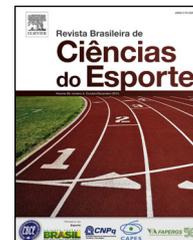




Revista Brasileira de CIÊNCIAS DO ESPORTE

www.rbceonline.org.br



ARTIGO ORIGINAL

A taxa de desenvolvimento de força durante contrações isocinéticas dos extensores do joelho não é afetada pelo alongamento estático em indivíduos ativos



Renata Helena Souza, Camila Coelho Greco e Benedito Sérgio Denadai*

Laboratório de Avaliação da Performance Humana, Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil

Recebido em 10 de fevereiro de 2013; aceito em 12 de abril de 2014

Disponível na Internet em 24 de agosto de 2015

PALAVRAS-CHAVE

Flexibilidade;
Força explosiva;
Torque;
Concêntrico

Resumo Este estudo objetivou investigar a influência do alongamento estático (AE) no pico de torque (PT) e na taxa de desenvolvimento de força (TDF) dos extensores do joelho. Doze indivíduos ativos fizeram os seguintes testes em ordem aleatória: 1) Cinco contrações isocinéticas concêntricas máximas para os extensores do joelho (EJ) em cada velocidade angular (60 e $180^\circ \cdot s^{-1}$) para determinar o PT e a TDF; e 2) O mesmo protocolo após dois exercícios de alongamento para os EJ (10×30 s para cada alongamento). O PT e a TDF não foram modificados pelo AE. O tempo correspondente aos deltas dos ângulos iniciais do movimento (90 - 80°) a $180^\circ \cdot s^{-1}$ foi menor após o AE. Pode-se concluir que o AE pode aumentar a velocidade de movimentos explosivos, sem afetar o PT e a TDF de indivíduos ativos.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

KEYWORDS

Flexibility;
Explosive strength;
Torque;
Concentric

The rate of force development during isokinetic contractions of knee extensors is not influenced by active static stretching in active individuals

Abstract The objective of this study was to investigate the influence of active static stretch (SS) on the peak torque (PT) and rate of force development (RFD) of knee extensors. Twelve active subjects performed the following tests in random order: 1) Five maximal isokinetic concentric contractions for knee extensors at 60 and $180^\circ \cdot s^{-1}$ to determine PT and RFD, and; 2) The same protocol after two SS exercises for the dominant leg extensors (10×30 s for each exercise). There was no modification of PT and RFD after the SS for both velocities. The time

* Autor para correspondência.

E-mail: bdenadai@rc.unesp.br (B.S. Denadai).

corresponding to the delta of initial angles of movement ($90-80^\circ$) at $180^\circ.s^{-1}$ was significantly reduced after SS. It is possible to conclude that SS exercises may increase the velocity of movement during explosive actions, without modifying the PT and RFD.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

PALABRAS CLAVE

Flexibilidade;
Força explosiva;
Torque;
Concêntrico

La tasa de desarrollo de la fuerza durante las contracciones isocinéticas de los extensores de la rodilla no es afectada por estiramiento estático activo en personas activas

Resumen El estudio examinó los efectos de estiramientos estáticos (EE) en el pico (PT) y la tasa de desarrollo de la fuerza (TDF) de los extensores de la rodilla. Doce sujetos activos realizaron los siguientes tests en orden aleatorio: 1) Cinco contracciones isocinéticas concéntricas máximas de los extensores de la rodilla (ER) en cada velocidad angular (60 y $180^\circ.s^{-1}$) para determinar el PT y TDF; 2) el mismo protocolo después de los ejercicios de estiramiento para ER (10×30 s para cada tramo). El PT y TDF no se modificaron por EE. El tiempo correspondiente a los deltas de los ángulos iniciales de movimiento ($90-80^\circ$) a $180^\circ.s^{-1}$ fue menor después de EE. Se puede concluir que el EE puede aumentar la velocidad de los movimientos explosivos sin afectar el PT y TDF de individuos activos.

© 2015 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos los derechos reservados.

Introdução

O alongamento muscular tem sido frequentemente prescrito como forma de preparação neuromuscular, principalmente antes de exercícios que envolvem velocidade e força. O uso desses exercícios tem sido sustentado na premissa de que ao aumentar a amplitude de movimento articular, o alongamento prévio pode melhorar o desempenho e/ou reduzir o número de lesões músculo-tendíneas (Smith, 1994). No entanto, apesar de seu uso frequente, ainda não se tem na literatura um consenso sobre a duração e o tipo ideal de alongamento a ser feito previamente a um treinamento ou competição que possa não comprometer a força subsequente, aprimorar o desempenho e prevenir lesões.

De fato, diversos estudos têm verificado que o alongamento pode comprometer a habilidade do músculo de produzir força (pico de torque) analisado na condição isométrica (Behm et al., 2004; Ogura et al., 2007), isotônica (Nelson et al., 2005; Yamaguchi; Ishii, 2005) e isocinética (Cramer et al., 2006, 2007; Marek et al., 2005). Fatores como o volume total da sessão de alongamento e o tempo decorrido entre essa e o treino e/ou competição parecem modular o grau de comprometimento da força (pico de torque) (Cramer et al., 2005; Mchugh e Nesse, 2008; Simic et al., 2013). A diminuição da força (pico de torque) após o alongamento tem sido atribuída à diminuição do *drive* neural (Avela et al., 1999) e do *stiffness* do complexo tendão-aponeurose. Esse último pode afetar a relação tensão-comprimento muscular e/ou a velocidade de encurtamento do sarcômero (Nelson et al., 2001).

A força explosiva muscular é dependente da taxa de aumento da força no início da contração muscular (p.ex.,

taxa de desenvolvimento de força, TDF). Seus valores máximos (TDFmax) são atingidos entre 80-120 m (Aagaard et al., 2002). Assim, a TDF tem sido usada para identificar a capacidade de um grupo muscular de gerar força explosiva, a qual é fundamental para o rendimento esportivo (Aagaard et al., 2010) e para as atividades diárias (p.ex., controle postural e locomoção) (Aagaard et al., 2011). Alguns estudos têm encontrado uma correlação positiva entre a força máxima e a TDF, especialmente a TDF medida na fase tardia da contração muscular (p. ex., > 100 m) (Andersen e Aagaard, 2006). Esse comportamento pode ser explicado pelos diferentes fatores que influenciam a TDF durante a fase inicial (< 100 ms) e tardia da contração muscular (> 100 ms). O *drive* neural (Gruber et al., 2004) e as propriedades intrínsecas contráteis da fibra muscular (p. ex., tipo de fibra muscular) (Andersen et al., 2010) parecem influenciar mais a TDF medida no início da contração. Já a TDF tardia está mais relacionada aos fatores que determinam aumento da força muscular, como o *drive* neural (Andersen e Aagaard, 2006), a área de secção transversa e o *stiffness* músculo-tendíneo (Bojsen-Møller et al., 2005). É importante destacar que várias ações esportivas (p. ex., lançamentos, chutes, saltos) e situações da vida diária têm durações (50-150 m) que não permitem que a força máxima seja atingida (Aagaard et al., 2002). Além disso, os efeitos de diferentes intervenções agudas (p. ex., dano muscular) (Molina e Denadai, 2012) e crônicas (p. ex., treinamento) (Oliveira et al., 2013b) na força máxima muscular podem ser diferentes dos observados na força explosiva. De fato, Oliveira et al. (2012) verificaram durante contrações isométricas que a TDF obtida na fase inicial (< 100 ms) não foi influenciada pelo alongamento estático ativo prévio, enquanto a TDF durante

a fase tardia e o pico de torque foram significativamente diminuídos. É importante destacar que a TDFmax medida em condições isométricas e isocinéticas pode ser influenciada por diferentes mecanismos (Corvino et al., 2009). Confirmando esses achados, Wilhelm et al. (2013) verificaram que a TDF isométrica medida em diferentes intervalos de tempo não foi significativamente correlacionada com a altura de salto com contramovimento. Neste estudo, entretanto, verificou-se uma correlação significativa ($r=0,513$, $p<0,001$) entre o pico de torque a $180^\circ.s^{-1}$ e a altura de salto. Assim, para um melhor entendimento das possíveis interações exercício de alongamento-força explosiva, é importante que se conheçam mais os efeitos do primeiro sobre a TDFmax medida em contrações isocinéticas.

Desse modo, o objetivo deste estudo foi investigar em indivíduos ativos a influência do alongamento estático ativo prévio no pico de torque (PT) e na TDFmax durante contrações isocinéticas concêntricas a 60 e $180^\circ.s^{-1}$. Baseado nas modificações neuromusculares induzidas pelo alongamento (Avela et al., 1999; Nelson et al., 2001; Oliveira et al., 2012; Simic et al., 2013), foi hipotetizado que apenas o PT, e não a TDFmax, seria afetado pelo alongamento estático ativo.

Materias e métodos

Sujeitos

Participaram deste estudo 12 sujeitos ativos com as seguintes características: idade = $21,5 \pm 2,7$ anos; estatura = $172,4 \pm 18,3$ cm; e massa corporal = $77,3 \pm 10,2$ kg. Os voluntários eram estudantes de educação física envolvidos recreacionalmente em esportes (vôlei, basquetebol, futebol), sem participação, entretanto, em sessões regulares de treinamento de força muscular e/ou aeróbio nos últimos seis meses. Os voluntários, após ser informados textual e verbalmente sobre os objetivos e a metodologia desse estudo, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O protocolo deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição na qual o estudo foi conduzido (Protocolo 2218/2009).

Delineamento experimental

Os indivíduos foram solicitados a comparecer no laboratório em três ocasiões dentro de duas semanas. Os voluntários foram submetidos aos seguintes protocolos, em dias diferentes: 1) Familiarização com o teste no dinamômetro isocinético; 2) Teste no dinamômetro isocinético para a determinação do PT e da TDFmax nas velocidades de 60 e $180^\circ.s^{-1}$ (controle); e 3) Exercícios de alongamento com a execução subsequente do teste no dinamômetro isocinético, conforme descrito no item 2 (Pós-Alongamento). Os procedimentos 2 e 3 foram feitos de forma aleatória em relação à ordem das velocidades e do alongamento. O intervalo entre os testes foi de pelo menos 48 horas e não ultrapassou o máximo de 96 horas. Os indivíduos foram instruídos a chegar ao laboratório descansados e hidratados, com pelo menos três horas após a última refeição. Cada indivíduo foi

avaliado no mesmo horário do dia (± 2 h) para minimizar os efeitos da variação diurna biológica.

Determinação do pico de torque e da desenvolvimento de força máxima

Para a determinação do PT e da TDFmax foram feitas cinco contrações máximas concêntricas dos extensores do joelho no dinamômetro isocinético (Biodex System 3, Biodex Medical Systems, Shirley, N.Y.) nas duas velocidades analisadas (60 e $180^\circ.s^{-1}$). A amplitude de movimento foi de 10° a 90° , considerando que 0° corresponde à extensão completa do joelho. Foi feito um período de cinco minutos de recuperação entre as contrações feitas nas diferentes velocidades. Foi usado somente o membro dominante para a mensuração do torque. Os dados de torque foram coletados com uma frequência de 1.000 Hz com o uso de um módulo de aquisição de sinais biológicos (EMG System do Brasil®) sincronizado com o dinamômetro isocinético. Posteriormente, os dados foram filtrados (filtro Butterworth, quarta ordem) e analisados no software MatLab 6.5. O PT correspondeu ao maior valor de torque produzido a partir dos cinco esforços. Foram determinados também o ângulo e o tempo (A_{PT} e T_{PT} , respectivamente) nos quais o PT foi atingido, como também o torque obtido em diferentes deltas de amplitude de movimento nas duas velocidades. Foram analisados os deltas nos seguintes intervalos: $90-88^\circ$, $88-85^\circ$, $85-80^\circ$, $80-75^\circ$ e $75^\circ-A_{PT}$. A TDF foi calculada em intervalos crescentes de 1 ms estipulando-se o início da contração como sendo o valor de torque acima de 8 N.m (Oliveira et al., 2013a,b). A TDFmax foi considerada como a maior inclinação da curva momento-tempo. Foram determinados também o ângulo e o tempo nos quais foram atingidos a TDFmax (A_{TDF} e T_{TDF} , respectivamente).

Exercícios de alongamento

Foram feitos dois exercícios de alongamento para o quadríceps: um na posição de pé e o outro em decúbito lateral. No primeiro exercício, o indivíduo segurou o tornozelo com a mão oposta ao membro que foi alongado e projetou ligeiramente a crista ilíaca para frente da perna de apoio. Nesse, o indivíduo evitou fazer a rotação do tronco. No segundo exercício, o indivíduo contraiu o abdômen e trouxe o pé em direção à região glútea e fez a flexão de quadril e de joelho. Houve uma leve projeção da crista ilíaca para frente. Foram feitas 10 repetições de 30 s para cada alongamento, com recuperação de 20 s entre cada alongamento. Os voluntários foram orientados a fazer o alongamento até o ponto onde fosse atingido um desconforto moderado, porém sem dor. Entre a sessão de alongamento e as contrações isocinéticas houve apenas um intervalo suficiente para acomodar o voluntário no dinamômetro (até 60 s).

Análise estatística

Foram calculadas as médias \pm DP dos dados obtidos. A existência da normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. A comparação entre as diferentes condições foi feita pelo teste t de Student. A análise

Tabela 1 Valores médios \pm DP do pico de torque (PT), do ângulo (A_{PT}) e do tempo (T_{PT}) obtidos a $60^\circ \cdot s^{-1}$ e $180^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições Controle e Pós-Alongamento. N = 12

	Controle		Pós-Alongamento	
	$60^\circ \cdot s^{-1}$	$180^\circ \cdot s^{-1}$	$60^\circ \cdot s^{-1}$	$180^\circ \cdot s^{-1}$
PT (N.m)	262,3 \pm 35,8	183,7 \pm 23,8	262,1 \pm 42,7	182,6 \pm 20,6
A_{PT} ($^\circ$)	65,0 \pm 4,3	65,2 \pm 8,1	65,8 \pm 3,8	64,9 \pm 8,4
T_{PT} (ms)	377,5 \pm 74,7	157,5 \pm 47,6	396,6 \pm 76,5	155,8 \pm 53,5

Tabela 2 Valores médios \pm DP da taxa de desenvolvimento de força máxima (TDFmax) do ângulo (A_{TDF}) e do tempo (T_{TDF}) obtidos a $60^\circ \cdot s^{-1}$ e $180^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições Controle e Pós-Alongamento. N = 12

	Controle		Pós-Alongamento	
	$60^\circ \cdot s^{-1}$	$180^\circ \cdot s^{-1}$	$60^\circ \cdot s^{-1}$	$180^\circ \cdot s^{-1}$
TDFmax (N.m. $\cdot s^{-1}$)	1531,2 \pm 239,1	1076,8 \pm 171,5	1459,9 \pm 370,0	1078,3 \pm 183,7
A_{TDF} ($^\circ$)	89,1 \pm 17,1	75,9 \pm 4,1	86,0 \pm 2,2	77,3 \pm 5,4
T_{TDF} (ms)	68,3 \pm 20,8	98,3 \pm 27,5	67,5 \pm 39,1	86,6 \pm 30,2 ^a

^a $p < 0,05$ em relação à condição controle.

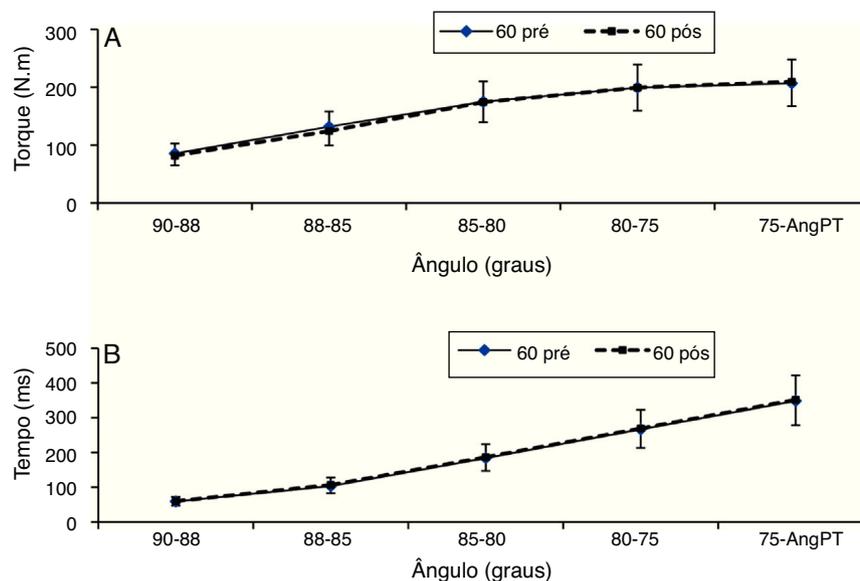
estatística foi feita no SPSS (14.0; SPSS, Inc., Chicago, IL) e em todos os testes foi adotado um nível de significância de $p \leq 0,05$.

Resultados

Os valores médios \pm DP do PT, do ângulo (A_{PT}) e do tempo (T_{PT}) obtidos a $60^\circ \cdot s^{-1}$ e $180^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições controle e pós-alongamento estão expressos na [tabela 1](#). Não houve modificação significativa após os exercícios de alongamento no PT, A_{PT} , T_{PT} nas duas velocidades analisadas ($p > 0,05$).

Os valores médios \pm DP da TDFmax, do ângulo (A_{TDF}) e do tempo (T_{TDF}) obtidos a $60^\circ \cdot s^{-1}$ e $180^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições controle e pós-alongamento estão expressos na [tabela 2](#). Não houve modificação significativa na TDFmax e no A_{TDF} após os exercícios de alongamento nas duas velocidades analisadas ($p > 0,05$). Por outro lado, o T_{TDF} obtido a $180^\circ \cdot s^{-1}$ foi significativamente menor após o alongamento.

A [figura 1](#) apresenta os valores médios \pm DP do torque e do tempo no qual o maior torque foi atingido em diferentes deltas de amplitude de movimento, obtidos a $60^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições controle e pós-alongamento. Não houve modificação significativa após os exercícios de alongamento nas duas variáveis analisadas ($p > 0,05$).

**Figura 1** Valores médios \pm DP do torque (A) e do tempo no qual o maior torque foi atingido (B) em diferentes deltas de amplitude de movimento, obtidos a $60^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições Controle (Pré) e Pós-Alongamento (Pós). N = 12. AngPT, ângulo do pico de torque.

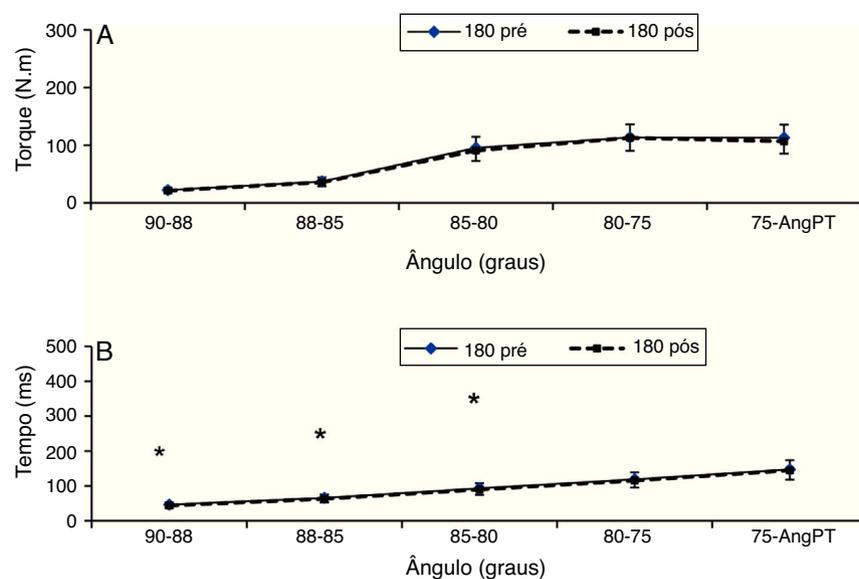


Figura 2 Valores médios \pm DP do torque (A) e do tempo no qual o maior valor de torque foi atingido (B) em diferentes deltas de amplitude de movimento, obtidos a $180^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições Controle (Pré) e Pós-Alongamento (Pós). N = 12. AngPT, ângulo do pico de torque. * $p < 0,05$ em relação à condição controle.

A [figura 2](#) apresenta os valores médios \pm DP do torque e do tempo no qual o maior torque foi atingido em diferentes deltas de amplitude de movimento, obtidos a $180^\circ \cdot s^{-1}$ nas condições controle e pós-alongamento. Houve redução significativa do tempo no qual o maior torque foi atingido após os exercícios de alongamento nos deltas dos ângulos 90-88°, 88-85° e 85-80°.

Discussão

O principal objetivo deste estudo foi investigar em indivíduos ativos a influência do alongamento estático ativo prévio com duração total de 10 min no PT e na TDFmax durante contrações isocinéticas concêntricas a 60 e $180^\circ \cdot s^{-1}$. Nosso principal achado foi que, para os dois extensores do joelho, essas variáveis não se modificam após esse tipo de alongamento, independentemente da velocidade analisada. No entanto, a redução do T_{TDF} e do tempo necessário para se deslocar nos ângulos iniciais do movimento obtidos a $180^\circ \cdot s^{-1}$ sugere que há um efeito positivo desse tipo de alongamento em alguns parâmetros neuromusculares, podendo ser interessante em condições prévias de esforços de alta velocidade. Entre os fatores que podem auxiliar a explicar essa resposta estão o *drive* neural e as propriedades intrínsecas musculares, já que esses tendem a ser bastante importantes na fase inicial da contração muscular ([Andersen e Aagaard, 2006](#)).

Os efeitos agudos do alongamento sobre a força (torque) ainda são aparentemente contraditórios. Entre os principais fatores que podem explicar essas diferenças podemos citar o tempo total ([Ryan et al., 2008](#)) e o tipo de alongamento (p. ex., dinâmico ou estático) ([Sekir et al., 2010](#)), a forma pela qual a força é medida (p. ex., isotônica, isocinética e isométrica) ([Ryan et al., 2008](#)) e o comprimento muscular (p. ex., ângulo articular) no qual a força é medida ([Mchugh](#)

e [Nesse, 2008](#)). Em relação a esse último fator (i.e, comprimento muscular), tem-se hipotetizado que a mudança da complacência do tendão determinada pelo alongamento permite um maior encurtamento muscular para um dado comprimento muscular. Essa mudança pode deslocar a curva da relação comprimento-tensão para a direita e diminuir mais a força em comprimentos musculares menores. De fato, [Mchugh e Nesse \(2008\)](#) verificaram que a diminuição do torque isométrico muscular é maior em comprimentos musculares mais encurtados. Por outro lado, [Mchugh e Nesse \(2008\)](#) verificaram dentro das mesmas condições experimentais [p. ex., voluntários, tipo (estático) e duração (9 min) de alongamento] que o alongamento prévio não modificou o pico de torque (concêntrico e excêntrico) medido a $60^\circ \cdot s^{-1}$. Em nosso estudo, no qual as condições experimentais são similares ao estudo anterior, também não foi verificado efeito do alongamento prévio no PT e no A_{PT} medidos a 60 e $180^\circ \cdot s^{-1}$. Assim, o achado de que o PT isocinético não é afetado pelo alongamento pode ser explicado, pelo menos em parte, pelo fato de esse ocorrer em um ângulo (p. ex., $A_{PT} \approx 65^\circ$) mais próximo do maior comprimento muscular, no qual os efeitos do alongamento são menores.

Os efeitos dos exercícios de alongamento sobre a resposta aguda da força (torque) medidos isometricamente parecem ser dependentes da duração total. Baseados em seus dados e nos existentes na literatura, [Ryan et al. \(2008\)](#) hipotetizaram uma relação dose-resposta entre a duração do alongamento e a magnitude do déficit de força induzido pelo alongamento estático. Nesse modelo, alongamentos com duração acima de 8-10 min determinariam maiores déficits de força (torque). [Cramer et al. \(2004\)](#) analisaram o efeito agudo do alongamento no PT em homens e mulheres durante contrações isocinéticas. Para isso, fez-se uso do alongamento estático com duração total de 16 min. Neste estudo, verificou-se diminuição de 3,3% no PT nas duas velocidades (60 e $240^\circ \cdot s^{-1}$). Em outro estudo, [Cramer et al.](#)

(2006), com um protocolo de alongamento com duração total similar ao estudo anterior (~15,5 min), encontraram também uma diminuição significativa de 3,4% no PT das contrações concêntricas do quadríceps nas duas velocidades (60 e 240°.s⁻¹). No presente estudo, não foi encontrada modificação significativa no PT nas duas velocidades (60 e 180°.s⁻¹) após um protocolo de alongamento estático com duração total de 10 min. Assim, parece que a interação entre os efeitos do alongamento estático e sua respectiva duração também estão presentes durante a contração isocinética. Desse modo, é possível que exista também um limiar de duração de alongamento (p. ex., acima de 10 min) que pode distinguir entre decréscimo significativo e não significativo no torque isocinético de indivíduos ativos.

A máxima taxa de aumento de força que pode ser gerada pelo músculo (TDFmax) tem importância funcional para determinar a força que pode ser gerada nas fases iniciais da contração muscular (0 a 200 ms). A TDF é importante para contrações rápidas e fortes (p. ex., um golpe de caratê ou boxe) que envolvam um tempo de execução por volta de 50 a 200 ms. Poucos estudos têm analisado os efeitos do alongamento sobre a TDF (Oliveira et al., 2012). Oliveira et al. (2012) verificaram redução (5-7%) apenas da TDF na fase mais tardia (≥ 150 ms), medida durante contrações isométricas, após 10 min de alongamento. A TDF medida nas fases mais iniciais da contração muscular (≤ 100 ms), período no qual a TDFmax é obtida, não foi modificada pelo alongamento. Oliveira et al. (2012) propuseram que a redução do *drive* neural (Avela et al., 1999) e o aumento da complacência do tendão (Nelson et al., 2001), que influenciam a TDF na fase tardia da contração e a força máxima (Grimby et al., 1981; Bojsen-Møller et al., 2005), podem explicar esses diferentes efeitos sobre a TDF medida nos diferentes intervalos da contração muscular. No presente estudo, não houve modificação significativa na TDFmax e no A_{TDF}. Assim, parece que a força explosiva obtida nas fases iniciais da contração muscular não é afetada negativamente pelo alongamento estático ativo. Em conjunto, esses dados podem ajudar a explicar os diferentes efeitos do alongamento sobre movimentos explosivos. Enquanto a altura de salto (*squat* e *contramovimento*) foi reduzida após o alongamento (4-7%) (Behm e Kibele, 2007), Young et al. (2004) não verificaram alteração da velocidade do pé durante o chute no futebol. Esses movimentos explosivos apresentam diferentes durações (chute ~ 80 ms e salto vertical ~ 250 ms) e são potencialmente influenciados por diferentes fatores neuromusculares.

Interessantemente, houve redução significativa no T_{TDF} a 180°.s⁻¹ após o alongamento. Além disso, houve redução significativa do tempo nos deltas iniciais da amplitude de movimento (p. ex., 90-88°, 88-85° e 85-80°), sem mudanças correspondentes do torque. Nossos dados concordam com Cramer et al. (2007), que verificaram redução no tempo de aceleração após o alongamento estático. O tempo de aceleração foi definido como o tempo do início da produção de velocidade concêntrica ao início da velocidade angular constante (Brown e Whitehurst, 2003; Brown et al., 1995). Assim, parece que o alongamento estático leva os músculos extensores do joelho a acelerarem mais rapidamente o membro do repouso até a velocidade constante. Esses dados apoiam a teoria de Nelson et al. (2001) de que o alongamento estático aumentaria a velocidade de encurtamento

dos sarcômeros e poderia resultar em redução da produção de força em um determinado tempo em função da mudança da relação força-velocidade. Nossos dados, entretanto, confirmam apenas em parte essa hipótese, já que o torque não foi modificado nos ângulos iniciais do movimento (figura 2). Portanto, o alongamento estático poderia ser benéfico antes de movimentos explosivos que apresentam durações mais curtas (p. ex., até ~ 100 ms), pois pode aumentar a velocidade de execução sem comprometer a TDF nesse período.

Conclusão

O alongamento estático, feito com duração de 10 min, não influencia o PT e a TDFmax em contrações concêntricas isocinéticas dos extensores do joelho, independentemente da velocidade analisada. No entanto, na velocidade alta a TDFmax é atingida mais rapidamente e o membro apresenta um menor tempo para se deslocar nos ângulos iniciais do movimento. Fatores como um maior *drive* neural e uma maior velocidade de encurtamento dos sarcômeros podem ajudar a explicar essas respostas mais rápidas no início da contração. Assim, como o PT e a TDFmax não se modificaram, pode-se sugerir, nas condições do presente estudo, que o alongamento estático pode ser interessante como parte da preparação para esforços rápidos.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. [Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training.](#) *J Appl Physiol* 2002;93(4):1318-26.
- Aagaard P, Suetta C, Caserotti P, Magnusson SP, Kjaer M. [Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure.](#) *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(1):49-64.
- Aagaard P, Andersen JL, Bennekou M, Larsson B, Olesen JL, Crameri R, et al. [Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists.](#) *Scand J Med Sci Sports* 2011;21(6):e298-307.
- Andersen LL, Aagaard P. [Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development.](#) *Eur J Appl Physiol* 2006;96(1):46-52.
- Andersen LL, Andersen JL, Zebis MK, Aagaard P. [Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training?](#) *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(1):e162-169.
- Avela J, Kyrolainen H, Komi PV. [Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching.](#) *J Appl Physiol* 1999;86(4):1283-91.
- Behm DG, Bambrury A, Cahill F, Power K. [Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time.](#) *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(8):1397-402.
- Behm DG, Kibele A. [Effects of differing intensities of static stretching on jump performance.](#) *Eur J Appl Physiol* 2007;101(5):587-94.
- Bojsen-Møller J, Magnusson SP, Rasmussen LR, Kjaer M, Aagaard P. [Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures.](#) *J Appl Physiol* 2005;99(3):986-94.

- Brown LE, Whitehurst M, Gilbert R, Buchalter DN. The effect of velocity and gender on load range during knee extension and flexion exercise on an isokinetic device. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;21(2):107-12.
- Brown LE, Whitehurst M. The effect of short-term isokinetic training on force and rate of velocity development. *J Strength Cond Res* 2003;17(1):88-94.
- Corvino RB, Caputo F, de Oliveira ACA, Greco CC, Denadai BS. Rate of force development in different muscle contraction velocities. *Rev Bras Med Esporte* 2009;15(6):428-31.
- Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res* 2004;18(2):236-41.
- Cramer JT, Housh TJ, Weir JP, Johnson GO, Coburn JW, Beck TW. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol* 2005;93(5-6):530-9.
- Cramer JT, Housh TJ, Coburn JH, Beck TW, Johnson GO. Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J Strength Cond Res* 2006;20(2):354-8.
- 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(6):687-98.
- Grimby L, Hannerz J, Hedman B. The fatigue and voluntary discharge properties of single motor units in man. *J Physiol* 1981;316:545-54.
- Gruber M, Gollhofer A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *Eur J Appl Physiol* 2004;92(1-2):98-105.
- 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.
- Mchugh MP, Nesse M. Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(3):566-73.
- Molina R, Denadai BS. Dissociated time course recovery between rate of force development and peak torque after eccentric exercise. *Clin Physiol Funct Imaging* 2012;32(3):179-84.
- Nelson AG, Guillory IK, Cornwell A, Kokkonen J. Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. *J Strength Cond Res* 2001;15(2):241-6.
- Nelson AG, Kokkonen J, Eldredg EC. Strength inhibition following an acute stretch is not limited to novice stretchers. *Res Q Exerc Sport* 2005;76(4):500-6.
- 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(3):788-92.
- Oliveira ALM, Greco CC, Molina R, Denadai BS. The rate of force development obtained at early contraction phase is not influenced by active static stretching. *J Strength Cond Res* 2012;26(8):2174-9.
- Oliveira AS, Caputo F, Aagaard P, Corvino RB, Gonçalves M, Denadai BS. Isokinetic eccentric resistance training prevents loss in mechanical muscle function after running. *Eur J Appl Physiol* 2013;113(9):2301-11.
- Oliveira FBD, Rizzato GF, Denadai BS. Are early and late rate of force development differently influenced by fast-velocity resistance training? *Clin Physiol Funct Imaging* 2013;33(4):282-7.
- 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(8):1529-37.
- Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan SM. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(2):268-81.
- Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports* 2013;23(2):131-48.
- Smith CA. The warm-up procedure: To stretch or not to stretch. A brief review. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;19(1):12-7.
- Wilhelm EM, Radaelli R, da Silva BGC, Botton CE, Barbosa R, Bottaro M, et al. Single-joint isometric rate of torque development is not related to counter-movement jump performance in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science* 2013;21(3):181-6.
- Yamaguchi T, Ishii K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res* 2005;19(3):677-83.
- Young W, Clothier P, Otago L, Bruce L, Liddell D. Acute effects of static stretching on hip flexor and quadriceps flexibility, range of motion and foot speed in kicking a football. *J Sci Med Sport* 2004;7(1):23-31.