

# EFEITOS DO “ELECTROSTRETCHING” NO SINAL ELETROMIOGRÁFICO DOS ISQUIOSTIBIAIS E NA AMPLITUDE DE MOVIMENTO.

*Livia Santos Sossai*

Especialista em Fisioterapia Dermato-Funcional (UGF-RJ)  
Especialista em Traumatologia-ortopedia (ISECENSA-RJ)  
[liviasossai@gmail.com](mailto:liviasossai@gmail.com)

*Jefferson da Silva*

Laboratório de Análise do Movimento/ISECENSA  
Mestre em Fisioterapia (UNITRI-UBERLÂNDIA/MG)

*Felipe Sampaio-Jorge*

Laboratório de Análise do Movimento/ISECENSA  
Mestre em Engenharia Biomédica pela UNIVAP-SP

## RESUMO

Exercícios de flexibilidade muscular e Estimulação Elétrica Neuromuscular (NMES) são frequentemente utilizados, nas terapias isoladas e/ou combinadas, visando fortalecimento, hipertrofia e reeducação muscular. Uma flexibilidade inadequada é fator contribuinte para lesões musculares, principalmente se tratando dos isquiotibiais. O estudo objetivou verificar, através da análise eletromiográfica, se a atuação do exercício de flexibilidade muscular, Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), assim como o “Electrostretching” (exercício de flexibilidade muscular associado à NMES), promovem alterações neurofisiológicas na musculatura isquiotibial e na amplitude de movimento articular (ADM). Em estudo experimental do tipo transversal intervencionista, 7 mulheres foram alocadas aleatoriamente em três grupos: Grupo A (Alongamento), Grupo A+R (Alongamento+Russa) e Grupo C (Controle). Todos os grupos realizaram coleta do sinal eletromiográfico através da CIVM e a Contração Submáxima (CSM), pré e pós tratamento, e biofotogrametria. O Grupo A realizou alongamento passivo dos isquiotibiais no membro dominante (MD). O Grupo A+R realizou alongamento associado à eletroestimulação no MD. O Grupo C (Controle) realizou a CIVM de 1 minuto e a CSM, bilateralmente. A ADM do MD (tratado) aumentou cerca de 10% nos Grupos A e A + R em relação ao pré e ao Grupo C ( $p < 0.05$ ). Na análise de força, o MD do Grupo C apresentou diminuição de 30 % no primeiro momento (0-15s) e de cerca de 15 % nos momentos subsequentes, quando comparado ao pré. No Recrutamento Motor do Bíceps Femural, o MD do Grupo A +R apresentou aumento de cerca de 40%, quando comparado ao pré. Já no Semitendinoso, nenhuma das pernas apresentou alteração. Dessa forma, pode-se verificar que tanto o Alongamento quanto Alongamento + Russa promovem ganho na ADM. No RMS, a realização do Alongamento + Russa proporciona maior grau de recrutamento do biceps femural. Somado ao achados, pela análise de força, pode-se postular que o alongamento contribui para a manutenção da performance após 1 minuto de CIVM.

**Palavras-Chave:** Alongamento, Estimulação Elétrica Neuromuscular, Eletromiografia, Amplitude de Movimento.

## ABSTRACT

Exercises for flexibility and muscular Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) are often used in isolated therapies and / or combined, aiming at strengthening, rehabilitation and muscle hypertrophy. A contributing factor is inadequate flexibility for muscle injuries, especially when dealing with the isquiotibiais. The study aimed to verify, through electromyographic analysis, if the performance of the exercise of flexibility muscle, contraction Isométric Voluntary Maximum (CIVM) and the "Electrostretching" (muscle exercise of flexibility associated with NMES), neurofisiológicas promote changes in muscle and isquiotibial in the range of motion articulate (ADM). In experimental study of the type cross interventionist, 7 women were randomly allocated into three groups: Group A (Stretching), Group

A + R (Stretching + Russian) and Group C (Control). All groups have held collection of electromyographic signal through the CIVM and contraction Submáxima (CSM), pre and post treatment, and biofotogrametria. The Group A place of passive stretching isquiotibiais the dominant member (MD) The Group A + R held elongation associated with electrostimulation in MD. The Group C (Control) held the CIVM of 1 minute and CSM, bilaterally. ADM of MD (treaty) increased by around 10% in Groups A and A + R in relation to pre and Group C ( $p < 0.05$ ). In the analysis of force, the MD of the Group C showed decrease of 30% for the first time (0-15s) and around 15% in the subsequent moments when compared to pre. In Recruitment Motor (RMS) of Biceps Femural, the MD of Group A + R showed an increase of about 40% when compared to pre. In the RMS Semitendinoso, none of the legs submitted amendment. Thus, one can see that both the Stretching as Stretching + Russian in promoting ADM. At RMS, the completion of Stretching + Russian provides greater degree of recruitment of the femoral biceps. Added to the findings, the analysis of force, one can postulate that stretching helps to maintain the performance after 1 minute of CIVM.

**Keywords:** Stretching, Neuromuscular Electrical Stimulation, Electromyographic, Range of Motion Articulate.

## INTRODUÇÃO

A perda da flexibilidade muscular caracteriza-se pela redução da capacidade de um músculo deformar-se, resultando na redução da Amplitude do Movimento Articular (ADM). Na área da reabilitação, a flexibilidade dos músculos isquiotibiais é um fator de fundamental importância no equilíbrio postural, na manutenção completa da ADM do joelho e do quadril, na prevenção de lesões e na otimização da função musculoesquelética (BRASILEIRO et al., 2007). Corroborando com este fato Gama et al (2007) sugere que a flexibilidade inadequada é um fator contribuinte para as lesões musculares, principalmente quando se trata dos músculos isquiotibiais.

A ação muscular excêntrica envolve tensão muscular durante o desenvolvimento do alongamento da musculatura envolvida, fornecendo um método de desaceleração da massa corporal (RYSCHON, 1997; VIJAYAN, 2001). Os músculos submetem-se a contrações excêntricas sempre que são usados como freios (WHITEHEAD, 2001). Um programa de exercício excêntrico confere proteção à musculatura após um evento de lesão ou sobre exercício semelhante que venha a ser realizado posteriormente. Através da contração excêntrica o efeito protetor é caracterizado por uma recuperação mais rápida da força muscular e amplitude de movimento (CHEN, 2007).

A flexibilidade muscular tem sido definida como a habilidade de um músculo alongar-se, permitindo à articulação mover-se através da sua amplitude de movimento (ADM) sem aplicar estresse na unidade músculo-tendínea (BRASILEIRO et al., 2007; COSTA et al., 2006). Propriedades teciduais como a elasticidade e plasticidade devem ser consideradas: a elasticidade é definida como a tendência de um tecido a retornar ao seu comprimento original após o alongamento passivo; a plasticidade é definida como a tendência de um tecido a assumir um comprimento maior após um alongamento passivo. Dependendo da quantidade de força aplicada, duração da força aplicada e temperatura, a magnitude da deformação elástica e plástica pode variar consideravelmente (COSTA et al, 2006). No que diz respeito à intensidade em que deve ser aplicada um treinamento de flexibilidade, resultados encontrados por Branco et al (2006) demonstram que, a informação do indivíduo em relação à sensação subjetiva de alongamento é confiável, reprodutível e eficiente, quando o alongamento é realizado no limite de tensão de desconforto sem dor. O intervalo existente entre a tensão de desconforto sem dor e o surgimento da dor é amplo o suficiente para permitir que o alongamento seja realizado entre estes dois limites de tensão, visando maximizar o ganho de flexibilidade. (BRANCO et al, 2006; MOFFAT e VICKERY, 2002).

A Estimulação Elétrica Neuro-Muscular (NMES, do inglês Neuro Muscular Electrical Stimulation) é uma forma de estimulação utilizada frequentemente em intensidades suficientemente altas que sejam capazes de produzir contrações musculares que favoreçam o fortalecimento e hipertrofia muscular, podendo ser aplicada ao músculo durante o movimento funcional ou sem que este esteja ocorrendo (LOW & REED, 2001; WARD, 2002; PIRES & GROSSO, 2002; KITCHEN, 2003). A sua utilização baseia-se teoricamente no fato da estimulação elétrica máxima conseguir recrutar, de forma sincronizada, todas as unidades motoras em um músculo; algo que não pode ser conseguido através da contração voluntária (ANDREWS et al., 2000; LOW & REED, 2001). Segundo Robinson & Snyder-Mackler (2001), durante a contração muscular voluntária as unidades motoras são recrutadas de uma forma dessincronizada, ou seja, as unidades motoras

não são todas ativadas ao mesmo instante no tempo; além disso, as suas frequências de descarga também não são todas as mesmas. Como descreve Starkey (2001), este padrão de recrutamento está invertido quando a estimulação elétrica comanda a contração muscular. A estimulação elétrica estimula os nervos motores de grande diâmetro do tipo II (mais superficiais) a se contraírem antes das fibras do tipo I de motoneurônios de menor diâmetro (mais profundas). Como as fibras do tipo II são capazes de produzir mais força, o vigor da contração aumenta. Dessa forma, com a estimulação elétrica seria permitida a ocorrência de contrações musculares mais fortes (LOW & REED, 2001). A estimulação elétrica pode conseguir contrações musculares como um complemento da atividade voluntária que esteja reduzida ou alterada por uma patologia, assim como também, na medicina esportiva como forma de potencialização muscular (AGNE, 2005; BRASILEIRO, 2002).

Atualmente, é possível verificar o ritmo de vida estressante e ao mesmo tempo sedentário da maior parte da população, assim como também verificar que, o sistema músculo esquelético é o que mais tem sofrido com toda essa sobrecarga e descuido. Recursos como o fortalecimento muscular, exercícios de flexibilidade muscular e Estimulação Elétrica Neuromuscular (NMES), têm sido largamente utilizados na prática fisioterapêutica, abrangendo várias áreas de reabilitação, como também de prevenção de fatores que possam vir a acometer o sistema músculo-esquelético. Sendo assim, torna-se necessária a realização de estudos que selecionem recursos e métodos fisioterapêuticos que permitam maior eficácia, rapidez e aperfeiçoamento nos protocolos de tratamento.

Diante do exposto acima, o presente estudo tem por objetivo verificar através da análise eletromiográfica, se a atuação de recursos fisioterapêuticos, tais como exercício de flexibilidade muscular, Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), assim como a forma combinada desses recursos, "Electrostretching" (exercício de flexibilidade muscular associado à NMES), promovem alterações neurofisiológicas na musculatura isquiotibial, assim como na amplitude de movimento articular. Além disso, propor uma nova abordagem terapêutica para o tratamento de encurtamento muscular, associando o exercício de flexibilidade muscular à eletroestimulação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Tipo de Pesquisa

Essa pesquisa classifica-se em experimental, ensaio clínico cruzado, do tipo transversal intervencionista.

### População e Amostra

A população do estudo foi formada por estudantes universitários, constituindo uma amostra de 7 alunos do ISECENSA, Campos dos Goytacazes, do sexo feminino, saudáveis, sedentários, com idade entre 18 e 29 anos.

### Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram considerados critérios de inclusão: indivíduos do sexo feminino, sedentárias, que não tenham praticado esportes e/ou alongamentos no período de seis meses anterior ao estudo; com idade variando entre 18 e 24 anos, massa entre 45 e 70 kg e estatura entre 150 e 175 cm.

Os critérios de exclusão do estudo presente foram: limitação do movimento articular por alterações, outras que não por retração muscular; história de fratura recente em tornozelo; dor intensa e aguda com 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 as bases para maiores capacidades funcionais, ou maior estabilidade articular; déficit de sensibilidade ou alteração da mesma; processo inflamatório ou infeccioso agudo (calor ou tumefação) nas articulações ou ao seu redor.

No dia de avaliação os participantes foram questionados sobre a prática de esportes e alongamentos, a existência de história de patologias como fraturas ou cirurgias recentes. A região da musculatura isquiotibial foi inspecionada à procura de cicatrizes cirúrgicas, assim como feridas abertas, escoriações de pele e presença de edema, indicativo de lesões locais, sendo que a presença de alguma das alterações citadas acima pôde resultar em exclusão imediata do indivíduo.

## Instrumentação

Para a eletroestimulação foi utilizado o Eletro-estimulador Neurodin, onde os eletrodos foram acoplados com gel Fisiogel e fixados com fita adesiva. A corrente foi modulada a um ciclo de 50%, com frequência burst de 100 Hz; com tempo de subida de 0,5 segundo, tempo *on* de 15 segundos, tempo de descida de 0,5 segundo e tempo *off* de 0,5 segundo.

Para a aquisição do sinal mioelétrico foi utilizado o Eletromiógrafo Miotool da Miotec Equipamentos Biomédicos e o software Miography. A coleta dos sinais foi feita através da eletromiografia de superfície com um Eletromiógrafo de 8 canais composto por um conversor A-D (Analogico-Digital) de 12 bits de resolução, interfaciado com um microcomputador Pentium II e um programa para a análise digital de sinais, AqDados 7.2.6. Os sinais foram coletados de forma sincrônica numa frequência de amostragem de 2000 Hz, com filtro de passa alta de 20 Hz e passa baixa de 500 Hz, com ganho de 20 vezes no eletromiógrafo e um Índice de Rejeição por Modulação Comum (IRMC) maior que 100 dB. O método usado para a análise quantitativa da amplitude do potencial elétrico durante as atividades foi o da raiz quadrada da média (RMS – Root Mean Square), expresso em microvolts ( $\mu\text{V}$ ).

Para a avaliação inicial dos sujeitos foram utilizadas: balança digital, fita métrica e câmera digital Sony 6.0 para a biofotogrametria. Também foram utilizados na preparação da pele para a coleta do sinal EMG: álcool a 70% para a limpeza, gilete para a tricotomia e lixa para a abrasão.

Para a aquisição biofotogrametria, o sujeito foi posicionado em um banco de RPG (Reeducação Postural Global). Uma cinta torácica e uma pélvica garantiram a estabilização dos segmentos não avaliados. Através da utilização de marcadores brancos em formato redondo foi realizada a marcação de pontos específicos previamente determinados: trocanter maior do fêmur, epicôndilo femural e maléolo lateral, bilateralmente.

Todos os sujeitos foram esclarecidos quanto às etapas do experimento através de um informativo e assinaram, de forma livre e esclarecida, um termo de consentimento conforme as Normas de Realização de Pesquisas em Seres Humanos (resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde de 10/10/1996).

## Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no período de três dias. Os voluntários foram submetidos a uma avaliação inicial referente à massa, estatura e idade. Dentro dessa avaliação também foi realizado, em cada voluntário, o teste do passo, com o intuito de verificar a dominância do membro inferior. Os indivíduos foram alocados aleatoriamente, por meio de sorteio, em três grupos: Grupo A (Alongamento), Grupo “Electrostretching” A+R (Alongamento + Russa) e Grupo C (Controle).

Antes e após os procedimentos todos os grupos foram avaliados pela biofotogrametria sendo analisada a amplitude de movimento articular bilateralmente, através de marcações previamente determinadas em: trocanter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral. O sujeito foi posicionado em decúbito dorsal em um banco de RPG (Reeducação Postural Global) com retroversão pélvica, quadril mantido a 90 graus, onde as tuberosidades isquiáticas permaneceram em contato com a parede, assim como os membros inferiores, de acordo com a possibilidade do sujeito, ou seja, de acordo com o seu grau de encurtamento muscular. Uma cinta torácica e uma pélvica garantiram a estabilização dos segmentos não avaliados. Em seguida foi solicitada ao voluntário uma dorsiflexão seguida de extensão dos membros inferiores, em contato com a parede, até o limite do seu encurtamento, ou seja, até que fosse percebida uma sensação de desconforto. Com o sujeito mantendo esse posicionamento foi realizada a biofotogrametria bilateralmente.

Para a coleta do sinal eletromiográfico a pele dos voluntários foi devidamente preparada com tricotomia, abrasão e álcool a 70% a fim de diminuir a impedância tecidual local. Os eletrodos foram posicionados em dois grupamentos da musculatura posterior de coxa: medial (semitendinoso) e lateral (bíceps femural), segundo o protocolo SENIAN. O eletrodo de referência foi colocado no maléolo lateral. Utilizando eletrodos ativos diferenciais simples de superfície de Ag-AgCl foram captadas as alterações mioelétricas do grupamento muscular posterior da coxa bilateralmente nos momentos pré e pós tratamento de acordo com cada grupo: EMG pré e pós no Grupo A, EMG pré e pós no Grupo “Electrostretching” A+R e EMG pré e pós no Grupo C.

O procedimento da coleta dos sinais mioelétricos, para todos os grupos, constou de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de 1 minuto dos músculos isquiotibiais bilateralmente, para

verificação do tempo de fadiga e geração de força, além de contrações submáximas (CSM) dos músculos isquiotibiais bilateralmente em 3 séries de 5 repetições livres, para avaliação funcional.

O grupo A (Alongamento) foi composto por 7 indivíduos que realizaram somente o alongamento passivo dos músculos isquiotibiais, no membro dominante, em 3 séries de 1 minuto com 15 segundos de repouso entre as séries.

O grupo “Electrostretching” A+R (Alongamento + Russa) foi composto por 7 indivíduos que realizaram a terapia combinada: alongamento passivo associado à eletroestimulação dos músculos isquiotibiais, no membro dominante. Utilizando o eletro-estimulador Neurodin, em dois grupamentos da musculatura posterior de coxa medial (semitendinoso) e lateral (bíceps femoral) a corrente foi modulada a um ciclo de 50%, frequência burst de 100Hz; com tempo de subida de 0,5 segundo, tempo *on* de 15 segundos, tempo de descida de 0,5 segundo e tempo *off* de 0,5 segundo. Ao mesmo tempo em que o sujeito estava sendo eletroestimulado estava também sendo alongado de forma passiva, em 3 séries de 1 minuto com 15 segundos de repouso entre as séries.

O grupo C (Controle) foi composto por 7 indivíduos que realizaram somente a Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) de 1 minuto e a Contração Submáxima (CSM) em 3 séries de 5 repetições livres, dos músculos isquiotibiais bilateralmente.

### Variáveis de Análise

Foram consideradas Variáveis Independentes do estudo: Exercício de Flexibilidade Muscular, Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), Contração Submáxima (CSM), Exercício de Flexibilidade Muscular associado à NMES (“Electrostretching”).

Foram consideradas Variáveis Dependentes do estudo: Sinal eletromiográfico (RMS e Frequência) e Distância angular.

### Tratamento de dados

Todos os dados foram normalizados pelo momento pré, garantindo assim o conhecimento da variação percentual das variáveis analisadas. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade ShapiroWilk e por acompanhar uma distribuição normal foi utilizado o teste t de “Student” para dados pareados e não pareados. O nível de significância adotado será de 5% ( $\alpha = 0,05$ ). Para os dados com medidas repetidas será utilizado ANOVA Oneway, e pós teste de Tukey.

### RESULTADOS

O presente estudo contou com uma amostra de 7 mulheres, sedentárias, com idade de  $20 \pm 3$  anos, massa de  $57,6 \pm 5,3$  Kg e estatura de  $163 \pm 3$  cm, destas 5 eram destros e 2 canhotas confirmados com o teste do passo.

A amplitude de movimento da perna dominante (tratada) aumentou cerca de 10% nos grupos Alongamento e Alongamento + Russa em relação ao pré e ao grupo Controle ( $p < 0,05$ ). Já na perna não dominante (não tratada) não se verificou ganho de ADM ( $p > 0,05$ ) (Figura 1).

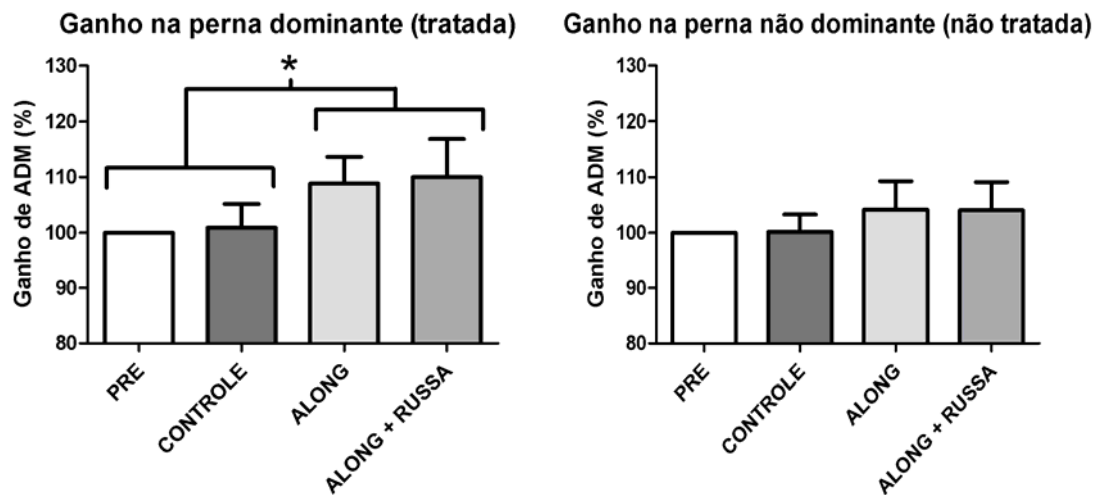


Figura1. **Análise do ganho de ADM na perna tratada e não tratada.** (\*) Aumento da ADM nos grupos Alongamento e Alongamento + Russa quando comparados ao pré e ao Grupo Controle ( $p < 0.05$ ). Já na perna não tratada não se verificou ganho de ADM ( $p > 0.05$ ).

No que se refere à análise de força (Kgf) da perna dominante (tratada) o Grupo Controle apresentou diminuição de 30 % no primeiro momento (0-15s) e de cerca de 15 % nos momentos subsequentes, quando comparado ao pré ( $p < 0.05$ ). Já na perna não dominante (não tratada) não se verificou alteração na força ( $p > 0.05$ ). (Figura 2).

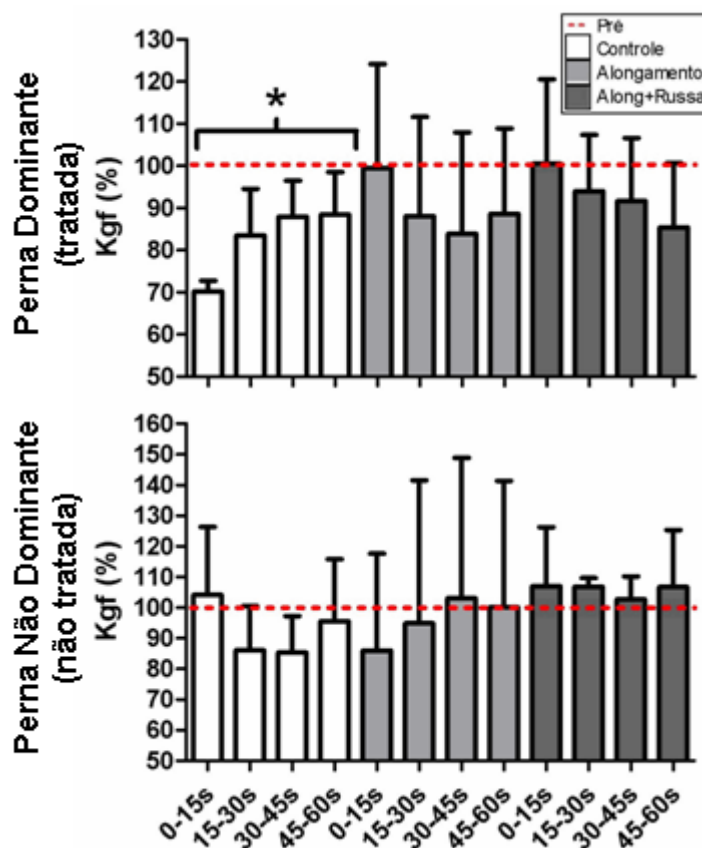


Figura 2. **Análise do Ganho de Força (Kgf) na perna dominante e não dominante.** (\*) Diminuição de força na perna dominante do Grupo Controle quando comparado ao pré ( $p < 0.05$ ). Já na perna não dominante não houve alteração na força. ( $p > 0.05$ ).

Na análise do Recrutamento Motor (RMS) do músculo Bíceps Femural, a perna dominante do Grupo Alongamento + Russa apresentou aumento do recrutamento motor de cerca de 40%, quando comparado ao pré ( $p < 0.05$ ). Já na perna não dominante não houve alteração no recrutamento motor ( $p > 0.05$ ). (Figura 3).

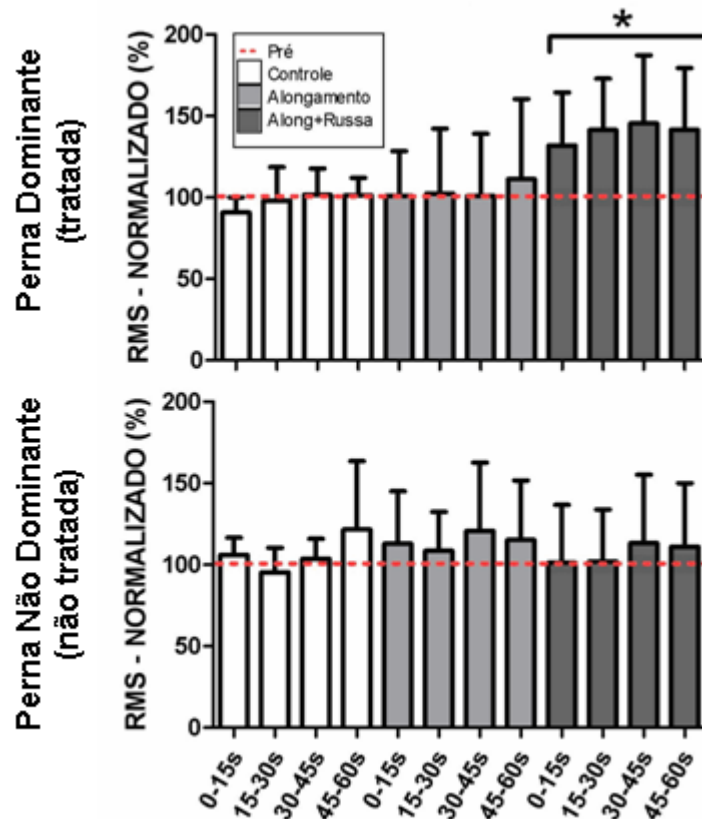


Figura 3. Análise do Recrutamento Motor (RMS) no músculo Bíceps Femural na perna dominante e não dominante. (\*) Aumento do recrutamento motor na perna dominante do Grupo Alongamento + Russa quando comparado ao pré ( $p < 0.05$ ). Já na perna não dominante não houve alteração no recrutamento motor. ( $p > 0.05$ ).

Já na análise do Recrutamento Motor (RMS) do músculo Semitendinoso, nenhuma das pernas apresentou alteração no recrutamento motor ( $p > 0.05$ ). (Figura 4).

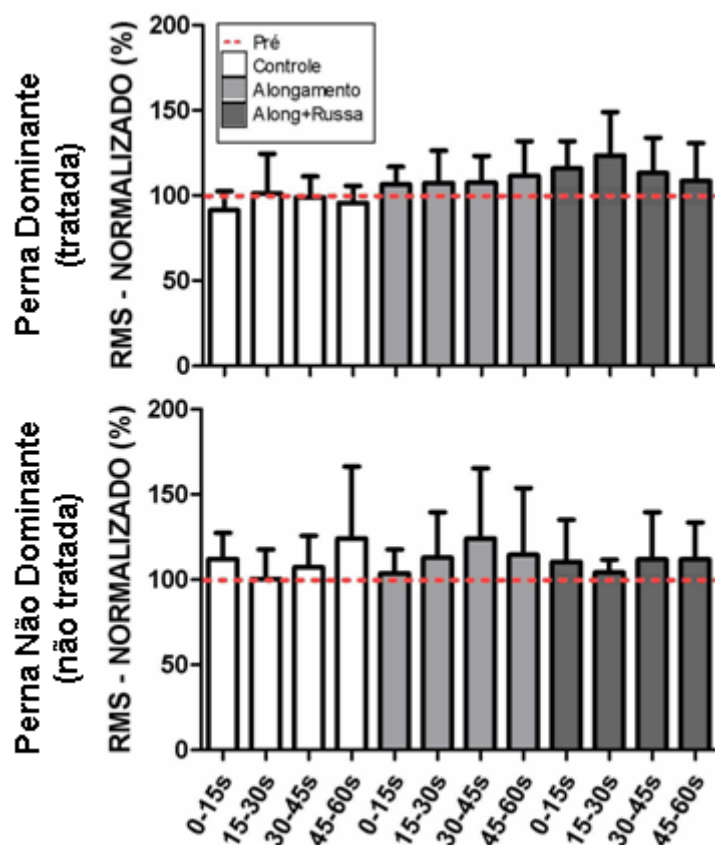


Figura 4. Análise do Recrutamento Motor (RMS) no músculo Semitendinoso na perna dominante e não dominante. Não houve alteração no recrutamento motor. ( $p > 0.05$ ).

## DISCUSSÃO

Objetivando reduzir os riscos de lesões, minimizarem dor muscular tardia e melhorar o desempenho muscular geral, os exercícios de flexibilidade muscular estão entre os mais comumente utilizados na reabilitação e na prática esportiva. No que se refere à reabilitação, a flexibilidade inadequada é um fator contribuinte para as lesões musculares, principalmente quando se trata dos músculos isquiotibiais (BRASILEIRO et al 2007, GAMA et al, 2007). Da mesma forma, a NMES tem sido frequentemente utilizada, com intensidades suficientemente altas capazes de produzir contrações musculares que favoreçam o fortalecimento e hipertrofia muscular, podendo ser aplicada ao músculo durante o movimento funcional ou sem que este esteja ocorrendo (LOW & REED, 2001; WARD, 2002; PIRES & GROSSO, 2002; KITCHEN, 2003). A base teórica para a sua utilização refere-se ao fato de que a estimulação elétrica máxima pode fazer com que todas as unidades motoras em um músculo sejam recrutadas de forma sincronizada, permitindo a ocorrência de contrações musculares mais fortes e, portanto maior hipertrofia muscular (LOW & REED, 2001).

O presente estudo procurou verificar através da análise eletromiográfica, se a atuação de recursos fisioterapêuticos, tais como exercício de flexibilidade muscular, Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), assim como a forma combinada dos recursos, "Electrostretching" (exercício de flexibilidade muscular associado à NMES), promovem alterações neurofisiológicas na musculatura isquiotibial, assim como na amplitude de movimento articular.

De acordo com os resultados obtidos e apresentados foi possível verificar que, no que se refere à análise da ADM, a amplitude de movimento da perna dominante (tratada) aumentou cerca de 10% nos grupos Alongamento e Alongamento + Russa, em relação ao pré e ao grupo Controle. Já na perna não dominante (não tratada) não se verificou ganho de ADM. Esses dados corroboram com os apresentados por Branco et al (2006), no que se refere à intensidade aplicada ao alongamento, os quais demonstram que a informação do indivíduo em relação à sensação subjetiva de alongamento é confiável, reprodutível e eficiente, quando o alongamento é realizado no limite de tensão de desconforto sem dor. Segundo Branco et al (2006) e Moffat e Vickery (2002) o intervalo existente entre a tensão de desconforto sem dor e o surgimento da dor é amplo o suficiente para permitir que o alongamento seja realizado entre estes dois



limites de tensão, visando maximizar o ganho de flexibilidade. Da mesma forma, no que se refere à relação entre número de séries e duração do exercício de alongamento, os dados apresentados neste estudo vão de encontro aos apresentados por Viveiros et al (2004), o qual, analisando diversos protocolos de alongamento, encontrou os melhores resultados, tanto para os efeitos agudos imediatos quanto para os tardios, utilizando estímulos em 3 séries, com duração de 60 segundos ou mais.

Segundo Gama et al (2007), 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. Entretanto, outras pesquisas revelam que a efetividade das técnicas de alongamento se deve mais às mudanças na tolerância do indivíduo ao alongamento do que às alterações na elasticidade dos músculos.

Segundo Costa et al (2006) duas importantes propriedades teciduais devem ser consideradas quando se refere à flexibilidade: elasticidade (definida como a tendência de um tecido a retornar ao seu comprimento original após o alongamento passivo) e plasticidade (definida como a tendência de um tecido a assumir um comprimento maior após um alongamento passivo). Dependendo da quantidade de força aplicada, duração da força aplicada e temperatura, a magnitude da deformação elástica e plástica pode variar consideravelmente. Segundo Enoka (2000), 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.

Nesse estudo, não houve diferença em relação à ADM entre os Grupos Alongamento e Alongamento + Russa. Em estudo desenvolvido por Matheus et al (2007) foram analisados os efeitos da NMES durante a imobilização do músculo gastrocnêmio, em posições de alongamento e encurtamento, em ratas fêmeas jovens Wistar por um período de 7 dias, sendo observado que, neste modelo experimental, a imobilização dos músculos em alongamento atrasou o processo de atrofia, e a estimulação elétrica, realizada durante a imobilização, contribuiu para a manutenção das propriedades mecânicas durante o período de imobilismo, principalmente no grupo imobilizado em alongamento e eletroestimulado.

Estudo desenvolvido por James et al (1997), utilizou um protocolo no qual o músculo latíssimo do dorso de coelhos foi submetido a eletroestimulação associada ao alongamento por 3 ou 6 semanas no intuito de medir in situ o desempenho mecânico dos músculos. A finalidade deste tratamento foi induzir hipertrofia muscular (através da extensão). Após 3 semanas de tratamento estes músculos estavam 44% mais pesados do que o controle, e após 6 semanas apenas 14% mais pesados. Dessa forma, foi possível verificar que o tratamento combinado aumentou a resistência à fadiga em maior grau do que quando utilizada a estimulação elétrica de forma isolada. Outro estudo realizado por Malisoux et al (2005) analisou, através de biópsia do músculo vasto lateral, o desempenho funcional e as propriedades contráteis das fibras musculares antes e após um programa de 8 semanas de esforço máximo utilizando um treinamento denominado ciclo de alongamento-encurtamento: "stretch-shortening cycle (SSC)", onde pode verificar que a realização desse tipo de treinamento a curto prazo realçou o desempenho da contração muscular através da força e da velocidade de contração das fibras do Tipo I, IIa e IIa/IIx, sugerindo, dessa forma, que esse tipo de treinamento seja eficaz para melhorar a força, velocidade e desempenho muscular.

Na análise do ganho de força (Kgf) foi observado que os indivíduos que fizeram parte do grupo controle tiveram diminuição da geração de força. Já os indivíduos que realizaram o protocolo de alongamento simples ou associado à eletroestimulação mantiveram seus índices de força. Com esse achado pode-se postular que o alongamento contribuiu para a manutenção da performance após 1 minuto de contração isométrica voluntária máxima.

Já na perna não dominante não se verificou alteração de performance em nenhum dos grupos. Esse fato pode ser explicado pela menor capacidade da perna contra-lateral de gerar força. Logo, a geração de força após a CIVM não foi alterada devido a baixa performance na primeira contração.

Segundo Nicola et al (2002) o treinamento com correntes elétricas aumenta de forma aguda a ativação neural dos músculos treinados. Em seu estudo foi verificado além do ganho eletromiográfico, ganho de torque, o que também pode justificar a manutenção da performance no grupo eletroestimulado. O aumento do recrutamento muscular presente nesse estudo corrobora com os achados citados. O não aumento do recrutamento no grupo somente alongado leva a crer que essas adaptações neurais estejam diretamente relacionadas à eletroestimulação.

## CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos nesse estudo é possível verificar que, tanto o Alongamento quanto o Alongamento associado à Russa, na musculatura isquiotibial, promovem ganho na amplitude de movimento articular. No que se refere ao recrutamento motor, a realização do protocolo de Alongamento associado à Russa proporciona um maior grau de recrutamento muscular do músculo bíceps femoral. Somado a esses achados, em se tratando de análise de força, pode-se postular que o alongamento contribui para a manutenção da performance após 1 minuto de contração isométrica voluntária máxima.

Os achados deste estudo são de grande importância, principalmente para a fisioterapia, uma vez que nos proporciona acréscimo de opções para diversos tipos de tratamento, sejam eles corretivos, curativos ou preventivos.

Dado o número de condutas utilizadas por este estudo sugere-se, futuramente, que outras técnicas e condutas possam ser utilizadas visando acrescentar informação ao corpo de conhecimento da fisioterapia.

## Agradecimentos

Agradeço aos meus colegas de turma Aline, Alice, Vinícius e Max pela companhia nessa trajetória.

## Referências Bibliográficas

AGNE J.E. Eletrotermoterapia: Teoria e Prática. Santa Maria: Orium, 2005.

ANDREWS R., HARRELSON G.L. & WILK K.E. Reabilitação Física das Lesões Desportivas. 2 ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2000. p. 61-95.

BRANCO, V. R., NEGRÃO FILHO, R. F., PADOVANI, C. R., AZEVEDO, F. M., ALVES, N., CARVALHO, A. C. Relação entre a tensão aplicada e a sensação de desconforto nos músculos isquiotibiais durante o alongamento. Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, v. 10, n. 4, p. 465-472, out./dez. 2006.

BRASILEIRO, J. S., CASTRO, C. E. S., PARIZOTTO, N. A. Parâmetros Manipuláveis Clinicamente na Estimulação Elétrica Neuromuscular (EENM). Fisioterapia Brasil. v. 3, n. 1, p. 16-24, 2002.

BRASILEIRO, J. S., FARIA, A. F., QUEIROZ, L. L. Influência do resfriamento e do aquecimento local na flexibilidade dos músculos isquiotibiais. Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 57-61, jan./fev. 2007.

CHEN, T.C., NOSAKA, K., SACCO, P. Intensity of eccentric exercise, shift optimum angle, and the magnitude of repeated-bout effect. J Appl Physio, v. 102, p. 992-999, 2007.

COSTA, L. O. P., COSTA, L. C. M., MENDES, P. L., CANÇADO, R. L., LARA, K. L., LIMA, M. D., POZZI, G. C. Efeitos do aquecimento por ultra-som e atividade física aeróbica na flexibilidade do tríceps sural humano – um estudo comparativo. Fisioterapia em Movimento, Curitiba, v.19, n.2, p. 19-24, abr./jun., 2006.

ENOKA R. M. Bases neuromecânicas da cinesiologia. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

GAMA, Z. A. DA S., MEDEIROS, C. A. DE S., DANTAS, A. V. R., SOUZA, T. O. Influência da frequência de alongamento utilizando facilitação neuromuscular proprioceptiva na flexibilidade dos músculos isquiotibiais. Rev Bras Med Esporte, v. 13, n 1, p. 33-38, Jan/Fev, 2007.

JAMES, R. S., COX, V. M., YOUNG, I. S., ALTRINGHAM, J. D., and GOLDSPINK D. F. Mechanical properties of rabbit latissimus dorsi muscle after stretch and/or electrical stimulation. *J. Appl. Physiol.* v.83, n.2, p. 398–406, 1997.

KITCHEN S. *Eletroterapia: Prática Baseada em Evidências*. 11 ed. São Paulo: Manole, 2003.

LOW J., REED A. *Eletroterapia Explicada: Princípios e Prática*. 3 ed. São Paulo: Manole, 2001. p. 69-133.

MALISOUX, L., FRANCAUX, M., NIELENS, H., and THEISEN, D. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *J Appl Physiol* v. 100, p. 771–779, 2006.

MATHEUS, J. P. C., GOMIDE, L. B., OLIVEIRA, J. G. P., VOLPON, J. B. e SHIMANO, A. C. Efeitos da estimulação elétrica neuromuscular durante a imobilização nas propriedades mecânicas do músculo esquelético. *Rev Bras Med Esporte*, Niterói, v. 13, n. 1, 2007.

MOFFAT M.; VICKERY S. *Manual de manutenção e reeducação postural*. São Paulo: Artmed, 2002.

NICOLA A. MAFFIULETTI, M. P., and MARTIN A. Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *J. Appl. Physiol.* v. 92, p.1383-1392, 2002.

PIRES, K. F.; GROSSO, D. B. Correlação entre a fadiga subjetiva e objetiva na eletroestimulação neuromuscular. *Fisioterapia Brasil*. v. 3, n.4, p. 216-222, 2002.

ROBINSON AJ & SNYDER-MACKLER L. *Eletrofisiologia Clínica – Eletroterapia e teste eletrofisiológico*. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

RYSCHON, T. W., FOWLER, M. D., WYSONG, R. E., ANTHONY, A.-R., AND BALABAN, R. S. Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *J. Appl. Physiol.* v. 83, n. 3, p. 867–874, 1997

STARKEY C. *Recursos Terapêuticos em Fisioterapia*. 1 ed. São Paulo: Manole, 2001.

VIJAYAN, K., THOMPSON J. L., NORENBURG K. M., FITTS R. H., AND RILEY D. A. Fiber-type susceptibility to eccentric contraction induced damage of hindlimb-unloaded rat AL muscles. *J. Appl. Physiol.* v. 90, p. 770–776, 2001.

VIVEIROS, L., POLITO, M. D, SIMAO, R. et al., 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*. v. 10, p. 459-463, 2004.

WARD, A. R., SHKURATOVA, N. *Russian Electrical Stimulation: The Early Experiments*. *Physical Therapy* . v. 82, n. 10, p. 1019-1030, October 2002.

WHITEHEAD, N. P., WEERAKKODY, N. S., GREGORY, J. E., MORGAN, D. L. AND PROSKE, U. Changes in passive tension of muscle in humans and animals after eccentric exercise. *Journal of Physiology*. v. 533, n. 2, p. 593–604, 2001.

