

COMPARAÇÃO DE DOIS PROTOCOLOS DE ALONGAMENTO PARA AMPLITUDE DE MOVIMENTO E FORÇA DINÂMICA



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

COMPARISON OF TWO STRETCHING PROTOCOLS FOR RANGE OF MOTION AND DYNAMIC STRENGTH

COMPARACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE ESTIRAMIENTO PARA AMPLITUD DE MOVIMIENTO Y FUERZA DINÁMICA

Eurico Peixoto César^{1,2}
(Profissional de Educação Física)
Tamara Karina da Silva^{1,2}
(Profissional de Educação Física)
Yara Mônica Rezende^{1,2}
(Graduanda em Educação Física)
Felipe Costa Alvim¹ (Fisioterapeuta)

1. Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena, MG, Brasil.
2. Laboratório de Biomecânica e Fisiologia do Exercício (LABIOFEX), MG, Brasil.

Correspondência:

Eurico Peixoto César.
Rodovia MG 338 km 12, Colônia Rodrigo Silva, Barbacena, MG, Brasil. 36201-143.
euricocesar@unipac.com

RESUMO

Introdução: Apesar de existirem evidências sobre o efeito agudo do alongamento estático sobre a força dinâmica, pouco se sabe se o volume total do protocolo é mais importante do que o tempo individual dedicado a cada série. **Objetivo:** Verificar o efeito de duas rotinas distintas de alongamento estático com mesmo volume total, sobre a amplitude de movimento (ADM) passiva, a ativação muscular (EMG_{RMS} e EMG_{FM}) e o desempenho da força de resistência (10-RM). **Métodos:** Catorze indivíduos do sexo masculino foram submetidos a três procedimentos diferentes, de forma randomizada: a) condição controle (CC), b) alongamento estático fracionado (AL-30 s) e c) alongamento estático contínuo (AL-2 min.). Para medir a ADM usou-se o método de fotogrametria digital, e o desempenho da força e a ativação mioelétrica foram aferidos pelos testes de 10-RM no exercício *leg press* unilateral e pelo registro do sinal eletromiográfico do músculo vasto lateral (VL), respectivamente. **Resultados:** Houve diferença significativa na ADM nas comparações de AL-2 minutos vs. CC ($P = 0,006$) e AL-30 s vs. CC ($P = 0,01$). As duas condições de alongamento promoveram aumentos agudos significativos na ADM nas comparações anterior e imediatamente após ($P = 0,0001$; $144,2 \pm 10,2$ vs. $152,2 \pm 10,5$ para AL-30 s e $147,4 \pm 11,9$ vs. $155,1 \pm 9,9$ para AL-2 min.), porém, sem diferença entre os procedimentos. Não houve diferença significativa para nenhuma das outras variáveis testadas. **Conclusão:** Rotinas contínuas e fracionadas de alongamento estático com menor volume podem ser utilizadas para aumentar de forma aguda os níveis de ADM sem provocar prejuízo nos níveis de força ou de ativação muscular. **Nível de Evidência II; ECRC de menor qualidade.**

Descritores: Exercícios de alongamento muscular; Força muscular; Eletromiografia.

ABSTRACT

Introduction: Although there is evidence of the acute effect of static stretching on dynamic force, it is not known whether the total volume of the protocol is more important than the individual time spent in each series. **Objective:** To evaluate the effect of two different static stretching routines with the same total volume on passive range of motion (ROM), muscle activation (EMG_{RMS} and EMG_{FM}) and the performance resistance force (10-RM). **Methods:** Fourteen male subjects underwent three different randomized procedures: a) control condition (CC); b) fractionated static stretching (SS-30 s), and c) continuous static stretching (SS-2 min.). To measure the ROM, the digital photogrammetry method was used, and the force performance and myoelectric activation were measured by the 10-RM test in the unilateral leg press exercise and by the electromyographic signal of the vastus lateralis (VL), respectively. **Results:** There was significant difference in the ROM in the comparison between SS-2 min. vs. CC ($P=0.006$) and SS-30 s vs. CC ($P=0.01$). Both stretching conditions promoted significant acute increases in ROM in the comparisons prior to and immediately after ($P=0.0001$, 144.2 ± 10.2 vs. 152.2 ± 10.5 for SS-30 s and 147.4 ± 11.9 vs. 155.1 ± 9.9 for SS-2 min.), but with no difference between procedures. There was no significant difference for any other variables tested. **Conclusion:** Continuous and fractionated static stretching routines with less volume can be used to acutely increase the ROM levels without causing damage to muscle strength or activation levels. **Level of Evidence II; Lesser quality RCT.**

Keywords: Muscle stretching exercises; Muscle strength; Electromyography.

RESUMEN

Introducción: A pesar de que existen evidencias sobre el efecto agudo del estiramiento estático sobre la fuerza dinámica, poco se sabe si el volumen total del protocolo es más importante que el tiempo individual dedicado a cada serie. **Objetivo:** Verificar el efecto de dos rutinas distintas de estiramiento estático, con el mismo volumen total, sobre la amplitud de movimiento (ADM) pasiva, la activación muscular (EMG_{RMS} y EMG_{FM}) y el desempeño de la fuerza de resistencia (10-RM). **Métodos:** Catorce sujetos del sexo masculino se sometieron a tres procedimientos diferentes, de forma aleatorizada; a) condición de control (CC); b) estiramiento estático fraccionado (ES-30 s) y c) estiramiento estático contínuo (ES-2 min.). Para medir la ADM se utilizó el método de fotogrametría digital, y el desempeño de la fuerza y la activación mioelétrica fueron evaluados por las pruebas de 10-RM en el ejercicio de prensa de piernas unilateral y por registro de la señal electromiográfica del músculo vasto lateral (VL), respectivamente. **Resultados:** Se encontró una diferencia significativa en ADM en las comparaciones de ES-2 minutos vs. CC ($P = 0,006$) y ES-30 s vs. CC ($P = 0,01$). Las dos condiciones de estiramiento promovieron aumentos agudos significativos en la ADM en las comparaciones



antes e imediatamente después ($P = 0,0001$, $144,2 \pm 10,2$ vs. $152,2 \pm 10,5$ para ES-30 s y $147,4 \pm 11,9$ vs. $155,1 \pm 9,9$ para ES-2 min.), sin embargo, sin diferencia entre los procedimientos. No hubo diferencia significativa para ninguna de las otras variables probadas. Conclusión: Las rutinas continuas y fraccionadas de estiramiento estático con menor volumen pueden ser utilizadas para aumentar de forma aguda los niveles de ADM sin provocar daño en los niveles de fuerza o de activación muscular. **Nivel de Evidencia II; ECRC de menor calidad.**

Descriptor: Ejercicios de estiramiento muscular; Fuerza muscular; Eletromiografía.

INTRODUÇÃO

O alongamento é um exercício que, terapêuticamente, visa o aumento da mobilidade dos tecidos moles e das estruturas que tiveram encurtamento adaptativo e, esportivamente, objetiva o aumento da amplitude de movimento (ADM) e, conseqüentemente, da flexibilidade.¹ Tem-se sugerido que em função dessa característica, o alongamento pode ser um fator profilático na prevenção e reabilitação de lesões,^{2,3} além de ser frequentemente postulado seu benefício na melhoria do desempenho e alívio nas dores muscular.⁴

No entanto, inúmeras pesquisas têm evidenciado o efeito agudo deletério provocado pelo alongamento sobre o desempenho da força muscular.^{5,6} Têm sido postulados dois mecanismos principais para a redução nos níveis de força provocados pelo alongamento estático. O mecanismo neural, que defende a redução no nível de ativação das unidades motoras (UM) e a queda da sensibilidade reflexa que provém da atividade reduzida das fibras aferentes de grande diâmetro, resultando da menor sensibilidade dos fusos musculares e menor excitabilidade dos motoneurônios⁷⁻⁹ e o mecanismo estrutural, que envolve a redução rigidez da unidade músculo-tendínea e, conseqüentemente, de sua tensão específica, dificultando a capacidade de gerar força, principalmente em angulações menores.^{10,11} Em contrapartida, alguns autores não têm evidenciado queda no desempenho da força após rotinas menos extensas de alongamento estático.^{12,13}

Nessa direção, controvérsias são apontadas na literatura sobre o efeito do alongamento estático sobre o desempenho da força. Recentemente Ryan et al.¹⁴ sugeriram uma possível relação dose x resposta desse efeito, postulando que a duração (volume) do alongamento empregado vai interferir de forma diferente no desempenho e na rigidez músculo-tendínea. Em seu estudo, os autores apontaram um aumento significativo na ADM para os diferentes volumes de alongamento empregados (dois, quatro e oito min), mas só reportaram queda significativa sobre o pico de torque para os volumes maiores. Segundo Fowles et al.⁸ com volumes reduzidos de alongamento estático, a influência do mecanismo neural sobre o desempenho da força é menos evidente. Além disso, em um estudo recente¹⁵ foram realizadas três séries de dois minutos de alongamento estático no tríceps sural e observou-se um aumento significativo na ADM ($P < 0,001$) e uma queda significativa na rigidez ($P = 0,023$). Os autores sugerem que diante de menores volumes de alongamento, o aumento na ADM será em função do aumento da tolerância ao alongamento, porém, quando rotinas mais prolongadas são utilizadas, tanto a ADM quanto a rigidez músculo-tendínea serão alteradas.

Existe uma diversidade de protocolos com diferentes tempos de insistência, número de séries e tempo total de alongamento para verificarem os efeitos sobre a ADM, porém pouco se sabe dos efeitos dessas comparações sobre os níveis de força. Cipriani et al.¹⁶ utilizaram dois diferentes protocolos de alongamento estático com o mesmo volume total, porém com tempos de insistência diferentes de manutenção da postura no ponto de desconforto (duas séries de 30 segundos e seis séries de 10 segundos) e concluíram que ambos os protocolos foram igualmente eficientes para aumentar a ADM. Não se sabe, no entanto,

se diferentes tempos de insistência de alongamento estático no ponto de desconforto, porém com mesmo volume total, são capazes de afetar de forma diferente os níveis agudos de força.

Diante das controvérsias na literatura e da falta de entendimento sobre o efeito de diferentes rotinas de alongamento com mesmo volume total, mas tempos diferentes de manutenção na posição de desconforto sobre os níveis de força e ativação mioelétrica, torna-se útil que estudos dessa natureza sejam conduzidos. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de duas rotinas distintas de alongamento estático, uma contínua e a outra fracionada, com mesmo volume total, sobre o desempenho da força de resistência (10-RM), sobre a ativação muscular (EMG^{RM5}) e sobre a amplitude de movimento passiva (ADM).

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade presidente Antônio Carlos, UNIPAC, Barbacena – MG sob o protocolo de número 453.796 de 10 de outubro de 2013. O envolvimento dos voluntários iniciou após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, além do preenchimento de um questionário para estratificação de risco e uma explicação detalhada dos procedimentos do presente estudo. Os mesmos foram informados que a qualquer momento estariam livres para abandonar o estudo sem nenhum tipo de ônus ou penalidade em função disso.

Amostra

O cálculo amostral foi feito através dos dados no estudo piloto, utilizando-se a equação proposta por Hopkins¹⁷ para desenhos experimentais com medidas repetidas a fim de alcançar um poder estatístico ($1 - \beta$) de 0,80. No presente estudo, foram utilizados quatorze sujeitos do sexo masculino ($25,0 \pm 7,79$ anos; $71,29 \pm 7,17$ Kg; $174,07 \pm 6,68$ cm) fisicamente ativos e com experiência no exercício *leg-press* que foram submetidos aleatoriamente a uma condição controle (CC) e a duas condições experimentais, onde em uma o sujeito realizou uma rotina de alongamento estático passivo com manutenção da postura no ponto de maior desconforto por dois minutos (AL- dois min.) e na outra foram feitas quatro séries de 30 segundos de alongamento (AL-30 s). Optou-se pela utilização de indivíduos dessa faixa etária devido à facilidade de acesso a pessoas treinadas no exercício proposto. A escolha de indivíduos apenas do sexo masculino foi devido à necessidade de uma maior homogeneização da amostra além da dificuldade de se controlar o ciclo menstrual das mulheres, fato que sabidamente influencia os níveis de flexibilidade.

Os indivíduos foram recrutados no curso de educação física da Universidade Presidente Antônio Carlos de Barbacena através de convite oral e cartazes feitos pelos investigadores envolvidos na pesquisa.

Foi adotado como critérios de inclusão: (a) serem indivíduos fisicamente ativos (treinarem musculação há seis meses); (b) estarem na faixa etária entre 18 e 35 anos; (c) que não fizessem uso regular de qualquer recurso ergogênico nutricional e/ou farmacológico.

Foram excluídos da seleção: (a) indivíduos que não tivessem um treinamento regular; (b) com história recente de lesão osteomuscular ou ligamentar nos membros inferiores; (c) alguma outra contraindicação à prática de exercícios físicos.

Foram realizadas seis visitas para a totalização da coleta de dados, com intervalo mínimo de três e máximo de sete dias entre elas. A primeira visita foi dedicada à familiarização dos voluntários com os procedimentos experimentais das medidas de amplitude de movimento (ADM), e para estipular a marcação referente à angulação de 90 graus durante a execução do exercício *leg-press* de forma unilateral. Ainda nessa visita, foi preenchido o termo de consentimento livre e esclarecido e realizado o sorteio para distribuição aleatória das condições experimentais (uma série de 2 minutos ou quatro séries de 30 segundos de alongamento estático) e condição controle (sem nenhuma intervenção). Finalmente, os sujeitos foram familiarizados aos testes para determinação da carga referente a dez repetições máximas (10-RM) no *leg-press* unilateral.

Nas visitas dois e três os indivíduos, ao chegarem ao laboratório, foram orientados a permanecerem sentados em repouso por 10 minutos. Durante esse período foram feitas as marcações dos pontos anatômicos trocântico, tibial lateral e maleolar nos membros inferiores dos voluntários, uma vez que esse procedimento é essencial para garantir a precisão da medição de ADM. Após a marcação dos pontos, os indivíduos foram submetidos ao teste para verificar a maior ADM no movimento de flexão do joelho com quadril hiperestendido através do método de fotogrametria e logo após, foi realizado o teste de 10-RM no *leg-press* de forma unilateral com limitação de amplitude de 90 graus de flexão do joelho para que fosse feita a medida de confiabilidade da carga.

As visitas quatro, cinco e seis foram destinadas às condições experimentais e controle, realizadas de forma randomizada. Inicialmente o sujeito foi submetido ao teste para medição da ADM. Em seguida, foram feitas de forma randomizada os procedimentos experimentais e a condição controle. Imediatamente após, foi novamente feita a medição de ADM e, em seguida, o sujeito realizou o teste de 10-RM para o membro inferior direito. Durante o teste de 10-RM, foi feita a aquisição do sinal eletromiográfico (EMG) para se medir o grau de ativação muscular durante o exercício. Um resumo do delineamento experimental pode ser melhor visualizado na Figura 1.

No presente estudo, foram medidos os níveis de ADM no movimento de flexão do joelho com quadril hiperestendido. Foram determinados os pontos anatômicos trocântico, tibial lateral e maleolar no membro inferior direito dos sujeitos. A determinação dos pontos anatômicos foi realizada de acordo com as orientações da *International Society for Advancement of Kinanthropometry*.¹⁸

Para determinar a ADM, foi empregado o método de fotogrametria utilizando a ferramenta dimensão angular, disponível no *software CorelDRAW® Graphics Suite - Versão 12.0*. O indivíduo foi posicionado na maca em decúbito ventral com ambos os joelhos estendidos e o quadril fortemente envolto por uma fita inextensível para assegurar a estabilização dessa região durante os procedimentos de testagem.

O membro dominante foi posicionado apoiando-se o joelho em um aparato de metal acolchoado com altura de 30 cm acoplado à maca, o que garantiu uma amplitude média de 28,3° de hiperextensão do quadril. Após o posicionamento do ponto logo acima da borda superior da patela sobre o aparato de metal, foi feita uma mobilização passiva, lenta e gradual de flexão da articulação do joelho visando o contato do calcâneo com o glúteo em um plano sagital. Para que não ocorresse a abdução da articulação o quadril durante o movimento, o avaliador fez uma obstrução manual na parte lateral da coxa enquanto realizava o movimento de flexão do joelho. O ponto de maior desconforto foi relatado oralmente pelo voluntário. Identificado esse ponto, a postura

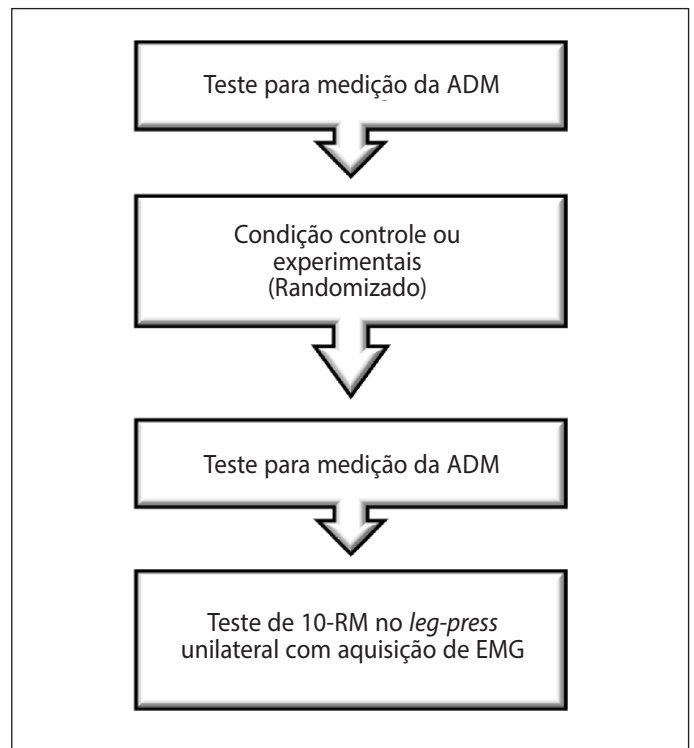


Figura 1. Delineamento experimental as três condições randomizadas.

foi sustentada por dois segundos para o registro da medida angular máxima obtida durante o movimento. Tal registro foi feito através de fotografia utilizando uma câmera digital (Sony Cyber-shot DSC-H5®, San Diego, USA) com frequência de amostragem de 30 Hz. A distância entre a lente da câmera e o voluntário foi de dois metros em uma visão no plano sagital sendo o tripé da máquina posicionado em uma altura fixa de um metro e meio de forma que o quadro esteja centralizado na articulação do joelho do voluntário a ser testado.

Foram realizadas três medidas do ângulo máximo obtido durante o movimento de flexão do joelho, com intervalo de 10 segundos entre as tentativas. Para análise estatística, a média entre as três tentativas foi calculada.

O teste de 10-RM foi realizado de forma unilateral no aparelho *leg-press*. Os sujeitos foram orientados a se posicionarem no aparelho com o pé apoiado lado direito da plataforma em local previamente demarcado e assumirem a posição de joelho estendido. A outra perna ficou flexionada com a planta dos pés apoiada no solo. Em seguida, o quadril e tronco foram envolvidos por fitas inextensíveis para garantir o posicionamento adequado durante todo o exercício. Após esse ajuste, a posição foi mantida por dois segundos, momento em que o testado foi encorajado verbalmente a realizar as 10-RM. O sujeito foi orientado a descer a carga controladamente até que atingisse a angulação de 90 graus de flexão de joelho, previamente estabelecida através de um goniômetro universal (Carci®) e marcada a posição no próprio aparelho através de uma trena fixada à coluna lateral, oferecendo assim um *feedback* visual ao avaliado, e em seguida, retornar a posição inicial, com o joelho estendido. Esse padrão foi adotado em cada repetição para que a mesma fosse considerada válida.

Para garantir a realização correta do procedimento, dois avaliadores trabalharam em conjunto. O primeiro foi responsável por orientar o sujeito quanto aos procedimentos e posturas a serem adotadas para a mensuração da carga do teste de 10-RM e o outro avaliador controlou a amplitude do movimento a ser realizada em cada repetição. Caso o sujeito não atingisse a marcação previamente estabelecida por duas vezes consecutivas, o teste seria interrompido.

O indivíduo foi posicionado em decúbito ventral com um dos joelhos estendidos e o quadril fortemente envolto por uma fita inextensível para assegurar a estabilização dessa região durante o alongamento. Após o posicionamento o avaliador realizou uma mobilização passiva, lenta e gradual de flexão da articulação do joelho, visando o contato do calcâneo com o glúteo. Caso algum sujeito conseguisse tocar o calcâneo no glúteo antes de sentir o ponto de maior desconforto, realizou-se uma hiperextensão lenta e gradual na articulação do quadril com o joelho totalmente flexionado até que o sujeito relatasse o ponto de maior desconforto. Identificado esse ponto, a postura foi sustentada por dois minutos na condição AL- dois minutos ou foram realizadas quatro séries de 30 s na condição AL-30 s, com intervalo de 15 s entre as séries. O sujeito foi encorajado a constantemente, durante a medida, aumentar ainda mais a ADM suportada. O alongamento estático passivo foi realizado apenas no membro inferior direito. Na condição controle, o sujeito permaneceu sentado e imóvel por cerca de quatro minutos antes da segunda medição da ADM.

O registro do sinal eletromiográfico (EMG), foi feito no músculo vasto lateral (VL) durante o teste de 10-RM em todas as visitas. Previamente, foram removidos os pelos e o local de colocação dos eletrodos de EMG foi limpo com álcool e foi feita uma pequena abrasão com uma lixa para se remover o tecido cutâneo morto e reduzir a impedância no local. O registro eletromiográfico foi conduzido utilizando-se um sistema de aquisição de quatro canais com conversor analógico/digital com resolução de 16 bit e eletrodos de superfície bipolar (EMG System do Brasil, EMG 830C®) com 2000 Hz de frequência de amostragem por canal.

O eletrodo de referência foi fixado no processo estilóide do rádio no membro ipsilateral às coletas do sinal EMG. Os pares de eletrodos foram fixados com uma distância aproximada de dois cm entre seus centros. Todo protocolo de preparação da aquisição do sinal EMG foi baseado nas recomendações sugeridas por Marfell-Jones et al.¹⁹

A normalização dos sinais EMG foi feita com o sinal correspondente à contração voluntária máxima a 90° de flexão de joelho para cada voluntário coletado previamente. Para possibilitar uma leitura mais correta do sinal de EMG durante o teste, foi sincronizado um eletrogoniômetro digital com abertura de zero a 225 graus (Goniômetro Digital e Flexível, EMG Systems®, São José do Rio Preto, SP, Brasil) fixado no membro testado, registrando em tempo real a angulação durante o teste de 10-RM.

O sinal referente ao ângulo articular obtido a partir do eletrogoniômetro digital foi utilizado para delimitar o trecho do sinal eletromiográfico a ser utilizado. Visando eliminar o ruído no sinal EMG introduzido pela vibração do aparelho de *leg-press* no início e no fim do exercício, a primeira e última repetições foram eliminadas e o sinal correspondente às repetições intermediárias foi utilizado.

Para cada voluntário, em cada condição de teste, o sinal eletromiográfico foi filtrado com filtro passa banda com frequência de corte de 20 a 500 Hz do tipo Butterworth de segunda ordem de maneira direta e reversa. Todos os sinais de um mesmo voluntário foram normalizados em relação à raiz média quadrática (EMG_{RMS}) máxima obtida do sinal eletromiográfico correspondente à condição controle.

O sinal de cada repetição foi cortado e, para cada trecho correspondente a cada repetição foi calculado o EMG_{RMS} e a frequência mediana (EMG_{FM}) e esses valores foram utilizados para descrever suas características no domínio do tempo e da frequência.

Análise estatística

A estabilidade das medidas de ADM e carga máxima utilizada no teste de 10-RM para ambos os membros inferiores foi determinada através do Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI método paralelo), utilizando os valores obtidos durante as duas visitas dedicadas à confiabilidade.

Além disso, foi feito o cálculo do erro típico da medida (ETM)²⁰ e, finalmente, para determinação do grau de concordância entre as medidas, foi feita a análise de Bland e Altman²¹ para cada par de medidas.

A normalidade de todos os dados utilizados foi analisada e confirmada utilizando-se o teste de *Shapiro Wilk*. O efeito dos diferentes tratamentos (AL- dois min e AL-30 s) e da condição controle (CC) sobre o desempenho no teste de 10-RM e para os sinais do EMG foi testado a partir de uma ANOVA com medidas repetidas. As diferenças entre os valores de ADM pré e após cada condição foi testada a partir de uma ANOVA de duas entradas com medidas repetidas nos dois fatores (condição e tempo). Quando foram detectadas diferenças significativas no efeito principal ou interação entre eles, o teste *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para determinar as diferenças específicas.

Todas as análises foram realizadas na *software SPSS 17.0 for Windows*® (IBM Corporation, New York, EUA) e foi adotada uma significância estatística de $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Foi feita a confiabilidade das medidas de ADM e número máximo de repetições através do CCI, do ETM e do teste de Bland e Altman. Esses valores foram, respectivamente: ADM ($R = 0,978$; ETM 2,3°; BIAS 3,8; IC -4,4 a 12,0) e número máximo de repetições para carga de 10-RM ($R = 0,924$; ETM 0,6 repetições; BIAS -0,2; IC -1,9 a 1,3). Observa-se que todas as medidas apresentaram associação e repetibilidade altas e um baixo valor de erro associado, atestando um alto grau de confiabilidade.

A ANOVA de duas entradas com medidas repetidas mostrou interação significativa ($P = 0,0001$) condição/tempo para os níveis de ADM. Uma ANOVA de um caminho com medidas repetidas seguida pelo *post hoc* de Bonferroni identificou diferença significativa na comparação da ADM nas comparações da condição AL- dois minutos vs CC ($P = 0,006$) e AL-30 s vs CC ($P = 0,01$). Além disso, as duas condições de alongamento promoveram aumentos agudos significativos na ADM nas comparações pré vs imediatamente após ($P = 0,0001$; $144,2 \pm 10,2$ vs. $152,2 \pm 10,5$ para AL-30 s e $147,4 \pm 11,9$ vs. $155,1 \pm 9,9$ para AL-2 min), porém sem diferença entre os tratamentos (Figura 2).

Vale observar no gráfico que ambas as condições de alongamento promoveram melhoras na ordem de 5% na ADM de flexão do joelho, o que ultrapassa o ETM% (1,6%) e nos dá maior poder de predição e segurança na interpretação desse resultado.

Não foi observada diferença significativa para o número máximo de repetições com carga para 10-RM (Figura 3) nem nas variáveis de ativação muscular (o EMG_{RMS} e EMG_{FM}) do músculo vasto lateral entre as três condições testadas.

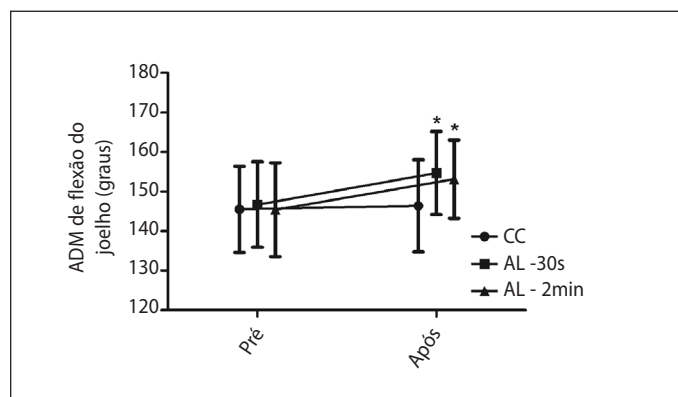


Figura 2. Comparação da amplitude de movimento (ADM) pré e após nas três condições testadas. *diferença significativa ($P < 0,05$) na comparação pré vs. após nas condições com alongamento.

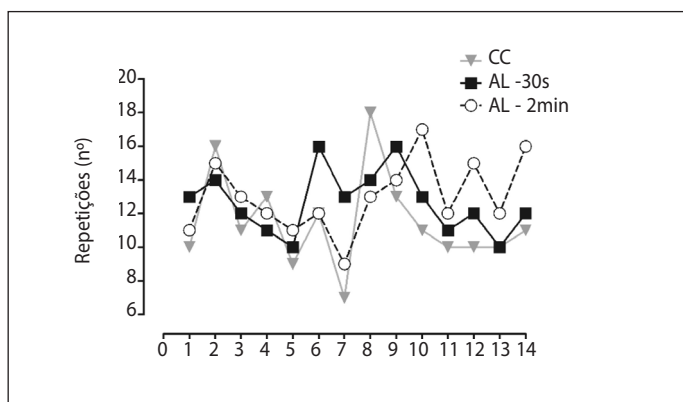


Figura 3. Número máximo de repetições realizadas no teste de 10-RM no *leg-press* 45° unilateral por cada participante (n = 14) em cada uma das três condições.

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que ambas as rotinas de alongamento empregadas promoveram aumento significativo nos níveis de ADM sem promover prejuízo na força ou na ativação muscular, indicando que rotinas contínuas ou fracionadas de mesmo volume total (dois min), são igualmente eficientes para aumento agudo da ADM sem que induzam efeitos deletérios sobre o desempenho da força.

A técnica de alongamento estático tem sido apontada como uma das mais eficientes para aumento da amplitude de movimento articular. Entretanto, apesar de existirem evidências da comparação dos efeitos crônicos de rotinas contínuas e fracionadas de mesmo volume total, pouco se sabe sobre os efeitos agudos dessas diferentes rotinas sobre a ADM. Nessa direção, Roberts et al.²² concluíram que para o aumento crônico da ADM passiva, diferentes rotinas (3 séries de 15 s vs. 9 séries de 5 s) são igualmente eficientes, sugerindo que o volume total pode ser mais importante do que o tempo de manutenção na posição de desconforto durante o alongamento. Complementando essa informação, Cipriani et al.¹⁶ também encontraram aumentos similares na ADM para dois protocolos de alongamento estático de mesmo volume total (6 séries de 10 s vs. 2 séries de 30 s), porém sem diferença significativa entre eles, suportando a ideia de que ganhos efetivos podem ser alcançados com diferentes protocolos de alongamento estático, desde que o volume total de alongamento seja o mesmo. Até onde se sabe o presente estudo foi o primeiro a confirmar que esse padrão também se confirma de forma aguda.

Em relação ao efeito agudo do alongamento estático sobre o desempenho da força, os resultados ainda são bastante controversos. No estudo de revisão de Kay e Blazevich²³ foram analisados 106 artigos que revelaram, em sua maioria, uma queda significativa no desempenho da força após o alongamento estático, enquanto uma menor porcentagem relatou nenhuma redução significativa no desempenho muscular. Este aparente conflito pode ser explicado por diferenças metodológicas entre os vários estudos incluindo os diferentes grupamentos musculares testados, a relação comprimento-tensão muscular, os tipos de contração muscular (dinâmica, estática, isocinética), a velocidade de contração, a duração do alongamento, e as tarefas de desempenho medidas, promovendo inconsistências nos resultados sobre os níveis de força.

Dentre os fatores apontados acima, o volume do alongamento empregado vem se mostrando um dos mais relevantes fatores para a promoção de efeitos deletérios sobre o desempenho da força. No estudo de Ryan et al.,¹⁴ os autores sugerem que o efeito do alongamento estático sobre a força é volume-dependente ou seja, à medida que se aumenta o tempo de alongamento, os efeitos deletérios sobre a força se tornam mais evidentes, caracterizando um efeito dose-resposta. Tal fato pode ser evidenciado no estudo de Tricoli et al.,²⁴ onde observou-se

uma queda significativa na força máxima no exercício *leg-press* após a realização de um protocolo de 20 minutos de alongamento estático. No entanto, Beedle et al.²⁵ não encontraram efeito deletério sobre a força máxima (1-RM) no *leg-press* com rotinas de menor volume de alongamento (três séries x 15 s). Esse fato é reforçado pelos achados de Endlich et al.,²⁶ que observaram queda significativa no desempenho nos exercícios de supino reto e *leg-press* 45 graus apenas em rotinas mais extensas de alongamento estático (16 min), porém, nenhum prejuízo na força para oito minutos de alongamento. Tais resultados apontam para um efeito dose-resposta do alongamento sobre a força.

Um fato a ser destacado é que evidências apontam para a possibilidade de se melhorar a ADM sem que haja queda no desempenho da força. César et al.¹² não encontraram queda na altura de saltos verticais de indivíduos fisicamente ativos utilizando menor volume de alongamento estático (2 séries de 30s), além de promoverem aumento significativo, de forma aguda, nos níveis de ADM ativa de extensão de joelho. Da mesma forma, César et al.²⁷ utilizaram uma rotina de alongamento estático passivo com duas séries de 30 s de insistência e não observaram queda no desempenho da força de resistência (10-RM) no exercício de supino reto em diferentes amplitudes de movimento (90° ou total), mas verificaram um aumento agudo significativo na ADM da cintura escapular.

Corroborando esses achados, McHugh e Cosgrave²⁸, relataram que protocolos de alongamento de menor volume (30 segundos) foram capazes de aumentar de forma significativa a ADM sem promover prejuízo na força, mas quando utilizaram um volume maior (60 segundos), o aumento na ADM foi acompanhado pela queda no desempenho da força. Tal fato chama a atenção para possíveis efeitos positivos do alongamento sobre a ADM sem que isso provoque prejuízo na força, o que pode ser de extrema utilidade para esportes que requerem simultaneamente as duas qualidades físicas, como a ginástica olímpica, por exemplo.

Recentemente, Simic et al.²⁹ mostraram em uma metanálise, através de estimativas combinadas, que o efeito agudo negativo do alongamento estático com duração de 46-90 s por grupamento muscular sobre a força máxima é de cerca de - 5,6% (95% CI: -7,3% a -3,8%; provável efeito negativo). No entanto, relatam que a força isométrica é significativamente mais afetada (P = 0,01) do que a força dinâmica. No presente estudo foram utilizados 120s (contínuos ou fracionados) de alongamento estático nos músculos extensores de joelho, porém não foi identificado efeito negativo sobre a produção de força ou de ativação do músculo VL. O fato de no presente estudo ter sido utilizado um teste dinâmico (10-RM), pode explicar a ausência de efeito prejudicial sobre a força.

Em relação à ativação muscular (EMG_{RMS} e EMG_{FM}), não foram encontradas diferenças significativas na comparação pré e pós entre as condições. Alguns autores defendem a redução do drive neural para o músculo como um dos mecanismos responsáveis pela queda do desempenho da força após alongamento estático, o que provocaria uma fadiga central. No entanto, alguns estudos que observaram queda no sinal EMG_{RMS} após alongamento, utilizaram rotinas muito extensas (ex. de três a 60 min) e fogem ao padrão usual de rotinas de alongamento utilizadas previamente a eventos esportivos.⁷⁻⁹ Em contrapartida, semelhante ao presente estudo, Herda et al.³⁰ e Cannavan et al.³¹ não encontraram redução na ativação muscular com volumes menores de alongamento estático (ex. quatro séries x 30 s e três séries x 45 s) no bíceps femoral e tríceps sural, respectivamente. Os achados do presente estudo corroboram esses estudos e dão força ao argumento de efeito dose-resposta, proposto por Ryan et al.¹⁴

O presente estudo traz informações importantes sobre a utilização de exercícios de alongamento antes de atividades que requeiram o desempenho da força e reforçam os achados de que volumes reduzidos

de alongamento (contínuo ou fracionado) são capazes de aumentar a ADM sem promover queda no desempenho da força (seja ele por fatores neurais ou estruturais). Isso em um contexto clínico é importante, pois permite um aumento agudo na ADM, o que está associado a uma queda na tensão passiva e na rigidez músculo-tendínea, sem promover queda na ativação muscular ou na habilidade do músculo gerar força.³² Além disso, o aumento da ADM e a redução da rigidez músculo tendínea estão associadas à redução da incidência de certos tipos de lesão,²⁸ o que deve ser considerado em um contexto esportivo.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo têm implicações para a utilização de rotinas de alongamento estático e seus efeitos sobre a ADM, ativação

muscular (EMG_{RMS} e EMG_{FM}) e o desempenho da força. Um dos principais achados é que tanto rotinas contínuas quanto fracionadas de alongamento estático, com mesmo volume total, são capazes de aumentar de forma aguda e similar os níveis de ADM. Além disso, conclui-se que rotinas de alongamento estático com volumes menores e semelhantes ao utilizado no presente estudo são capazes de promover ganhos agudos na ADM sem interferir na produção de força ou na ativação muscular. Tal informação pode ser importante para atividades que requeiram altos níveis de ADM concomitante ao desempenho da força.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. EPC (0000-0002-6841-6200)*: redação do artigo, análise estatística, formatação do artigo para submissão e supervisão da coleta de dados; TKS(0000-0002-3619-6311)*: redação do artigo, formatação do artigo para submissão e coleta de dados; YGMR (0000-0002-3332-228X)*: redação do artigo e coleta de dados; FCA (0000-0003-1670-8946)*: análise dos sinais referentes à eletromiografia. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

- Alencar TAM, Matias KFS. Princípios fisiológicos do aquecimento e alongamento muscular na atividade esportiva. *Rev Bras Med Esporte*. 2010;16(3):230-34.
- Depino GM, Webright WG, Arnold BL. Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *J Athl Train*. 2000;35(1):56-9.
- Small K, Mc Naughton L, Matthews M. A systematic review into the efficacy of static stretching as part of a warm-up for the prevention of exercise-related injury. *Res Sports Med*. 2008;16(3):213-31.
- Bacurau RF, Monteiro GA, Ugrinoitsch 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(1):304-08.
- Behm DG, Bambury 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.
- Sá MA, Neto GR, Costa PB, Gomes TM, Bentes CM, Brown AF, et al. Acute effects of different stretching techniques on the number of repetitions in a single lower body resistance training session. *J Hum Kinet*. 2015;29(45):177-85.
- Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol* (1985). 1999;86(4):1283-91.
- Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *J Appl Physiol* (1985). 2000;89(3):1179-88.
- Kay AD, Blazevich AJ. Moderate-duration static stretch reduces active and passive plantar flexor moment but not Achilles tendon stiffness or active muscle length. *J Appl Physiol* (1985). 2009;106(4):1249-56.
- Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, Ichihashi N. Acute and prolonged effect of static stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. *J Orthop Res*. 2011;29(11):1759-63.
- 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(5-6):614-23.
- César EP, Santos TM, Batista JJD, Miranda L, Gomes PSC. O alongamento estático aumenta a amplitude de movimento sem prejudicar o desempenho de saltos verticais sucessivos. *Rev Educ Fis/UEM*. 2013;24(1):41-9.
- 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.
- 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 in Sports Exerc*. 2008;40(8):1529-37.
- Akagi R, Takahashi H. Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(7):1348-54.
- Cipriani D, Abel B, Pirwitz D. A comparison of two stretching protocols on hip range of motion: implications for total daily stretch duration. *J Strength Cond Res*. 2003;17(2):274-78.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*. 2000;30(1):1-15.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Potchefstroom: ISAK, 2006.
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):361-74.
- Hopkins WG, Batterham AM, Impellizzeri FM, Pyne DB, Rowlands DS. Statistical perspectives: all together NOT. *J Physiol*. 2011;589(1):5327-9.
- Bland JM, Altman DG. Comparing two methods of clinical measurement: a personal history. *Int J Epidemiol*. 1995;24(Suppl 1):S7-14.
- Roberts JM, Wilson K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med*. 1999;33(4):259-63.
- Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exer*. 2011;44(1):154-64.
- Tricoli V, Paulo AC. Efeito agudo dos exercícios de alongamento sobre o desempenho de força máxima. *Rev. Atividade Física e Saúde*. 2002;7:6-12.
- Beedle B, Rytter SJ, Healy RC, Ward TR. Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *J Strength Cond Res*. 2008;22(6):1838-43.
- Endlich PW, Farina GR, Dambroz C, Gonçalves WLS, Moysés MR, Mill JG, et al. Efeitos agudos do alongamento estático no desempenho da força dinâmica em homens jovens. *Rev Bras Med Esp*. 2009;15(3):200-3.
- César EP, Paula CAP, Paulino D, Teixeira LML, Gomes PSC. Efeito agudo do alongamento estático sobre a força muscular dinâmica no exercício supino reto realizado em dois diferentes ângulos articulares. *Motricidade*. 2015;11(3):20-8.
- McHugh MP, Cosgrave CH. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(2):169-81.
- 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.
- 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(3):809-17.
- Cannavan D, Coleman DR, Blazevich AJ. Lack of effect of moderate-duration static stretching on plantar flexor force production and series compliance. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2012;27(3):306-12.
- Kay AD, Blazevich AJ. Reductions in active plantarflexor moment are significantly correlated with static stretching duration. *Eur J Spor Sci*. 2008;8(1):41-6.