



# Influência da freqüência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais

Zenewton André da Silva Gama<sup>1,2</sup>, Carlos Alexandre de Souza Medeiros<sup>2</sup>, Alexandre Vinicyus Ribeiro Dantas<sup>2</sup> e Túlio Oliveira de Souza<sup>3</sup>

## RESUMO

A utilização de manobras de alongamento é um dos recursos mais utilizados na prática de reabilitação. Porém, alguns parâmetros, como a freqüência, não têm sido estudados quando se utilizam as técnicas de facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). O objetivo deste estudo foi analisar a freqüência ótima visando aumentar a flexibilidade dos músculos isquiotibiais, medida pela amplitude ativa de extensão do joelho. Selecionaram-se 36 sujeitos do sexo feminino (média de idade (DP) de 21,7 (1,9) anos), com limitação da flexibilidade dos músculos isquiotibiais. Os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos (n = 9). Os três grupos de alongamento receberam a intervenção cinco dias por semana durante duas semanas consecutivas. O quarto grupo, que serviu como controle, não foi alongado. Os grupos de alongamento com FNP variaram quanto à freqüência em uma, três e seis manobras por sessão. Uma análise de variância (ANOVA) foi utilizada para as medidas iniciais e finais ( $p \leq 0,05$ ). Em seguida, foi realizada uma análise *post hoc* por meio do teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A análise estatística dos dados indicou que os grupos de alongamento tiveram ganho de amplitude significativo em relação ao grupo controle, mas não entre eles mesmos. Em relação à velocidade do ganho, os grupos que utilizaram três e seis manobras alongaram ( $p < 0,05$ ) mais rapidamente que o grupo que utilizou apenas uma manobra. Conclui-se, portanto, não haver diferença em relação ao ganho tardio quando se utilizam uma, três ou seis manobras de alongamento com a técnica de sustentar-relaxar nos isquiotibiais.

## ABSTRACT

### ***Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles***

*Stretching techniques are one of the most used devices in rehabilitation practice. However, some parameters such as frequency have not been studied when proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) techniques are used. The purpose of this study was to analyze in the short and middle-terms the optimal frequency to increase hamstring muscle flexibility, measured by knee extension range of motion (ROM). Thirty-six female subjects were selected, (mean (SD) age 21.7 (1.9) years) with limited hamstring muscle flex-*

1. Doutorando em "Ejercicio Físico, Fisioterapia y Salud" pela Universidad de Murcia, Espanha.
2. Fisioterapeuta integrante do Grupo de Pesquisa em Plasticidade Muscular da Base de Pesquisa Movimento e Saúde do Departamento de Fisioterapia da UFRN.
3. Professor Assistente do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Recebido em 11/8/05. Versão final recebida em 25/5/06. Aceito em 24/8/06.

**Endereço para correspondência:** Zenewton André da Silva Gama, Avenida de Murcia, nº 65, 1ª derecha - 30102 - Cabezo de Torres, Murcia, España. E-mail: zenewton.andre@alu.um.es

**Palavras-chave:** Flexibilidade. Facilitação neuromuscular proprioceptiva. Músculos isquiotibiais. Amplitude de movimento.

**Keywords:** Flexibility. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. Hamstrings muscles. Movement breadth.

**Palabras-clave:** Flexibilidad. Facilitación neuromuscular propioceptiva. Músculos isquios tibiales. Amplitud de movimiento.

*ibility. The subjects were randomly assigned to four groups (n = 9). The three stretching groups received the intervention five days a week for two consecutive weeks. The three PNF stretching groups alternated concerning frequency with one, three, and six maneuvers per session. Analysis of variance (ANOVA) was used for the first and final measures ( $\leq 0.05$ ). A post hoc analysis using the Tukey test ( $\leq 0.05$ ) was performed. Data indicated that the PNF stretching groups had a statistically significant ROM gain in relation to the control group, but not among themselves. Concerning gain velocity, the groups that used three and six maneuvers had faster stretching gains ( $p < 0.05$ ) than the one that used only one maneuver. The results showed that there was no difference in relation to delayed gains when one, three or six stretching maneuvers were used with the hold-relax technique on hamstring muscles.*

## RESUMEN

### ***Influencia de la frecuencia de alongamiento utilizando facilitación neuromuscular propioceptiva en la flexibilidad de los músculos isquio tibiales***

*El uso de maniobras de alongamiento es uno de los recursos más utilizados en la práctica de rehabilitación. Sin embargo, algunos parámetros, como frecuencia, no se estudian cuando se utilizan las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP). El objetivo de este estudio ha sido analizar la frecuencia óptima buscando aumentar la flexibilidad de los músculos isquio tibiales, medida por la amplitud activa de extensión de la rodilla. Se seleccionaron 36 individuos del sexo femenino (con edad media (DP) de 21,7 (1,9) años), con limitación de flexibilidad de los músculos isquio tibiales. Los individuos fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro grupos (n = 9). Los tres grupos de alongamiento recibieron intervención cinco días por semana durante dos semanas consecutivas. El cuarto grupo que sirvió como control, no fue alongado. Los grupos de alongamiento con FNP variaron en relación a la frecuencia en una, tres y seis maniobras por sesión. Un análisis de varianza (ANOVA) se usó para las medidas iniciales y finales ( $p \leq 0,05$ ). En seguida se utilizó un análisis post hoc por medio del test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). El análisis estadístico de los datos indicó que los grupos de alongamiento tuvieron incremento de amplitud significativo en relación al grupo control, pero no entre ellos mismos. En relación a la velocidad de incremento, los grupos que utilizaron tres y seis maniobras alongaron ( $p < 0,05$ ) más rápido que el grupo que utilizó apenas una maniobra. Se concluye, por tanto, que no hay diferencia en relación al incremento tardío cuando se utiliza una, tres, o seis maniobras de alongamiento con la técnica sustentar-relajar en los isquios tibiales.*

## INTRODUÇÃO

A amplitude articular de movimento (AAM), ou mobilidade das articulações, depende da extensibilidade dos tecidos moles peri e intra-articulares. As estruturas e mecanismos que influenciam na propriedade passiva do músculo são: (1) as ligações cruzadas entre os filamentos de actina e miosina, chamadas de "tensão filamentar de repouso", e talvez a resistência dos próprios filamentos de actina e miosina; (2) as proteínas não contráteis do citoesqueleto do endossarcômero e exossarcômero; e (3) os tecidos conectivos do endomísio, perimísio e epimísio<sup>(1)</sup>. O perimísio constitui o tecido que mais contribui para a resistência passiva do músculo esquelético<sup>(2)</sup>. Esse fato foi apoiado por Harrelson e Leaver-Dunn<sup>(3)</sup>, que sugerem que os tecidos moles, incluindo a bainha muscular e os arcabouços de tecido conjuntivo, são os principais responsáveis pela maior parte da resistência ao alongamento do músculo relaxado normal. Em humanos, flexibilidade inadequada é um fator contribuinte para as lesões musculares, especialmente quando se trata dos músculos isquiotibiais<sup>(4)</sup>.

Exercícios de alongamento podem ser usados no ambiente esportivo e terapêutico para ganho de AAM. Cargas de baixa magnitude por longos períodos de tempo aumentam a deformação plástica do tecido não contrátil, permitindo remodelamento gradual das ligações de colágeno e redistribuição de água para os tecidos vizinhos<sup>(5)</sup>.

Em alguns estudos, o efeito imediato do alongamento pode ser explicado pelas características viscoelásticas dos componentes musculares e pelas mudanças em curto prazo na extensibilidade muscular<sup>(4-6)</sup>. Entretanto, outras pesquisas revelam que a efetividade das técnicas de alongamento se deve mais às mudanças na tolerância do indivíduo ao alongamento que às alterações na elasticidade dos músculos<sup>(7-8)</sup>. Halbertsma e Göeken<sup>(9)</sup> afirmam que o alongamento não torna os isquiotibiais mais alongados ou menos rígidos, mas apenas influenciam na tolerância ao alongamento.

As principais técnicas de alongamento variam em alongamento passivo ou estático, balístico e modalidades que utilizam facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP). Muitos estudos observaram as diferenças entre essas técnicas; a maioria deles demonstra vantagem no ganho de AAM para as técnicas de alongamento que utilizam FNP<sup>(10-13)</sup>.

Técnicas de alongamento com FNP caracterizam-se pelo uso de contração muscular ativa com o objetivo de ocasionar inibição autogênica do músculo alongado. Quando aplicada, ocorre relaxamento muscular reflexo que, associado com alongamento passivo, promove aumento no ganho de AAM<sup>(14)</sup>. Muitas pesquisas, entretanto, têm usado diferentes frequências de alongamento com FNP por sessão. Por exemplo, com diferentes objetivos: Etnyre e Lee<sup>(15)</sup> usaram alongamento com FNP nos músculos isquiotibiais, Sady *et al.*<sup>(10)</sup> utilizaram três repetições e Brasileiro *et al.*<sup>(16)</sup> usaram seis repetições de alongamento por sessão.

Com a intenção de conhecer melhor a técnica de alongamento passivo, alguns pesquisadores verificaram a influência da frequência, quantidade de manobras de alongamento, para aperfeiçoar o ganho de flexibilidade. Starring *et al.*<sup>(17)</sup> sugeriram uma sessão de alongamento que consistia em 50 alongamentos de 10 segundos em um intervalo de 15 minutos nos músculos isquiotibiais. Grandi<sup>(18)</sup> usou quatro repetições de 18 segundos e comparou com uma repetição de 30 segundos na musculatura dos isquiotibiais por três semanas, alongando uma vez por semana. Os resultados não mostraram diferença significativa entre as duas doses de alongamento. Bandy *et al.*<sup>(19)</sup> estudaram a influência da duração e da frequência de alongamento estático na flexibilidade dos isquiotibiais, mostrando que um alongamento de 30 segundos de duração é tão eficaz quanto três alongamentos de 30 segundos em seis semanas. Os resultados mostraram ainda que uma ou três repetições de 60 segundos não são melhores que alongar uma vez por 30 segundos.

Todavia, o conhecimento sobre frequência em alongamento passivo não deve ser simplesmente aplicado às técnicas que utilizam FNP. Por isso, devido à importância do ganho de amplitude no ambiente esportivo e terapêutico, torna-se necessário o conhecimento sobre os efeitos da variação da frequência no alongamento com inibição ativa.

A proposta deste estudo foi examinar os efeitos da frequência de alongamento com FNP, tanto depois de 10 sessões de alongamento, quanto imediatamente após o alongamento, no que diz respeito à flexibilidade dos músculos isquiotibiais.

## MÉTODOS

### Sujeitos

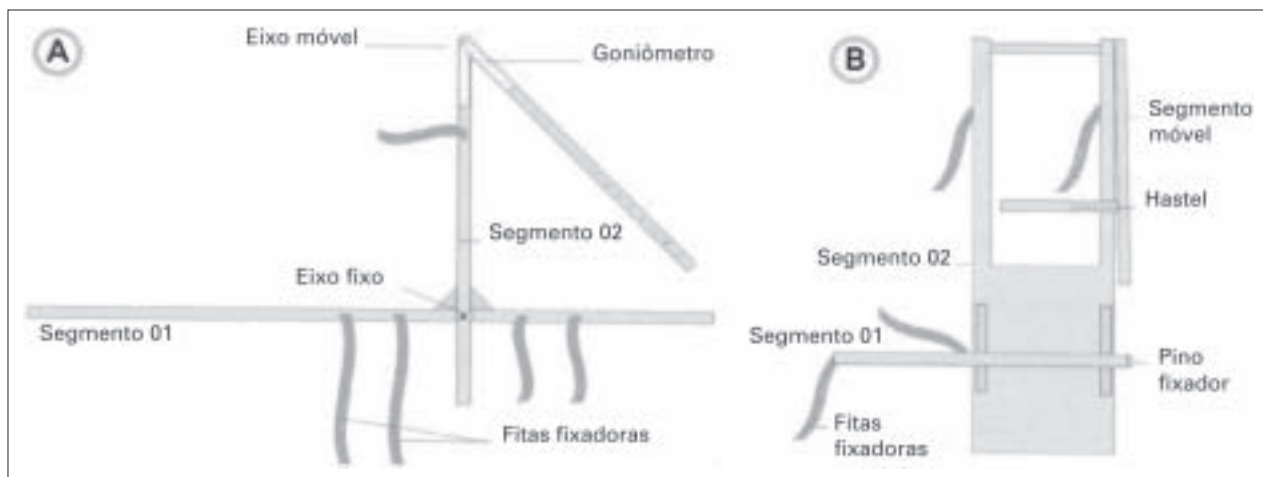
Quarenta e um indivíduos do sexo feminino com média de idade de 21,7 (DP = 1,9) anos foram selecionados para este estudo. A amostra foi limitada ao sexo feminino devido à disponibilidade de sujeitos deste gênero; além disso, pesquisas demonstram que as variações do ciclo hormonal feminino, nível de estradiol sérico ou fase menstrual não influenciam a flexibilidade muscular<sup>(20-21)</sup>. Os voluntários eram mulheres jovens, saudáveis, sem disfunções de locomoção, com flexibilidade dos isquiotibiais limitada, não podendo a extensão ativa do joelho (EAJ) direito com o quadril a 90 graus de flexão ultrapassar 160 graus. Excluímos sujeitos que apresentassem índice de massa corpórea maior que 28, *genuflexum* ou *recurvatum*, patologias vasomotoras ou cardíacas, antecedentes de patologias no joelho direito, disfunções na coluna e caso de lombalgia recente. As voluntárias não poderiam ser atletas ou estar em programa de alongamento da musculatura posterior da coxa. Todas as selecionadas assinaram um termo de consentimento informando sobre os possíveis riscos, reservando-lhes o direito de desistência da pesquisa e assegurando-lhes o sigilo de sua identidade. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa com seres humanos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Em caso de falta a alguma sessão, a exclusão foi imediata, fato que ocorreu com cinco sujeitos.

Os sujeitos foram distribuídos aleatoriamente em quatro grupos. O primeiro grupo foi o controle, o qual não foi submetido ao protocolo de alongamento e teve suas medidas realizadas no primeiro dia, pré-teste, e uma medida final no 12º dia, pós-teste. Os outros grupos receberam o protocolo de alongamento com FNP diferindo apenas quanto ao número de repetições da manobra por dia, sendo as medidas realizadas diariamente, antes e depois do protocolo. Grupo 0A (n = 9) foi o grupo controle; grupo 1A (n = 9) foi submetido a uma manobra de alongamento com FNP; grupo 3A (n = 9), a três manobras; e o grupo 6A (n = 9), a seis manobras.

### Procedimento experimental

#### Instrumentos

Foi utilizada uma prancha desenvolvida por Brasileiro *et al.*<sup>(16)</sup> (figura 1) para medição da flexibilidade dos isquiotibiais, baseado no ângulo máximo de EAJ direito<sup>(22)</sup>. A voluntária era posicionada em decúbito dorsal e tinha o quadril direito sustentado a 90 graus de flexão e o membro inferior esquerdo permanecia estendido na prancha. O sujeito era fixado por faixas no nível do tórax, cintura pélvica, coxa direita e esquerda (figura 2). A altura do braço fixo de apoio para a perna direita era adaptada de acordo com a dimensão do membro da pessoa. O braço móvel era ajustado tomando-se por base o maléolo lateral da perna direita. Um goniômetro universal foi fixado ao eixo fixo e móvel da prancha para medir o ângulo de extensor do joelho. Realizou-se um estudo prévio com oito sujeitos, no qual as medidas obtidas com o instrumento foram comparadas com fotometria. As medidas de EAJ apresentaram alto coeficiente de correlação ( $r = 0,99$ ), demonstrando, assim, elevada fidedignidade em relação às análises fotométricas<sup>(23)</sup>.



**Figura 1** – Esquema da prancha de avaliação da extensão ativa do joelho direito. **A)** Vista em perfil. **B)** Vista de frente.



**Figura 2** – O sujeito era fixado ao instrumento de medição e realizava extensão ativa máxima do joelho para medir a flexibilidade dos isquiotibiais. O pesquisador verificava o ângulo correspondente no goniômetro.



**Figura 3** – Posicionamento para a realização da manobra de alongamento com FNP

### Protocolo de medição

Realizaram-se duas medições por dia, uma antes e outra depois do alongamento. A primeira medição era precedida por cinco minutos de bicicleta estacionária com a resistência padronizada em intensidade leve (25 watts). O sujeito era posicionado na prancha e solicitavam-se três extensões ativas máximas do joelho direito, levando-se o braço móvel da prancha até o ponto máximo atingido. Foi utilizada a média aritmética simples dessas três medições. Tomou-se o cuidado de todas as participantes da pesquisa comparecerem vestidas adequadamente com roupas que não restringissem os movimentos, tanto durante a medição quanto durante o protocolo de alongamento.

O estudo foi do tipo cego, pois o pesquisador que media a flexibilidade não sabia a que grupo pertencia a voluntária avaliada. Após a primeira medição, a voluntária dirigia-se a uma sala reservada para o protocolo de alongamento. A intervenção foi realizada em rodízio por dois outros pesquisadores e estes orientavam a voluntária no sentido de não revelar a quantas manobras de alongamento ela estava sendo submetida. Após realizar a(s) manobra(s) de alongamento, a voluntária era conduzida novamente à sala de medição, onde era feita a segunda medição.

Esse procedimento foi realizado cinco dias por semana durante duas semanas consecutivas, de segunda a sexta-feira, totalizando 10 intervenções para cada participante.

### Protocolo de alongamento

As manobras e os comandos verbais foram previamente padronizados entre os dois pesquisadores responsáveis pelo protocolo de alongamento. As participantes eram instruídas sobre a manobra antes do procedimento. Foi utilizada a técnica de FNP sustentar-relaxar. A quantidade de manobras a que cada voluntária foi submetida foi definida aleatoriamente.

A participante colocava-se em decúbito dorsal e tinha sua coxa esquerda estabilizada pelo pesquisador com o auxílio de uma toalha (figura 3). O terapeuta flexionava passivamente o quadril direito da participante até o limiar de dor, posição em que era referido desconforto nos isquiotibiais. Ao sinal do pesquisador, era solicitado que a voluntária realizasse força máxima para estender a perna, contraindo os extensores do quadril por cinco segundos; a contração era resistida pelo terapeuta. Utilizaram-se cinco segundos de contração porque, segundo pesquisas anteriores, a duração ótima da contração isométrica nas técnicas de FNP é de três a seis segundos<sup>(24)</sup>. Ao final dos cinco segundos, a voluntária relaxava a musculatura e logo em seguida tinha o quadril flexionado passivamente, com o joelho estendido, até referir novamente desconforto. O membro era mantido nesse ponto por 30 segundos, tempo este baseado em Bandy *et al.*<sup>(19)</sup>, que concluíram que manter o alongamento passivo por 30 segundos é mais efetivo que 15 segundos e é tão efetivo quanto mantê-lo por 60 segundos. As voluntárias foram instruídas a relaxar totalmente a perna alongada durante o alongamento, não oferecendo nenhuma resistência. Essa



manobra foi repetida o número de vezes correspondente ao grupo a que a participante pertencia, mantendo um intervalo de 30 segundos entre uma e outra.

### Análise estatística

Foi utilizada estatística descritiva para analisar os dados de idade, peso, altura, índice de massa corpórea, ganho total de flexibilidade, ganho imediato e ganho diário. Também foi utilizada uma análise de variância (ANOVA) unidirecional (*one way*) para testar a homogeneidade das medidas angulares iniciais (pré-teste) e também as características de idade, peso, altura e índice de massa corpórea.

As medidas pós-teste foram efetuadas com uma análise de variância (ANOVA) unidirecional (*one way*) seguidas do teste *post hoc* de Tukey.

Finalmente, cada grupo experimental foi submetido a uma análise de variância (ANOVA) unidirecional (*one way*) para identificar em que sessão ocorreu ganho significativo de EAJ em relação à medida pré-teste. O grupo controle não foi incluído nessa análise específica por não possuir dados diários. Em todos os testes, o nível de significância adotado foi de  $p \leq 0,05$ . Utilizou-se o programa *SPSS for Windows 12.0* para a análise dos dados.

## RESULTADOS

A análise descritiva dos grupos indicou homogeneidade ( $p > 0,05$ ) em relação a idade, peso, altura e índice de massa corpórea (tabela 1). Os quatro grupos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) unidirecional (*one way*), que indicou não haver diferença em relação à média inicial de EAJ ( $F(3,32) = 0,4$ ;  $p = 0,687$ ), ou seja, os grupos mostraram-se iguais em relação à medida pré-teste.

TABELA 1

Características quanto a idade, peso, altura e índice de massa corpórea (IMC)

Grupos	N	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (m)	IMC
0A	9	23,11 (DP = 1,54)	57,22 (DP = 12,36)	1,63 (DP = 0,07)	21,35 (DP = 1,54)
1A	9	21,89 (DP = 1,45)	54,44 (DP = 3,61)	1,65 (DP = 0,04)	20,04 (DP = 1,45)
3A	9	20,11 (DP = 1,36)	54,11 (DP = 2,71)	1,62 (DP = 0,06)	20,62 (DP = 1,36)
6A	9	21,89 (DP = 2,26)	57,89 (DP = 10,47)	1,65 (DP = 0,07)	21,06 (DP = 2,26)

DP = Desvio-padrão. Os dados foram coletados antes do protocolo de alongamento.

Após 10 sessões de alongamento com FNP, a análise de variância (ANOVA) unidirecional (*one way*) indicou aumento estatisticamente significativo da variável EAJ em todos os grupos de alongamento com FNP ( $p \leq 0,05$ ); entretanto, não houve variação entre as medidas pré e pós-teste do grupo controle.

Depois de constatar que os grupos tinham diferentes medidas pós-teste ( $F(3,32) = 13,4$ ;  $p = 0,000$ ), a análise *post hoc* de Tukey revelou que a diferença estatisticamente significativa era apenas entre os grupos experimentais (grupos 1A, 3A e 6A) e o grupo controle (grupo 0A) ( $p = 0,000$ ). Os grupos de alongamento com FNP não se mostraram diferentes ( $p > 0,05$ ) entre si. Ou seja, ao final das 10 sessões, o ganho de flexibilidade foi igual entre os grupos experimentais, independente da variável número de séries (tabela 2).

TABELA 2

Média (desvio-padrão) da medida inicial, medida final e ganho total após as 10 sessões de alongamento

Grupos	0A	1A	3A	6A
Inicial	149,4° (6,1°)	151,4° (3,5°)	144,7° (9,3°)	148,9° (9,6°)
Final	150,9° (5,1°)	163,7° (5,8°)	160,9° (8,6°)	165,8° (3,1°)
Ganho	1,5° (1,1°)	12,3° (4,8°)*	16,2° (4,4°)**	16,9° (9,2°)**

Diferença significativa em relação à medida inicial (\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,00$ ).

Em relação ao efeito imediato do alongamento com FNP, ou seja, a diferença entre as medidas pré e pós-alongamento de uma mesma sessão, o grupo 1A ganhava média de 4,6 graus entre o início e o final da sessão, o grupo 3A aumentava 5,8 graus, enquanto o grupo 6A atingia imediatamente média de 4,5 graus.

Entretanto, na sessão seguinte, ao se realizar a medida pré-alongamento da EAJ, foi observada redução da AAM em relação à medida pós-alongamento da sessão anterior, caracterizando perda do ganho imediato. Essa perda, no entanto, não foi completa, sendo da ordem de 82% para o grupo 1A, 77% para o grupo 3A e 71,2% para o grupo 6A. Então, graças ao percentual restante, a medida pré-alongamento aumentava discretamente ( $p > 0,05$ ) a cada dia de intervenção. Sendo assim, esse incremento contínuo da AAM implicava ganho total maior a cada sessão de alongamento, até o ponto de tornar-se significativo.

Através de análise de variância (ANOVA) unidirecional (*one way*) foi constatado em qual sessão esse ganho acumulado passava a ser estatisticamente significativo em relação à medida inicial do primeiro dia. Cada grupo foi avaliado individualmente comparando-se a EAJ pré-teste com o valor encontrado em cada dia do protocolo de alongamento. Observou-se, então, que os grupos 3A ( $F(1,8) = 8,1$ ;  $p = 0,011$ ) e 6A ( $F(1,8) = 6,9$ ;  $p = 0,018$ ) atingiram aumento significativo da AAM no quinto dia, ou seja, após quatro sessões de alongamento, enquanto o grupo 1A aumentou apenas no oitavo dia ( $F(1,8) = 6,1$ ;  $p = 0,025$ ), isto é, após a sétima sessão (tabela 3).

TABELA 3

Média (desvio-padrão) da EAJ em cada sessão de alongamento

Grupos	0A	1A	3A	6A
1ª sessão	149,4 (6,1)	151,4 (3,5)	144,7 (9,3)	148,9 (9,6)
2ª sessão		152,8 (5,5)	149,2 (8,9)	152,6 (8,6)
3ª sessão		153,8 (6,4)	150,4 (9,1)	155,4 (4,6)
4ª sessão		154,9 (6,2)	150,8 (9,9)	156,4 (5,0)
5ª sessão		157,9 (6,0)	152,2 (11,2)*	158,0 (3,7)*
6ª sessão		157,3 (5,0)	153,4 (10,3)*	159,1 (1,9)*
7ª sessão		158,0 (4,9)	155,6 (9,9)**	160,2 (2,4)**
8ª sessão		159,2 (5,6)*	156,8 (9,4)**	161,6 (1,8)**
9ª sessão		159,7 (6,5)*	158,1 (10,6)**	160,7 (3,1)**
10ª sessão	150,9 (5,1)	163,7 (5,8)*	160,9 (8,6)**	165,8 (3,1)**

Diferença significativa em relação à medida da primeira sessão (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ).

## DISCUSSÃO

Alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de encontrar a frequência ideal dos exercícios de alongamento<sup>(18-19)</sup>. Porém, nenhum desses estudos relacionou a frequência e as técnicas de alongamento que envolvam inibição muscular ativa.

Bandy *et al.*<sup>(19)</sup> encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, pois não observaram diferença significativa quando aumentaram a frequência de um para três alongamentos por dia, utilizando o alongamento passivo. Grandj<sup>(18)</sup> também constatou que um alongamento passivo de 30 segundos tem a mesma eficácia que quatro alongamentos de 18 segundos. Os resultados do presente estudo revelam que, como esperado, houve ganho significativo de flexibilidade dos isquiotibiais em todos os grupos de alongamento com FNP depois das 10 sessões, ao passo que o grupo controle não obteve aumento de flexibilidade. Os grupos 3A (16,2°) e 6A (16,9°) apresentaram aumento semelhante da flexibilidade. No entanto, o grupo 1A (12,3°) teve ganho tardio relativamente menor que os grupos de três e seis alongamentos com FNP. Sob uma visão clínica, pode-se verificar vantagem de aproximadamente 38% do grupo de três alongamentos (3A) em relação ao de um alongamento com FNP (1A), sendo este dado de relativa importância em protocolos de duas semanas de duração. Não se observou, contudo, essa diferença entre os grupos de três (3A) e seis alongamentos (6A). Entretanto, estatisticamente, não houve dife-

rença significativa quando se comparou o efeito tardio entre os três grupos experimentais. Nesse contexto, provavelmente, uma inibição do órgão neurotendíneo por contração isométrica ativa de cinco segundos é suficiente para conseguir o relaxamento muscular desejado em uma sessão de alongamento nos músculos isquiotibiais. Não parecem ser necessárias três ou seis inibições associadas a alongamento estático para ganhar flexibilidade.

O grupo de três alongamentos com FNP, juntamente com o de seis, atingiu a diferença significativa em relação às medidas iniciais no quinto dia; o grupo de um alongamento com FNP só atingiu essa diferença no oitavo dia (tabela 3). Esse achado nos leva a crer que, em médio prazo, a frequência de três alongamentos com FNP seria mais indicada para promover ganho mais rápido de flexibilidade em relação à frequência de um alongamento com FNP, não havendo diferença nessa velocidade de ganho quando se aumenta essa frequência para seis alongamentos FNP. Visto que na reabilitação desportiva o tempo de recuperação é um fator-chave, mais estudos são necessários para determinar os parâmetros de alongamento com FNP que acelerem o ganho de AAM.

Os grupos que apresentaram aumento significativo de flexibilidade primeiro foram os que tiveram maior ganho diário, sugerindo-se que a velocidade ótima para o ganho de flexibilidade pode estar relacionada com a minimização da perda do efeito imediato, já que isso aumenta o ganho diário. A perda do efeito imediato foi constatada em outros estudos na musculatura do ombro<sup>(25)</sup> e dos isquiotibiais<sup>(26)</sup>. Os resultados do presente estudo corroboram, em parte, os achados de Spornoga *et al.*<sup>(26)</sup>, que observaram que o ganho imediato do alongamento dos isquiotibiais permanece por apenas seis minutos, deixando, a partir de então, de ser significativo. Para explicar a perda do efeito imediato, sabe-se que, além do efeito elástico da viscoelasticidade muscular<sup>(27)</sup>, o repouso após a manobra de alongamento estimula os efeitos da tixotropia muscular que agem no encurtamento tecidual. Tixotropia é a propriedade de um tecido tornar-se mais líquido depois do movimento e retornar à rigidez, estado de gel com o repouso<sup>(28-29)</sup>. A tixotropia muscular é o resultado de aumento no número de ligações estáveis entre os filamentos de actina e miosina quando o músculo está em repouso. Portanto, a rigidez do músculo aumenta. Entretanto, os resultados do presente estudo indicam que, mesmo com considerável perda do efeito imediato, 24 horas após o alongamento ainda existe ganho de amplitude; dessa forma, a cada dia, um ganho de amplitude residual é incorporado. Então, mesmo com perda significativa do efeito imediato do alongamento, a AAM aumenta todos os dias do protocolo. Portanto, embora um único dia não seja necessário para a obtenção de ganho de amplitude, o somatório do ganho residual fez com que, após quatro sessões, os grupos 3A e 6A apresentassem ganho significativo de EAJ e o grupo 1A, somente após sete sessões.

Como a diferença entre as sessões de alongamento foi constante, 24 horas, este estudo não responde se o tempo entre as sessões influencia na perda do efeito imediato. Estudos futuros devem ser realizados no intuito de aprofundar o conhecimento sobre a perda do efeito imediato após a aplicação de protocolos de alongamento. A compreensão dessa lacuna do conhecimento pode ajudar na prescrição mais adequada do intervalo de tempo ótimo entre as sessões de alongamento com FNP.

As conclusões desta pesquisa limitam-se a procedimentos de alongamento que utilizem FNP e as frequências de séries abordadas no estudo, a saber, uma, três e seis séries de alongamento. Pesquisas futuras podem analisar se maior número de séries pode influenciar positivamente o ganho de flexibilidade.

Foi constatado também que um percentual do efeito imediato é mantido 24 horas depois do alongamento FNP, porém, não foi analisada neste estudo a curva de queda da flexibilidade tanto imediatamente após o alongamento quanto após o protocolo de 10 sessões. Willy *et al.*<sup>(30)</sup> mostram que há perda considerável da AAM ganha, após interrupção de quatro semanas, depois de um treino

de flexibilidade de seis semanas. Portanto, estudos futuros podem analisar como se dá a perda da flexibilidade após um protocolo de alongamento.

Esses achados aplicam-se ao alongamento dos isquiotibiais, pois, devido às particularidades de cada músculo, a resposta ao alongamento pode diferir. Fatores como a predominância do tipo de fibra muscular, a disposição das fibras, a estrutura do tendão e a função muscular podem influir numa reação diferente da unidade musculotendínea frente ao alongamento.

Além disso, a amostra deste estudo era relativamente jovem, com média de idade de 21,7 anos, e apresentava pequeno desvio-padrão. As conclusões deste estudo devem ser aplicadas somente a grupos de idades similares e futuras pesquisas são necessárias para sujeitos de outro grupo de idade, em particular os indivíduos idosos.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que manobras de alongamento com facilitação neuromuscular proprioceptiva são efetivas para aumentar a flexibilidade dos músculos isquiotibiais, independente da frequência utilizada (uma, três ou seis manobras).

O efeito tardio é o mesmo, em relação ao ganho de AAM, quando se utilizam uma, três, ou seis manobras de alongamento com FNP, para um protocolo com duas semanas de duração.

Finalmente, a frequência de três manobras obteve maior efeito imediato quando comparada com as frequências de uma e seis manobras, sendo comprovado também que três e seis manobras de alongamento com FNP atingem ganho significativo de flexibilidade mais rápido que um protocolo de uma manobra de alongamento com FNP.

---

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

---

## REFERÊNCIAS

1. Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle: review of the literature with clinical implications. *Clin Biomech.* 2000;16:87-101.
2. Lieber RL. *Skeletal muscle and function.* Baltimore: Williams & Wilkins, 1992.
3. Harrelson GL, Leaver-Dunn D. Amplitude de movimento e flexibilidade. In: Andrews JR, Harrelson GL, Wilk KE, editores. *Reabilitação física das lesões desportivas.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000;106-27.
4. Best TM, McElhaney J, Garrett Jr WE, Myers BS. Characterization of the passive responses of live skeletal muscle using the quasi-linear theory of viscoelasticity. *J Biomech.* 1994;27(4):413-9.
5. Taylor DC, Dalton Jr JD, Seaber AV, Garret Jr WE. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: the biomechanical effects of stretching. *Am J Sports Med.* 1990;18(3):300-9.
6. Garrett WE Jr, Teitz CC, Miniaci A, Lee MH, Mann RA. Tendon problems in athletic individuals. *Instr Course Lect.* 1997;46:569-82.
7. Magnusson SP, Aagard P, Simonsen E, Bojsen-Müller F. A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *Int J Sports Med.* 1998;19:310-6.
8. Halbertsma JP, Mulder I, Goeken LN. Repeated passive stretching: acute effect on the passive muscle moment and extensibility of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(4):407-14.
9. Halbertsma JP, Goeken LN. Stretching exercises: effect on passive extensibility and stiffness in short hamstrings of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75:976-81.
10. Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phys Med Rehabil.* 1982;63:261-3.
11. Etnyre BR, Abraham LD. Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *Am J Phys Med.* 1986;65:189-96.
12. 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.
13. Funk DC, Swank AM, Mikla BM, Fagan TA, Farr BK. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: a comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res.* 2003;17(3):489-92.

14. Burke DG, Culligan LE. The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. *J Strength Cond Res.* 2000;14:496-500.
15. Etnyre BR, Lee EJ. Chronic and acute flexibility of men and women using three different stretching techniques. *Res Quart Exerc Sport.* 1988;59:222-8.
16. Brasileiro JS, Queiroz LL, Faria A, Parizotto NA. Influence of the cooling and the heating in the stretching of the hamstring muscles. XIV International WCPT Congress. Barcelona (Spain), 7-12 June, 2003.
17. Starring DT, Gossman MR, Nicholson Jr GG, Lemons J. Comparison of cyclic and sustained passive stretching using a mechanical device to increase resting length of hamstring muscles. *Phys Ther.* 1988;68(3):314-20.
18. Grandi L. Comparação de duas doses ideais de alongamento. *Acta Fis.* 1998; 5(3):154-8.
19. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1997;77:1090-6.
20. Medeiros CAS, Calazans MVF, Rocha VM. Avaliação da flexibilidade passiva da articulação do ombro em diferentes fases do ciclo menstrual de jovens universitárias. Monografia (Graduação) – Curso de Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
21. Chaves CPG, Simão R, Araújo CGS. Ausência de variação da flexibilidade durante o ciclo menstrual em universitárias. *Rev Bras Med Esporte.* 2002;8(6):212-18.
22. Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, Wightman SE. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993; 18(5):614-8.
23. Souza TO, Medeiros CAS, Gama ZAS, Dantas AVR, Augusto DD, Sales ATN. Análise da correlação entre dois instrumentos de medição da extensão do joelho. In: Reunião Anual da SBPC, 56., 2004, Cuiabá. Anais eletrônicos. São Paulo: SBPC/UFMT, 2005. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/Anais/56ra>>. Acesso em: 29 abr. 2005.
24. Cornelius WL, Rauschuber MR. The relationship between isometric contraction durations and improvement in acute hip joint flexibility. *J Appl Sport Sci Res.* 1987;1:39-41.
25. Viveiros L, Polito MD, Simão R, Farinatti, P. Respostas agudas imediatas e tardias da flexibilidade na extensão do ombro em relação ao número de séries e duração do alongamento. *Rev Bras Med Esporte.* 2004;10(6):459-63.
26. Spornoga SG, Uhl TL, Arnold BL, Gansneder BM. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *J Athl Train.* 2001;36(1):44-8.
27. De Deyne PG. Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. *Phys Ther.* 2001;81:819-27.
28. Walsh EG. Postural thixotropy: a significant factor in the stiffness of paralysed limbs? *Paraplegia.* 1992;30:113-5.
29. Lakie M, Robson LG. Thixotropic changes in human muscle stiffness and the effects of fatigue. *Q J Exp Physiol.* 1988;73(4):487-500.
30. Willy RW, Kyle BA, Moore SA, Chleboun GS. Effect of cessation and resumption of static hamstring muscle stretching on joint range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(3):138-44.