

## Artigo original

# A eficácia do alongamento excêntrico associado ou não à eletroestimulação

## *The effectiveness of the associated eccentric stretching or no electrical stimulation*

Cristiani Matiko Onishi, Ft.\*, Tatiana Raquel Filippin, Ft.\*, Gladson Ricardo Flor Bertolini, M.Sc.\*\*

.....  
*Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Docente do Curso de Fisioterapia UNIOESTE*

### Resumo

O alongamento muscular através do uso de eletroestimulação, para a obtenção de aumento de flexibilidade, é uma técnica recente, existindo poucos estudos comparando essa técnica de alongamento com outras técnicas tradicionais. O objetivo deste estudo foi analisar o ganho de flexibilidade do músculo tríceps sural, em resposta ao alongamento excêntrico, associado ou não a eletroestimulação, comparando-os a um grupo controle. O experimento consistiu da análise dos graus de dorsiflexão através de mensuração goniométrica, em 14 indivíduos saudáveis, apresentado retração muscular do tríceps sural. Os indivíduos foram divididos em 3 grupos: I – 5 no grupo que realizou alongamento excêntrico do tríceps sural ( $17,2^\circ \pm 4,4^\circ$ ); II – 5 no grupo que realizou alongamento excêntrico associado a eletroestimulação ( $17,9^\circ \pm 2,3^\circ$ ); III – 4 no grupo controle ( $17,3^\circ \pm 7,8^\circ$ ). Os participantes do grupo I, na segunda mensuração, apresentaram em média  $23,7^\circ (\pm 2,9^\circ, p \leq 0,05)$ ; o grupo II apresentou  $23,9^\circ (\pm 3,6^\circ, p \leq 0,05)$ ; e o grupo III apresentou  $18,8^\circ (\pm 8,6^\circ, p > 0,05)$ . Conclui-se que a técnica de alongamento excêntrico e associação da eletroestimulação apresentaram resultados superiores ao grupo controle, sendo ambas, técnicas úteis para a realização do ganho de flexibilidade muscular.

**Palavras-chave:** alongamento muscular, eletroestimulação, alongamento excêntrico, contração muscular.

### Abstract

The muscle stretching through electrical stimulation, for increasing flexibility, is a recent technique. Few studies exist comparing that stretching technique with other traditional techniques. The objective of this study was to analyze flexibility gain of the triceps surae muscle, in response to the eccentric stretching, associated or not with the electrical stimulation, comparing them to a control group. The experiment consisted of analysis of dorsiflexion degrees through goniometric measurement, in 14 healthy individuals with muscle retraction of the triceps surae. The individuals were divided into 3 groups: I - 5 in the group that carried out eccentric stretching of the triceps surae muscle ( $17.2^\circ \pm 4.4^\circ$ ); II - 5 in the group that carried out eccentric stretching associated to electrical stimulation ( $17.9^\circ \pm 2.3^\circ$ ); III - 4 in the control group ( $17.3^\circ \pm 7.8^\circ$ ). The participants of group I, in the second measurement, showed an average of  $23.7^\circ (\pm 2.9^\circ, p = 0.05)$ ; the group II showed  $23.9^\circ (\pm 3.6^\circ, p = 0.05)$ ; and the group III showed  $18.8^\circ (\pm 8.6^\circ, p > 0.05)$ . It was concluded that the eccentric stretching technique and association of electrical stimulation showed better results than the control group, and both are useful techniques for gaining muscle flexibility.

**Key-words:** muscle stretching, eletroestimulation, eccentric stretching, muscular contraction.

### Introdução

A flexibilidade é descrita como a amplitude de movimento possível de ser alcançada em uma articulação e seus músculos circunvizinhos [1]; pode ser influenciada pela idade, sexo e raça [2].

Para uma amplitude de movimento normal são necessárias mobilidade e flexibilidade dos tecidos moles que circundam a articulação. Diversos fatores podem limitar a amplitude de movimento (ADM), resultando em encurtamento adaptativo

dos tecidos moles, como: imobilizações prolongadas, mobilidade restrita, doenças do tecido conectivo ou neuromusculares, processos patológicos devido a traumas e deformidades ósseas [3].

A redução no comprimento da fibra muscular está associada ao aumento da resistência passiva do músculo durante o alongamento. Um músculo retraído apresenta duas características básicas, redução no número de sarcômeros em série e aumento na densidade de tecido conjuntivo, resultando em menor elasticidade. O perimísio é o tecido que mais contribui

Recebido em 12 de maio de 2006; aceito em 18 de junho de 2007.

**Endereço para correspondência:** Gladson Ricardo Flor Bertolini, Rua Universitária, 1476/21, Bairro Universitário, 85819-110, Cascavel PR, Tel: (45) 324-4470, E-mail: gladson@unioeste.br

para resistência passiva extracelular no músculo esquelético, sendo que a força imposta ao músculo durante o alongamento é transmitida através do tecido conjuntivo intramuscular [4].

O tecido conjuntivo possui propriedades viscoelásticas; o componente viscoso permite um estiramento plástico que resulta em alongamento permanente do tecido depois que a carga é removida, e o componente elástico torna possível o retorno do tecido ao comprimento anterior após a retirada do estímulo [5]. Então, quando submetido a um alongamento, o músculo pode passar por três fases, a primeira consiste na fase elástica; a segunda plástica, e a última fase na ruptura da fibra muscular [6].

Um treinamento de flexibilidade sob a forma de um programa de exercícios planejados e regulares tem por finalidade alongar ligamentos, cápsulas e aumentar a extensibilidade das unidades músculo-tendíneas, aumentando a ADM da articulação [7,8]. Portanto, os tecidos moles ao redor da articulação devem ser alongados de maneira progressiva a fim de aumentar a flexibilidade de uma articulação [1].

O objetivo do presente estudo é comparar duas diferentes formas de alongamento (excêntrico e alongamento através da eletroestimulação associado à contração excêntrica) com um grupo controle, demonstrando a eficácia terapêutica de cada método.

## Materiais e métodos

O presente estudo comparou duas formas de alongamento excêntrico (associado ou não à eletroestimulação). O grupo muscular escolhido como alvo das formas de alongamento foi o tríceps sural, pois, segundo Kottke e Lehmann [9] e Kendall, McCreary e Provance [10] mesmo em pessoas saudáveis, pode apresentar algum grau de encurtamento por cruzar múltiplas articulações. Participaram do estudo, após a aprovação do mesmo pelo Comitê de Ética para Pesquisas em Humanos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 14 acadêmicos da UNIOESTE, de ambos os sexos, sendo 10 mulheres e 4 homens, na faixa etária entre 18 a 28 anos, os quais foram divididos aleatoriamente, em 3 grupos.

Como critérios de exclusão foram listados: limitação do movimento articular por alterações outras, que não retração muscular; história de fratura recente em tornozelo; dor intensa e aguda aos movimentos articulares ou com o alongamento muscular; hematoma ou outras indicações de traumatismos teciduais no tornozelo ou tecidos próximos; contraturas ou tecidos moles encurtados formando a base para maiores capacidades funcionais, ou maior estabilidade articular; déficit de sensibilidade ou alteração da mesma; processo inflamatório ou infeccioso agudo nas articulações ou ao seu redor.

No primeiro grupo (G1) foi aplicado alongamento através de contração excêntrica de tríceps sural, com o auxílio da eletroestimulação, este grupo foi composto por 4 mulheres e 1 homem com idade de  $23,4 \pm 2,3$  anos; o segundo grupo (G2) realizou apenas alongamento com contração excêntrica,

sendo formado por 3 mulheres e 2 homens com idade de  $23,2 \pm 0,84$  anos; e o terceiro grupo (G3) foi o controle, composto por 3 mulheres e 1 homem com idade de  $23,0 \pm 1,41$  anos.

A mensuração da amplitude de dorsiflexão foi realizada através da goniometria, obedecendo aos critérios de Marques [11], sendo realizada com o paciente em decúbito dorsal, com os joelhos estendidos e o pé em posição anatômica. O braço fixo do goniômetro foi posicionado na face lateral da fíbula, o braço móvel na face lateral do pé, paralelo à superfície do quinto metatarso, com o eixo posicionado na articulação do tornozelo, junto ao maléolo lateral.

O alongamento foi realizado diariamente durante duas semanas, com intervalo de dois dias entre a 5ª e 6ª sessões, totalizando 10 dias de alongamento, aproximadamente no mesmo período do dia, eram repetidos por 5 vezes em cada sessão, totalizando 50 alongamentos para cada músculo. Neste período, os indivíduos foram instruídos a não realizar nenhum tipo de atividade física intensa, assim como qualquer outro tipo de alongamento, que pudesse interferir nos resultados finais.

Em G1 a eletroestimulação foi realizada com o equipamento Kinesis Corrente Russa da marca KW, com certificado de calibração válido no período da pesquisa. Os parâmetros utilizados foram: tempo de subida - 3s, tempo de permanência da corrente - 15s, tempo de descida - 2s, e tempo de repouso - 27s (o tempo de repouso foi o máximo permitido pelo aparelho); perfazendo um total de 20s de alongamento e 27s de repouso. O alongamento foi repetido 5 vezes em cada membro inferior, com intensidade regulada de acordo com a sensibilidade individual. O participante era posicionado em decúbito dorsal com os membros inferiores estendidos, um dos eletrodos era colocado no terço superior e o segundo no terço inferior do ventre muscular do tríceps sural, adaptados à perna do paciente por meio de gel condutor e fixados por fitas adesivas. Era solicitado o alongamento do grupo tríceps sural ativamente, por contração do grupo dorsiflexor mantendo-se durante a passagem da corrente. A aplicação da corrente foi realizada em ambos membros inferiores simultaneamente (Figura 1).

**Figura 1** - Uso da eletroestimulação elicitando contração do grupo tríceps sural, o alongamento é realizado através de contração ativa dos músculos dorsiflexores.



Fonte: dos autores.

Para G2 o alongamento foi realizado passivamente, com o indivíduo apoiando o pé em uma escada; após o voluntário relatar a sensação de alongamento, solicitava-se a contração do músculo tríceps sural até que tal sensação diminuísse, mantendo assim o alongamento com contração excêntrica durante um período de 20s por 40s de repouso (Figura 2).

**Figura 2** – Alongamento do grupo tríceps sural, com contração excêntrica destes.



Fonte: dos autores.

No grupo controle (G3) os indivíduos apresentavam características semelhantes aos demais grupos, porém, não foi realizada nenhuma terapêutica visando o ganho de flexibilidade muscular.

Os dados foram analisados através de estatística descritiva e pelo teste *t* de Student, utilizando-se o programa *Excell Microsoft Office 2000*.

## Resultados

Na avaliação inicial G1 obteve no membro inferior direito (MID)  $17,6 \pm 2,51^\circ$  de dorsiflexão, e  $18,6 \pm 2,19^\circ$  no membro inferior esquerdo (MIE); após os procedimentos, os resultados foram  $23,8 \pm 4,82^\circ$  ( $p = 0,0340$ ) para MID e  $24,8 \pm 2,49^\circ$  ( $p = 0,0030$ ) para MIE; ao comparar ambos os membros pré ( $18,10 \pm 2,28^\circ$ ) e pós-intervenção ( $24,30 \pm 3,65^\circ$ ) houve diferença estatisticamente significativa após os 10 dias de alongamento ( $p = 0,0002$ ). Os dados individuais podem ser observados na Tabela I.

**Tabela I** - Valores observados em graus para os participantes do grupo de eletroestimulação associado à contração excêntrica, na 1ª e na 10ª sessão de alongamento, para os membros direito e esquerdo.

Participante	1ª direita	10ª direita	1ª esquerda	10ª esquerda
1	20	28	20	21
2	18	30	20	25
3	15	20	15	25
4	15	20	18	25
5	20	21	20	28

Fonte: dos autores.

G2 inicialmente apresentou  $17,0 \pm 4,47^\circ$  em MID e  $18,0 \pm 4,47^\circ$  em MIE, após 10 sessões, verificou-se  $24,8 \pm 3,27^\circ$  ( $p = 0,0136$ ) em MID e  $23,8 \pm 3,90^\circ$  ( $p = 0,0603$ ) em MIE; os resultados computando os valores dos dois membros iniciais foram  $17,50 \pm 4,25^\circ$  e após as sessões  $24,30 \pm 3,43^\circ$ , neste grupo também houve diferença significativa após a realização dos alongamentos ( $p = 0,0009$ ). Os dados individuais podem ser vistos na tabela II.

**Tabela II** - Valores observados em graus para os participantes, do grupo de alongamento através de contração excêntrica na 1ª e na 10ª sessão de alongamento, para os membros direito e esquerdo.

Participante	1ª direita	10ª direita	1ª esquerda	10ª esquerda
1	20	30	20	30
2	10	22	10	22
3	20	22	20	20
4	15	25	20	25
5	20	25	20	22

Fonte: dos autores.

G3 apresentou valores iniciais e finais de  $18,25 \pm 8,80^\circ$  para o MID ( $p = 1$ ); no MIE o valor inicial foi  $19,5 \pm 9,47^\circ$  e o final de  $19,25 \pm 9,70^\circ$  ( $p = 0,9718$ ), neste grupo não houve diferença entre os da primeira para a segunda avaliação ( $p = 0,9771$ ). Os dados individuais podem ser vistos na tabela III.

**Tabela III** - Valores observados em graus para os participantes do grupo controle, na 1ª e na 10ª sessão de alongamento, para os membros direito e esquerdo.

Participante	1a direita	10a direita	1a esquerda	10a esquerda
1	30	30	30	30
2	12	11	12	10
3	11	12	11	12
4	20	20	25	25

Fonte: dos autores.

Ao comparar inicialmente entre os grupos G1 ( $18,1 \pm 2,28^\circ$ ) com G2 ( $17,5 \pm 4,25^\circ$ ) não havia diferença significativa ( $p = 0,6987$ ). Na avaliação final as médias se igualaram para os grupos eletroestimulação ( $24,3 \pm 3,65^\circ$ ) e cinesioterapia ( $24,3 \pm 3,43^\circ$ ) novamente não havendo diferença significativa entre os grupos ( $p = 1$ ).

## Discussão

De acordo com Alter [7] e Watkins [8], o aumento na ADM de uma articulação só é possível mediante a aplicação de um programa de exercícios planejados e regulares. Hall [12] ressalta que o aumento da flexibilidade ocorre mediante a aplicação de alongamentos de tendões, fâscias e músculos.

Segundo Deyne [13], a deformidade plástica dos tecidos expostos a tensões mecânicas pode ser explicada de acordo com as propriedades dos materiais; quando uma substância é exposta a uma força passiva, ela deforma-se de acordo com suas propriedades materiais, e quando uma força relativamente baixa é sustentada durante um longo período de tempo, a maioria de materiais deforma-se de uma maneira tempo dependente. Esta plasticidade é o resultado das propriedades viscoelásticas de quase todos os tecidos. Quando a força é aplicada em um curto período, o tecido retornará a seu comprimento original, também em uma maneira tempo dependente.

O alongamento só ocorre quando é mantida a tração por tempo suficiente para que haja a deformação do tecido conectivo [14]. Esse tempo deve ser consideravelmente longo, visto que a duração da tração é diretamente proporcional à capacidade de deformação viscoelástica do músculo [6]. Um alongamento de baixa força e longa duração otimiza mudanças plásticas no tecido, sempre que estas mudanças são induzidas ocorre uma reorganização molecular e enfraquecimento do tecido por um curto período, essa sobrecarga estimula o tecido a adaptar-se [15].

Segundo Marques [4], o exercício ativo excêntrico é aquele em que há aumento da tensão muscular obtido através da ativação das fibras musculares extra-fusais, e realização do movimento voluntário de alongamento do músculo. Esse exercício estimula a adição de sarcômeros em série, promovendo hipertrofia muscular e remodelação do tecido conjuntivo, por ser um exercício ativo e livre não promove lesões, quando respeita os limites morfofuncionais do indivíduo, sendo assim uma boa indicação para se obter alongamento de um determinado grupo muscular. Lynn e Morgan apud Deyne [13] descreveram a utilização da contração excêntrica no músculo para conduzir à geração de sarcômeros em série.

Os resultados apresentados neste estudo demonstraram que tanto a aplicação do alongamento excêntrico quanto da eletroestimulação associada ao alongamento excêntrico resultaram em deformidades plásticas do músculo contribuindo para o aumento da flexibilidade. A média inicial da técnica excêntrica foi de  $17,50 \pm 4,25^\circ$ , após a décima terapia observou-se uma elevação para  $24,30 \pm 3,43^\circ$ . A aplicação da eletroestimulação apresentou uma média inicial de  $18,10 \pm 2,28^\circ$  e final de  $24,30 \pm 3,65^\circ$ . Com a elevação da média final conclui-se que ocorreu uma elevação na flexibilidade muscular, com a aplicação do alongamento excêntrico e da eletroestimulação.

Feland *et al.* [16] avaliaram diferentes variáveis associadas ao alongamento, incluindo a força ou a intensidade, posicionamento, frequências, duração e repetição, e suas influências em maior ganho de amplitude de movimento. O estudo foi realizado em idosos de aproximadamente 65 anos, nos quais ocorreu um maior ganho de amplitude de movimento quando o tempo do alongamento foi maior, sendo que a intensidade, frequência e tempo de estiramento eram invariáveis para todos

os participantes. Relatam ainda que para ocorrer à mudança plástica do tecido conectivo o alongamento deve ser lento de baixa-intensidade e os estiramentos de longa-duração, para que não cause lesão muscular otimizando a eficácia da escala crescente do movimento.

Uma variedade de ganhos terapêuticos pode ser obtida estimulando-se eletricamente a contração muscular como: reeducação muscular, fortalecimento, retardo da atrofia, aumento da amplitude de movimento, e, bombeamento do sangue [17]. Nunes e Davini [18] utilizaram a estimulação elétrica nos músculos extensores da perna verificando a variação da força destes músculos. Contudo, a literatura disponível é pobre com relação à indicação desta forma terapêutica para o alongamento muscular. Segundo o informativo da KLD [19], o método de alongamento muscular associado a eletroestimulação oferece vantagens em relação aos demais métodos, pois enquanto o músculo é eletroestimulado há produção de calor pela contração muscular, fazendo com que no músculo aumente a temperatura durante o trabalho, produzindo um efeito positivo sobre a matriz de colágeno, tornando-o mais maleável.

Infere-se que a eletroestimulação apresentou resultados positivos em todos os participantes avaliados. Mas, apesar dos argumentos descritos, amplamente favoráveis a eletroestimulação [19], no aumento da flexibilidade em proporções efetivas, os resultados obtidos neste estudo, não mostraram que o alongamento através da técnica de eletroestimulação foi superior ao da técnica excêntrica.

## Conclusões

Pode-se concluir após a coleta e avaliação dos dados, que um treinamento de flexibilidade se aplicado corretamente é técnica eficaz para aumentar a amplitude de movimento de uma articulação. As duas técnicas de alongamento excêntrico apresentadas obtiveram bons desempenhos ao comparar com o grupo controle, sendo que ambas apresentaram resultados semelhantes, com respeito ao ganho de flexibilidade.

Sendo que ambas as técnicas quando bem orientadas podem ser realizadas periodicamente, não apenas como uma forma de terapêutica, mas também como prevenção na instalação de encurtamentos.

## Referências

1. Martin JM, Canavan PM. Fortalecimento e condicionamento: a criação de um plano. In: Canavan PK. Reabilitação em medicina esportiva um guia abrangente. São Paulo: Manole; 2001. p.1-17.
2. Krivickas L. Treinamento de Flexibilidade. In: Frontera WR, Danson DM, Slovik DM. Exercício físico e reabilitação. São Paulo: Artmed; 2001. p.95-114.
3. Kisner C, Colby L. Exercícios terapêuticos – fundamentos e técnicas. São Paulo: Manole; 1998.
4. Marques AP. Cadeias musculares, um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global. São Paulo: Manole; 2000.

5. Harrelson G, Dunm D. Amplitude do Movimento e Flexibilidade. In: Andrews J, Harrelson G, Wilk K. Reabilitação física das lesões desportivas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
  6. Tribastone F. Tratado de exercícios corretivos aplicados a reeducação postural. São Paulo: Manole; 2001.
  7. Alter MJ. Ciência da flexibilidade. São Paulo: Artmed; 1999.
  8. Watkins J. Estrutura e função do sistema músculo esquelético. Porto Alegre: Artmed; 2001.
  9. Kottke TF, Lehmann FJ. Tratado de medicina física e reabilitação de Krusen. São Paulo: Manole; 1994.
  10. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Músculos – provas e funções. São Paulo: Manole; 1995.
  11. Marques AP. Manual de goniometria. São Paulo: Manole; 1997.
  12. Hall SJ. Biomecânica básica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
  13. Deyne PG. Application of passive stretch and its implications for muscle fibers. *Phys Ther* 2001;81:819-27.
  14. Bruno AA, Masiero D, Costa LH, Botelho LA, Secco MF, Saad M, Wasserstein S, Chamilian TR. Meios físicos em reabilitação. In: Lianza et al. Medicina de reabilitação. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001. p.96-116.
  15. Enoka RM. Bases neuromecânicas da cinesiologia. São Paulo: Manole; 2000.
  16. Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, Fellingham GW, Measom GW. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther* 2001;81:1100-17.
  17. Hooker DN. Correntes elétricas estimulantes. In: Pentice WE. Modalidades terapêuticas em medicina esportiva. São Paulo: Manole; 2002. p.72-117.
  18. Nunes CV, Davini R. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular na atividade eletromiográfica e na força dos músculos extensores da perna [online]. 2000, 3 p. [citado 2005 Jun 28]. Disponível em: URL: <http://www.kweletronica.com.br/texto01.htm>.
  19. KLD. Estimulação elétrica para fortalecimento e alongamento muscular. Amparo: KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos; 1999.
-