporcionou, além da paciência e carinho. Obrigada por me ajudar a crescer e me ensinar tantas coisas importantes das quais, sem dúvida, levarei sempre comigo.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi por aceitar me co-orientar. Por dedicar-se tanto ao meu aprendizado e projeto, e por

disponibilizar seu grupo de pesquisa para que eu pudesse aprender e crescer a cada dia. Obrigada por todo ensinamento, carinho e paciência.

Aos meus colegas de laboratório (Milena, Gabriela, Flávia, Sara, Camila, Bryan, Tales, Maicon) por toda convivência durante todo meu trajeto, a qual me proporcionou tanto ensinamento pessoal e profissional. Sem dúvida aprendi infinitamente mais por tê-los ao meu lado.

À minha amiga Flávia por proporcionar os primeiros ensinamentos práticos da pesquisa e por estar sempre disposta a ajudar. Obrigada por todo seu carinho e dedicação.

À duas grandes amigas que ganhei, Gabriela e Milena, as quais iniciaram o caminho de mestrado junto a mim, e que, durante todo o percurso, estiveram ao meu lado, compartilhando experiência, suporte emocional e científico. Obrigada por tornarem o trabalho mais leve, simplesmente por estarem sempre presentes em meu caminho. Por toda amizade e carinho que levarei para sempre comigo.

Ao meu colega Sanmy por seu tempo de dedicação, ensinamento e paciência.

Aos meus familiares, principalmente meu pai Carlos, minha mãe Dorama e minha avó Synezia, por me entenderem nos momentos de dificuldade e me apoiarem sempre que necessário. Obrigada por todo carinho e amor.

Ao meu namorado Alexandre por seu amor e paciência. Obrigada por acreditar na minha capacidade, por me ajudar emocionalmente durante todo o meu percurso e por estar sempre presente em minha vida.

À Prof. Dra. Juliana Alvares Duarte Bonini Campos por toda dedicação, ensinamento e carinho, além de toda ajuda profissional e pessoal. Obrigada por toda paciência que sempre teve conosco, e por nos ajudar a crescer e a nos ensinar tantas coisas importantes.

Aos componentes da banca de qualificação: Prof. Dr. Enrico Puggina e Dr. Miguel Soares Conceição e aos componentes da banca de defesa: Prof. Dr. Enrico Puggina e Prof. Dr. Hugo Tourinho por aceitarem a participação das bancas e por todas as colocações e sugestões dadas para melhoria do documento e artigo.

Aos voluntários por se dedicarem tanto ao protocolo da pesquisa e por doarem seu tempo para a ciência.

À nossa técnica de laboratório, Simone, a qual sempre esteve disposta a nos ajudar e ensinar, dividindo seu tempo e sabedoria com o grupo.

À empresa Nutratec® pela parceria. Obrigada pela doação dos suplementos utilizados na pesquisa e por todo auxílio e atenção durante o projeto.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Unesp de Araraquara por toda atenção que nos foi dada durante o período do mestrado.

À Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto – EEFERP por permitir que todo trabalho fosse realizado em suas dependências e por me proporcionar tanto conhecimento técnico e científico junto aos docentes e profissionais da unidade.

À Capes pelo apoio financeiro.



## *Epígrafe*

*“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos.*

*Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir.”*

*Augusto Cury*

*“Decidi há muito tempo não caminhar à sombra de alguém. Se eu fracasar ou obtiver sucesso, terei vivido acreditando em mim.”*

*Whitney Houston*

## **Siglas**

**AST:** Área de secção transversa

**CHO:** Carboidrato

**DPM:** Degradação proteica muscular

**EEFERP:** Escola de educação física e esporte de Ribeirão Preto

**ES:** Effect size

**IMC:** Índice de massa corporal

**LIP:** Lipídeo

**OMS:** Organização mundial da saúde

**PROT:** Proteína

**PROT+CHO:** Proteína+Carboidrato

**SPM:** Síntese proteica muscular

**US:** Ultrassonografia

**VL:** Vasto lateral

**VTT:** Volume total de treino

**1RM:** Teste de força máxima dinâmica

## Resumo

**Introdução:** Sabe-se que o o treinamento de força (TF) promove aumento da massa muscular esquelética (i.e., hipertrofia muscular). Isso ocorre devido a frequentes aumentos na síntese proteica muscular (SPM) após cada sessão de TF. Quando a sessão de TF é sucedida pela ingestão de proteínas (PROT) de alto valor biológico, a SPM é ainda mais elevada, o que contribui também para maiores ganhos de força e massa muscular. Somado à esses efeitos, a associação do consumo de carboidrato (CHO) à PROT passou por especulações no campo científico, acreditando-se em efeitos aditivos do CHO nos processos de anabolismo muscular, além de mostrar-se determinante na recuperação muscular, como a ressíntese do glicogênio, que possui papel fundamental para a realização do exercício. Entretanto, esses achados foram investigados de forma aguda, fazendo-se necessário avaliar esses efeitos a longo prazo, visto que nem sempre as respostas agudas estão associadas as adaptações crônicas, ao menos no que diz respeito a hipertrofia muscular. **Objetivo:** Verificar o efeito da suplementação de PROT+CHO no VTT, hipertrofia e força muscular. **Métodos:** Participaram do estudo 22 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 19 e 30 anos divididos em dois grupos: suplementação PROT e suplementação de PROT+CHO, os quais realizaram treinamento de força durante 8 semanas. A área de secção transversa muscular foi avaliada por meio de imagens de Ultrassonografia (US) e a força muscular através do teste de força máxima dinâmica (1RM). **Resultados:** Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) do VTT entre os grupos suplementados com PROT+CHO comparado ao grupo PROT. Os dois grupos demonstraram aumentos significativos na força (PROT+CHO: 33.44%; PROT: 35.88%) e AST (PROT+CHO: 14.73%; PROT: 13.37%) após as 8 semanas de intervenção (Pós), quando comparado ao momento inicial (Pré). **Conclusões:** A suplementação de CHO+PROT não promoveu efeito adicional quanto a performance (VTT), hipertrofia muscular e ganho de força, comparado à suplementação de PROT isoladamente, após um período de 8 semanas.

**Palavras-chave:** proteína; carboidrato; hipertrofia muscular

## Abstract

**Introduction:** It is well known that resistance training (RT) promotes an increase in fat-free body mass (i.e. muscular hypertrophy). It is due to frequent increase in muscle protein synthesis (SPM) after each RT session. When RT session is succeeded by high biological value protein ingestion (PROT), SPM is much more elevated, which also contributes to greater gains in strength and muscle mass. In addition to those effects, the association of carbohydrate consumption (CHO) to PROT has been speculated in a scientific field, believing in additive effects of CHO in muscle anabolism process, besides being determinant in a muscle recuperation, like glycogen resynthesis, which has a fundamental role to exercise realization. However, those findings were investigated in acute intervention, being necessary to evaluate such effects in a long term study, since not always the acute responses are associated to chronic adaptations, at least related to muscle hypertrophy. **Objective:** To evaluate the effect of PROT+CHO supplementation on VTT, hypertrophy and muscle strength. **Methods:** Twenty-two male subjects, between 19 and 30 years, divided into two groups: PROT supplementation and PROT + CHO supplementation, who underwent strength training for 8 weeks, participated in the study. The muscle cross-sectional area was assessed using Ultrasonography (US) images and muscle strength through the maximal dynamic force (1RM) test. **Results:** No significant difference ( $p > 0.05$ ) in VTT was found between the groups. The two groups showed significant increases in strength (PROT + CHO: 33.44%, PROT: 35.88%) and AST (PROT + CHO: 14.73%, PROT: 13.37%) after 8 weeks of intervention (Pre). **Conclusions:** The CHO + PROT supplementation did not promote additional effect on performance (VTT), muscle hypertrophy and strength gain, when compared to PROT supplementation alone, after a period of 8 weeks.

**Key-words:** Protein; carbohydrate; muscle hypertrophy

## Sumário

Resumo	XI
Abstract	XII
Introdução	14
Capítulo 1 - Efeitos do treinamento de força associado à suplementação de proteína e carboidrato na força e hipertrofia muscular de homens jovens destreinados	20
Resumo	21
Introdução	22
Métodos	24
Resultados	30
Discussão	31
Conclusão	33
Referências	34
Figuras	36
Considerações Finais	38
Referências	38

## Introdução

O treinamento de força (TF) é caracterizado por repetidas séries de contrações musculares com cargas que resultam em degradação proteica muscular (DPM) e potente estímulo da síntese proteica muscular (SPM) (1, 2). A relação entre a DPM e SPM irá definir se ocorrerá hipertrofia muscular ou atrofia muscular, sendo que quando a relação de SPM excede a DPM, gera-se um balanço proteico positivo e portanto, hipertrofia muscular (3). Apesar do potente estímulo da SPM, causado pelo TF, o balanço proteico permanece negativo em estado de jejum, devido ao aumento da DPM (4). Assim, como o estímulo da SPM é o principal fator que impulsiona a resposta anabólica muscular, o TF associado à alimentação promove maior acréscimo de proteína muscular (5-7), auxiliando no processo anabólico, visto que o exercício de força sensibiliza o músculo esquelético aos efeitos anabólicos do consumo de aminoácidos, por um período de 24 a 48 horas (8). Desta forma, quando a sessão de TF é sucedida pela ingestão de proteína de alto valor biológico (e.g., proteína do soro do leite) a SPM é ainda mais elevada (9) tornando o balanço proteico positivo (10) e contribuindo para melhorar os ganhos força e aumento da massa muscular (11).

O aumento da massa muscular esquelética (i.e., hipertrofia muscular), originado pelo TF ocorre devido ao aumento da área de secção transversa (AST) das fibras musculares individuais, a qual pode ser acompanhada pelo aumento do ângulo de penação das fibras musculares e do aumento da força muscular (12). Diversas variáveis do treino (resistência, seleção e

ordem do exercício, número de séries e repetições, frequência e período de descanso) podem ser manipuladas para evitar o estagnação dos ganhos referentes ao treinamento e e aumentar a capacidade de atingir um nível mais elevado de aptidão muscular, como por exemplo força muscular, potência, resistência muscular local e hipertrofia (12). Além disso, faz-se necessário o aumento do estresse gradual decorrente da sobrecarga progressiva como por exemplo: intensidade do exercício (carga absoluta ou relativa para um determinado exercício); total de repetições; velocidade/tempo de repetição com cargas submáximas; períodos de descanso encurtados e volume de treinamento para que ocorram melhorias adicionais, visto que a carga mecânica gera diversos eventos intracelulares, regulando a expressão dos genes e a síntese proteica (12). Nos primeiros estágios de treino ocorrem as adaptações neurais (13) e a adaptação da hipertrofia muscular torna-se evidente nas primeiras 6 semanas (14). Ambas adaptações refletem e auxiliam no aumento da força muscular. Além disso, programas de treino com sobrecarga progressiva parecem ser mais benéficos para maximizar a força e hipertrofia muscular, visto que recrutam ao máximo as fibras musculares (12).

É bem estabelecido que a proteína alimentar, particularmente os aminoácidos essenciais levam a um aumento da hiperaminoacidemia, gerando umaumento significativo e temporário da SPM (10). Uma recente meta-análise (15) avaliou o efeito da suplementação de proteína sobre a resposta adaptativa do músculo esquelético ao TF. De acordo com os autores a suplementação de proteína durante o TF (até 6 semanas de treino)

é capaz de aumentar os ganhos de massa magra, fibra muscular do tipo I e II da AST e força muscular comparada à não suplementação, reiterando que a suplementação proteica se faz necessária para maximizar a resposta anabólica ao TF. Ademais, segundo os autores a suplementação de proteína foi capaz de aumentar 38% a massa magra comparado à não suplementação. Além disso, diversos estudos têm sido realizados na tentativa de encontrar a dose de proteína necessária para estimular ao máximo a SPM após o exercício de força. Moore e colegas (16) conduziram um estudo com o intuito de avaliar a dose. Os autores realizaram a suplementação com proteína do ovo, com doses de 20 g e 40 g. Após uma série de exercício de força, 20 g de proteína foi suficiente para estimular a SPM, sem diferença entre os grupos.

Durante muito tempo acreditou-se que a ingestão de proteína associada ao carboidrato (CHO) após o TF, era importante por estimular o processo anabólico muscular, devido ao aumento da liberação de insulina (17). Entretanto, recentemente, Staples et al. (18) demonstraram que a ingestão de uma dose de proteína associada a uma dose de CHO ingeridos imediatamente após o TF, não apresentou efeito aditivo no aumento da SPM quando comparado com a ingestão de proteína isolada em homens jovens. De acordo com os autores, os 25 g de proteína isolada foram suficientes para maximizar o estímulo da SPM mediado pela insulina. Camera et al. (19) também realizaram um estudo visando avaliar os efeitos da diminuição da concentração de glicogênio muscular na resposta anabólica aguda após o exercício de força realizado em jejum e o efeito da suplementação de



proteína associada ao carboidrato na sinalização de células musculares e nas taxas de síntese proteica miofibrilar após o exercício iniciado com baixa concentração de glicogênio muscular. Segundo os autores, iniciar uma série extenuante de exercício de força com baixa concentração de glicogênio muscular não foi capaz de atenuar a sinalização anabólica e as taxas de síntese proteica miofibrilar em comparação com a realização do exercício com disponibilidade normal de glicogênio, pelo menos no período inicial de recuperação. Segundo alguns autores (18, 20, 21), estes resultados ocorreram visto que o carboidrato não tem o poder de melhorar o balanço proteico quando a ingestão de proteína é adequada, o que sugere que o CHO associado a ingestão de proteína após o TF, pode não influenciar em maior magnitude a hipertrofia muscular quando comparado à ingestão de proteína isoladamente.

Entretanto, esses resultados devem ser analisados com cautela, visto que a resposta da SPM em uma única sessão pode não refletir a magnitude da hipertrofia muscular. Como visto por Mitchell et al. (22), que investigaram a relação entre a SPM após uma sessão de treino e a hipertrofia muscular (após 16 semanas). Os autores não verificaram relação entre o aumento da SPM após o TF e ingestão de proteína e a hipertrofia muscular, o que indica que as respostas agudas da SPM, i.e., decorrentes de uma única sessão não predizem a magnitude da hipertrofia muscular. Por outro lado, recentemente foi demonstrado que existe uma atenuação da síntese proteica miofibrilar após as três primeiras semanas de TF e atenuação do dano muscular, a SPM apresenta correlação com a hipertrofia muscular (23).

Os autores sugerem que após um período inicial onde a SPM é direcionada para o remodelamento do tecido lesionado, o aumento da SPM passa a ser direcionado para o aumento da massa muscular. Esses achados indicam que nem sempre as respostas agudas estão associadas as adaptações crônicas, ao menos no que diz respeito a hipertrofia muscular.

No entanto, tem sido observado que cronicamente a ingestão de carboidrato auxilia na recuperação após o TF, visto que contribui para o reestabelecimento das reservas de glicogênio muscular (3, 24, 25) fornecendo energia durante as contrações musculares (26, 27). Neste sentido, Slater e Phillips (28) verificaram que uma única sessão de TF pode reduzir de 24-40% os estoques de glicogênio muscular, dependendo da duração, intensidade e do volume total do TF (VTT, série x repetições x carga [kg]). A depleção do glicogênio muscular gera, por si só, um grande estímulo a sua própria ressíntese (29). A síntese de glicogênio ocorre mesmo na ausência de carboidrato após o exercício, em taxas pequenas (1-2 mmol / kg de peso húmido (ww)) e quando a ingestão de CHO ocorre, as taxas de ressíntese são maiores (5-10 mmol / kg ww / h), sendo portanto a ingestão de CHO após o exercício o fator determinante mais importante para a síntese de glicogênio muscular e hepático (30). Vários fatores contribuem para maiores taxas de síntese de glicogênio durante as primeiras duas horas após o exercício como a ativação da glicogênio sintase, que acontece pela depleção do glicogênio (31), aumento da sensibilidade à insulina induzida pelo exercício (32) e a permeabilidade da membrana celular à glicose (30). Quanto às reservas de glicogênio muscular e hepático em humanos, as

quantidades variam e são amplamente determinadas pela ingestão de CHO e pelo status de treinamento (33), sendo que em indivíduos que realizam treinamento de resistência regularmente, o teor de glicogênio muscular é mais elevado (34). Além disso, o conteúdo de glicogênio muscular pode ser super compensado após um exercício exaustivo de depleção de glicogênio seguido da ingestão de uma dieta rica em CHO (> 8g de CHO/ kg massa corporal) (35). Dessa forma, é recomendável que atletas consumam 50 g de CHO (~0.50g/kg peso corporal) a cada 2 horas durante o período inicial de recuperação (36) visto que é o momento em que as taxas de síntese de glicogênio muscular estão ligeiramente superiores, devendo ter uma atenção especial (30). Ivy et al. (38) encontraram que as taxas de síntese de glicogênio permanecem muito baixas até que a ingestão de CHO seja iniciada. Além disso demonstraram que a ingestão imediata de CHO, nas primeiras 2 horas de recuperação após o exercício prolongado, resultou em maiores taxas de armazenamento de glicogênio, quando comparado à ingestão tardia do CHO (após 2 horas) (37). Desta forma, fornecimento de CHO após o exercício deve ser visto como uma estratégia para o reabastecimento eficaz de glicogênio pela célula (30).

Ademais, protocolos de TF característicos para desenvolver a hipertrofia muscular (i.e., altas repetições e cargas de treino moderadas à altas) resultam em maior redução dos estoques de glicogênio muscular, fazendo-se necessário o uso de estratégias que possam auxiliar na restauração do glicogênio muscular, garantindo uma melhor recuperação do indivíduo. É importante destacar que a recuperação adequada pode garantir

a manutenção na intensidade (carga) e do volume (repetições) do TF, variáveis determinantes para os ganhos de massa muscular (24, 28). Portanto, é plausível sugerir que cronicamente, a associação da suplementação de proteína e CHO após o TF apresente melhores adaptações quando comparada a suplementação somente de proteína.

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da suplementação de PROT+CHO na hipertrofia e força muscular, avaliados após 8 semanas de TF, através do teste de força máxima dinâmica (1RM) e ultrassonografia (US). Nossa hipótese é que o TF associado à combinação de PROT+ CHO promova maior ganho de força e hipertrofia muscular comparado ao TF associado PROT, acreditando que o carboidrato possa auxiliar na recuperação muscular e melhorar o rendimento dos indivíduos ao longo dos treinos, gerando maior volume total de treino e conseqüentemente melhores adaptações.

## *Capítulo 1.*

**Carboidrato não promove maior aumento da força e hipertrofia muscular de homens jovens quando adicionado à proteína.**

Priscila Carvalho Santos<sup>1</sup>

Cleion Augusto Libardi<sup>2</sup>

Milena Barbon de Carvalho<sup>1</sup>

Sanmy Rocha Nóbrega<sup>2</sup>

Bryan Steve Martinez Galan<sup>1</sup>

Ellen Cristini de Freitas<sup>3</sup>

1 Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho “ -Departamento de Alimentos e Nutrição.

2 Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Ciências Fisiológicas.

3 Universidade de São Paulo – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto.

## Resumo

**Objetivo:** O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da suplementação de proteína associada ao carboidrato (PROT+CHO) no volume total de treino (VTT), na força muscular (1RM) e área de secção transversa muscular (AST) de homens jovens destreinados em 8 semanas de treinamento de força (TF). **Métodos:** Vinte e dois indivíduos foram randomizados entre os grupos suplementados com PROT+CHO e suplementados com PROT. Os participantes realizaram 3 séries de TF (8 e 12RM) no leg press e cardeira extensora, de forma bilateral até a falha concêntrica, durante 8 semanas. A AST foi avaliada através de imagens de Ultrassonografia (US) e a força muscular através do teste de 1RM. **Resultados:** Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) do VTT entre os. Os dois protocolos demonstraram aumentos significativos na força (PROT+CHO: 33.44%; PROT: 35.88%) e AST (PROT+CHO: 14.73%; PROT: 13.37%) após as 8 semanas de intervenção (Pós), quando comparado ao momento inicial (Pré), sem diferença entre os grupos. **Considerações finais:** A suplementação de PROT+CHO não promoveu melhor performance (VTT), hipertrofia muscular e ganho de força comparado à suplementação de PROT isoladamente.

## Introdução

É bem estabelecido que o treinamento de força (TF) promove aumento da massa muscular esquelética (i.e., hipertrofia muscular) (1). Isso ocorre devido aos frequentes aumentos da síntese proteica muscular (SPM) após cada sessão de TF (2). Adicionalmente, quando a sessão de TF é associada a ingestão de proteínas de alto valor biológico (e.g., proteína do soro do leite) a SPM é ainda mais elevada (2, 3), a qual pode promover ganhos força e massa muscular ainda maiores (4).

Nesse sentido, durante muito tempo acreditou-se que a ingestão de proteína (PROT) associada ao carboidrato (CHO) após o TF, era importante para maximizar o processo anabólico muscular, devido ao aumento da liberação de insulina (5). Entretanto, a ingestão de uma dose de PROT associada a uma dose de CHO ingeridos imediatamente após o TF, não apresentou efeito aditivo no aumento da SPM quando comparado com a ingestão de proteína isolada (6). Contudo, esses resultados devem ser vistos

com cautela, visto que a resposta da SPM em uma única sessão pode não refletir a hipertrofia muscular decorrente de varias sessões de TF.

De fato, Mitchell et. al. (7) não verificaram relação entre o aumento da SPM após o TF e a hipertrofia muscular, o que indica que as respostas agudas da SPM, i.e., decorrentes de uma única sessão não predizem a magnitude da hipertrofia muscular. Por outro lado, recentemente foi demonstrado que após três semanas de TF e atenuação do dano muscular, a SPM apresenta correlação com a hipertrofia muscular (8). Os autores sugerem que após um período inicial onde a SPM é direcionada para o remodelamento do tecido lesionado, o aumento da SPM passa a ser direcionado para o aumento da massa muscular. Esses achados indicam que nem sempre as respostas agudas estão associadas as adaptações crônicas, ao menos no que diz respeito a hipertrofia muscular.

Cronicamente, a ingestão de carboidrato também auxilia na recuperação após o TF, visto que auxilia no reestabelecimento das reservas de glicogênio muscular (9, 10) o qual fornece energia durante as contrações musculares (11, 12). Nesse sentido, alguns autores verificaram que uma única sessão de TF pode reduzir de 24-40% os estoques de glicogênio muscular (13) dependendo da duração, intensidade e do volume total do TF (VTT, série x repetições x carga [kg]). Ademais, protocolos de TF característicos para desenvolver a hipertrofia muscular (i.e., cargas de moderada à alta e repetições até a falha muscular) resultam em consideráveis reduções dos estoques de glicogênio muscular (14), fazendo-se necessário o uso de estratégias que possam auxiliar na restauração do glicogênio muscular, garantindo uma melhor recuperação do indivíduo. A recuperação adequada pode garantir uma progressão do VTT, o qual pode afetar os ganhos de massa muscular (9). Portanto, é plausível sugerir que cronicamente, a PROT+CHO após o TF promovam maiores ganhos de massa muscular comparada a ingestão somente de PROT.

Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da suplementação de PROT+CHO na hipertrofia e força muscular, avaliados

após 8 semanas de TF, através do teste de força máxima dinâmica (1RM) e ultrassonografia (US). Nossa hipótese é que o TF associado a combinação de PROT+CHO promova maior hipertrofia muscular comparado ao TF associado somente à PROT.

## **Métodos**

### **Participantes**

Trinta indivíduos foram recrutados por meio de flyers distribuídos pela Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto e através de divulgação realizada pela internet. Após entrevista, vinte e dois indivíduos iniciaram o estudo e dezessete concluíram, sendo 9 do grupo PROT+CHO e 8 do grupo PROT. Dois participantes foram impossibilitados de continuarem o protocolo por machucarem durante partidas de futebol, outros dois desistiram e um sentia-se mal ao realizar o protocolo de treino. Os participantes eram recreacionalmente ativos (praticavam atividade física 2 vezes na semana) e não realizavam exercício de força para os membros inferiores a pelo menos 6 meses. Além disso, não possuíam lesões musculares, doenças cardiovasculares e intolerância e alergia à lactose. Os resultados incluídos no estudo foram dos participantes que realizaram 91.67% do protocolo. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos quando avaliada a idade (PROT+CHO =  $22 \pm 4,18$ ; PROT =  $24,5 \pm 2,54$ ), peso (PROT+CHO =  $60,3 \pm 5,81$ ; PROT =  $67,5 \pm 5,21$ ), altura (PROT+CHO =  $1,74 \pm 0,02$ ; PROT =  $1,74 \pm 0,06$ ) e índice de massa corporal (IMC) (PROT+CHO =  $19,63 \pm 1,85$ ; PROT =  $21,76 \pm 1,26$ ) no início do estudo.

Os participantes foram instruídos a manter seus hábitos alimentares, a realizar refeições leves ~2 horas antes de cada sessão de treino, a não ingerir bebidas alcoólicas e utilizar somente os suplementos doados pela pesquisa. Foi realizada anamnese, avaliação da composição corporal, preenchimento do recordatório alimentar de 24 horas, Par-q e familiarização com a escala de BORG (com ajuste de FOSTER) sobre a percepção



subjetiva de esforço. Os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido e tiveram a participação inteiramente voluntária, podendo desistir da pesquisa a qualquer momento. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da EEFERP.

### **Desenho experimental**

Os voluntários compareceram ao Laboratório de Fisiologia do Exercício e Metabolismo (LAFEM) onde foram realizadas as mensurações do músculo vasto lateral (VL) para a construção da arquitetura muscular através das imagens do ultrassom (US), referente ao momento inicial (Pré) e em seguida foram encaminhados para a academia da EEFERP, onde foi realizada a padronização ergonômica individual na cadeira extensora (Lion Fitness), no leg press (Lion Fitness) e padronização da execução do movimento e familiarização com os exercícios. Os sujeitos estavam há 72 horas sem realizar exercícios físicos, conforme combinado no primeiro encontro.

Após 24 horas os indivíduos iniciaram o protocolo de teste de 1 repetição máxima (1RM) na cadeira extensora e após o último teste de cada indivíduo (Pré), foram realizadas 3 séries no leg press para determinação da carga inicial do exercício (8-12RM). Após as avaliações, foi realizado um balanceamento dos indivíduos com relação à ingestão proteica diária e AST para garantir que os grupos partissem da mesma condição. Setenta e duas horas após o último teste de 1RM, o protocolo de treinamento de força foi iniciado, o qual teve duração de 8 semanas. As mensurações finais do músculo VL foram realizadas 72 horas após a última sessão de treino e 2 dias após foram realizados os últimos testes de 1RM (Pós).

Todas as avaliações foram executadas pelo mesmo avaliador e os treinos foram orientados por pesquisador da área de educação física e demais pesquisadores, que encorajaram igualmente à todos os participantes, evitando assim diferenças no tratamento e encorajamento.

### **Análise de ingestão dietética**

Foi aplicado um recordatório alimentar de 24 horas no momento inicial da pesquisa para o balanceamento dos indivíduos entre os grupos de acordo com o consumo proteico diário. Para a análise dos dados do recordatório alimentar foi utilizado o programa DietWin profissional 2012®.

Foram utilizados como parâmetros de adequação de macronutrientes as recomendações da Dietary Reference Intakes (DRIs), 2011 – USDA.

### **Balanceamento dos indivíduos**

Realizou-se o balanceamento dos indivíduos entre os grupos de acordo com a AST (PROT+CHO =  $21,72 \pm 4,19$  cm<sup>2</sup>; PROT =  $22,61 \pm 4,26$  cm<sup>2</sup>) e consumo de proteína diária (PROT+CHO =  $1,51 \pm 0,60$  g; PROT =  $1,40 \pm 0,52$  g) para garantir que os grupos partissem da mesma condição em ambas as variáveis, evitando diferenças basais.

### **Suplementação nutricional**

O estudo contou com dois tipos diferentes de suplementação: proteína+carboidrato (PROT+CHO) e proteína isolada (PROT) as quais foram realizadas na presença dos pesquisadores, imediatamente após cada sessão de treinamento de força. Os suplementos foram entregues a cada participante em recipiente opaco, com numeração de cada indivíduo.

Cada recipiente foi composto de 0.25 g de proteína por kilo de peso de cada voluntário (15) adicionado ou não à 50 g de maltodextrina (6) e 250/300 ml de água, adequando a quantidade de água de acordo com o grupo, para garantir volume igual entre os grupos. Foi adicionado sucralose aos suplementos para manter o sabor semelhante entre os grupos.

A proteína do soro do leite utilizada foi concentrada e os suplementos foram distribuídos pela empresa NUTRATEC®.

### **Teste de força máxima dinâmica (1RM)**

Inicialmente os voluntários executaram o aquecimento de 5 minutos em bicicleta ergométrica (Lion LF 400x) com velocidade de 20km/h. Em seguida foram posicionados na cadeira extensora para aquecimento dos extensores do joelho, de acordo com os ajustes individuais, os quais foram colhidos na sessão de familiarização. Os participantes foram orientados a completar 8 repetições com carga de 50% 1RM estimada entre o pesquisador e o voluntário, seguido de uma série de 3 repetições com carga estimada de 70% 1RM e dois minutos de intervalos entre as duas séries. O protocolo de 1RM foi iniciado após dois minutos de descanso. Os voluntários partiram, de forma unilateral, da extensão completa dos joelhos, e foram orientados a flexionar os joelhos até 90° e retornar a posição inicial. A carga foi então ajustada de acordo com o desempenho de cada voluntário. Foram permitidas até 5 tentativas, com intervalo de 3 minutos entre elas. Após 72 horas foi realizado um 2º teste de 1-RM. O terceiro teste de 1RM foi realizado aos indivíduos que obtiveram uma variação  $\geq 5\%$  entre o primeiro e segundo teste.

### **Teste leg press**

Após o último dia de teste de 1RM na cadeira extensora, os voluntários foram encaminhados para o Leg Press onde realizaram 3 séries de 8 a 12 RM, com descanso de 3 minutos entre cada tentativa. A carga encontrada entre as tentativas, a qual encontrou-se entre a repetição alvo desejada, foi a carga utilizada durante os treinos.

### **Treinamento de força (TF)**

O treinamento de força foi realizado três vezes na semana, com período de descanso de 48 horas entre as sessões, durante 8 semanas. O protocolo realizado utilizou o leg press e cadeira extensora. Inicialmente os voluntários realizavam um aquecimento de 5 minutos em bicicleta ergométrica (20 km/h) e então iniciavam o treinamento no leg press, o qual o pesquisador ajustava a carga entre 8 e 12RM e o indivíduo era instruído a realizar o exercício de forma bilateral até a falha concêntrica. Foram realizadas 3 séries no leg press e após 2 minutos de descanso os voluntários realizaram 3 séries de 8 a 12RM na cadeira extensora. Os participantes tiveram 2 minutos de intervalos entre cada série. A carga de treino foi ajustada a cada série garantir que o número de repetições estivessem sempre entre 8-12RM.

### **Área de secção transversa muscular**

As imagens de US mensuraram a área de secção transversa muscular (AST) de acordo com os procedimentos descritos e validados recentemente por Lixandrão et. al (16). Inicialmente, o pesquisador certificou-se de que os indivíduos se abstiveram de qualquer atividade física vigorosa nas últimas 72 horas. Em seguida, os indivíduos deitaram-se em posição supina e o pesquisador identificou, por meio de palpação manual, o epicôndilo lateral do fêmur e o trocânter maior do fêmur. A pele do voluntário foi marcada no ponto correspondente a 50% de distância entre as duas estruturas e transversalmente a cada 2 cm axiais, a partir do ponto de referência, para os aspectos medial e lateral da coxa para orientar o deslocamento da sonda do US.

Finalmente, a tricotomia da área foi realizada e os participantes foram orientados a permanecer 20 minutos em posição supina para homogeneização dos fluidos corporais. O gel transmissor foi aplicado em

quantidade suficiente no local para permitir acoplamento acústico sem ocasionar compressão dérmica.

O instrutor orientou os participantes a relaxarem ao máximo os seus músculos e então uma sonda linear de cabeça de leitura de 7,5 MHz (LN5-12; Samsung Medison, São Paulo, Brasil) foi utilizada para capturar as imagens.

Imagens seqüenciais de US foram adquiridas alinhando a extremidade superior da sonda com cada marca na pele, deslocando o cabeçote no sentido de medial para lateral.

Após o recolhimento dos dados, as imagens do músculo VL foram as imagens foram sequencialmente abertas em PowerPoint (Microsoft, EUA), e cada imagem foi rodada manualmente até que toda a fáscia do músculo VL fosse reconstruída. Posteriormente, a área transversal do músculo VL foi medida por planimetria computadorizada através do software ImageJ, seguindo os procedimentos descritos por Reeves et. al. (17).

O erro típico e o coeficiente de variação utilizados foram de  $0.33\text{cm}^2$  e 1,38% respectivamente (Figura 1).

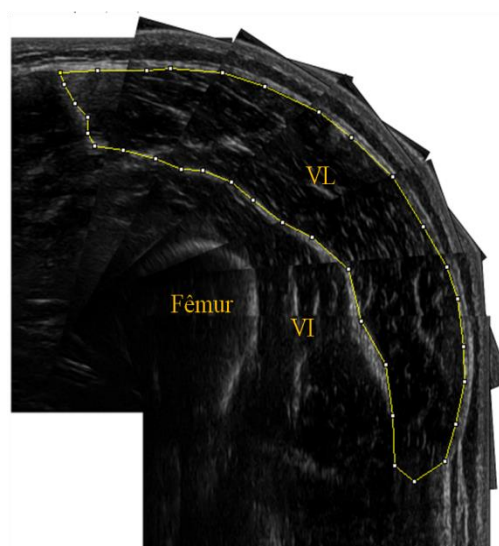


Figura 1. Imagens utilizadas para identificação da área de secção transversal muscular (AST).

## **Análise de resultados**

Após avaliação da normalidade e homocedasticidade, aplicou-se análise de modelo misto, assumindo grupos (PROT vs. PROT+CHO) e tempos (Pré e Pós) como fatores fixos e os participantes como fator randômico para as variáveis dependentes do estudo (1-RM e AST). Em casos onde o valor de  $F$  foi significativo, ajustes de *Tukey* foram aplicados para comparações múltiplas.

## **Resultados**

### **Área de secção transversa muscular (AST)**

A AST foi significativamente maior após as 8 semanas de intervenção (Pós) (efeito principal de tempo;  $p < 0,0001$ ; PROT+CHO: 14,73%, ES: 0,66; PROT: 13,37%, ES: 0,47) comparado aos valores iniciais (Pré). Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ( $p > 0,05$ ). (Figura 2)

**\*\*\*Figura 2\*\*\***

### **Força máxima dinâmica (1RM)**

Foi encontrado significativo aumento do 1RM após as 8 semanas de intervenção (efeito principal de tempo;  $p < 0,0001$ ; PROT+CHO: 33,44%, ES: 1,28; PROT: 35,88%: ES: 0,97) comparado aos valores iniciais (Pré). Além disso não foram encontradas diferenças entre grupos ( $p > 0,05$ ) (Figura 3).

**\*\*\*Figura 3\*\*\***

### **Volume total de treino (VTT)**

O VTT foi expresso como a soma do VTT dos dois aparelhos, leg press e cadeira extensora. Não foi encontrada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no volume total de treino (VTT) entre os grupos PROT+CHO e PROT. (Figura 4)

**\*\*\*Figura 4\*\*\***

### **Discussão**

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos crônicos do TF associado à suplementação de PROT+CHO e suplementação de PROT isoladamente no VTT, AST e força muscular. Nossos principais resultados demonstraram que o VTT, a AST e a força muscular (1RM) foram similar entre os protocolos (Figura 2, 3 e 4). Os resultados contrariaram nossa hipótese inicial, a qual presumia que o grupo PROT+CHO exerceria um maior VTT e conseqüentemente apresentaria maior AST e força muscular.

Cronicamente verificamos que ambos os protocolos apresentaram aumento da AST muscular (PROT+CHO=14,73% e PROT= 13,37%) após as 8 semanas de treinamento, sem efeito adicional do CHO. Esses resultados estão de acordo com outros estudos que trazem um aumento de ~9 –11% e protocolos de TF com ou sem suplementação nutricional durante períodos de treinamento semelhante ao nosso (16, 18, 19). Na comparação entre PROT+CHO e PROT, estudos agudos demonstraram que a suplementação de PROT+CHO não promove maior SPM comparado à suplementação de PROT isoladamente (6, 20). No entanto, esses resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que a SPM de uma única sessão não se relaciona com a hipertrofia muscular, decorrente de acúmulo de sessões. De fato, Mitchell et. al. (7) não encontraram relação entre o aumento da SPM após uma sessão de TF e a hipertrofia muscular, indicando que o estímulo da SPM após uma sessão não prediz a magnitude

da hipertrofia muscular. Estes resultados demonstram que é necessário ter cautela ao avaliar os resultados agudos e sugerir que terão o mesmo perfil cronicamente. No entanto, no presente estudo, os resultados dos estudos agudos foram reproduzidos cronicamente, visto que hipertrofia muscular foi similar entre os grupos PROT+CHO e PROT.

Alguns fatores podem explicar esses achados. A aminoacidemia e a insulinemia, por exemplo, demonstrada após a ingestão 25g de PROT do soro do leite foram suficientes para maximizar qualquer estímulo de SPM mediado pela insulina (6), o que em partes explicaria a hipertrofia muscular similar entre os protocolos, observada em nosso estudo. Além disso, tem sido sugerido que a aminocidemia parece ser mais importante para os processos anabólicos do que a insulinemia (6). Ademais, apesar de alguns autores sugerirem que a ingestão de CHO nas 2 primeiras horas após o exercício demonstra-se ser essencial para melhor recuperação do indivíduo (21), em nosso estudo o CHO ingerido logo após a sessão de TF parece não ter afetado a magnitude e a velocidade do reestabelecimento das reservas de glicogênio muscular. Acreditamos que o fato da ressíntese de glicogênio ocorrer ao longo de 24 horas (22) pode ser um fator importante para os nossos resultados, principalmente porque o descanso entre cada sessão foi de 48 horas, sugerindo que após esse período os estoques de glicogênio já estariam reestabelecidos. Assim, quando se realiza uma alimentação equilibrada em CHO ao longo do dia, a suplementação com CHO imediatamente após o treinamento de força parece ser desnecessária. Além disso, a redução dos estoques de glicogênio muscular após cada sessão de treino parece ser incapaz de prejudicar o rendimento dos indivíduos, tendo em vista que ambos os protocolos progrediram o VTT ao longo do treinamento.

Com relação à força muscular, ambos os grupos aumentaram de maneira similar (PROT+CHO=35,61% e PROT=37,20%), indicando não haver vantagem para a suplementação com CHO. Outros estudos (23, 24) também investigaram o aumento da força após diversas sessões de TF, e



encontraram resultados semelhantes (~21-33%) aos nossos. O aumento da força após protocolos de TF está relacionado à mudanças na arquitetura muscular das fibras, hipertrofia muscular, e adaptação neural (25-28). Segundo Narici et. al (28) somente 40% do aumento da força é explicado pela hipertrofia muscular e os outros 60% são atribuídos à mudanças no drive neural, arquitetura muscular ou ambos. Dessa forma, a PROT ou o CHO não teriam efeitos grandiosos no aumento da força muscular, visto que não existem estudos que demonstraram ou avaliaram o benefício desses suplementos na melhoria da adaptação neural. Sendo assim, parece que ambos os protocolos tiveram a mesma adaptação neural, dado que realizaram o mesmo VTT.

## **Conclusão**

A suplementação de PROT+CHO e PROT, juntamente com o TF, promoveu aumento da força e hipertrofia muscular após 8 semanas do protocolo proposto. No entanto, a suplementação de CHO+PROT não produziu efeito adicional quanto a performance (VTT), hipertrofia muscular e ganho de força, comparado à suplementação de PROT isoladamente, como hipotetizado inicialmente.

Em contraste com a nossa hipótese inicial, ambos os grupos demonstraram aumentos da força e hipertrofia muscular após as 8 semanas de TF, sem efeito adicional da suplementação de PROT+CHO. Faz-se necessária a realização de novos estudos crônicos que apliquem a biópsia muscular, para avaliação da real perda de glicogênio muscular após o TF, com diferentes variações. Também são necessários estudos que avaliem diferentes doses de CHO na tentativa de encontrar a quantidade ideal de dose-resposta para repor os estoques de glicogênio perdidos após diversas sessões de TF.

## Referências

1. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(3):687-708.
2. McGlory C, Phillips SM. Exercise and the Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;135:153-73.
3. Churchward-Venne TA, Burd NA, Phillips SM. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutr Metab (Lond).* 2012;9(1):40.
4. Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr.* 2007;86(2):373-81.
5. Morton RW, McGlory C, Phillips SM. Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Front Physiol.* 2015;6:245.
6. Staples AW, Burd NA, West DW, Currie KD, Atherton PJ, Moore DR, et al. Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1154-61.
7. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, Parise G, Bellamy L, Baker SK, Smith K, et al. Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One.* 2014;9(2):e89431.
8. Damas F, Phillips SM, Libardi CA, Vechin FC, Lixandrao ME, Jannig PR, et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *J Physiol.* 2016;594(18):5209-22.
9. Poole C, Wilborn C, Taylor L, Kerksick C. The Role of Post-Exercise Nutrient Administration on Muscle Protein Synthesis and Glycogen Synthesis. *J Sports Sci Med.* 2010. p. 354-63.
10. Piehl Aulin K, Soderlund K, Hultman E. Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81(4):346-51.
11. Alghannam AF, Tsintzas K, Thompson D, Bilzon J, Betts JA. Exploring mechanisms of fatigue during repeated exercise and the dose dependent

effects of carbohydrate and protein ingestion: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*. 2014;15:95.

12. Knuijman P, Hopman MT, Mensink M. Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutr Metab (Lond)*. 2015;12:59.

13. Koopman R, Manders RJ, Jonkers RA, Hul GB, Kuipers H, van Loon LJ. Intramyocellular lipid and glycogen content are reduced following resistance exercise in untrained healthy males. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96(5):525-34.

14. Phillips SM. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br J Nutr*. 2012;108 Suppl 2:S158-67.

15. Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, Breen L, Burd NA, Tipton KD, et al. Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2015;70(1):57-62.

16. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Bottaro M, Chacon-Mikahil MP, Cavaglieri CR, Min LL, et al. Vastus Lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in humans. *J Strength Cond Res*. 2014;28(11):3293-7.

17. Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(1):116-8.

18. Damas F, Phillips SM, Lixandrao ME, Vechin FC, Libardi CA, Roschel H, et al. Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(1):49-56.

19. Wakahara T, Ema R, Miyamoto N, Kawakami Y. Increase in vastus lateralis aponeurosis width induced by resistance training: implications for a hypertrophic model of pennate muscle. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(2):309-16.

20. Koopman R, Beelen M, Stellingwerff T, Pennings B, Saris WH, Kies AK, et al. Coingestion of carbohydrate with protein does not further augment postexercise muscle protein synthesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2007;293(3):E833-42.

21. Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, Coyle EF. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* (1985). 1988;64(4):1480-5.

22. Costill DL, Pascoe DD, Fink WJ, Robergs RA, Barr SI, Pearson D. Impaired muscle glycogen resynthesis after eccentric exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1990;69(1):46-50.
23. Sooneste H, Tanimoto M, Kakigi R, Saga N, Katamoto S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *J Strength Cond Res*. 2013;27(1):8-13.
24. Nobrega SR, Ugrinowitsch C, Pintanel L, Barcelos C, Libardi CA. Effect Of Resistance Training To Muscle Failure Versus Volitional Interruption At High- And Low-Intensities On Muscle Mass And Strength. 2017.
25. Davies J, Parker DF, Rutherford OM, Jones DA. Changes in strength and cross sectional area of the elbow flexors as a result of isometric strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988;57(6):667-70.
26. Jones DA, Rutherford OM. Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *J Physiol*. 1987;391:1-11.
27. Jones DA, Rutherford OM, Parker DF. Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Q J Exp Physiol*. 1989;74(3):233-56.
28. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1989;59(4):310-9.

## Figuras

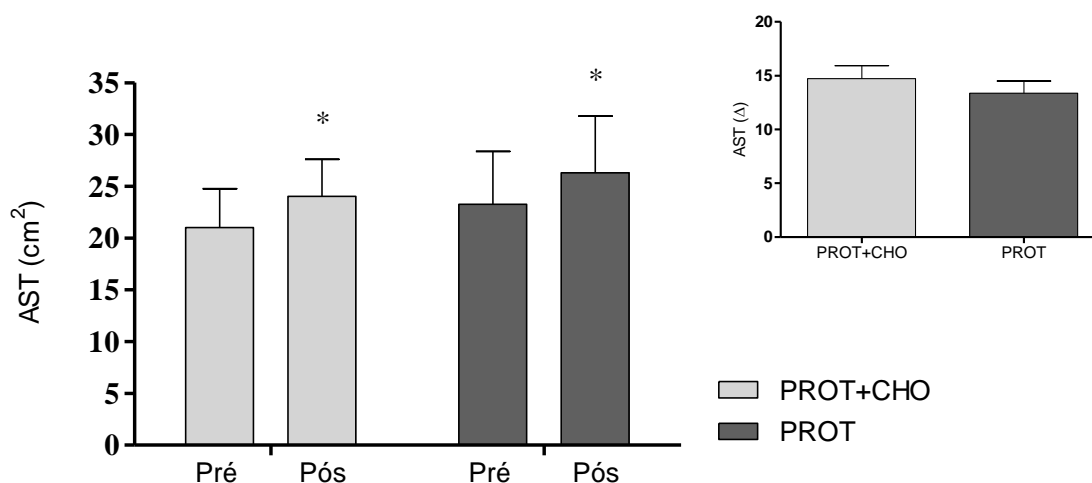


Figura 2. Área de secção transversa (AST) do músculo vasto lateral (VL) antes (Pré) e após (Pós) 8 semanas de treinamento de força para o grupo que associou suplementação de proteína e carboidrato (PROT+CHO n=9) e somente proteína (PROT n=8). \* Diferença significativa comparada ao Pré (efeito principal de tempo,  $p < 0.05$ ); Os resultados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão.

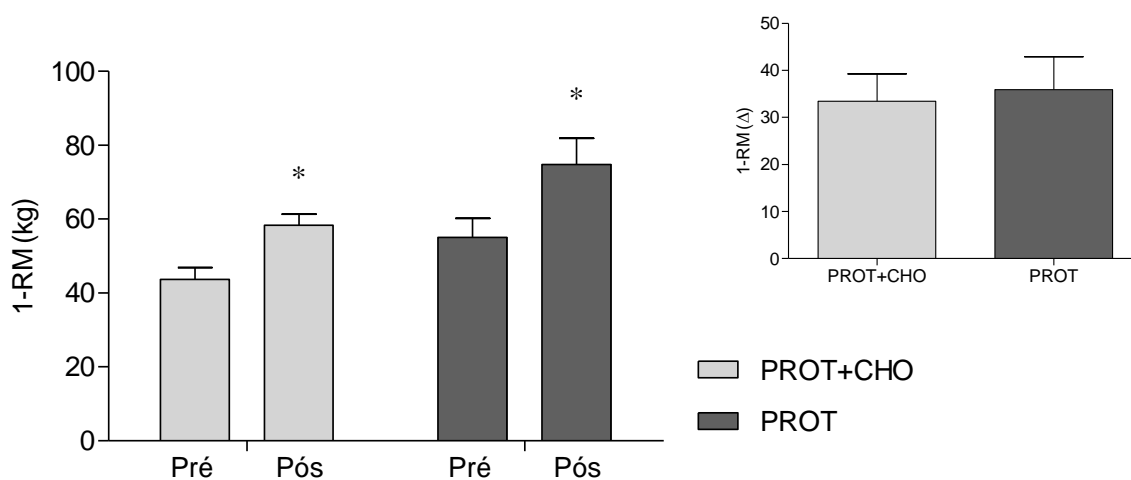


Figura 3. Força dinâmica máxima (1RM) antes (Pré) e após (Pós) as 8 semanas de treinamento de força para o grupo que associou suplementação de proteína e carboidrato (PROT+CHO n=9) e somente proteína (PROT n=8). \* Diferença significativa comparada ao momento Pré (efeito principal de tempo,  $p < 0,05$ ). Os resultados estão apresentados em média  $\pm$  desvio padrão.

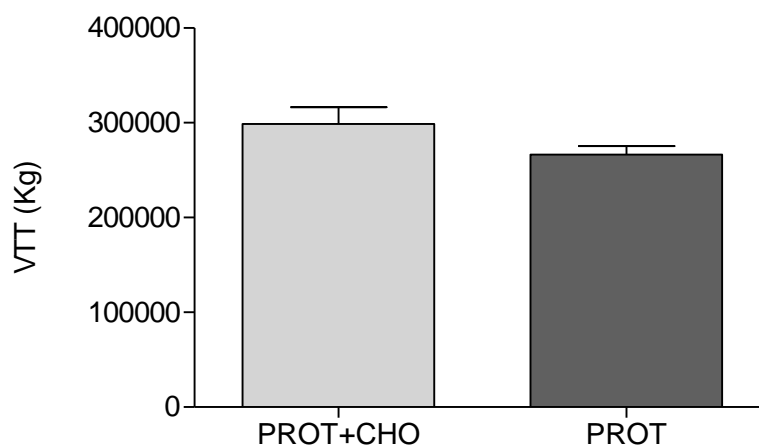


Figura 4. Volume de treino total (VTT) do grupo que associou suplementação de proteína e carboidrato (PROT+CHO n=9) e somente proteína (PROT n=8). VTT= série x repetições x carga [kg]. Soma do VTT do leg press e da cadeira extensora. Sem diferença estatística entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

### **Considerações finais**

Em resumo, a suplementação de PROT+CHO após 8 semanas de TF não promoveu efeito adicional na performance dos indivíduos (VTT) bem como ganho de força e hipertrofia muscular quando comparado à suplementação de PROT isoladamente.

Entretanto, apesar do presente estudo ter utilizado um protocolo de TF de alta intensidade e volume de treino, não houve avaliação quanto ao glicogênio muscular. Com isso, acredita-se ser importante estudos com TF que avaliem, por meio da biopsia muscular, o comportamento do glicogênio muscular após variadas manipulações do TF.

### **Referências**

1. McGlory C, Phillips SM. Exercise and the Regulation of Skeletal Muscle Hypertrophy. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;135:153-73.
2. Witard OC, Wardle SL, Macnaughton LS, Hodgson AB, Tipton KD. Protein Considerations for Optimising Skeletal Muscle Mass in Healthy Young and Older Adults. *Nutrients.* 2016;8(4):181.
3. Phillips S. Protein consumption and resistance exercise: maximizing anabolic potential - Google Acadêmico Sports Science Exchange. 2016
4. Lecker SH, Solomon V, Mitch WE, Goldberg AL. Muscle protein breakdown and the critical role of the ubiquitin-proteasome pathway in normal and disease states. *J Nutr.* 1999;129(1S Suppl):227s-37s.
5. Glynn EL, Fry CS, Drummond MJ, Dreyer HC, Dhanani S, Volpi E, et al. Muscle protein breakdown has a minor role in the protein anabolic response to essential amino acid and carbohydrate intake following

resistance exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2010;299(2):R533-40.

6. Atherton PJ, Smith K. Muscle protein synthesis in response to nutrition and exercise. *J Physiol*. 2012;590(Pt 5):1049-57.

7. Phillips BE, Hill DS, Atherton PJ. Regulation of muscle protein synthesis in humans. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2012;15(1):58-63.

8. Burd NA, West DW, Moore DR, Atherton PJ, Staples AW, Prior T, et al. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr*. 2011;141(4):568-73.

9. Churchward-Venne TA, Burd NA, Phillips SM. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutr Metab (Lond)*. 2012;9(1):40.

10. Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, Doyle D, Jr., Wolfe RR. Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol*. 1999;276(4 Pt 1):E628-34.

11. Hartman JW, Tang JE, Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, Lawrence RL, Fullerton AV, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr*. 2007;86(2):373-81.

12. ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708.

13. Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*. 1979;58(3):115-30.

14. Phillips SM. Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training? *Can J Appl Physiol*. 2000;25(3):185-93.

15. Cermak NM, Res PT, de Groot LC, Saris WH, van Loon LJ. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2012;96(6):1454-64.

16. Moore DR, Robinson MJ, Fry JL, Tang JE, Glover EI, Wilkinson SB, et al. Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr*. 2009;89(1):161-8.

17. Morton RW, McGlory C, Phillips SM. Nutritional interventions to augment resistance training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Front Physiol.* 2015;6:245.
18. Staples AW, Burd NA, West DW, Currie KD, Atherton PJ, Moore DR, et al. Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1154-61.
19. Camera DM, West DW, Burd NA, Phillips SM, Garnham AP, Hawley JA, et al. Low muscle glycogen concentration does not suppress the anabolic response to resistance exercise. *J Appl Physiol (1985).* 2012;113(2):206-14.
20. Koopman R, Beelen M, Stellingwerff T, Pennings B, Saris WH, Kies AK, et al. Coingestion of carbohydrate with protein does not further augment postexercise muscle protein synthesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2007;293(3):E833-42.
21. Gorissen SH, Burd NA, Hamer HM, Gijsen AP, Groen BB, van Loon LJ. Carbohydrate coingestion delays dietary protein digestion and absorption but does not modulate postprandial muscle protein accretion. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014;99(6):2250-8.
22. Mitchell CJ, Churchward-Venne TA, Parise G, Bellamy L, Baker SK, Smith K, et al. Acute post-exercise myofibrillar protein synthesis is not correlated with resistance training-induced muscle hypertrophy in young men. *PLoS One.* 2014;9(2):e89431.
23. Damas F, Phillips SM, Libardi CA, Vechin FC, Lixandrao ME, Jannig PR, et al. Resistance training-induced changes in integrated myofibrillar protein synthesis are related to hypertrophy only after attenuation of muscle damage. *J Physiol.* 2016;594(18):5209-22.
24. Poole C, Wilborn C, Taylor L, Kerksick C. The Role of Post-Exercise Nutrient Administration on Muscle Protein Synthesis and Glycogen Synthesis. *J Sports Sci Med.* 92010. p. 354-63.
25. Piehl Aulin K, Soderlund K, Hultman E. Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81(4):346-51.
26. Alghannam AF, Tsintzas K, Thompson D, Bilzon J, Betts JA. Exploring mechanisms of fatigue during repeated exercise and the dose dependent effects of carbohydrate and protein ingestion: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials.* 2014;15:95.
27. Knuijman P, Hopman MT, Mensink M. Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutr Metab (Lond).* 2015;12:59.



28. Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S67-77.
29. Zachwieja JJ, Costill DL, Pascoe DD, Robergs RA, Fink WJ. Influence of muscle glycogen depletion on the rate of resynthesis. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(1):44-8.
30. Burke LM, van Loon LJC, Hawley JA. Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *J Appl Physiol (1985).* 2017;122(5):1055-67.
31. Prats C, Helge JW, Nordby P, Qvortrup K, Ploug T, Dela F, et al. Dual regulation of muscle glycogen synthase during exercise by activation and compartmentalization. *J Biol Chem.* 2009;284(23):15692-700.
32. Richter EA, Mikines KJ, Galbo H, Kiens B. Effect of exercise on insulin action in human skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985).* 1989;66(2):876-85.
33. Hawley JA, Schabort EJ, Noakes TD, Dennis SC. Carbohydrate-loading and exercise performance. An update. *Sports Med.* 1997;24(2):73-81.
34. Bergstrom J, Hultman E, Roch-Norlund AE. Muscle glycogen synthetase in normal subjects. Basal values, effect of glycogen depletion by exercise and of a carbohydrate-rich diet following exercise. *Scand J Clin Lab Invest.* 1972;29(2):231-6.
35. Sherman WM, Costill DL, Fink WJ, Miller JM. Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *Int J Sports Med.* 1981;2(2):114-8.
36. Blom PC, Hostmark AT, Vaage O, Kardel KR, Maehlum S. Effect of different post-exercise sugar diets on the rate of muscle glycogen synthesis. *Med Sci Sports Exerc.* 1987;19(5):491-6.
37. Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, Sherman WM, Coyle EF. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol (1985).* 1988;64(4):1480-5.