

**Artigo de revisão**

Gracielle Vieira Ramos ¹
Rafael Rezende dos Santos ¹
Alexandre Gonçalves ¹

INFLUÊNCIA DO ALONGAMENTO SOBRE A FORÇA MUSCULAR: UMA BREVE REVISÃO SOBRE AS POSSÍVEIS CAUSAS

THE EFFECT OF STRETCHING ON MUSCLE STRENGTH: A SHORT REVIEW OF POSSIBLE CAUSES

Resumo

Atualmente, o alongamento muscular antes do exercício vem trazendo controvérsias no âmbito científico, em relação aos seus benefícios, no que diz respeito ao desempenho muscular do indivíduo. Nesta linha de pesquisa, os estudos têm observado uma tendência na diminuição da força muscular como consequência do alongamento agudo. Contudo, existe divergências entre os estudos sobre os motivos reais da perda de performance muscular após alongamento. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar, através de uma revisão de literatura nas bases de dados PUBMED, SCIELO, periódicos nacionais e internacionais assim como em livros relacionados à fisiologia neuromuscular a influência do alongamento sobre a força muscular e suas possíveis causas. Após a análise da literatura levantada, pode-se concluir que o alongamento muscular pode acarretar déficit de força muscular do indivíduo, no pré-exercício para ganho de força do músculo, mas as causas para tal processo ainda são controvérsas necessitando de maiores estudos para uma melhor definição.

Palavras-chave: Exercício de alongamento muscular; Força Muscular; Avaliação de desempenho.

Abstract

There is currently a certain level of disagreement in the scientific community on the benefits to muscle performance of stretching before exercise. Studies researching this subject have observed a tendency for muscle strength to reduce as a result of acute stretching. Nevertheless, there are differences in the conclusions that these studies have drawn as to what are the true reasons for this loss in muscular performance after stretching. The objective of this study, therefore, is to perform a review of literature indexed in PUBMED and SCIELO, of Brazilian and international periodicals and of textbooks on neuromuscular physiology in order to analyze the effect of stretching on muscle strength and the possible causes for this effect. After analyzing the relevant literature, it was be concluded that muscle stretching can indeed result in reduced muscle strength performance in individuals exercising to gain muscle strength, but that the causes of this process are still the subject of disagreement and that further studies are needed to better elucidate the issue.

Key words: Muscle stretching exercises; Muscle Strength; Performance appraisal.

¹ Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia em Traumatologia-Ortopedia do Instituto de Ciências da Saúde do Centro Universitário do Triângulo – UNITRI.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o alongamento muscular antes do exercício vem trazendo controvérsias no âmbito científico em relação aos seus benefícios, no que diz respeito ao desempenho muscular e na prevenção de lesões do indivíduo. Diversos estudos foram realizados por pesquisadores, a fim de averiguar os efeitos do alongamento muscular antes do exercício. Contudo, nota-se um grande consenso entre os resultados dos mesmos¹⁻⁴.

Uma das técnicas mais utilizadas no âmbito fisioterapêutico para se ganhar amplitude de movimento e dar mobilidade adequada aos tecidos, prevenindo assim lesões recentes e recidivas, é o alongamento⁵. Alguns autores como Best⁶ e Safran et al.⁷ relataram que o alongamento impedia a lesão. Mas trabalhos como de Pope et al.⁸ e Shrier⁹ sugeriram que o alongamento antes do exercício não impedia tal lesão.

Seguindo esta linha, Andersen¹⁰ relata em seu estudo de revisão que os protocolos utilizados de alongamento não reduziram significativamente o risco de lesões. Já Fradkin et al.¹¹ defendem que há fortes evidências no âmbito científico a favor do aquecimento antes do exercício no impedimento ou diminuição do risco de lesões.

Shrier³, ao desenvolver uma pesquisa de revisão crítica para averiguar se o alongamento melhorava o desempenho muscular, constatou que, dos 32 estudos revisados nenhum estudo sugeriu que o alongamento era benéfico para o desempenho, relacionando força, torque e salto. Observou-se, ainda, 20 estudos relatando que o alongamento agudo diminuía a performance.

Entretanto, há divergência entre estudos sobre o que teria levado à diminuição de força muscular devido ao alongamento. Behm et al.¹² relataram que a diminuição de força é decorrente de fatores neurológicos. Corroborando com o estudo destes autores, Young, Behm¹³ observaram, através da eletromiografia, que houve diminuição da atividade elétrica do músculo com o alongamento agudo, sugerindo, desta forma, a possibilidade de um mecanismo neurológico.

Diversos autores^{4,14-16} relataram que a diminuição de força ocorreu devido a fatores neurais e mecânicos como: diminuição na ativação de unidades motoras, alterações nas propriedades viscoelásticas do músculo e musculotendinosa e devido às alterações no comprimento-tensão da fibra muscular.

Contudo, LaRoche e Connolly¹⁷ apontam que o alongamento estático e balístico aumenta a tolerância do movimento durante o exercício excêntrico. Tal fato se deve ao aumento na tolerância do estiramento devido à melhora da elasticidade do músculo.

Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar, através de uma revisão de literatura nas bases de dados PUBMED, SCIELO, periódicos nacionais e internacionais, assim como em livros relacionados à fisiologia neuromuscular, a influência do alongamento sobre a força muscular e suas possíveis causas. A seguir foi realizada a análise crítica dos dados levantados e organizados na forma de um texto descritivo sobre o referente assunto.

Contudo, uma possível limitação deste estudo foi a dificuldade de melhor acesso à base de dados internacionais, já que grande parte dos artigos somente estão disponíveis através de periódicos que requerem pagamento de assinatura prévia.

FATORES ELÉTRICOS RELACIONADOS À INFLUÊNCIA DO ALONGAMENTO NA FORÇA MUSCULAR

Marek, et al.¹ desenvolveram um estudo para verificar os efeitos, em curto prazo, do alongamento estático e da facilitação neuromuscular proprioceptiva na força muscular e na atividade elétrica do músculo. Neste estudo, observaram que houve uma diminuição de 2,8% no pico de torque e uma diminuição de 3,2% da atividade elétrica em consequência do alongamento estático e facilitação neuromuscular proprioceptiva. Assim, ambos provocaram a diminuição da força e da potência muscular.

Shrier³ observou através de uma revisão crítica que a atividade elétrica foi afetada na maioria dos estudos, com alongamento agudo, o qual sugere a possibilidade de um mecanismo neurológico. Ele também relata que a velocidade do movimento é dependente da economia de energia, da força produzida e da velocidade de contração.

Nesta direção, Magnusson et al.¹⁸ e Taylor et al.¹⁹ encontraram que a economia de energia é melhorada com o alongamento agudo devido à diminuição da viscoelasticidade do músculo. Contudo, a força e a velocidade de contração muscular são diminuídas. Tal fato se deve, provavelmente, devido a maior dano na fibra muscular^{20, 21}. Entretanto, um estudo realizado com jogadores de futebol mostrou que o alongamento estático não parece ser prejudicial ao desempenho de alta velocidade, incluindo este, a um aquecimento. E que o alongamento dinâmico durante o aquecimento era mais eficaz ainda para o desempenho de alta velocidade²⁰.

Nelson et al.¹⁵ sugeriram que o efeito do alongamento estático, em curto prazo, no pico do torque, é decorrente da velocidade do movimento. Sendo assim, Marek et al.¹ observaram que houve uma diminuição no pico de torque, devido ao alongamento induzido durante as extensões isocinéticas concêntricas máximas do joelho, nas velocidades mais lentas (60° - 90°). Por outro lado, em velocidades mais rápidas (150°, 210°, 270°) não obteve nenhum efeito. Portanto, tal fato sugere que a diminuição do pico de torque não seja devido à velocidade. Contudo, é possível que o alongamento estático antes do exercício altere a força, mas não a potência.

Tal afirmação vai ao encontro dos estudos^{12,14,23-25} os quais relatam que a diminuição da força ocorre devido à diminuição de ativação das unidades motoras, ou seja, fatores neurológicos. Confirmando tal afirmação Marek et al.¹ sugerem, em seu estudo, que a diminuição de força induzida pelo alongamento pode ser ocasionada por diminuição da ativação das unidades motoras, já que encontraram uma diminuição na amplitude do pico de torque e da eletromiografia após alongamento estático.

ALONGAMENTO E FORÇA MUSCULAR

O primeiro trabalho a demonstrar que a força desenvolvida pelo músculo durante a contração isométrica varia com o comprimento do músculo, foi realizado por Blix²⁶. Porém, somente em 1966, Gordon et al.²⁷ identificaram, em fibras musculares, que a força isométrica máxima é produzida quando o músculo atinge um comprimento próximo ao comprimento da sua posição em repouso. Essa força diminui quando o músculo é alongado ou encurtado. Eles mostraram que a força isométrica dos sarcômeros atinge seus níveis máximos quando há uma sobreposição ótima entre os filamentos de actina e miosina, o que ocorre quando o comprimento do sarcômero está entre 2,0 – 2,25µm. Este estudo permitiu identificar que a força gerada pela contração muscular depende da quantidade de “pontes” entre os filamentos de actina e miosina no interior do sarcômero. Diziam ainda que, na posição encurtada, o comprimento funcional do músculo encontra-se diminuído. Como nesta posição os sarcômeros também apresentam comprimento diminuído eles não podem desenvolver força contrátil máxima, pois se perde a sobreposição fisiológica ideal entre os filamentos de actina e miosina. Por outro lado, na posição de alongamento, haveria uma redução da sobreposição fisiológica entre os filamentos de actina e miosina, impedindo o desenvolvimento da contração muscular máxima. Mas é importante salientar que, a força muscular também depende da integridade do sistema nervoso central e periférico.

Têm sido relatado^{3,28-30} que o alongamento antes do exercício pode, temporariamente, comprometer a habilidade do músculo de produzir força. Sendo assim, Noffal² verificou a mudança de força no aperto isométrico sobre os flexores do punho. Estes pesquisadores obtiveram em sua amostragem um grupo controle, que realizava somente a força isométrica. Já o grupo experimental realizava alongamento por 10 segundos, efetuando após o mesmo, a força isométrica dos flexores do punho. Assim, esse procedimento foi realizado por 10 repetições. Pôde-se observar que houve uma diferença significativa na mudança da força de aperto entre o grupo controle e o grupo experimental. As forças de aperto do grupo controle foram consistentes com uma tendência linear. Em contrapartida, as forças de aperto do grupo alongado declinaram em uma logarítmica de 88,8% com 100 segundos de alongamento. Porém, estatisticamente, as diferenças significativas no declínio da força surgiram somente após 40 segundos de alongamento. Tal fato sugere que o declínio da força tem relação direta com o tempo de alongamento.

Por outro lado, em relação aos exercícios de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) Young, Elliott³¹ não encontraram nenhuma diferença significativa no desempenho do salto vertical, relacionando-o a este método de alongamento. Já Church et al.³² relataram que o rendimento do salto vertical após os exercícios FNP eram mais baixos do que após o alongamento estático. Desta forma, pode-se observar que há um conflito de idéias entre os autores. Marek et al.¹ relatam que esta divergência ocorreu devido à diferença de protocolos dos exercícios FNP. Assim, como o protocolo aplicado por Church et al.³² implicou um grau de estiramento muscular

maior, isto, provavelmente, explique a diminuição do rendimento no salto vertical, uma vez que o mecanismo pelo qual o alongamento interfere na geração de força está relacionado aos danos causados no grau do estiramento^{18, 33}.

A literatura básica científica sugere que mais ou menos 20% de tensão do comprimento de fibra tem poder de causar dano ao músculo, resultando no decréscimo de força³. De acordo com Macpherson et al.²⁰ uma tensão de 20% ocorre em alguns sarcômeros depois de uma caminhada normal e, certamente, deve-se exceder em uma rotina de alongamento normal. Contudo Black et al.³⁴ encontraram, em seu estudo com ratos, que o alongamento agudo, 5% além do comprimento de descanso, provoca um declínio de, aproximadamente, 5% da força isométrica. Entretanto, não havia nenhum déficit quando os músculos foram estimulados para contrair.

Estudos relatam que a diminuição de força ocorre devido a fatores mecânicos como alterações nas propriedades viscoelásticas do músculo e musculotendíneo¹⁴⁻¹⁶.

Fowles et al.¹⁴ expõem ainda que, após 15 minutos de recuperação do alongamento intenso a diminuição da força do músculo é mais atribuída a propriedades mecânicas intrínsecas das unidades musculotendinosas do que a fatores neurais. Eles hipotetizaram que o alongamento pode alterar o relacionamento do comprimento-tensão e/ou deformação plástica dos tecidos conectivos. Assim, tal fato levaria a uma limitação na potencialização da força máxima produzida pela unidade musculotendínea. Além disso, Nelson et al.¹⁵ sugeriram que a diminuição da força induzida pelo alongamento, após 10 minutos de recuperação, está relacionada à diminuição da rigidez musculotendínea, que leva a uma alteração no relacionamento de comprimento-tensão da fibra muscular. Contudo, Brockett et al.³⁵ e McHugh, Hogan³⁶ possibilitam a hipótese de que as alterações do alongamento induzido na relação do comprimento-tensão podem ser manifestadas devido às mudanças no ângulo do torque.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a bibliografia revisada, pôde-se observar que a grande maioria dos estudos demonstrou que o alongamento muscular provoca uma diminuição de força em relação ao desempenho muscular.

Pode-se observar que, entre os autores estudados, ainda há controvérsias em relação às causas que levariam à diminuição de força. Alguns relacionam esta diminuição de força devido a fatores mecânicos como alterações nas propriedades viscoelásticas do músculo e musculotendínea. Outros ressaltam que a diminuição de força ocorreria devido a alterações no comprimento-tensão da fibra muscular. Ainda há aqueles que defendem a diminuição de força decorrente a fatores neurológicos.

Assim, através deste estudo de revisão sugere-se que o alongamento muscular pode acarretar déficit de força muscular no desempenho e performance do indivíduo, no pré-exercício para ganho de força, mas as causas para tal processo ainda são controvérsas.

Portanto, as evidências levantadas por este estudo de revisão poderão servir de base para que profissionais que atuam com prescrição de exercícios revejam suas práticas quanto à indicação de alongamentos antes das sessões de treinamento ou protocolos para reabilitação, os quais tenham como objetivo principal o aprimoramento da força muscular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, 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.
- Knudson D, Noffal G. Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *Eur J Appl Physiol* 2005;94(3):348-51.
- Shrier I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med* 2004;14:267-273.
- Comwell A, Nelson AG, Sidaway B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol* 2002;86:428-434.
- Kisner C, Colby LA. Exercícios Terapêuticos Fundamentos e Técnicas. São Paulo: Manole, 1998.
- Best TM. Muscle-tendon injuries in young athletes. *Clin J Sport Med* 1995;14:669-686.
- Safran MR, Seaber AV, Garrett WE Jr. Warm-up and muscular injury prevention: an update. *Clin J Sport Med* 1989;8:239-249.
- Pope RP, Herbert RD, Kirwan M, ID, Graham BJ. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:271-277.
- 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;9:221-227.
- Andersen J. C. Stretching Before and After Exercise: Effect on Muscle Soreness and Injury Risk. *J Athl Train* 2005;3:218-220.
- Fradkin A J, Gabbe B J, Cameron P A. Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomized controlled trials?. *J Sci Med Sport* 2006;3:214-20.
- Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affect force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol* 2001;26:261-272.
- Young WB, Behn DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43:21-27.
- Fowles JR, Sale DG, MacDougall M. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *J Appl Physiol* 2000;89:1179-1188.
- Nelson AG, Kokkonen J, Eldredge C, Comwell A, Glickman-Weiss E. Chronic stretching and running economy. *Scand J Med Sci Sports* 2001;11:260-265.
- Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW. The acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res* 2004;18:236-241.
- LaRoche DP, Connolly DA. Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *Am J Sports Med* 2006;6:1000-7.
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *Am J Sports Med* 1996;24:622-628.
- Taylor DC, Dalton JDJ, Seaber AV, Garrett WEJ. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. *Am J Sports Med* 1990;18:300-309.
- Macpherson PCD, Schork MA, Faulkner JA. Contraction-induced injury to single fiber segments from fast and slow muscles of rats by single stretches. *Am J Physiol* 1996;271:C1438-C1446.
- Black M, Stevens ED. Passive stretching does not protect against acute contraction-induced injury in mouse EDL muscle. *J Muscle Res Cell Motil* 2001;22:301-310.
- Little T, Williams AG. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high speed motor capacities in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 2006;20:203-7.
- Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Ebersole KT, Perry SR, Bull AJ. Mechanomyographic and electromyographic responses of the superficial muscles of the quadriceps femoris during maximal, concentric isokinetic muscle actions. *Isokinet Exerc Sci* 2000;8(2):109-117.
- Avela J, Kyrolainen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol* 1999;86:1283-1291.
- Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1389-1396.
- Blix M. Die lang und die spannung des muskels. *Vierte Abhandlung Skank Arch Physiol* 1895, 5:173-206.
- Gordon AM, Huxley AF, Julian FJ. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibers. *J. Physiol* 1966,184:170-192.
- Tracker SB, Gilchrist J, Stroup DF, Kimsey CD Jr. The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:371-378.
- Nelson AG, Driscoll NM, Landin DK, Young MA, Schexnayder IC. Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *J Sports Sci* 2005;6:449-454.
- Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *J. Strength Cond Res* 2005;2:338-43.
- Young W, Elliott S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contraction on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport* 2001;72:273-279.
- Church M, Wiggins MS, Moode FM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J. Strength Cond Res* 2001;15:332-336.
- Halbertsma JPK, Van Bolhuis AI, Goeken LNH. Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:688-692.
- Black JD, Freeman M, Stevens ED. A two week routine stretching programme did not prevent contraction-induced injury in mouse muscle. *J Physiol* 2002;544:137-147.
- Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:783-790.
- McHugh MP, Hogan DE. Effect of knee flexion angle on active joint stiffness. *Acta Physiol Scand* 2004;180:294-254.

Endereço para correspondência

Alexandre Gonçalves
Av. Rio Branco, 600 - Centro
38400-056 - Uberlândia/MG
E-mail: profalexandre09@gmail.com

Recebido em 26/04/06
Revisado em 22/11/06
Reapresentado em 08/02/07
Aprovado em 27/02/07