

Efeito agudo do alongamento estático nos antagonistas sobre o teste de repetições máximas para os músculos agonistas

Acute effect of antagonist static stretching on repetition maximum test for agonist muscles

MIRANDA, H; PAZ, G A; ANTUNES, H; MAIA, M de F; NOVAES, J da S. Efeito agudo do alongamento estático nos antagonistas sobre o teste de repetições máximas para os músculos agonistas. **R. bras. Ci. e Mov.** 2014; 22(2): 19-26

RESUMO: Diversos estudos observaram redução significativa no desempenho de repetições máximas após aplicação do alongamento estático (AE). O objetivo do estudo foi verificar o efeito agudo do AE nos antagonistas sobre o desempenho de repetições dos agonistas. Participaram do estudo 11 indivíduos com experiência prévia em treinamento de força ($24,18 \pm 3,54$ anos de idade, $75,21 \pm 9,32$ kg, $177 \pm 0,71$ cm). Em quatro sessões foram realizados 4 protocolos experimentais: MFSA - mesa flexora sem AE; MFA - mesa flexora após AE nos antagonistas; RBSA - rosca bíceps no banco scott sem AE; RBA - rosca bíceps após AE nos antagonistas. Na estatística inferencial foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov e o Teste T pareado para comparar as repetições completadas. Para todas as análises inferenciais considerou-se o valor de $p < .05$. Foi observado aumento significativo ($p = .011$) no número de repetições no RBA ($12,45 \pm 1,96$) comparado ao RBSA ($11,18 \pm 1,40$). Também se verificou aumento significativo ($p = .043$) no MFA ($14,72 \pm 1,55$) comparada a MFSA ($13,18 \pm 2,89$). Para o MFA o EF foi classificado como pequeno (.53). Como visto, o AE aplicado nos antagonistas pode promover melhora significativa no desempenho de repetições dos agonistas.

Palavras-chave: Alongamento Muscular; Treinamento Resistido; Força Muscular.

ABSTRACT: Several studies have found significant reductions on maximal repetition performance after static stretching (SS). The purpose of this study was to investigate the acute effect of AS on repetitions performed by the agonist muscles. The study included 11 individuals with previous experience in resistance training (24.18 ± 3.54 years, 75.21 ± 9.32 kg, 177 ± 0.71 cm). In four sessions were performed 4 experimental protocols (48h apart): LC - leg curl without AS; LCS: leg curl after AS; AC - arm curl on scott seat without AS; ACS - arm curl on scott seat after AS. The Kolmogorov-Smirnov test and paired T test were adopted to compare the differences between protocols. The alpha value of $p < .05$ was adopted for all inferential analysis. Significant increases ($p = .011$) were observed in the number of repetitions in the ACS (12.45 ± 1.96) compared to the AC (11.18 ± 1.40). It was also found a significant increase ($p = .043$) in LCS (14.72 ± 1.55) compared to LC (13.18 ± 2.89). The EF for LCS was classified as small (EF = .53). Therefore, the AS can promote significant improvement in repetitions performance of the agonists.

Key Words: Muscle Stretching, Resistance Training, Muscle Strength.

Humberto Miranda¹
Gabriel Andrade Paz¹
Heloham Antunes¹
Marianna de Freitas Maia¹
Jefferson da Silva Novaes¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro

Recebido: 04/12/2013
Aceito: 03/03/2014

Contato: Humberto Miranda - humbertomirandaufjr@gmail.com

Introdução

Nas academias e centros de treinamento, o alongamento estático (AE) tem sido usualmente aplicado como parte do aquecimento antes do treinamento de força (TF)¹ com a finalidade de aumentar a amplitude de movimento, reduzir potencialmente o risco de lesões e melhorar o desempenho². Recentemente, a aplicação do AE antes do exercício vem sendo questionada. Algumas evidências sugerem que é improvável que o AE previna lesões³ por outro lado, diversos estudos indicam que o AE pré-exercício pode promover redução significativa no desempenho em testes de força muscular⁴⁻⁶. Por outro lado, alguns estudos verificaram que o alongamento muscular não promoveu redução sobre o desempenho de força muscular⁷⁻⁹.

Há de se considerar que diversas pesquisas verificaram os efeitos do AE aplicados nos músculos agonistas, entretanto, ainda são escassos estudos que investigaram os efeitos do AE aplicado na musculatura antagonista sobre a força e potência dos agonistas. Recentemente, Sandberg et al.⁸ aplicaram AE nos músculos antagonistas (ísquiotibiais e dorsiflexores) e verificou melhora significativa no desempenho do salto vertical e torque isocinético dos extensores do joelho, indicando que possivelmente fatores como aumento no armazenamento de energia elástica e inibição neural dos antagonistas após AE, pode contribuir para melhorar o desempenho dos agonistas.

Neste contexto, as adaptações neurais ao treinamento pareado de agonistas e antagonistas são fundamentais para aperfeiçoar a produção de torque e força muscular¹⁰. Considerando que grande parte dos ganhos de força é resultante do aumento na atividade neural dos agonistas e inibição neurológica dos antagonistas^{6,11}. De acordo com as evidências prévias, o AE aplicado nos agonistas pode promover redução na produção de força e potência muscular dos músculos alongados^{1,12,13}. Por outro lado, alguns autores sugerem que a pré-ativação (procedimentos no qual os músculos antagonistas são pré-fatigados) pode melhorar o desempenho muscular dos músculos agonistas^{14,15}. Até o presente momento, ainda não há evidências suficientes na literatura que suportem tal hipótese, considerando que os resultados de estudos prévios apresentam diferentes modelos metodológicos como, a comparação entre diferentes manifestações de força, velocidades de movimento e zonas de sobrecarga (intensidade)^{8,9,11,16}, dificultando assim, a comparação entre os resultados obtidos.

Sendo assim, considera-se a hipótese na qual o AE aplicado nos antagonistas pode induzir ganhos adicionais no desempenho muscular durante exercícios para os músculos agonistas. Neste sentido, o presente estudo se torna relevante ao contribuir com evidências científicas, que possibilitem a melhora no desempenho muscular através do aumento no número de repetições máximas completadas. Considerando que o aumento no desempenho de repetições máximas está associado a ganhos de força muscular¹⁰. Dessa forma, os resultados do presente estudo podem auxiliar profissionais de áreas relacionadas ao treinamento

e reabilitação durante a elaboração de programas de TF.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito agudo do AE aplicado nos antagonistas sobre o número de repetições máximas realizadas pelos agonistas em exercícios para membro superior e inferior com indivíduos recreacionalmente treinados. Uma das hipóteses consideradas pelos autores é baseada no aumento do desempenho de repetições máximas completadas nos exercícios monoarticulares para os agonistas (flexores do joelho e flexores do cotovelo) após a aplicação do AE nos músculos antagonistas (extensores do joelho e extensores do cotovelo).

Materiais e Métodos

Trata-se de uma pesquisa descritiva seguindo o modelo quasi-experimental, no qual foi adotada entrada randomizada através de sorteio eletrônico para os protocolos experimentais. Participaram do estudo 11 indivíduos recreacionalmente treinados em TF ($24,18 \pm 3,54$ anos de idade, $75,21 \pm 9,32$ kg de massa corporal, $177 \pm 0,71$ cm de estatura, $23,99 \pm 2,8$ de índice de massa corporal). A amostra foi selecionada de forma intencional com sujeitos os quais se teve acesso e foram voluntários. O n amostral foi determinado de forma não probabilística. Como critérios de inclusão consideraram-se: indivíduos praticantes de TF há no mínimo um ano, com frequência de três sessões de treinamento semanais, constando em seu programa de treinamento os exercícios propostos no presente estudo. Como critérios de exclusão foram adotados: indivíduos com PARQ positivo, usuários de medicamentos sejam estes em prol da saúde ou em benefício do desempenho (recursos ergogênicos), e indivíduos que apresentaram qualquer tipo de limitação ou problemas osteomioarticulares que viessem a interferir na realização dos exercícios propostos. Os testes foram sempre realizados entre 9h e 11h em uma sala com temperatura controlada entre 20 e 24°. Todos os protocolos experimentais e avaliações foram supervisionadas pelo mesmo pesquisador com experiência prévia nos procedimentos da coleta de dados. Os participantes foram orientados a não realizar qualquer tipo de exercício 24h antes de cada sessão de teste, assim como, não ingerir caféina, álcool ou qualquer substância que pudesse interferir no desempenho muscular.

Todos os indivíduos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, conforme a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde e foram orientados sobre os protocolos, riscos experimentais e equipamentos utilizados, bem como foram orientados a não realizar treinamento 48h antes das sessões. O presente estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2013/065).

No primeiro dia após a realização das medidas antropométricas, foi aplicado o teste de 10RM. Antes de iniciar o teste de 10RM, aplicou-se aquecimento com duas séries com 50% da carga habitual de treinamento nos exercícios flexão do joelho na mesa flexora (MF) e rosca

bíceps no banco *Scott* (RB)⁹. Após intervalos entre dois e cinco minutos, os indivíduos realizaram a primeira tentativa e a carga foi aumentada até atingir 10RM. Aplicaram-se no máximo cinco tentativas para determinar a carga. O teste foi realizado de forma alternada para a MF e RB, e com intervalo de cinco minutos entre as tentativas e 10 minutos para reavaliar a carga. O teste foi realizado em dois dias diferentes (teste e reteste) com intervalos entre 48h-72h para garantir a reprodutibilidade do teste. Para tal, considerou-se como 10RM a maior carga estabelecida em ambos os testes com diferença menor que 5%. Nos intervalos entre as sessões de testes não foi permitida a realização de exercícios, visando não interferir nos resultados obtidos¹⁷. Para os testes de 10 repetições máximas utilizou-se uma mesa flexora e banco *scott* da marca *physycus* (Auriflame, SP). Para as medidas antropométricas foi utilizada uma balança digital Techline BAL-150 (São Paulo, SP) e estadiômetro Seca Bodometer 208 (São Paulo, SP).

Na MF o indivíduo iniciou o exercício deitado em decúbito ventral sobre a máquina com as mãos apoiadas no suporte manual do aparelho. O quadril e joelho estavam em completa extensão e a parte anterior dos tornozelos foi apoiada no suporte da MF, mantendo o suporte acima do calcâneo. A fase concêntrica iniciava a partir da extensão completa de quadril e joelho até a flexão do joelho no ângulo de 90°. A fase excêntrica iniciou-se a partir do ângulo de 90° de flexão do joelho até a completa extensão do mesmo.

Na RB adotou-se a seguinte posição: sentado no banco *Scott* com quadril e joelhos em flexão a 90°, ombro em flexão a 70° e cotovelo em completa extensão sobre o apoio do aparelho, sendo a pegada realizada na barra média com medida proporcional a distância entre os acrômios. Na fase concêntrica, realizou-se a flexão do cotovelo até o ângulo de 170° e durante a fase excêntrica, a extensão do cotovelo foi realizada através da ação excêntrica dos músculos flexores do cotovelo até a extensão total do cotovelo.

No segundo, terceiro, quarto e quinto dia (Sessões A, B, C e D) de testes, a entrada foi alternada entre os protocolos experimentais aplicados no presente estudo, para que não houvesse adaptação aos testes e possível interferência nos resultados. Na sessão rosca bíceps com AE nos antagonistas (RBA), aplicou-se o AE nos músculos extensores do cotovelo. Durante o AE, o indivíduo foi posicionado sentado sobre um banco reto, e o avaliador realizou passivamente a abdução do ombro com o cotovelo em flexão até o limiar de desconforto, mantendo a posição por 40 segundos⁸, totalizando duas séries para cada membro (Figura 1). Os indivíduos foram orientados a realizar a maior amplitude possível de flexão do cotovelo até o limiar de dor.



Figura 1. Alongamento nos extensores do cotovelo.

Na sessão mesa flexora com AE nos antagonistas (MFA), foi aplicado o AE nos músculos extensores do joelho. Durante o AE, o indivíduo foi posicionado em pé com o tronco ereto, preservando todas as curvaturas fisiológicas da coluna vertebral. Em seguida, o avaliador realizou passivamente a flexão do joelho até o limiar de desconforto, mantendo a posição por 40 segundos (seg), totalizando duas séries para cada membro (Figura 2)¹³. No presente protocolo, a cintura pélvica permaneceu em posição neutra.

Imediatamente após o AE dos antagonistas foram realizados os exercícios de RB e MF com 90% da carga obtida no teste de 10RM, visando avaliar o desempenho de repetições em condições submáximas. Para tal, foi registrado o número máximo de repetições máximas relações até a exaustão e/ou erro na execução técnica do movimento.



Figura 2. Alongamento nos extensores do joelho.

Nas sessões rosca bíceps sem AE (RBSA) e mesa flexora sem AE (MFSA), os indivíduos dirigiram-se diretamente para os respectivos aparelhos sem realizar qualquer aquecimento. Em seguida, realizaram os exercícios com 90% da carga obtida no teste de 10RM, registrando-se o número máximo de repetições completadas até a exaustão e/ou erro na técnica de execução do movimento.

Como visto nos resultados (Tabela 1), verificou-se aumento significativo ($p = .011$) no número repetições após AE nos antagonistas para a RBA ($12,45 \pm 1,96$) em comparação a RBSA ($11,18 \pm 1,40$). Quanto ao TE, o tamanho do efeito foi classificado como moderado para a RBA. Em relação à MF, também foi observado aumento

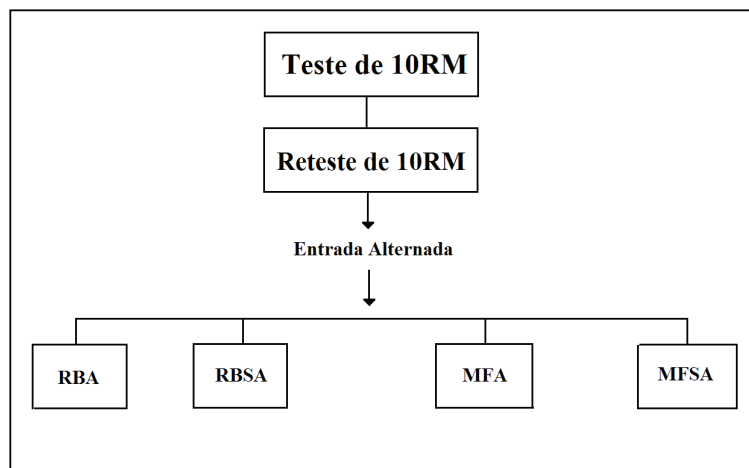


Figura 3. Delineamento experimental do Estudo. RBSA: Roca bíceps no banco Scott sem alongamento estático nos antagonistas; RBA: Roca bíceps no banco Scott pós-alongamento estático nos antagonistas; MFSA: Mesa flexora sem alongamento estático nos antagonistas; MFA: Mesa flexora pós-alongamento estático nos antagonistas.

Na análise estatística descritiva, calculou-se a média e desvio padrão do número de repetições completadas. Na estatística inferencial foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados e o Teste T pareado para comparar as repetições completadas. O coeficiente de correlação intraclass ($CCI = (MS_b - MS_w) / (MS_b + (k-1)MS_w)$) foi calculado para verificar a reprodutibilidade do teste e reteste de 10RM nos exercícios RB e MF. Para todas as análises inferenciais considerou-se o valor de $p < .05$. O tamanho do efeito foi calculado e classificado de acordo com o protocolo de Rhea¹⁸ para indivíduos treinados recreacionalmente ($< .35$ = trivial; $.35-.80$ = pequeno; $.80 - 1.50$ = moderado; $> 1,5$ = grande).

Resultados

A média da carga obtida no teste de 10RM no exercício RB foi $17 \pm 3,25$ kg e na MF obteve-se $32,34 \pm 5,63$ kg. Quanto ao CCI do teste e reteste de 10RM, verificou-se .91 e .98 para RB e MF, respectivamente.

significativo no número de repetições na MFA ($14,72 \pm 1,55$), em comparação a MFSA ($13,18 \pm 2,89$) ($p = .043$). Quanto ao MF, o TE foi classificado como pequena.

Discussão

O principal achado do presente estudo foi o aumento significativo nas repetições máximas completadas após o AE nos antagonistas nos protocolos MFA e RBA. Como visto, a hipótese inicial do estudo foi confirmada, o AE nos antagonistas promoveu melhora significativa no desempenho de repetições máximas dos agonistas nos exercícios monoarticulares (MF e RB) envolvendo músculos do membro superior e inferior. Tais achados corroboram com estudos prévios que observaram melhora significativa no desempenho muscular dos agonistas após a pré-ativação dos músculos antagonistas^{2, 16, 19}.

No protocolo MFA, foi observado aumento significativo nas repetições executadas comparadas a MFSA. Até o presente momento, apenas o estudo de Sandberg et

Tabela 1. Média e desvio-padrão do número de repetições nos exercícios de rosca bíceps no banco Scott após alongamento estático (RBA) e sem alongamento estático (RBSA) nos antagonistas.

	Sem alongamento	Alongamento	TE	Classificação	p-valor
RB	$11,18 \pm 1,40$	$12,45 \pm 1,96^*$	.90	Moderado	$p = .011$
MF	$13,18 \pm 2,89$	$14,72 \pm 1,55^*$	.53	Pequeno	$p = .043$

*Diferença estatística significativa para o protocolo sem alongamento ($p < 0,05$). RB: Roca bíceps no banco Scott; MF: Mesa flexora; TE: Tamanho do efeito.

al.⁸ aplicou AE nos antagonistas (flexores do joelho e dorsiflexores) observando melhora significativa no desempenho muscular dos agonistas no salto vertical e torque isocinético extensor, todavia, os autores não observaram diferença significativa no sinal eletromiográfico (EMG) dos agonistas. De acordo com os autores, alguns fatores como acúmulo de energia elástica e alterações morfológicas (redução no ponto de disparo do fuso muscular, e relaxamento na ativação dos órgãos tendinosos de Golgi) promovidas pela aplicação do AE nos antagonistas podem estar associadas aos resultados observados.

Quanto aos efeitos agudos do AE, há de se considerar que a coativação é caracterizada pela co-contracção dos músculos antagonistas durante um movimento realizado pelos músculos agonistas com a finalidade de coordenar e estabilizar o movimento¹⁰. Por outro lado, a coativação dos antagonistas limita a produção de força e ativação muscular dos agonistas⁹. Neste sentido, a melhora no desempenho dos músculos agonistas após aplicação do AE nos antagonistas pode ser mediada por dois mecanismos descritos previamente na literatura. O primeiro mecanismo é baseado na redução da rigidez muscular e aumento do comprimento entre os sarcômeros em repouso que podem alterar a relação de comprimento-tensão do músculo, alterando o ponto de máxima tensão que pode ser produzida pelo músculo alongado^{13,20}. O segundo mecanismo envolve fatores neurais, e baseia-se na redução do recrutamento de unidades motoras e/ou redução no disparo do fuso muscular induzido pela realização do AE além do limiar elástico do músculo¹¹.

Destaca-se que até o momento não foram encontrados estudos que apresentaram modelo metodológico semelhante ao aplicado no presente estudo. Alguns autores investigaram o efeito da pré-ativação dos antagonistas sobre a força e desempenho muscular dos agonistas indicando alguns mecanismos intervenientes nesta condição²¹⁻²³. Jeon et al.²⁴ investigaram o efeito de ações recíprocas entre agonistas e antagonistas através da execução de 1 série com 5 repetições máximas, enfocando apenas a compreensão dos efeitos de diferentes velocidades (100°/s, 200°/s e 300°/s). Os autores observaram que a transição imediata entre flexão e extensão do joelho promoveu melhora no torque extensor e ao que parece, o ganho de força observado foi resultado da facilitação neural advinda dos fusos musculares, que ocorreu nas amplitudes iniciais do movimento de extensão.

Contrariamente aos resultados observados no presente estudo, Maynard e Ebben¹² verificaram que 5 repetições prévias de flexão do joelho, seguidas por 1 série de extensão do joelho, promoveu redução do torque isocinético extensor e potência dos agonistas, entretanto, não foi verificada alteração no sinal EMG, no entanto aplicou-se AE nos agonistas durante o aquecimento, tal procedimento possivelmente pode ter influenciado os resultados obtidos, considerando as evidências prévias que verificaram redução no desempenho de força dos músculos alongados¹³.

Contudo, ainda não há evidências suficientes que suportem a hipótese baseada na inibição neurológica dos

antagonistas. Robbins et al.²³, em estudo que investigou o efeito da pré-ativação dos antagonistas no exercício de remada na barra longa sobre a potência muscular dos agonistas, através de lançamentos no supino reto com 40% de 1RM comparado ao protocolo sem pré-ativação, não foi observada diferença significativa na potência muscular, bem como, no sinal EMG. Uma das hipóteses consideradas é que possivelmente a pré-ativação através de 4RM não promoveu alterações no padrão trifásico de ativação (agonista-antagonista-antagonista). O padrão trifásico é caracterizado pela ativação inicial dos agonistas, seguida por uma fase de controle dos antagonistas, e sucedida por um aumento na ativação dos agonistas⁶. Destaca-se, que alguns autores descrevem uma possível interrupção ou pausa na fase de ativação dos antagonistas durante o padrão trifásico¹⁵, porém esta condição é frequentemente observada quando a pré-ativação é realizada através de movimentos balísticos⁶.

No protocolo RBA, verificou-se aumento significativo no desempenho de repetições máximas realizadas comparadas a RBSA. Tais achados podem estar associados à redução na ativação muscular do tríceps braquial durante o exercício de RB após o AE realizado nos extensores do cotovelo, considerando evidências prévias que associam o aumento na ativação dos agonistas para com a redução na coativação dos antagonistas¹¹. Adicionalmente, alterações neuromusculares promovidas pelo AE, como, redução no disparo dos fusos musculares do músculo alongado, bem como, reduções na ativação da musculatura antagonista podem ser responsáveis pelos resultados observados²⁰. Tais modificações associam-se alterações na ativação EMG dos músculos tríceps braquial após AE durante a RB. Marek et al.⁶ verificaram que após quatro exercícios de AE para o quadríceps ocorreu redução significativa no sinal EMG e torque extensor isocinético do joelho nas velocidades rápida (30°/s) e lenta (120°/s).

Outro fator que podem estar associados aos efeitos potenciais do AE nos antagonistas é o volume do alongamento. Franco et al.⁴ observaram que diferentes volumes (1 x 20 seg, 2 x 20 seg, 1 x 40 seg e 2 x 40 seg) de AE para os músculos adutores horizontais do ombro, promoveram redução significativa no desempenho repetições máximas com 85% de 1RM. Segundo Franco et al.⁴, a redução no desempenho de repetições máximas foi proporcional à duração e número de séries do alongamento. Tal condição, possivelmente promoveu alterações plásticas no tecido muscular, antecipando o ponto de disparo do fuso muscular. Recentemente, Paz et al.⁹ verificaram aumento significativo no número de repetições completadas no exercício de remada aberta após aplicação da facilitação neuromuscular proprioceptiva (1 x 40 seg) nos antagonistas (adutores horizontais do ombro) comparado ao protocolo sem aplicação do alongamento muscular. De acordo com os autores, o alongamento muscular aplicado no antagonista pode induzir um retardamento no ponto de disparo dos fusos musculares após o alongamento, e facilitar a ativação dos agonistas no exercício subsequente. Adicionalmente, evidências prévias sugerem independente do volume do alongamento, os efeitos induzidos pelo alongamento

muscular sobre o desempenho muscular podem durar de 10 minutos até 120 minutos^{2, 20, 24}.

Robbins et al.²⁵ afirmam que os estudos que investigaram o efeito da pré-ativação dos antagonistas apresentaram diversas limitações como, a amostral heterogêneo, variação na velocidade, carga e comparações entre diferentes manifestações de força. Uma das limitações do presente estudo foi não utilizar instrumentações, como, a eletromiografia, para avaliar as respostas neuromusculares associadas aos estímulos impostos, bem como o número reduzido da amostra que limitou a validade externa das descobertas, todavia, no presente estudo a amostra foi homogênea, e foram devidamente controladas as variáveis intervenientes. Destaca-se que os benefícios potenciais obtidos a partir de efeitos agudos do AE nos antagonistas no presente estudo, não refletem necessariamente a reprodutibilidade dos dados em estudos de efeitos crônicos, tornando-se necessária à realização de estudos que investiguem esta condição.

Por outro lado, os estudos que investigaram os efeitos da pré-ativação dos antagonistas avaliaram torque muscular através de equipamentos isocinéticos, que fornecem evidências específicas em relação a produção de força muscular^{12, 15, 26}. Ainda sim, o presente estudo tem como relevância o fato de ter avaliado os efeitos potenciais do AE

nos antagonistas em equipamento isoinercial, usualmente utilizados em academias e centros de treinamento, ou seja, condições próximas da realidade da maioria dos praticantes de TF, possibilitando fácil reprodutibilidade dos protocolos adotados no presente estudo.

Conclusões

Como visto no presente estudo, a aplicação do AE nos antagonista promoveu melhora significativa no desempenho muscular dos agonistas através das repetições máximas completadas nos exercícios MF e RB. Desta forma, as evidências encontradas sugerem uma alternativa interessante durante a prescrição de programas de TF, considerando que o aumento constante no desempenho muscular associa-se a ganhos de força adicionais e melhora na capacidade funcional¹⁰. Sugerimos que em estudos futuros se investigue a aplicação deste protocolo em outros grupamentos musculares e padrões de movimento, bem como, verificar se os níveis de flexibilidade prévios dos indivíduos afetam a resposta do AE nos antagonistas sobre a força muscular. Adicionalmente, é importante investigar os mecanismos neurais e morfológicos que interferem ou interagem nesta relação, utilizando técnicas, como por exemplo, a eletromiografia.

Agradecimentos: Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e ao Programa de Educação pelo Trabalho e Saúde (PET-SAÚDE) do Ministério da Saúde.

Fontes de financiamento: Não houve.

Referências

1. Shrier I. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med.* 1999;9(4):221-7.
2. Cornwell A, Nelson G, Sidaway B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol* 2002;86(1):428-34.
3. Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol* 2001;26(1):261-72.
4. Franco BL, Signorelli GR, Trajano GS, Oliveira CG. Acute effects of different stretching exercises on muscular endurance. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1832-37
5. Gomes TM, Simão R, Marques MC, Costa PB, da Silva Novaes J. Acute effects of two different stretching methods on local muscular endurance performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):745-52.
6. Marek SM, Cramer JT, Fincher AI, Massey II, Dangelmaier SM, Purkayastha S, et al. Acute Effects of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Strength and Power Output. *J Athl Train* 2005;40(2):94-103.
7. Souza AC, Bentes CM, de Salles BF, Reis VM, Alves JV, Miranda H, et al. Influence of inter-set stretching on strength, flexibility and hormonal adaptations. *J Human Kinetics.* 2013;36:127-35.
8. Sandberg JB, Wagner DR, Willardson JM, Smith GA. Acute effects of antagonist stretching on jump height, torque and electromyography of agonist musculature. *J Strength Cond Res* 2012;26(5):1249-56.
9. Paz GA, Maia MF, Lima VP, Oliveira CG, Bezerra E, Simão R, et al. Maximal exercise performance and electromyography responses after antagonist neuromuscular proprioceptive facilitation: A Pilot Study. *JEPonline.* 2012;15(6):60-7.
10. Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine.* 2007;37(2):145-68.
11. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. Agonist-antagonist paired set resistance training: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2873-82.
12. Maynard J, Ebben W. The effects of antagonist pre-fatigue on agonist torque and electromyography. *J Strength Cond Res.* 2003;17(3):469-74.
13. Higgs F, Winter SL. The effect of a four-week proprioceptive neuromuscular facilitation stretching program on isokinetic torque production. *J Strength Cond Res* 2009;23(5):1442-47.
14. Carregaro RL, Gentil P, Brown LE, Pinto RS, Bottaro M. Effects of antagonist pre-load on knee extensor isokinetic muscle performance. *J Sports Sci.* 2011;29(3):271-8.
15. Balsamo S, Tibana RA, Nascimento DA, Farias GL, Petruccelli Z, Santana FS, et al. Exercise order affects the total training volume and the ratings of perceived exertion in response to a super-set resistance training session. *Int J Gen Med.* 2012;5(1):123-7.
16. Geertsens SS, Lundbye-Jensen J, Nielsen JB. Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. *J Appl Physiol* 2008;105(1):915-22.

17. Simao R, Farinatti Pde T, Polito MD, Maior AS, Fleck SJ. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):152-6.
18. Rhea M. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res.* 2004;18(1):918-20.
19. Baker D, Newton RU. Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *J Strength Cond Res.* 2005;19 (1):202-5.
20. Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2007;21 (1):223-6.
21. Burke DG, Pelham TW, Holt LE. The influence of varied resistance and speed of concentric antagonistic contractions on subsequent concentric agonistic efforts *J Strength Cond Res.* 1999;13(3):193-7.
22. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson SP, Bojsen-Moller F, Dyhre-Poulsen P. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10(2):58-67.
23. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR. The effect of a complex agonist and antagonist resistance training protocol on volume load, power output, electromyographic responses, and efficiency. *J Strength Cond Res.* 2010;24(7):1782-9.
24. Jeon HS, Trimble MH, Brunt D, Robinson ME. Facilitation of quadriceps activation following a concentrically controlled knee flexion movement: the influence of transition rate. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(3):122-9;
25. Robbins DW, Young WB, Behm DG, Payne WR, Klimstra MD. Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training versus traditional strength training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(5):1237-45.
26. Carregaro R, Cunha R, Oliveira CG, Brown LE, Bottaro M. Muscle fatigue and metabolic responses following three different antagonist pre-load resistance exercises. *J Electromyogr Kinesiolog.* 2013.