

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS

EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA REALIZADO COM
DURAÇÃO DE REPETIÇÃO CONTROLADA E AUTO-
SELECIONADA NA FORÇA E MASSA MUSCULAR DE HOMENS
JOVENS

Acadêmico: Talisson Santos Chaves

São Carlos-SP
Setembro/2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS

EFEITO DO TREINAMENTO DE FORÇA REALIZADO COM
DURAÇÃO DE REPETIÇÃO CONTROLADA E AUTO-
SELECIONADA NA FORÇA E MASSA MUSCULAR DE HOMENS
JOVENS

Acadêmico: Talisson Santos Chaves

Orientador: Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas, da Universidade Federal de São Carlos, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Fisiológicas”.

São Carlos-SP
Setembro/2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa Interinstitucional de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Talisson Santos Chaves, realizada em 25/09/2018:

Prof. Dr. Cleiton Augusto Libardi
UFSCar

Profa. Dra. Daniela Godoi Jacomassi
UFSCar

Prof. Dr. Renato Barroso da Silva
UNICAMP

DEDICATÓRIA

Por trás dos sonhos há sacrifícios que as pessoas não veem. Dedico aos meus pais Rolemberg e Rita, ao meu irmão Smile Chaves, a minha família e amigos por compartilharem esses sacrifícios comigo.

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço aos meus pais, Rolemberg e Rita Chaves, e meu irmão Smile Chaves pelo apoio multidimensional durante a minha vida.

Ao orientador, Dr. Cleiton Augusto Libardi pela oportunidade, confiança e dedicação na transmissão de ensinamentos valiosos para execução deste trabalho e toda caminhada durante o mestrado.

À UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio.

Aos colegas do Laboratório de adaptações neuromusculares ao treinamento de força – MUSCULAB.

Agradeço a Thaís, Marcelino e Fernanda por todo apoio durante a execução desse trabalho.

Eu agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente em meu processo de formação.

SUMÁRIO

Resumo	06
Abstract	07
1. Introdução	08
2. Métodos.....	10
2.1. Abordagem Experimental	10
2.2. Participantes	11
2.3. Teste de força máxima dinâmica (1-RM)	11
2.4. Área de secção transversa do músculo vasto lateral (AST)	12
2.5. Protocolos de Treinamento de força	13
2.6. Equalização do volume total de treinamento	14
2.7. Análise estatística	14
3. Resultados	16
3.1 Volume da sessão, volume total de treinamento e tempo de DR	16
3.2 Força máxima dinâmica (1-RM)	16
3.3 Área de secção transversa do músculo vasto lateral (AST)	16
4. Discussão.....	19
5. Conclusão	22
6. Referências	23
7. Tabelas.....	26
8. Figuras	27

Resumo

O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito do TF realizado com DR controlada e auto-selecionada, com e sem volume equalizado, sobre a força e hipertrofia muscular. Vinte jovens sem experiência em treinamento de força participaram do estudo. Foi utilizado um design intra-sujeito em que cada perna dos participantes foi aleatorizada em 3 condições experimentais: DR controlada (CON); DR auto-selecionada (AUTO) e DR auto-selecionada com volume equalizado (AUTO-VE) com a condição CON. O protocolo de treinamento foi realizado na cadeira extensora, duas vezes por semana durante 8 semanas. As séries foram realizadas até a falha muscular concêntrica com 70% 1-RM. Os protocolos CON (DR: 2:2s) e AUTO (DR: auto-selecionada) realizaram 3 séries, enquanto o protocolo AUTO-E (DR: auto-selecionada) variou o número de séries (2-3 séries) devido a necessidade de equalizar o VTT a condição CON. Foram encontradas diferenças significativas para VTT entre protocolos ao longo de 8 semanas ($P = 0,0009$), com VOL resultando maior VTT em comparação ao CON e AUTO-EV. No entanto, todos os protocolos de treinamento apresentaram aumentos significantes na força ($P < 0,0001$) e AST muscular ($P < 0,0001$), sem diferenças significativas entre grupos ($P > 0,05$). Em conclusão, o treinamento de força com DR auto-selecionada, independentemente do VTT, foi igualmente eficaz para induzir aumentos nos ganhos de força e hipertrofia muscular comparado a DR controlada.

Palavras-chave: Duração de repetição, treinamento de força, hipertrofia muscular, força máxima.

Abstract

The aim of the study was to compare the effect of RD SELF, with and without total training volume equalized with RD CON, on muscle strength and hypertrophy. Twenty healthy untrained university students were recruited for this study. An intra-subject design was used in which the each participant's leg was allocated in a randomized and balanced way: (1) Control RD (CON); (2) Self-selected RD with equalized volume (SELF-EV); Self-selected RD without equalized volume (SELF). All RT protocols were performed unilaterally using a conventional leg-extension machine, twice a week for 8 weeks. For the SELF and CON protocols, the participants performed 3 sets for muscle failure at 70% 1-RM, and 2 minutes rest period was granted between sets for both protocols. During SELF-EV, the same intensity and between-sets rest intervals were utilized, however, the number of sets varied (2-3 sets) due to TTV equalization with the CON group. Significant differences were found for TTV between protocols over 8 weeks ($P = 0.0009$), with SELF resulting in higher TTV compared to CON and SELF-EV. However, all training protocols showed significant increases in strength ($P < 0.0001$) and muscle AST ($P < 0.0001$), with no significant differences between groups ($P > 0.05$). In conclusion, resistance training with SELF RD, regardless of VTT, was equally effective in inducing increases in strength gains and muscle hypertrophy compared to RD controlled.

Key words: Repetition duration, resistance training, muscle hypertrophy, maximal strength.

1. Introdução

Para aumentar a força e a massa muscular (i.e., hipertrofia muscular), tem sido recomendado a manipulação de variáveis do treinamento de força (TF), como volume, intensidade, tipo de exercício, frequência semanal, pausa, ação muscular e duração da repetição (DR) (ACSM, 2009). Entre essas variáveis, a DR tem sido pouco investigada (SCHOENFELD et al., 2015; NÓBREGA et al., 2018a). Nesse sentido, em seu último posicionamento, o Colégio Americano de Medicina do Esporte (ACSM) recomenda que a DR seja moderada (e.g., 2 segundos na ação concêntrica e 2 segundos na ação excêntrica [2:2]) (ACSM, 2009). Apesar de tal recomendação, recentes metanálises demonstraram que aumentos similares na força e hipertrofia muscular podem ocorrer com ampla variedade de DR (i.e., DR rápida/moderada-lenta [0,5 a 8 s]) (SCHOENFELD et al., 2015; DAVIES et al.; 2017). No entanto, apesar das evidências científicas, na prática pouco controle é observado, com a maioria dos praticantes realizando o TF sem o controle da DR (i.e., DR auto-selecionada). Por outro lado, é possível que isso não acarrete em prejuízos nas adaptações, uma vez que mesmo quando o controle da DR não é realizado (i.e. DR auto-selecionada) o tempo de DR (2.6s) (NÓBREGA et al., 2018a) está dentro do range de DR demonstrado pelas metanálises (SCHOENFELD et al., 2015; DAVIES et al.; 2017). Assim, é plausível sugerir que o controle da DR pode não ser necessário para maximizar as adaptações neuromusculares.

Nesse sentido, recentemente nosso laboratório demonstrou que o número de repetições e, conseqüentemente, o volume total de treinamento (VTT, séries x repetições x carga) é maior em sessões de TF realizadas com

DR auto-selecionada (AUTO) comparado a um protocolo com DR controlada (CON, 2:2) (NÓBREGA et al., 2018a). Esses achados sugerem uma vantagem para AUTO, uma vez que parece haver uma relação dose-resposta entre volume do TF e os ganhos de força (RALSTON et al., 2017) e massa muscular (KRIEGER, 2010; SCHOENFELD et al., 2017). Entretanto, esses resultados não são universais (OSTROWSKI et al., 1997; BOTTARO et al., 2011; MITCHELL et al., 2012; NÓBREGA et al., 2018b; BARCELOS et al. 2018). Por exemplo, nós mostramos recentemente que independente da intensidade (i.e., 80% vs. 30% 1-RM), protocolos de TF até falha muscular ou interrupção auto-selecionada (i.e., interrupção do exercício 1-3 repetições antes da falha muscular) produzem similares ganhos de força e hipertrofia muscular, apesar do maior VTT observado no protocolo de alta intensidade (NÓBREGA et al. 2018b). Esses resultados sugerem que uma fadiga substancial ocasionada por protocolos realizados até a falha ou próximo dela promovam um estímulo anabólico suficiente para maximizar as adaptações neuromusculares em sujeitos não treinados (NÓBREGA et al. 2018b). Dessa forma, é possível que apesar da DR AUTO produzir maior VTT que protocolos realizados com DR CON, os ganhos de força e massa muscular sejam similares entre eles, desde que ambos protocolos sejam realizados até a falha muscular ou próximo dela.

Portanto, o objetivo do estudo foi comparar o efeito da DR AUTO, com e sem volume total equalizado com a DR CON, sobre a força e hipertrofia muscular. Nossa hipótese é que os ganhos de força e hipertrofia muscular são similares entre DR AUTO e CON, independente da equalização do VTT.

2. Métodos

2.1 Abordagem Experimental do Problema

Inicialmente, os participantes visitaram o laboratório para familiarização com o teste de 1-RM. Após 72 horas, os voluntários realizaram o teste de 1-RM, sendo necessário a realização de mais um teste caso houvesse uma variação de carga maior que 5% entre os testes realizados (LEVINGER et al., 2009). Após 72 horas do teste de 1-RM, a área da secção transversal do músculo vasto lateral (CSA) foi avaliada por ultrassonografia. Foi utilizado um delineamento intra-sujeito no qual a perna de cada participante foi alocada de forma randomizada e balanceada nos seguintes protocolos: (1) DR controlada (CON); (2) DR auto-selecionada com volume equalizado (AUTO -VE); DR auto-selecionada (AUTO). O grupo CON foi definido como controle “positivo” para todos os participantes. Assim, vinte pernas foram alocadas ao protocolo CON (10 pernas dominantes e 10 não dominantes). As pernas contralaterais foram então alocadas para o protocolo AUTO (n = 10) ou AUTO-VE (n = 10), de acordo com os valores de 1-RM. Após as avaliações de ultrassonografia foi iniciado o período de treinamento (8 semanas). Após quatro semanas de treinamento, o teste de 1-RM foi realizado 72 horas após a oitava sessão de treinamento, para reajustar a carga. O treinamento continuou por mais 4 semanas com a carga ajustada. A AST do músculo foi acessada após 72 horas da última sessão de TF, com avaliações subsequentes do teste final de 1-RM.

2.2 Participantes

Vinte estudantes universitários saudáveis, não treinados (idade: $24,7 \pm 2,9$ anos, altura: $176 \pm 7,4$ cm, massa corporal: $76,2 \pm 10,5$ kg) foram recrutados para este estudo. Os critérios de inclusão para participação foram não estarem engajados em treinamento de força nos últimos seis meses e não possuir limitação funcional para realização do teste de 1-RM ou protocolos de treinamento. Antes do início do estudo, todos os participantes foram informados sobre os procedimentos, riscos e benefícios, e foram solicitados a fornecer consentimento informado por escrito. Todos os procedimentos realizados no estudo estavam de acordo com os padrões éticos do comitê de pesquisa institucional e com a declaração de Helsinque de 1964.

2.3 Teste de Força máxima dinâmica (1-RM)

A força dinâmica máxima foi avaliada através do teste unilateral de 1-RM realizado na cadeira extensora seguindo as recomendações descritas por Brown e Weir (2001). Inicialmente, os participantes realizaram um aquecimento geral em cicloergômetro por 5 min, seguido por duas séries de aquecimento específico. A primeira e segunda séries consistiram em 8 repetições com 50% de 1-RM estimado, e 3 repetições com 70% de 1-RM estimado, respectivamente, com um descanso de 2 min entre as séries. Após o aquecimento, os participantes tiveram até 5 tentativas para atingir a carga de 1-

RM com descanso de 3 minutos entre as tentativas. A maior carga levantada foi considerada como a carga de 1-RM. O coeficiente de variação (CV) e o erro típico (ET) para os testes de 1-RM foram 1,03% e 0,7 kg.

2.4 Área de secção transversa do músculo vasto lateral (AST)

A AST foi obtida por meio da ultrassonografia (US) seguindo os procedimentos descritos em nosso estudo de validação publicado anteriormente (LIXANDRÃO et al. 2014). Os participantes foram instruídos a abster-se de atividades físicas vigorosas por pelo menos 72 horas antes de cada avaliação da AST (NEWTON et al., 2008; DAMAS et al., 2016). Antes da aquisição de imagens, os participantes deitavam-se em decúbito dorsal por 20 min para garantir a redistribuição de fluidos. Utilizou-se US modo B, com sonda linear de 7,5 MHz (Samsung, MySono U6, São Paulo, Brasil), para aquisição das imagens. O gel de transmissão foi aplicado na área onde as imagens foram obtidas, garantindo acoplamento acústico, sem comprimir a epiderme. O ponto correspondente a 50% da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur foi utilizado para aquisição das imagens da AST. As imagens foram adquiridas no plano sagital. Para guiar o deslocamento da sonda, a pele foi marcada transversalmente em intervalos de 2 cm. Imagens sequenciais do músculo VL iniciaram no ponto de alinhamento da borda superior da sonda com a marca cutânea mais medial (sobre o músculo reto femoral) e terminaram na face lateral da coxa. As imagens foram gravadas a cada 2 cm. Em seguida, a sequência de imagens foram abertas no Power Point (Microsoft, EUA), e girada manualmente para reconstruir toda a fáscia do músculo VL e salva como

uma nova imagem. Os arquivos de figura foram abertos no software ImageJ e a função “poligonal” foi usada para determinar a AST do vasto lateral. A função “poligonal” do ImageJ foi calibrada usando uma distância conhecida marcada na unidade dos EUA. O CV e o ET das medidas da CSA foram de 1,37% e 0,14 cm², respectivamente.

2.5 Protocolos de Treinamento de força.

Todos os protocolos de TF foram realizados unilateralmente usando uma máquina convencional de extensão de pernas, duas vezes por semana durante 8 semanas (total de 16 sessões de treinamento). No início de cada sessão de TF, os participantes realizaram um aquecimento geral em um cicloergômetro (Ergo-Fit®, Pirmasens, Rheinland-Pfalz, Alemanha) pedalando a 20 km • h⁻¹ por 5 min. Para os protocolos AUTO e CON, os participantes realizaram 3 séries até a falha muscular com 70% de 1-RM, e 2 minutos de descanso foram concedidos entre as séries para os dois protocolos. Durante a realização do protocolo AUTO-VE, a mesma intensidade e intervalos de descanso foram utilizados, no entanto, o número de séries variou (2-3 séries) devido à equalização do VTT com o protocolo CON. A DR no grupo CON foi controlado usando um metrônomo, com ações concêntricas e excêntricas com duração de 2 segundos (2:2s). Para os grupos AUTO e AUTO-VE, a DR foram determinadas voluntariamente pelo indivíduo. Para calcular o tempo médio de DR nos protocolos AUTO e AUTO-VE, o tempo total da série (em segundos) foi calculado por um cronômetro e dividido pelo número de repetições realizadas na série. O ponto de falha muscular foi determinado quando ocorreu a

impossibilidade de realizar uma repetição com amplitude total de movimento ou quando o indivíduo não conseguiu realizar a DR previamente estabelecida.

2.6 Equalização do volume total de treinamento

O VTT realizado na sessão AUTO-VE foi equalizado ao VTT realizado na sessão CON (isto é, treinado primeiro). Para isso, o VTT (séries x repetições x carga) foi calculado no grupo CON ao final de cada sessão de treinamento. Posteriormente, este “escore” de VTT foi dividido pela carga prevista para o protocolo AUTO-VE para encontrar o volume (isto é, séries x repetições) que o grupo AUTO-VE deveria fazer para alcançar o mesmo VTT do grupo CON. É importante ressaltar que no protocolo AUTO-VE as séries foram realizadas até a falha muscular, entretanto, o número de repetições foi fixado na última série para atingir o VTT, que ocorreu na segunda ou terceira série.

2.7 Análise Estatística

Após inspeção visual a normalidade dos dados foi assegurada pelo teste de Shapiro-Wilk. O volume da sessão de TF, o VTT acumulado de oito semanas e o tempo de DR foram comparados entre os protocolos usando ANOVA one-way. Em seguida, foi realizada uma análise de modelo misto, assumindo DR (AUTO, AUTO-VE e CON) e tempo (Pré e Pós) como fatores fixos e os sujeitos como fator aleatório para cada variável dependente (1-RM e AST). Como resultado do nosso desenho experimental, 20 pernas foram alocadas para CON (ou seja, condição de controle positivo), enquanto AUTO e

AUTO-VE permaneceram com 10 pernas cada. Assim, optamos por executar 10 simulações em que 10 pernas foram removidas aleatoriamente da condição CON para testar se diferentes resultados estatísticos seriam encontrados considerando as diferentes condições (20 pernas vs. 10 pernas). Não foram encontradas diferenças estatísticas entre as simulações para nenhuma variável dependente. Assim, as análises estatísticas foram realizadas utilizando $n = 20$ para CON, $n = 10$ para AUTO e $n = 10$ para AUTO-VE. No caso de valor significativo de F, ajustes de Tukey foram realizados para comparações múltiplas. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos. O tamanho do efeito (TE) foi calculado para 1-RM e AST usando as alterações de Pré para o Pós. TE foram classificados como “pequeno” se menores que 0,2, “médio” se entre 0,2-0,5 e “grande” se maiores que 0,8 (COHEN, 1988).

3. Resultados

3.1 Volume da sessão do TF, Volume total de treinamento (VTT) e tempo de DR.

O volume da sessão do TF foi maior no protocolo VOL ($35,20 \pm 6,39$) em comparação com o CON ($23,95 \pm 3,91$) e o AUTO-VE ($24,50 \pm 3,80$) ($P = 0,0001$). Consequentemente, o VTT acumulado em 8 semanas foi maior para o protocolo AUTO (31425 ± 11717 kg) comparado ao CON (20401 ± 5939 kg) e AUTO-VE (19512 ± 4612 kg) ($P = 0,0009$). O tempo de DR foi maior para o protocolo CON ($4,0 \pm 0$) comparado ao AUTO ($1,8 \pm 0,3$) e AUTO-EV ($1,7 \pm 0,4$) ($P = 0,0001$). (Tabela 1).

3.2. Força máxima dinâmica (1-RM)

Todos os protocolos de treinamento apresentaram aumentos significantes nos valores de 1 RM do Pré (CON: $73,7 \pm 17,6$ Kg; AUTO: $75,9 \pm 17,7$ Kg; e AUTO-VE: $72,6 \pm 16,9$ Kg) para o Pós (CON: $83,4 \pm 19,9$ Kg, ES: $0,47$ [médio]; AUTO = $84,19,1$ kg, ES: $0,43$ [médio] e AUTO-EV: $83,2 \pm 19,9$ kg, ES: $0,57$ [médio]; efeito principal de tempo, $P < 0,0001$). Não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos ($P > 0,05$) (figura 1).

3.3. Área de secção transversa do músculo (AST)

Os valores de AST do músculo vasto lateral aumentaram para todos os protocolos de treinamento do Pré (CON = $12,09 \pm 3,14$ cm²; AUTO = $11,91 \pm 3,71$ cm²; e AUTO-VE = $11,93 \pm 2,32$ cm²) para o Pós (CON = $13,03 \pm 3,25$ cm², ES: 0,29 [médio]; AUTO = $13,2 \pm 4,16$ cm², ES: 0,32 [médio] e AUTO-VE = $13,2 \pm 2,35$ cm², ES: 0,53 [médio]; efeito principal de tempo, $P < 0,0001$). Não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos ($P > 0,05$) (figura 2).

4. Discussão

Para o conhecimento dos autores, esse é o primeiro estudo que comparou os efeitos da DR controlada e auto-selecionada na força e hipertrofia muscular. Nossos principais achados mostraram que a DR AUTO, é igualmente efetiva para promover aumentos na força e massa muscular comparados a DR CON, independente do VTT produzido por esses protocolos.

Em nosso estudo observamos aumentos entre 10-14% na força máxima e 7-10% na hipertrofia muscular após 16 semanas de TF, o que está alinhado com estudos prévios realizados também com indivíduos iniciantes em TF (AHTIAINEN et al. 2016). Interessantemente, esses ganhos de força e massa muscular não foram influenciados pela DR ou VTT. Nesse sentido, é possível que as adaptações similares observadas estejam relacionada a DR utilizada no presente estudo (CON: 4s [DR moderada]; AUTO-VE: 1.7s [DR rápida]) e AUTO: 1,8s [DR rápida]), uma vez que estão, dentro de um range de DR capaz de maximizar a força e hipertrofia muscular (i.e. rápida/moderada-lenta [0,5 a 8 s]) (SCHOENFELD et al. 2015; DAVIES et al. 2017). Assim, nossos dados suportam a hipótese de que o controle da DR não é necessário para maximizar os ganhos de força e massa muscular.

Nesse sentido, recentemente nosso laboratório demonstrou que não controlar a DR (i.e., AUTO) promove maior aumento no volume da sessão de TF comparado a DR controlada (e.g., 2:2) (NÓBREGA et al. 2018a), o que

também foi observado no presente estudo. Um dos possíveis mecanismos por trás do aumento de volume durante a realização do protocolo AUTO pode ser a liberação de energia elástica na transição da fase excêntrica para a concêntrica (CAVAGNA et al. 1965; CAVAGNA et al. 1968), o que pode aumentar o sistema de energia cinética e diminuir o custo metabólico para realização do movimento (CAVAGNA et al. 1965; CAVAGNA et al. 1968). Assim, quando o exercício é realizado com menor DR (ou seja, DR auto-selecionada), o gasto energético pode ser reduzido, permitindo aumentar o volume (WOLEDGE e CURTIN, 1993; INGEN SCHENAU et al. 1997). Como já esperado, o maior volume da sessão para o protocolo AUTO proporcionou maior VTT acumulado nas 8 semanas de treinamento comparado ao CON. Adicionalmente, a inclusão do protocolo AUTO-VE permitiu verificarmos se o maior VTT do protocolo AUTO influencia nas adaptações neuromusculares. Nossos resultados estão de acordo com outros estudos que mostraram similares aumentos nos ganhos de força e hipertrofia muscular apesar das diferenças no VTT (OSTROWSKI et al., 1997; BOTTARO et al., 2011; MITCHELL et al., 2012; NÓBREGA et al., 2018; BARCELOS et al. 2018). Nesse sentido, é plausível sugerir que são necessárias maiores diferenças de volume entre protocolos para que a relação dose-resposta do volume e adaptações neuromusculares se manifeste. Por exemplo, Bottaro et al. (2012) não encontraram diferenças na força e hipertrofia muscular comparando protocolos que realizavam 1 série vs. 3 séries por exercício, no entanto, quando o volume da sessão entre protocolos se diferenciam em maior magnitude (1 série vs. 5 séries), maiores adaptações neuromusculares foram encontradas para o protocolo de maior volume (RADAELLI et al. 2015). Portanto, considerando que em nosso estudo o

número de séries em ambos protocolos (CON e AUTO) foram iguais, o maior número de repetições realizados pela DR AUTO em cada série (~3 à 4 repetições), e conseqüentemente maior volume da sessão e VTT (8 semanas), não foram suficientes para gerar diferenças nas adaptações neuromusculares.

Finalmente, é importante ressaltar que o protocolo CON foi interrompido quando os participantes não puderam mais manter a DR previamente estabelecida (2:2). No entanto, considerando que a perda da velocidade de repetição pode ocorrer antes do nível máximo de fadiga (SANCHEZ-MEDINA & GONZALEZ BADILLO, 2011), é possível que o controle da DR pode ter feito o indivíduo finalizar antes da falha muscular. De fato, é possível que somente o grupo AUTO tenha experimentado o nível máximo de fadiga. Isso pode ser evidenciado devido ao design intra-sujeito do presente estudo, o qual permitiu a análise da diferença no número de repetições por série no protocolo AUTO (primeira série: 14.4 ± 3.2 ; segunda série: 11.3 ± 1.8 e terceira série: 9.4 ± 2.0 repetições) em comparação com CON (primeira série: 9.7 ± 2.4 ; segunda série: 7.8 ± 1.2 e terceira série: 6.6 ± 0.7 repetições). Entretanto, apesar disso, as adaptações não foram influenciadas por essas diferenças. Isso está de acordo com um recente estudo do nosso laboratório, que demonstrou que protocolos de TF realizados até falha muscular ou próximo dela (i.e., interrupção voluntária) produzem similares ganhos de força e hipertrofia muscular (NÓBREGA et al. 2018b). Tais achados demonstram que o limiar de estímulo necessário para maximizar as adaptações neuromusculares parece ocorrer antes da falha muscular. Portanto, sugerimos que o grupo CON, embora possa não ter atingido o nível de fadiga muscular como o AUTO, tenha

experimentado um limiar de estímulo substancial e suficiente para maximizar as adaptações neuromusculares.

5. Conclusão

Apesar da recomendação atual para o controle da DR no treinamento de força, nossos resultados mostram que não é necessário controlar a DR quando o objetivo é o aumento de força máxima e hipertrofia muscular. Por outro lado, o controle da DR, apesar da diminuição do VTT, não prejudica as adaptações neuromusculares. Portanto, treinadores e técnicos podem optar pela estratégia que preferirem quando o objetivo do treinamento de força for aumentar a força e massa muscular.

6. Referências

AHTIAINEN, J. P. et al. Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. **Age (Dordr)**, v. 38, n. 1, p. 10, Feb 2016. ISSN 0161-9152.

American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009. ISSN 0195-9131

BARCELOS, C. et al. High-frequency resistance training does not promote greater muscular adaptations compared to low frequencies in young untrained men. **Eur J Sport Sci**, v. 18, n. 8, p. 1077-1082, Sep 2018. ISSN 1536-7290.

BOTTARO, M. et al. **Resistance training for strength and muscle thickness: Effect of number of sets and muscle group trained.** 2011. 259–264.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology** v. 4, p. 1-21, 2001.

CAVAGNA, G. A.; DUSMAN, B.; MARGARIA, R. Positive work done by a previously stretched muscle. **J Appl Physiol**, v. 24, n. 1, p. 21-32, Jan 1968. ISSN 0021-8987 (Print) 0021-8987.

CAVAGNA, G. A.; SAIBENE, F. P.; MARGARIA, R. EFFECT OF NEGATIVE WORK ON THE AMOUNT OF POSITIVE WORK PERFORMED BY AN ISOLATED MUSCLE. **J Appl Physiol**, v. 20, p. 157-8, Jan 1965. ISSN 0021-8987 (Print) 0021-8987.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences.** 2nd. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988.

DAMAS, F. et al. Early resistance training-induced increases in muscle cross-sectional area are concomitant with edema-induced muscle swelling. **Eur J Appl Physiol**, v. 116, n. 1, p. 49-56, Jan 2016. ISSN 1439-6319.

DAVIES, T. B. et al. Effect of Movement Velocity During Resistance Training on Dynamic Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 47, n. 8, p. 1603-1617, Aug 2017. ISSN 0112-1642.

KRIEGER, J. W. Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 4, p. 1150-9, Apr 2010. ISSN 1064-8011.

LEVINGER, I. et al. The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. **J Sci Med Sport**, v. 12, n. 2, p. 310-6, Mar 2009. ISSN 1440-2440 (Print) 1878-1861.

LIXANDRAO, M. E. et al. Vastus lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in humans. **J Strength Cond Res**, v. 28, n. 11, p. 3293-7, Nov 2014. ISSN 1064-8011.

MITCHELL, C. J. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol (1985)**, v. 113, n. 1, p. 71-7, Jul 2012. ISSN 0161-7567.

NEWTON, M. J. et al. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 2, p. 597-607, Mar 2008. ISSN 1064-8011.

NOBREGA, S. R. et al. Self-selected vs. Fixed Repetition Duration: Effects on Number of Repetitions and Muscle Activation in Resistance-Trained Men. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 9, p. 2419-2424, Sep 2018. ISSN 1533-4287 (Electronic) 1064-8011 (Linking). Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29481458> >.

NOBREGA, S. R. et al. Effect of Resistance Training to Muscle Failure vs. Volitional Interruption at High- and Low-Intensities on Muscle Mass and Strength. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 1, p. 162-169, Jan 2018. ISSN 1064-8011.

OSTROWSKI, K. J. et al. The Effect of Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. v. 11, n. 3, p. 148-154, 1997. ISSN 1064-8011. Disponível em: < <https://journals.lww.com/nsca->

[jscr/Fulltext/1997/08000/The Effect of Weight Training Volume on Hormona l.3.aspx](http://jscr/Fulltext/1997/08000/The_Effect_of_Weight_Training_Volume_on_Hormona_l.3.aspx) >.

RADAELLI, R. et al. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 5, p. 1349-58, May 2015. ISSN 1064-8011.

RALSTON, G. W. et al. The Effect of Weekly Set Volume on Strength Gain: A Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 47, n. 12, p. 2585-2601, Dec 2017. ISSN 0112-1642.

SANCHEZ-MEDINA, L.; GONZALEZ-BADILLO, J. J. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 9, p. 1725-34, Sep 2011. ISSN 0195-9131.

SCHENAU, G. J. V. I.; BOBBERT, M. F.; HAAN, A. D. Does Elastic Energy Enhance Work and Efficiency in the Stretch-Shortening Cycle? , v. 13, n. 4, p. 389-415, 1997. Disponível em: <
<https://journals.humankinetics.com/doi/abs/10.1123/jab.13.4.389> >.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J. W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **J Sports Sci**, v. 35, n. 11, p. 1073-1082, Jun 2017. ISSN 0264-0414.

SCHOENFELD, B. J.; OGBORN, D. I.; KRIEGER, J. W. Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. **Sports Med**, v. 45, n. 4, p. 577-85, Apr 2015. ISSN 0112-1642.

WOLEDGE, R. C.; CURTIN, N. A. The efficiency of energy conversion by swimming muscles of fish. **Adv Exp Med Biol**, v. 332, p. 735-43; discussion 744-7, 1993. ISSN 0065-2598 (Print) 0065-2598.

7. Tabelas

Tabela 1. Volume da sessão, Volume total de treinamento (8 semanas) e tempo de DR do TF com duração de repetição controlada (CON), duração de repetição auto-selecionada (AUTO) e duração de repetição auto-selecionada com volume equalizado (AUTO-VE).

Variáveis	CON	AUTO	AUTO-VE
Volume da sessão (repetições)	23.95 ± 3.91	35.20 ± 6.39*	24.50 ± 3.80
Volume total de treinamento (kg)	20401.1 ± 5939.7	31425.1 ± 11717.7*	19512.6 ± 4612.6
Tempo de DR (s)	4.0 ± 0.1 [†]	1.8 ± 0.3	1.7 ± 0.4

*Diferença significativa em relação ao CON e AUTO-VE (P <0,05);[†] Diferença significativa em relação ao AUTO e AUTO-VE (P <0,05).

8. Figuras

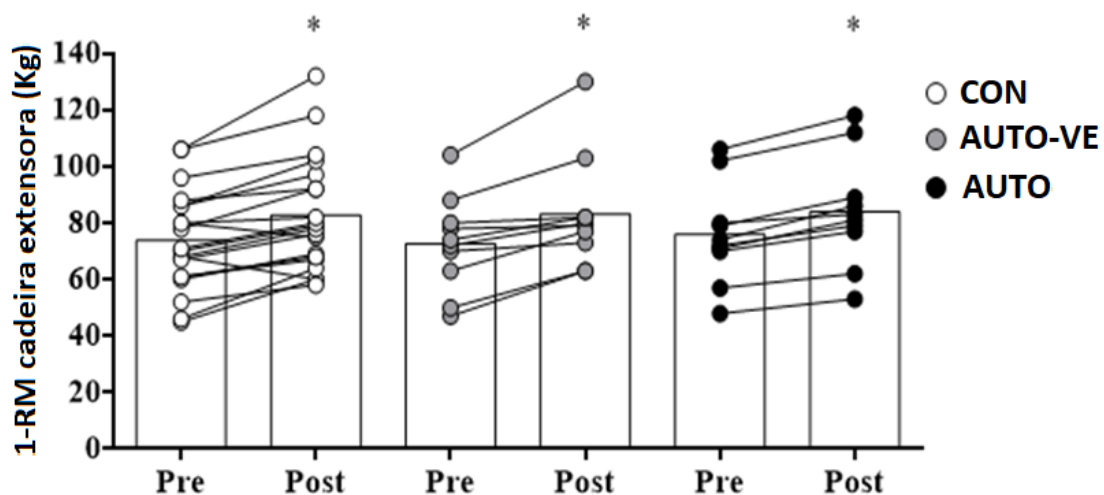


Figura 1. Força dinâmica máxima (1-RM) no início do estudo (Pré), e após 8 semanas (Pós) de treinamento de força com duração de repetição controlada (CON), treinamento de força com duração de repetição auto-selecionada e volume equalizado (AUTO-VE) e treinamento de força com duração de repetição auto-selecionada (AUTO). Os resultados são apresentados como médias \pm dp. *Diferenças significativas em relação ao Pré (efeito principal de tempo, $P < 0,0001$).

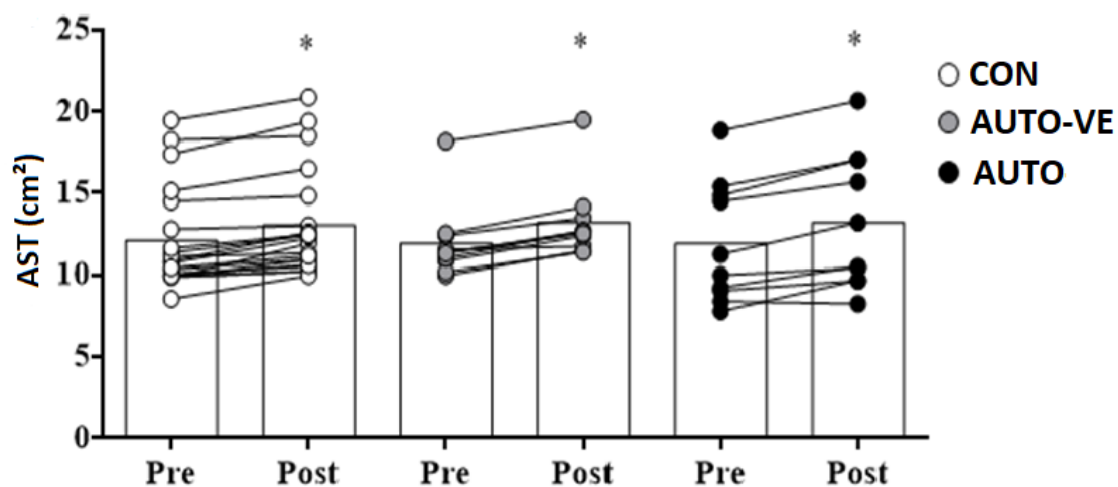


Figura 2: Área de secção transversa do músculo vasto lateral no início do estudo (Pré), e após 8 semanas (Pós) de treinamento de força com duração de repetição controlada (CON), treinamento de força com duração de repetição auto-selecionada e volume equalizado (AUTO-VE) e treinamento de força com duração de repetição auto-selecionada (AUTO). Os resultados são apresentados como médias \pm dp. *Diferenças significativas em relação ao Pre (efeito principal de tempo, $P < 0,0001$).