
Revisão

Influência de variáveis relacionadas ao protocolo experimental no déficit de força muscular mediado pelo alongamento

Influence of variables related to the experimental protocol in muscle strength deficit mediated by stretching

Raquel Gonçalves*, André Luiz Demantova Gurjão*, José Cláudio Jambassi-Filho*, Luiza Hermínia Gallo*, Alexandre Konig Garcia Prado*, Sebastião Gobbi, D.Sc.*

**Universidade Estadual Paulista, IB, DEF, Laboratório de Atividade Física e Envelhecimento (LAFE), Rio Claro, São Paulo*

Resumo

Um grande número de estudos tem demonstrado que exercícios de alongamento podem diminuir o desempenho de força muscular, fenômeno descrito como déficit de força muscular mediado pelo alongamento. De qualquer forma, nenhuma conclusão pode ser realizada com relação a esse fenômeno, uma vez que variáveis relacionadas ao protocolo experimental utilizado nos estudos podem influenciar sua magnitude. O presente estudo apresenta uma revisão sistemática de artigos cujo objetivo foi analisar a influência de variáveis relacionadas às rotinas de alongamento e ao método de avaliação da força muscular na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento. Foi realizada uma busca nos bancos de dados: Medline; Pubmed; Lilacs e Sport Discus. Após a busca, foram analisados 15 estudos relacionados ao tema. Com base nos estudos encontrados, a presente revisão demonstra que variáveis relacionadas ao protocolo experimental podem ter uma forte influência na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Palavras-chave: alongamento, força muscular, protocolo experimental.

Abstract

A large number of studies have shown that stretching exercises may decrease the performance of muscle strength, a phenomenon described as muscle strength deficits mediated by stretching. However, no conclusions can be made with respect to this phenomenon, since variables related to the experimental protocol used in the studies may influence its magnitude. This study presents a systematic review of articles whose aim was to analyze the influence of variables related to the stretching routines and to muscle strength evaluation method in the muscle strength deficits mediated by stretching. A search was conducted in the databases: Medline; Pubmed; Lilacs e Sport Discus. After the search, 15 studies related to the topic were analyzed. Based on the studies found, this review demonstrates that variables related to the experimental protocol may have influence on the magnitude of the muscle strength deficits mediated by stretching.

Key-words: stretching, muscular strength, experimental protocol.

Introdução

O déficit de força muscular induzido por rotinas de alongamento é o termo empregado para descrever a redução transitória no desempenho do sistema neuromuscular observada após a realização de exercícios de alongamento. Este fenômeno tem sido sistematicamente demonstrado após o emprego de diferentes métodos de alongamento e pode apresentar magnitude e duração de respostas bastante variadas [1-3].

A existência de evidências que apontam para o efeito deletério dos exercícios de alongamento sobre desempenho neuromuscular levou alguns pesquisadores a sugerir sua retirada das rotinas de aquecimento que precedem a prática de exercícios físicos [4,5]. Entretanto, alguns trabalhos não têm demonstrado o efeito negativo dos exercícios de alongamento sobre as respostas da força muscular [6,7].

Parte dessas contradições observadas pode estar associada não apenas às variáveis relacionadas às rotinas de alongamento, como exemplo o volume ou método de alongamento empregado, mas também às variáveis envolvidas no protocolo de avaliação da força muscular.

Considerando as informações acima, é importante determinar qual a influência das variáveis associadas ao protocolo experimental utilizados em estudos que buscaram investigar o déficit de força muscular mediado pelo alongamento na magnitude desse fenômeno. Dessa forma, conclusões mais concretas poderão ser realizadas com relação ao emprego de rotinas de alongamento que precedem a prática de atividade física.

O objetivo do presente estudo foi: a) revisar a influência das principais variáveis associadas às rotinas de alongamento na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento; b) revisar a influência das principais variáveis associadas ao método de avaliação da força muscular na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Métodos

A busca eletrônica para a realização deste trabalho foi efetuada nas seguintes bases de dados: Medline; Pubmed; Lilacs e Sport Discus. Quando possível, limites de datas foram acrescentados. Para pesquisa dos estudos, foram utilizadas as seguintes palavras-chaves de forma combinada e/ou individualmente: *flexibility, stretching, dynamic stretching, static stretching, warm-up, strength, force, vertical jump, power, performance, joint angle*. Para a base de dados Lilacs os termos citados acima foram utilizados em português. Em adição, a lista de referências de todas as publicações inclusas na revisão foi utilizada para busca manual de possíveis estudos relevantes que não foram encontrados durante a busca eletrônica.

Os seguintes critérios de inclusão foram adotados: a) estudos experimentais cujo objetivo envolvia analisar o déficit de força muscular mediado pelo alongamento; b) estudos

experimentais cujo objetivo envolvia comparar variáveis relacionadas às rotinas de alongamento na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento; c) estudos experimentais cujo objetivo envolvia comparar variáveis relacionadas ao método de avaliação da força muscular na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento; d) estudos que incluíam diferentes condições experimentais realizadas de forma aleatória.

Primeiramente os artigos foram selecionados pelo título, quando continham palavras relacionadas ao tema. Posteriormente fez-se a leitura do resumo e texto completo dos artigos. A partir desse ponto os estudos foram selecionados quando englobavam os critérios de inclusão adotados.

Resultados e discussão

As Tabelas I, II, III e IV apresentam as características dos 15 estudos selecionados para análise. As próximas sessões analisam, separadamente, o efeito de cada uma das variáveis associadas às rotinas de alongamento (duração e método de alongamento) e ao protocolo de avaliação da força muscular (ângulo articular e tipo de exercício) no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Duração do alongamento

Estudos que relataram efeitos negativos do alongamento no desempenho de força muscular utilizaram protocolos com durações de até 30 minutos para o mesmo grupo muscular [8,9]. Embora seja possível observar que o déficit de força muscular apresente um comportamento dependente do tempo de alongamento e do grupo muscular alongado, grande parte dos estudos adotou em seus protocolos experimentais rotinas com tempos de alongamento não condizentes com aqueles das rotinas empregadas na prática. Uma possível relação dose – resposta poderia explicar por que alguns estudos têm reportado que o desempenho de força muscular não é afetado pelo alongamento. Tem sido sugerido que a ausência desse efeito pode ser causada pela utilização de um protocolo de alongamento com menor volume.

Neste sentido, a partir do ano de 2005, é possível verificar um crescente número de publicações que buscou comparar o efeito de menores volumes de alongamento sobre o desempenho agudo do sistema neuromuscular.

Ogura *et al.* [10] compararam o efeito de dois volumes de alongamento estático (1 x 30 e 1 x 60 segundos) na contração voluntária máxima (CVM) dos posteriores de coxa. Os autores reportaram que a CVM foi significativamente menor após a rotina com duração de 60 segundos quando comparada com o protocolo de 30 segundos e a condição controle (sem alongamento). De forma similar, Siatras *et al.* [11] observaram maior diminuição do pico de torque (PT) após uma rotina de 60 segundos de alongamento estático, quando comparada a 30, 20 e 10 segundos de alongamento. Em contrapartida, Winchester

Tabela I - Estudos que investigaram a influência da duração do alongamento no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Referência	Rotina de Alongamento	Tipo de Ação Muscular	Resultado
Ogura <i>et al.</i> [10]	30 ou 60 segundos de alongamento estático	Isométrica	>↓ CVM após 60 segundos
Siatras <i>et al.</i> [11]	10, 20, 30 ou 60 segundos de alongamento estático	Isométrica	>↓ PT após 60 segundos
Ryan <i>et al.</i> [13]	120, 240 e 480 segundos de alongamento estático	Isométrica	↓ CVM após 120, 240 e 480 segundos ↓ TDF após 240 e 480 segundos
Winchester <i>et al.</i> [12]	30, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos de alongamento estático	Isométrica	↓ CVM após 30, 60, 90, 120, 150 e 180 segundos

> = Aumento; ↓ = Diminuição; CVM = Contração Voluntária Máxima; PT = Pico de Torque; TDF = Taxa de Desenvolvimento de Força.

Tabela II - Estudos que investigaram a influência do método de alongamento no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Referência	Rotina de Alongamento	Tipo de Ação Muscular	Resultado
Herda <i>et al.</i> [27]	540 segundos estático ou dinâmico	Isométrica	↓ CVM após estático quando comparada ao método dinâmico
Bacurau <i>et al.</i> [26]	1200 segundos de alongamento estático ou dinâmico	1RM	↓ 1RM após estático quando comparada ao método dinâmico
Dalrymple <i>et al.</i> [21]	480 segundos de alongamento estático ou dinâmico	SV	Nenhuma alteração no SV após estático e dinâmico
Curry <i>et al.</i> [22]	600 segundos de alongamento estático ou dinâmico	SV	Nenhuma alteração no SV após estático e dinâmico
Beedle <i>et al.</i> [23]	45 segundos de alongamento estático ou dinâmico	1RM	Nenhuma alteração em 1RM após estático e dinâmico
Samuel <i>et al.</i> [24]	90 segundos de alongamento estático ou dinâmico	SV	Nenhuma alteração no SV após estático e dinâmico
McMilian <i>et al.</i> [28]	600 segundos de alongamento estático ou dinâmico	5 - step jump	↑ Potência muscular após alongamento dinâmico quando comparada ao estático
Unick <i>et al.</i> [25]	45 segundos de alongamento estático ou dinâmico	SV	Nenhuma alteração no SV após estático e dinâmico

↑ = Aumento; ↓ = Diminuição; SV = Salto Vertical; CVM = Contração Voluntária Máxima; 1RM = 1 Repetição Máxima.

Tabela III - Estudos que investigaram a influência do ângulo articular de avaliação da força muscular no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Referência	Graus Avaliados	Tipo de Ação Muscular	Resultado
Herda <i>et al.</i> [27]	41, 61, 81 e 101 graus	Isométrica	>↓ PT em 81 e 101 graus
McHug <i>et al.</i> [30]	80, 65, 50 e 35 graus	Isométrica	>↓ Ângulo-torque em 65 e 80 graus

> = Maior; ↓ = Diminuição; PT = Pico de Torque.

Tabela IV - Estudos que investigaram a influência do tipo de exercício utilizado na avaliação da força muscular no déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Referência	Exercícios	Tipo de Ação Muscular	Resultado
McBride <i>et al.</i> [31]	Monoarticular (Extensão de Joelho) e Multiarticular (Agachamento)	Isométrica	↓ CVM durante exercício monoarticular ↓ TDF durante exercício multiarticular

↓ = Diminuição; CVM = Contração Voluntária Máxima; TDF = Taxa de Desenvolvimento de Força.

et al. [12] observaram que 30 segundos de alongamento estático foram suficientes para reduzir a força muscular máxima dos posteriores de coxa. Em grupos musculares menores (flexores plantares), Ryan *et al.* [13] analisaram o comportamento da curva força-tempo (Cf-t) isométrica após 120, 240 e 480 segundos de alongamento estático. Os autores encontraram que a CVM diminuiu significativamente após todos os protocolos de alongamento empregados. Para a taxa de desenvolvimento de força (TDF) foram observadas reduções significativas após 240 e 480 segundos de alongamento.

O tempo total que um músculo é submetido ao alongamento é uma importante variável a ser considerada, uma vez que estímulos com maiores volumes podem aumentar a magnitude de decréscimo da força muscular. Nesse sentido, os estudos citados acima sugerem que pode haver um limiar mínimo de alongamento, entre 20 e 60 segundos, para que possa ocorrer o déficit de força muscular.

Métodos de alongamento (dinâmico vs. estático)

Diferentes métodos de alongamento têm sido utilizados na prática durante sessões de aquecimento e durante programas de atividade física que visam o desenvolvimento da flexibilidade. Dentre eles, o método estático e o dinâmico são os mais conhecidos e investigados na literatura.

Especificamente para a potência muscular, estudos têm demonstrado que o método dinâmico pode não afetar o desempenho de força, podendo, inclusive, melhorar a capacidade muscular em desenvolver força rapidamente [14-16]. Por outro lado, um número grande de evidências tem mostrado que rotinas de alongamento estático podem causar efeitos negativos na capacidade de força explosiva [17-20].

Estudos que procuraram comparar o efeito do método dinâmico e estático de alongamento no desempenho de força muscular têm encontrado resultados controversos. Alguns autores não observaram diferença significativa entre os métodos, sendo que tanto o método dinâmico quanto o método estático não causaram alterações no desempenho do salto vertical (SV), tempo do pico de força e uma repetição máxima (1 RM) de membros superiores e inferiores [21-25]. Em contrapartida, dois estudos demonstraram que o alongamento estático diminuiu significativamente o desempenho da PT e 1 RM quando comparado ao método dinâmico [26-27]. Apesar dos estudos demonstrarem redução na força muscular apenas após o emprego do método estático, ainda não há um consenso com relação à influência do método de alongamento empregado na magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Ângulo articular de avaliação da força muscular

O déficit de força mediado pelo alongamento parece ser mais aparente em amplitudes de movimento nas quais o comprimento da fibra muscular ou do sarcômero corresponda ao

plateau máximo da curva força-comprimento [29]. Com base nessa observação, alguns autores buscaram analisar o comportamento do déficit de força mediado pelo alongamento em diversos ângulos de avaliação.

Herda *et al.* [27] analisaram o efeito agudo do alongamento estático no PT isométrico durante flexão do joelho em quatro ângulos articulares diferentes (41, 61, 81 e 101 graus abaixo da extensão total do joelho). Os autores observaram que o alongamento estático diminuiu significativamente o PT isométrico dos posteriores de coxa, durante flexão de joelho, nos ângulos de 101 e 81 graus. Em ângulos menores de avaliação (41 e 61 graus), o alongamento não alterou o desempenho de força muscular.

Em adição, McHug *et al.* [30] avaliaram a relação ângulo-torque durante flexão isométrica de joelho em seis valores diferentes de ângulo (80, 65, 50, 35, 20 e 5 graus). Assim como Herda *et al.* [27], os autores encontraram que o déficit de força mediado pelo alongamento é mais proeminente em comprimentos mais curtos da musculatura avaliada (80 e 65 graus), ou seja, durante avaliação da força muscular em ângulos maiores.

Avaliação da força muscular – tipo de exercício

O déficit de força mediado pelo alongamento tem sido demonstrado em exercícios monoarticulares, tanto em ações isométricas quanto dinâmicas. Em contrapartida, a influência do alongamento durante o desempenho de força muscular em exercícios multiarticulares tem sido demonstrada, em sua grande maioria, para o desempenho dinâmico de força.

McBride *et al.* [31] procuraram comparar o efeito agudo do alongamento estático durante esforço muscular isométrico em exercício monoarticular (extensão de joelho) e multiarticular (agachamento). O protocolo de alongamento consistiu em três séries de 30 segundos para o quadríceps. Os resultados mostraram que o comportamento da força muscular isométrica pode sofrer influência do tipo de exercício utilizado durante avaliação da força. Durante esforço monoarticular apenas a CVM reduziu significativamente. Já para o esforço multiarticular houve redução da TDF.

Conclusão

A retirada de rotinas de alongamento que precedem a prática de atividade física tem sido sugerida por diversos autores. Porém, nenhuma conclusão concreta com relação ao déficit de força muscular mediado pelo alongamento pode ser realizada, uma vez que são observadas diferenças entre os protocolos experimentais utilizados nos estudos que buscaram analisar esse fenômeno. Foi observado que protocolos com maior volume de alongamento podem causar maiores efeitos deletérios agudos na produção de força, sendo que menores volumes de alongamento não causam nenhuma alteração no

desempenho de força muscular. Ainda com relação à rotina de alongamento, não há uma conclusão concreta sobre a influência do método utilizado (dinâmico ou estático) no déficit de força muscular mediado pelo alongamento. O ângulo articular de avaliação da força muscular é outra importante variável a ser considerada na análise do efeito do alongamento no desempenho físico. Aparentemente, o déficit de força muscular mediado pelo alongamento é mais observado quando a força muscular é avaliada em ângulos articulares acima de 60 graus. Poucos estudos procuraram comparar o comportamento do déficit de força muscular mediado pelo alongamento em diferentes exercícios, sendo que parece ocorrer uma relação exercício-dependência nesse fenômeno. A presente revisão mostra uma forte evidência sugerindo que variáveis associadas às rotinas de alongamento e ao método de avaliação da força muscular podem influenciar a magnitude do déficit de força muscular mediado pelo alongamento.

Referências

- Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol* 2001;26:261-72.
- Power K, Behm DG, Cahill F, Carrol M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1389-96.
- Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Stout JR, Cramer JT. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:1529-37.
- Church JB, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2001;15:332-36.
- Cornwell A, Nelson AG, Sidaway B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol* 2002;86:428-34.
- Alpkaya U, Koceja D. The effects of acute static stretching on reaction time and force. *J Sports Med Phys Fitness* 2007;47:147-50.
- Cramer JT, Beck TW, Housh TJ, Massey LL, Marek SM, Danglemeier S et al. Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle-torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. *J Sports Sci* 2007;25:687-98.
- Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol* 2000;89:1179-88.
- Weir DE, Tingley J, Elder GC. Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction. *Eur J Appl Physiol* 2005;93:614-23.
- Ogura Y, Miyahara Y, Naito H, Katamoto S, Aoki J. Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. *J Strength Cond Res* 2007;21:88-92.
- Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *J Strength Cond Res* 2008;22:40-6.
- Winchester JB, Nelson AG, Kokkonen J. A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Res Q Exerc Sport* 2009;80:257-61.
- Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Stout JR et al. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40:1529-37.
- Young WB, Elliot, S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport* 2001; 72:273-9.
- Jaggers JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *J Strength Cond Res* 2008;22:1844-9.
- Yamaguchi T, Ishii K, Yamanaka M, Yasuda K. Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res* 2007;21:1238-44.
- Holt BW, Lambourne K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2008;22:226-9.
- Thompson AG, Kackley T, Palumbo MA, Faigenbaum AD. Acute effects of different warm up protocols with and without a weighted vest on jump performance in athletic women. *J Strength Cond Res* 2007;21:52-6.
- Vetter RE. Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *J Strength Cond Res* 2007;21:819-23.
- Wallmann HW, Mercer JA, McWhorter JW. Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2005;19:684-8.
- Dalrymple KJ, Davis SE, Dwyer GB, Moir GL. Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players. *J Strength Cond Res* 2010;24:149-55.
- Curry BS, Chengkalath D, Crouch GJ, Romance M, Manns PJ. Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. *J Strength Cond Res* 2009;23:1811-9.
- Beedle B, Rytter SJ, Healy RC, Ward TR. Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *J Strength Cond Res* 2008;22:1838-43.
- Samuel MN, Holcomb WR, Guadagnoli MA, Rubley MD, Wallmann H. Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *J Strength Cond Res* 2008;22:1422-8.
- Unick J, Kieffer HS, Cheesman W, Feeney A. The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. *J Strength Cond Res* 2005;19:206-12.
- Bacurau RFP, Monteiro GA, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Cabral LF, Aoki MS. Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *J Strength Cond Res* 2009;23:304-8.
- Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, McHugh MP, Stout JR. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *J Strength Cond Res* 2008;22:809-17.
- McMillian DJ, Moore JH, Hatler BS, Taylor DC. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *J Strength Cond Res* 2006;20:492-99.
- Nelson AG, Allen JD, Cornwell A, Kokkonen J. Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint angle specific. *Res Q Exerc Sport* 2001;72:68-70.
- McHug MP. Strength loss following static stretching: the role of muscle length. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:373-4.
- McBride JM, Deane R, Nimphius S. Effect of stretching on agonist-antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:54-60.