

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 26/06/2018.

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

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 ($> 8\text{g de CHO/ kg}$ massa corporal) (35). Dessa forma, é recomendável que atletas consumam 50 g de CHO ($\sim 0.50\text{g/kg}$ 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 consequentemente melhores adaptações.

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. Knuiman 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.

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.* 2010. 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. Knuiman 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.