

Revista Brasileira de Fisioterapia

ISSN: 1413-3555

rbfisio@ufscar.br

Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-

Graduação em Fisioterapia

Brasil

Batista, LH; Camargo, PR; Oishi, J; Salvini, TF

Efeitos do alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na amplitude de movimento  
e torque

Revista Brasileira de Fisioterapia, vol. 12, núm. 3, mayo-junio, 2008, pp. 176-182

Associação Brasileira de Pesquisa e Pós-Graduação em Fisioterapia

São Carlos, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=235016538004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

# Efeitos do alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na amplitude de movimento e torque

Effects of an active eccentric stretching program for the knee flexor muscles on range of motion and torque

Batista LH<sup>1</sup>, Camargo PR<sup>1</sup>, Oishi J<sup>2</sup>, Salvini TF<sup>1</sup>

## Resumo

**Objetivo:** Avaliar a amplitude de movimento (ADM) e o torque flexor e extensor do joelho após a realização de um programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho. **Materiais e métodos:** Trinta e quatro voluntários (23 mulheres e 11 homens),  $34,42 \pm 9,3$  anos, realizaram um programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho na postura em pé, que consistiu de sete repetições de um minuto com 30 segundos de descanso entre as repetições. O programa de alongamento foi realizado duas vezes por semana, durante quatro semanas. A ADM de extensão e o torque flexor e extensor do joelho foram avaliados no dinamômetro isocinético pré e pós-programa de alongamento. O torque foi avaliado nos modos isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico a 30°/s e 60°/s. **Resultados:** Houve aumento na ADM de  $53,7 \pm 13^\circ$  para  $30,1 \pm 16^\circ$  ( $p=0,0001$ ), no torque isométrico flexor de  $89 \pm 32\text{Nm}$  para  $93 \pm 33\text{Nm}$  ( $p=0,01$ ) e extensor de  $178 \pm 67\text{Nm}$  para  $187 \pm 73\text{Nm}$  ( $p=0,006$ ). O torque flexor concêntrico e excêntrico a 30°/s aumentou de  $90 \pm 31\text{Nm}$  para  $96 \pm 31\text{Nm}$  ( $p=0,001$ ) e de  $100 \pm 34\text{Nm}$  para  $105 \pm 35\text{Nm}$  ( $p=0,01$ ), respectivamente. O torque extensor concêntrico a 60°/s aumentou de  $144 \pm 51\text{Nm}$  para  $151 \pm 58\text{Nm}$  ( $p=0,02$ ) e o excêntrico a 30°/s de  $175 \pm 71\text{Nm}$  para  $189 \pm 73\text{Nm}$  ( $p=0,01$ ). **Conclusões:** O programa de alongamento proposto foi efetivo para aumentar a flexibilidade dos músculos alongados e torque dos grupos musculares agonistas (alongados) e seus antagonistas.

**Palavras-chave:** alongamento ativo excêntrico; flexibilidade; torque; ADM; flexores do joelho.

## Abstract

**Objective:** To evaluate the changes in knee range of motion (ROM) and torque of knee flexor and extensor muscles after an active eccentric stretching program for the knee flexor muscles. **Methods:** Thirty-four volunteers (23 women and 11 men), aged  $34,42 \pm 9,3$  years, performed an active eccentric stretching program for the knee flexor muscles in the standing posture, consisting of seven repetitions of one minute each, with 30 seconds of resting between them. The stretching program was performed twice a week, for four weeks. Knee extension ROM and the torque of the knee flexor and extensor muscles were evaluated using an isokinetic dynamometer before and after the stretching program. The torque was evaluated in the isometric, isokinetic concentric and eccentric modes at 30°/s and 60°/s. **Results:** There was an increase in ROM from  $53,7 \pm 13^\circ$  to  $30,1 \pm 16^\circ$  ( $p=0,0001$ ), in isometric torque of the flexors from  $89 \pm 32\text{Nm}$  to  $93 \pm 33\text{Nm}$  ( $p=0,01$ ) and of the extensors from  $178 \pm 67\text{Nm}$  to  $187 \pm 73\text{Nm}$  ( $p=0,006$ ). The concentric and eccentric torque of the flexors at 30°/s increased from  $90 \pm 31\text{Nm}$  to  $96 \pm 31\text{Nm}$  ( $p=0,001$ ) and from  $100 \pm 34\text{Nm}$  to  $105 \pm 35\text{Nm}$  ( $p=0,01$ ), respectively. The concentric torque of the extensors at 60°/s increased from  $144 \pm 51\text{Nm}$  to  $151 \pm 58\text{Nm}$  ( $p=0,02$ ), and the eccentric torque at 30°/s increased from  $175 \pm 71\text{Nm}$  to  $189 \pm 73\text{Nm}$  ( $p=0,01$ ). **Conclusions:** The stretching program proposed was effective for increasing the flexibility of the stretched muscles and the torque of the agonist (stretched) muscle groups and their antagonists.

**Key words:** active eccentric stretching; flexibility; torque; ROM; knee flexors.

Recebido: 27/03/2007 – Revisado: 11/09/07 – Aceito: 14/03/2008

<sup>1</sup> Unidade de Plasticidade Muscular, Laboratório de Neurociências, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos (SP), Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Estatística, UFSCar

Apóio financeiro: esse trabalho recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Correspondência para: Tania Fátima Salvini, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luis, km 235, CEP 13565-905, São Carlos (SP), Brasil, e-mail: tania@power.ufscar.br

## Introdução ::::.

A imobilização dos músculos em posição de alongamento promove o aumento em seu comprimento pela adição no número de sarcômeros em série das fibras musculares<sup>1</sup>. Essa adaptação tenta restabelecer a sobreposição fisiológica ideal entre os filamentos de actina e miosina, possibilitando ao músculo gerar maiores níveis de força em seu novo comprimento funcional<sup>2</sup>. Assim, o alongamento pode aumentar a flexibilidade muscular, bem como causar alterações na geração de força máxima.

Vários trabalhos constataram o aumento na flexibilidade dos músculos flexores do joelho, por meio da mensuração da amplitude de movimento (ADM), tanto de extensão do joelho quanto de flexão do quadril, após aplicarem diferentes programas de alongamento nos músculos flexores do joelho<sup>3-5</sup>, porém, poucos trabalhos estudaram a relação entre alterações na flexibilidade e torque muscular. Muitos deles analisaram as respostas musculares agudas pós-longamentos<sup>6-8</sup>, mas faltam dados sobre os efeitos do alongamento a longo prazo<sup>9,10</sup>.

Worrell, Smith e Winegardner<sup>9</sup> submeteram os músculos flexores do joelho a dois tipos de alongamento, estático e Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva. Os autores verificaram que a ADM de extensão do joelho não alterou pós-longamentos, mas houve aumento nos torques excêntrico e concêntrico do grupo muscular alongado. Hortobagyi et al.<sup>10</sup> demonstraram aumento na flexibilidade dos músculos flexores do joelho (agonistas) pós-programa de alongamento estático deste mesmo grupo muscular. Apesar do desempenho deste grupo muscular não ter sido analisado, foi verificado aumento no desempenho dos músculos extensores do joelho, seus antagonistas. Assim, segundo os autores, há possibilidade dos músculos agonistas (alongados) terem influenciado as propriedades mecânicas dos antagonistas. Neste sentido, Winters et al.<sup>11</sup> defendem que o alongamento ativo dos agonistas pode melhorar a função dos músculos antagonistas, mas propõem que novos trabalhos sejam realizados para investigar tal relação. Como se pode perceber, há ainda muita polêmica na literatura sobre o estudo das alterações na flexibilidade dos músculos alongados e desempenho (força) tanto dos músculos submetidos ao alongamento quanto de seus antagonistas.

Cabe mencionar também que, por meio da análise dos estudos acima citados, verifica-se que: a) os vários tipos de alongamentos dos músculos flexores do joelho, quando realizados na postura em pé, não foram executados com descarga de peso corporal no membro alongado, mas com este apoiado sobre uma superfície<sup>4,5</sup>; b) o aumento na flexibilidade dos músculos flexores do joelho foi maior quando estes foram mantidos sob

tensão durante os alongamentos<sup>3,4</sup>, o que caracteriza alongamento ativo.

É importante salientar que a maioria dos autores que realizou pesquisas com humanos demonstrou a efetividade das técnicas de alongamento estático passivo, dinâmico ou por Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva<sup>5</sup>, mas o alongamento estático ativo tem sido pouco estudado<sup>11</sup>. Estudos publicados na área – a maioria realizada com animais – demonstraram que o alongamento ativo excêntrico seria o mais indicado para promover o alongamento muscular, pois é o que mais rapidamente estimula adaptações no comprimento do músculo, aumentando, então, sua flexibilidade e podendo também causar mudanças nos níveis de geração de força<sup>12</sup>.

Diante destes dados, o maior conhecimento das alterações na flexibilidade e torque muscular, agonista e antagonista, geradas após aplicação de alongamentos ativos excêntricos em humanos, por meio de posturas que podem ser utilizadas na clínica ou nos esportes, dará suporte para que sejam executados mediante evidências científicas que comprovem sua eficácia. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de um programa de alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho, realizado na postura em pé, com descarga de peso corporal no membro alongado, na sua flexibilidade, por meio da mensuração da ADM de extensão do joelho, e do torque flexor e extensor do joelho.

## Materiais e métodos ::::.

### Casuística

Participaram deste estudo 34 voluntários de ambos os sexos (23 mulheres e 11 homens), com idade de  $34,42 \pm 9,3$  anos. Os critérios de inclusão foram: a) serem sedentários; b) apresentarem limitação de, no mínimo,  $20^\circ$  na ADM de extensão do joelho<sup>13</sup> do membro dominante, mensurada no dinamômetro isocinético; c) serem saudáveis (neste caso, só participaram os que não apresentaram distúrbios inflamatórios e osteomioarticulares dos membros inferiores e/ou coluna, bem como problemas cognitivos ou cardiovasculares que pudessem impossibilitá-lo de realizar os procedimentos descritos a seguir).

Todos os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), com parecer número 179/2007, e está de acordo com a declaração de Helsinki para estudos em humanos.

## Procedimentos

Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo avaliador. Semana 1 – inclusão. Semana 2 – medidas de ADM e torque flexor e extensor do joelho. Semanas 3 a 6 – alongamentos. Semana 7 – reavaliação da ADM e torque. Todas as avaliações de ADM e torque foram realizadas no dinamômetro isocinético (Biodex Multi-joint System 3). Somente o membro dominante foi avaliado.

## Avaliações

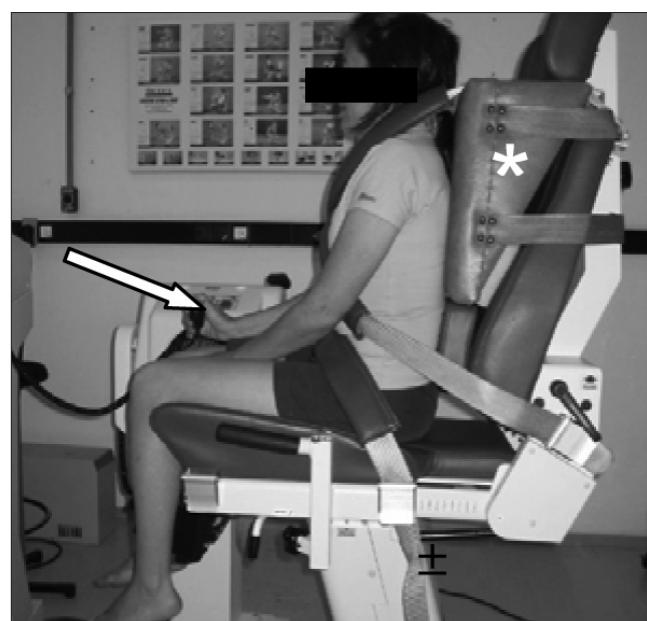
### a) Medida da ADM de extensão do joelho

Posicionamento no equipamento: para manter o quadril dos voluntários fletido com aproximadamente 90°, um acessório acolchoado foi confeccionado e acoplado ao encosto da cadeira do dinamômetro (Figura 1). Este procedimento manteve a pelve o mais próximo possível da posição neutra durante as avaliações. Em seguida, o voluntário foi devidamente posicionado e estabilizado na cadeira do dinamômetro por meio de cintos pélvico e diagonal, e o eixo mecânico do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur. Após o posicionamento, foram orientados a fechar os olhos e a se mantiverem relaxados;

Mensuração: para iniciar a avaliação, os voluntários deveriam acionar o dinamômetro, por meio do dispositivo (Figura 1), para que o braço de resistência do equipamento

começasse a estender o joelho, passivamente, a partir de 90° de flexão, a 2°/s. Também foram orientados a parar o braço de resistência do dinamômetro, por meio do dispositivo, assim que sentissem iniciar a tensão de alongamento nos músculos flexores do joelho, o que ocorria entre 90° e 20° de flexão, já que os voluntários selecionados não conseguiam atingir a extensão total (0°). Foram realizadas três mensurações consecutivas e a média aritmética foi utilizada para análise estatística<sup>14</sup>. Para mensuração da ADM, não foi realizado aquecimento prévio.

- b) Medida do torque isométrico dos flexores e extensores do joelho: após ter sido avaliada a ADM, os voluntários saíram da cadeira e realizaram aquecimento em uma bicicleta estacionária por cinco minutos, a 20km/h, e auto-alongamentos dos músculos flexores e extensores do joelho. A seguir, foram novamente posicionados na cadeira do dinamômetro, mas sem o auxílio do acessório acolchoado. O torque isométrico máximo da extensão do joelho foi avaliado por meio de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) a 80° de flexão do joelho, como preconiza Marginson e Eston<sup>15</sup>. Foram realizadas três CIVM e considerou-se o maior pico de torque alcançado. Cada contração foi mantida por cinco segundos, com intervalo de repouso de 90 segundos entre elas. O procedimento utilizado durante a avaliação do torque isométrico flexor do joelho foi o mesmo utilizado para avaliar o torque extensor, exceto que o torque flexor foi avaliado com a articulação do joelho a 30° de flexão, de acordo com Murray et al.<sup>16</sup>.
- c) Medida do torque isocinético flexor e extensor do joelho: o torque isocinético concêntrico e excêntrico dos músculos flexores e extensores do joelho foram avaliados em ADM de 60°<sup>17</sup>, partindo de 90° de flexão do joelho. Cabe mencionar que o programa utilizado para a análise das contrações máximas dos extensores do joelho foi concêntrico-excêntrico e, para a avaliação dos flexores, foi utilizado o programa excêntrico-concêntrico. Estas avaliações foram realizadas a 30° e 60°/s para ambos os grupos musculares. Foram executados cinco movimentos consecutivos de extensão e flexão do joelho em cada velocidade, com um intervalo de dois minutos entre elas. Iniciou-se sempre pela velocidade a 30°/s. Cabe mencionar que foram realizadas cinco contrações submáximas antes dos testes máximos para familiarização dos voluntários com o equipamento. Todos os testes foram realizados pelo mesmo terapeuta.



**Figura 1.** Posicionamento do voluntário na cadeira do dinamômetro: dispositivo (seta) utilizado para iniciar ou parar a avaliação passiva e acessório (\*) para manter a articulação do quadril com aproximadamente 90° de flexão.

## Alongamento

Programa de alongamento dos músculos flexores do joelho: primeiramente, os voluntários foram orientados a

se posicionarem na postura em pé, em frente a uma maca, mantendo uma distância suficiente para que pudesse apoiar ambas as mãos sobre a maca. A seguir, o fisioterapeuta alinhou a coluna do voluntário com o auxílio de uma barra. Feito isto, o voluntário foi instruído a fletir, lentamente, o joelho e a inclinar o tronco anteriormente, até que conseguisse apoiar as mãos sobre a maca, porém sem descarregar o peso corporal sobre ela (Figura 2). Na seqüência, deveria estender, suavemente, o joelho e realizar, simultaneamente, uma anteversão da pelve<sup>4</sup>, até que referisse estar sentindo tensão máxima suportável de alongamento nos músculos flexores do joelho, porém sem sentir dor. Ao atingir a tensão máxima, o alongamento deveria ser mantido por um minuto. Ao término, o voluntário retornava à posição ereta na qual permanecia por 30 segundos e, então, repetia o procedimento.

O mesmo procedimento foi repetido por sete vezes, duas vezes por semana (com intervalo de dois dias entre cada sessão), por quatro semanas. Cabe mencionar que a barra foi mantida sobre a coluna do voluntário por todo o tempo que duraram os alongamentos, com o objetivo de evitar possíveis compensações.

## Análise estatística

Os testes utilizados para avaliar a ADM de extensão do joelho e o torque dos músculos flexores e extensores do joelho pré e pós-programa de alongamento foram teste *t* de Student pareado, para avaliar os dados paramétricos, e o teste de Wilcoxon, para os não paramétricos. Para as conclusões das análises estatísticas, foi considerado um nível de significância de  $p \leq 0,05$  (5%).



**Figura 2.** Postura utilizada para alongamento ativo excêntrico dos músculos flexores do joelho. Note a flexão do joelho, a inclinação anterior do tronco, o alinhamento da coluna e o apoio das mãos sobre a maca.

## Resultados ::::.

- Avaliação da ADM: houve um aumento médio de 23,6° na ADM de extensão do joelho ( $p=0,0001$ , teste *t* pareado), quando comparados aos valores pré e pós-programa de alongamento (Tabela 1).
- Torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico extensor do joelho: o pico de torque extensor do joelho aumentou após o programa de alongamento em todos os modos avaliados: isométrico ( $p=0,006$ , teste *t* pareado); isocinético concêntrico a 60°/s ( $p=0,02$ , teste *t* pareado) e excêntrico a 30°/s ( $p=0,01$ , teste *t* pareado), conforme Tabela 1.
- Torque isométrico e isocinético concêntrico e excêntrico flexor do joelho: conforme ilustrado na Tabela 1, também foi verificado aumento no pico de torque flexor do joelho pós-programa de alongamento nos modos avaliados: isométrico ( $p=0,01$ , teste *t* pareado); isocinético concêntrico a 30°/s ( $p=0,001$ , Wilcoxon) e excêntrico a 30°/s ( $p=0,01$ , Wilcoxon).

## Discussão ::::.

Os resultados desse estudo mostram que o programa de alongamento para os músculos flexores do joelho, realizado de forma ativa excêntrica e com descarga de peso corporal sobre o membro alongado, foi efetivo para aumentar a ADM de extensão do joelho bem como o torque flexor e extensor desta articulação.

**Tabela 1.** Amplitude de movimento (ADM) de extensão do joelho e torque extensor e flexor do joelho avaliados no modo isométrico a 80 e 30° de flexão, respectivamente, e no modo isocinético concêntrico e excêntrico a 30°/s e 60°/s, pré e pós-intervenção.

	Pré-intervenção	Pós-intervenção
ADM de extensão (°)	53,7±13,0	30,1±16,0*
Torque extensor (Nm)		
Isométrico	178,6±67,8	187,5±73,5*
30°/s		
Excêntrico	175,4±71,6	189,9±73,8 *
Concêntrico	155,3±59,5	161,6±65,1
60°/s		
Excêntrico	177,8±74,1	183,1±68,0
Concêntrico	144,4±51,6	151,57±58,2*
Torque flexor (Nm)		
Isométrico	89,6±32,62	93,8±33,1*
30°/s		
Excêntrico	100,3±34,2	105,6±35 *
Concêntrico	90,7±31,7	96,7±31,8*
60°/s		
Excêntrico	102,9±35,2	103,9±33,4
Concêntrico	99,4±34,9	100,7±31,5

Resultados correspondem a média±desvio-padrão; \* $p<0,05$  quando comparado ao período pré-intervenção.

Vários estudos analisaram as alterações na flexibilidade dos músculos flexores do joelho, por meio de avaliações da ADM articular, após submetê-los a diferentes protocolos de alongamento<sup>5,17</sup>. Porém, os alongamentos utilizados foram, geralmente, o estático passivo na postura sentada ou em pé e sem descarga de peso no membro que foi alongado<sup>5,18,19</sup>. Nesses estudos, a ADM aumentou, em média, 10°<sup>5</sup>, 10°<sup>17</sup> e 4°<sup>18</sup>, enquanto que, no presente trabalho, realizado com alongamento ativo excêntrico na postura em pé com descarga de peso corporal no membro alongado, o aumento na média ADM foi de 23,6°, indicando uma interessante vantagem no ganho de ADM com esse procedimento.

Nelson e Bandy<sup>20</sup> não observaram diferença no ganho de ADM de extensão do joelho após alongamento ativo excêntrico e passivo, sendo em ambos verificado ganho médio de 12°. Essa diferença, talvez, tenha sido o melhor da posição da pelve que foi mantida em anteversão durante a realização dos alongamentos dos músculos flexores do joelho – cuidado não mencionado nos demais estudos<sup>5</sup>. Sullivan, Dejulia e Worrell<sup>4</sup> comprovaram a relevância do posicionamento da pelve durante a realização de alongamentos dos flexores do joelho, pois a manutenção da posição da pelve garante a tensão muscular dos flexores durante a execução dos exercícios, ainda que os autores tenham verificado aumento médio de apenas 11° na ADM de extensão do joelho após os alongamentos. Em uma pesquisa realizada com animais, para avaliar o ganho da ADM, Taylor, Brooks e Ryan<sup>21</sup> relatam que a combinação de alongamento e contração pode ser mais efetiva que apenas o alongamento, pois a aplicação de maiores níveis de tensão na unidade-musculotendínea causa maior estresse viscoelástico.

Os resultados de nosso trabalho apontam para a necessidade de estudos futuros em diferentes posturas de alongamentos, usando a descarga de peso no membro alongado, exigindo contração simultânea de diferentes grupos musculares para estabilizar a articulação<sup>3</sup>.

O ganho na ADM de extensora do joelho pode ter sido causado por mudanças no comprimento muscular, em virtude do aumento no número sarcômeros em série<sup>1,2</sup>. No entanto, cabe ressaltar que muitas dessas mudanças não foram confirmadas em músculos humanos<sup>22</sup>. Estudos com animais<sup>23</sup> e humanos<sup>24</sup> mostraram que o aumento na extensibilidade muscular também pode ocorrer pelas alterações no tecido conjuntivo.

O pico de torque isométrico extensor e flexor do joelho aumentou pós-treino de alongamento. Como os voluntários que participaram do estudo tinham encurtamento dos músculos flexores do joelho, eles não conseguiam fletir o tronco e estender os joelhos ao mesmo tempo, durante a realização dos alongamentos, fazendo com que os exercícios fossem realizados com os joelhos semifletidos – o que aumentou a atividade do quadríceps, para manter esta postura<sup>25</sup>, e dos flexores do joelho

(co-contração). Considerando o princípio da especificidade<sup>26,27</sup>, um programa de treinamento proporciona adaptações fisiológicas específicas nos músculos treinados em resposta ao estímulo do exercício realizado; desta forma, a especificidade do programa de alongamento está relacionado com o aumento no torque isométrico extensor e flexor do joelho.

O pico de torque isocinético extensor (concêntrico e excêntrico) também aumentou após execução do programa de alongamentos. Hortobagyi et al.<sup>10</sup> defendem que o aumento na flexibilidade dos flexores do joelho pode influenciar as propriedades mecânicas intrínsecas dos extensores. Em seu estudo, foi constatado aumento na potência dos extensores do joelho após alongamentos passivos dos flexores. Como já mencionado acima e defendido também por Winters et al.<sup>11</sup>, ao alongar um grupo muscular, os antagonistas a ele se contraem. Desta forma, os alongamentos ativos realizados na postura em pé podem ter causado adaptações neurais, que controlam o nível de tensão no músculo, número de unidades motoras ativas, freqüência e sincronia de ativação entre elas<sup>26</sup>. O pico de torque isocinético flexor também aumentou durante as contrações excêntricas e concêntricas a 30°/s. Uma das explicações para este aumento no torque flexor seria a redução nos níveis de excitabilidade neural. Segundo Hamill e Knutzen<sup>28</sup>, o alongamento ativo induz a uma resposta mais pronunciada do órgão tendinoso de Golgi e pode atenuar a resposta deste componente neural, permitindo maior produção de tensão dos músculos que foram submetidos ao alongamento ativo.

Worrell, Smith e Winegardner<sup>9</sup> também observaram aumento no torque concêntrico dos flexores do joelho pós-alongamentos. Os autores atribuíram este aumento à maior capacidade do músculo alongado em armazenar energia potencial elástica absorvida durante a contração excêntrica, potencializando a contração concêntrica subsequente. O fenômeno da potencialização da contração concêntrica seguinte à contração excêntrica (pré-alongamento) do mesmo músculo é bem aceito na comunidade científica, sendo que grande parte do incremento da força pós-alongamento é originária dos componentes passivos bem como dos componentes contráteis ou ativos dos músculos<sup>29</sup>. Taylor, Brooks e Ryan<sup>21</sup> relatam que, após alongamentos, há alterações nas propriedades viscoelásticas do tecido conjuntivo muscular, diminuindo a tensão de resistência e deixando o músculo mais complacente. Assim, ele será capaz de armazenar mais energia potencial elástica durante a contração excêntrica. Diante destes dados, supõe-se que o aumento no pico de torque concêntrico flexor do joelho observado neste estudo também pode ter ocorrido devido ao incremento do componente elástico, pois houve grande aumento na flexibilidade dos flexores.

De acordo com Hortobagyi e Katch<sup>30</sup>, o torque concêntrico diminui com o aumento da velocidade, pela diminuição das

pontes cruzadas na maior velocidade de encurtamento muscular. O oposto ocorre, inicialmente, durante as contrações excêntricas. Em nosso estudo, o aumento no torque extensor excêntrico foi alcançado durante a execução do teste isocinético na velocidade mais baixa ( $30^{\circ}/s$ ), enquanto que, durante as contrações concêntricas, o maior torque extensor foi alcançado a  $60^{\circ}/s$ . No grupo flexor, apenas o teste concêntrico alcançou maior pico de torque na velocidade mais baixa, indo de encontro aos dados expostos pelos autores acima mencionados. Ou seja, os resultados encontrados neste estudo foram diferentes dos relatados na literatura, a não ser durante a contração concêntrica dos flexores. Estes dados demonstram que mais estudos devem ser realizados para elucidar as alterações no torque dos diferentes grupos musculares (agonistas e antagonistas) envolvidos em um programa de alongamento ativo excêntrico. Talvez estes estudos possam ser mais esclarecedores, caso utilizem velocidades mais altas que as utilizadas no presente estudo. Cabe ressaltar ainda que a grande variação encontrada nos resultados dos testes isocinéticos neste estudo pode ter

ocorrido devido à dificuldade dos voluntários em realizá-los. Tais dificuldades ocorreram, principalmente, para iniciar os testes excêntricos de ambos os grupos musculares. Talvez estas dificuldades pudessem ser amenizadas como início do teste excêntrico dos flexores do joelho em um ângulo menor que  $90^{\circ}$  (entre  $80$  e  $70^{\circ}$ ) de flexão, continuando, entretanto, com uma amplitude de teste de  $60^{\circ}$ , bem como realizar uma maior familiarização dos voluntários com o equipamento – fato que também pode ter influenciado nos testes inclusive dos extensores do joelho.

## Conclusões ::::

Os resultados desse estudo mostram que o programa de alongamento para os músculos flexores do joelho, realizado de forma ativa excêntrica e com descarga de peso corporal, foi efetivo para aumentar a ADM de extensão do joelho bem como o torque flexor e extensor desta articulação.

## Referências bibliográficas ::::

1. Tabary JC, Tabary C, Tardieu G, Goldspink G. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. *J Physiol.* 1972;224(1):231-44.
2. Williams PE, Goldspink G. Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. *J Anat.* 1978;127(Pt 3):459-68.
3. Moore MA, Hutton RS. Electromyographic investigation of stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc.* 1980;12(5):322-9.
4. Sullivan MK, DeJuli JJ, Worrell TW. Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(12):1383-9.
5. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1997;77(10):1090-6.
6. 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.
7. 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(8):1389-96.
8. 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.
9. Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle desempenho. *J Orth Phys Ther.* 1994;20(3):154-9.
10. Hortobágyi TJ, Faludi J, Tihanyi J, Merkely B. Effects of intense "stretching"- flexibility training on the mechanical profile of the knee extensors and on the range of motion of the hip joint. *Int J Sports Med.* 1985;6(6):317-21.
11. Winters MV, Blake CG, Trost JS, Marcello-Brinker TB, Lowe L, Garber MB, et al. Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2004;84(9):800-7.
12. Goldspink G, Scott A, Loughna PT, Wells DJ, Jaenicke T, Gerlach GF. Gene expression in skeletal muscle in response to stretch and force generation. *Am J Physiol.* 1992;262(3 Pt 2):R356-63.
13. Davis DS, Ashby PE, McCale KL, McQuain JA, Wine JM. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):27-32.
14. Batista LH, Camargo PR, Aiello GV, Oishi J, Salvini TF. Avaliação da amplitude articular do joelho: correlação entre as medidas realizadas com o goniômetro universal e no dinâmômetro isocinético. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(2):193-8.
15. Marginson V, Eston R. The relationship between torque and joint angle during knee extension in boys and men. *J Sports Sci.* 2001;19(11):875-80.
16. Murray MP, Gardner GM, Mollinger LA, Sepic SB. Strength of isometric and isokinetic contractions: knee muscles of men aged 20 to 86. *Phys Ther.* 1980;60(4):412-9.
17. Wallin D, Ekblom B, Grahn R, Nordenborg T. Improvement of muscle flexibility. A comparison between two techniques. *Am J Sports Med.* 1985;13(4):263-8.

18. Reid DA, McNair PJ. Passive force, angle, and stiffness changes after stretching of hamstring muscles. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(11):1944-8.
19. Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, Cleland J. Standing and supine hamstrings stretching are equally effective. *J Athl Train.* 2004;39(4):330-4.
20. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train.* 2004;39(3):254-8.
21. Taylor DC, Brooks DE, Ryan JB. Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(12):1619-24.
22. Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16(2):87-101.
23. Taylor DC, Dalton JD Jr, Seaber AV, Garrett WE Jr. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med.* 1990;18(3):300-9.
24. Magnusson SP, Aagaard P, Nielson JJ. Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(6):1160-4.
25. Perry J, Antonelli MS, Ford W. Analyses of knee joint forces during flexed-knee stance. *J Bone Joint Surg.* 1975;57(7):54-61.
26. McCafferty WB, Horvath SM. Specificity of exercise and specificity of training: a subcellular review. *Research Quarterly.* 1977;48(2):358-71.
27. Aagaard P. Training-induced changes in neural function. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003;31(2):61-7.
28. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical basis of human movement. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 1999.
29. Herzog W, Leonard TR. Force enhancement following stretching of skeletal muscle: a new mechanism. *J Exp Biol.* 2002;205(Pt 9):1275-83.
30. Hortobágyi T, Katch FI. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. Influence of strength level. *Eur J Appl Physiol.* 1990;60(5):395-401.