

EFEITOS DO AQUECIMENTO POR ULTRA-SOM E ATIVIDADE FÍSICA AERÓBICA NA FLEXIBILIDADE DO TRÍCEPS SURAL HUMANO – UM ESTUDO COMPARATIVO

Effects of Heating by Ultrasound and Aerobic Activity on Flexibility of the Human Triceps Surae – A Comparative Study

Leonardo Oliveira Pena Costa¹
Lucíola da Cunha Menezes Costa²
Polyana Leite Mendes²
Ricardo Lopes Cançado²
Karina Lima Lara²
Mariane Dutra Lima²
Giovanni Campos Pozzi²

Resumo

O objetivo deste estudo foi comparar o efeito do aquecimento do músculo tríceps sural humano *in vivo* sob a influência do ultra-som e da atividade física no cicloergômetro. Setenta e nove estudantes foram divididos aleatoriamente em três grupos (controle, ultra-som e bicicleta) e foi analisado o ganho de flexibilidade do movimento de dorsoflexão do tornozelo após o aquecimento seguido do alongamento do tríceps sural. A comparação dos três grupos mostrou uma forte tendência dos grupos aquecidos a conquistarem maiores amplitudes de movimento que o grupo controle. Os resultados deste estudo confirmam dados da literatura que analisaram as mesmas variáveis *in vitro*; além de constituir uma referência útil para aplicações clínicas e promover informações sobre os efeitos do aquecimento na flexibilidade.

Palavras-chave: Flexibilidade; Aquecimento; Ultra-som; Exercício.

Abstract

The objective of this study was to compare the effects of temperature by ultrasound and cycling on triceps surae muscle *in vivo*. Seventy nine students were allocated randomly in three groups (control, ultrasound and bicycle) and it was analyzed the improvements of flexibility on the dorsiflexion movement after heating followed triceps surae stretching. The comparisons of the three groups showed a strong tendency of the heated groups to reach more range of motion than the control group. The results of this study were supported by the studies *in vitro* of literature and could be a useful reference for clinical application and provide information about the effects of heating on flexibility.

Keywords: Flexibility; Heating; Ultrasound; Exercise.

¹ Professor do departamento de Fisioterapia da PUC Minas, Mestre em Treinamento Esportivo pela UFMG e Doutorando pela The University of Sydney.

² Fisioterapeutas graduados da PUC Minas – Câmpus Betim.

Correspondências: Rua Engenho de Dentro 507/702 Caiçara Belo Horizonte/ MG CEP 30775-480
leofisio@terra.com.br

Introdução

A flexibilidade tem sido um importante fator tanto em tratamentos fisioterapêuticos quanto na prática esportiva. Acredita-se que os exercícios de flexibilidade promovem melhorias do ponto de vista físico, postural e mental (1), porém não existem evidências de que a flexibilidade possa prevenir lesões (2). Chandler (3) definiu flexibilidade como sendo “a habilidade do movimento articular numa amplitude de movimento (adm) sem aplicar estresse na unidade músculo-tendínea”. Duas importantes propriedades teciduais devem ser definidas nos estudos de flexibilidade: elasticidade e plasticidade. A *elasticidade* é definida como a tendência de um tecido a retornar ao seu comprimento original após o alongamento passivo. *Plasticidade* é definida como a tendência de um tecido a assumir um comprimento maior após um alongamento passivo (4).

A magnitude da deformação elástica e plástica pode variar consideravelmente, dependendo da quantidade de força aplicada, duração da força aplicada e temperatura tecidual. Estudos clínicos conduzidos com animais têm demonstrado que a temperatura tecidual tem influenciado consideravelmente na extensibilidade do tecido conectivo, afetando, assim, a adm (5), porém os resultados desses estudos se referem somente a modelos *in vitro* (6-11).

Baseado nestas informações, o raciocínio clínico de aquecer e alongar torna-se evidente. Contudo, estudos comparativos sobre os efeitos separados e combinados do calor e alongamento na extensibilidade *in vivo* em humanos são bem escassos e com metodologias e agentes térmicos diversos (5, 12-14).

Os fisioterapeutas têm utilizado em sua prática clínica diversas formas de aquecimento superficial (bolsas quentes, parafina), profundo (ondas curtas, microondas, ultra-som) ou aquecimento por atividade física (contrações isométricas, isotônicas, atividade aeróbica). Este estudo utilizou como forma de aquecimento o ultra-som e exercícios aeróbicos no cicloergômetro.

O ultra-som é umas das modalidades terapêuticas mais utilizadas no tratamento de lesões de tecidos moles. As ondas ultra-sônicas

causam vibrações e colisões moleculares, aumentando a atividade molecular e, por conseqüência, o aumento da temperatura. A temperatura muscular deverá ser elevada no mínimo de 3 a 4 graus celsius para que haja aumento na capacidade de deformação tecidual (15).

O aquecimento proporcionado pela atividade física aeróbica está associado com aumento da circulação central e periférica, elevando, assim, a temperatura muscular. Alguns estudos foram realizados para mensurar a intensidade ideal da atividade física aeróbica para o aumento da temperatura do colágeno muscular (12, 16, 17). Estes estudos concluíram que apenas 15 minutos de atividade física aeróbica no cicloergômetro a 50 watts já são suficientes para causar sudorese, alcançando assim um aquecimento corporal significativo, proporcionando incremento nas adms associadas a exercícios de flexibilidade nas articulações dos membros inferiores.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito do aquecimento na flexibilidade do músculo tríceps sural humano *in vivo* sob a influência do ultra-som e da atividade física no cicloergômetro. Hipotetiza-se que os grupos que foram previamente aquecidos alcançarão maiores adms que o grupo controle.

Materiais e métodos

Setenta e nove estudantes de fisioterapia da pontifícia universidade católica de minas gerais – câmpus betim (55 mulheres e 24 homens) com idade média geral de $20,835 \pm 2,844$ anos participaram deste estudo (tabela 1). Após lido o termo de consentimento, os voluntários foram alocados aleatoriamente nos três grupos de intervenção (controle, bicicleta e ultra-som) por meio de envelopes lacrados e sem identificação. Os indivíduos que possuíam qualquer contra-indicação ao exercício físico descrito no ACSM *Guidelines* (18), além de feridas abertas, gravidez, fraturas de tibia e/ou fíbula e lesões musculares na região da panturrilha com menos de um ano de evolução foram previamente excluídos do estudo. Este estudo foi previamente aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da puc minas.

Tabela 1 – estatísticas descritivas da variável idade separada por grupo e sexo:

| Grupo | n | Média | Desvio Padrão |
|------------------------------------|----------|--------------|----------------------|
| Bicicleta | | | |
| Feminino | 24 | 21,042 | 3,368 |
| Masculino | 4 | 20,750 | 1,258 |
| Ultra-som | | | |
| Feminino | 12 | 22,250 | 3,790 |
| Masculino | 13 | 19,846 | 1,405 |
| Controle | | | |
| Feminino | 19 | 20,368 | 2,432 |
| Masculino | 7 | 20,857 | 2,410 |
| Geral | | | |
| Feminino | 55 | 21,073 | 3,196 |
| Masculino | 24 | 20,292 | 1,732 |
| Geral sem distinção de sexo | 79 | 20,835 | 2,844 |

As medidas goniométricas foram realizadas sempre por um mesmo examinador já previamente treinado. Esta medida foi realizada com o voluntário na posição de decúbito ventral com o joelho estendido, o examinador colocava o tornozelo em dorsoflexão passiva máxima. Um braço do goniômetro ficava fixo paralelamente à fíbula e o braço móvel foi colocado paralelamente ao quinto metatarso. Para facilitar a medida, este examinador traçou uma linha sobre estas referências anatômicas antes da primeira medida (figura 1). O examinador ficava numa sala à parte e os voluntários foram orientados a não comentar com o examinador em qual grupo de intervenção este foi alocado.

O exercício de flexibilidade para o tríceps sural foi realizado de forma ativa e estática em 4 séries de 30 segundos cada com intervalos de 10 segundos entre as séries (5, 14, 19), foi adotada uma posição padrão para todos os indivíduos e estes utilizaram uma rampa de 25 graus de inclinação para auxiliar o trabalho de flexibilidade, todos os procedimentos foram realizados de forma bilateral, ou seja, para cada indivíduo foram coletadas duas amostras (figura 2).

No grupo controle, os voluntários foram goniometrados, a seguir foram alongados e logo após foram goniometrados novamente.

No grupo bicicleta, os voluntários foram goniometrados, a seguir foram orientados a pedalar num cicloergômetro sem carga numa velocidade entre 15 e 20 km/h até perceberem sudorese, o tempo mínimo de permanência no cicloergômetro estabelecido foi de 15 minutos. A média de permanência dos voluntários foi de 18,36 minutos. A seguir os indivíduos foram alongados e logo após goniometrados.

No grupo ultra-som, os voluntários foram goniometrados e receberam 7 minutos de ultra-som (bioset-brasil) na junção miotendinosa do tendão de aquiles com dose de 1,5w/cm² a 1mhz, esta dose foi preconizada em estudos sobre aplicação de ultra-som “in vivo” na região da panturrilha (15, 20, 21) e foi utilizado como meio condutor gel de cloreto de sódio comercial (carci-brasil). A aplicação foi de característica semi-estacionária, movendo no máximo duas vezes a área de radiação efetiva do transdutor (área do transdutor = 2,5cm²) e a aplicação foi realizada de modo bilateral e simultânea, ou seja, foram utilizados dois aparelhos. A seguir os indivíduos foram alongados e após goniometrados. Os aparelhos de ultra-som foram previamente calibrados por empresa especializada (figura 3).

Análise estatística

Foram realizadas análises descritivas de sexo e idade por média e desvio padrão. Também de modo descritivo foi calculado o tempo médio de permanência no cicloergômetro.

Para a comparação entre as médias antes e após os procedimentos e os exercícios de flexibilidade, inicialmente foram realizados testes de normalidade de todos os resultados e todos os grupos se comportaram positivamente dentro dos testes de normalidade, permitindo, assim, utilizar o teste ANOVA *one-way* para perceber se há diferenças entre pelo menos um dos grupos. Após a verificação desta diferença foi utilizado o teste t de student para variáveis independentes para o cruzamento entre cada um dos grupos.

Foram aceitos como significativos valores $p < 0,05$. Foi utilizado para análise um estatístico cego que utilizou o pacote estatístico minitab para a realização dos testes.

Resultados

Os resultados apresentados mostraram não haver diferenças significativas nas medidas goniométricas pré e pós-flexibilidade quando as variáveis sexo ou dominância foram levadas em consideração, ou seja, não se notou diferenças entre homens e mulheres e entre pé direito e esquerdo.

Todos os grupos (controle, us e bicicleta) obtiveram aumento significativo de suas amplitudes de movimento, ou seja, o exercício escolhido foi suficiente para um ganho de amplitude de movimento, independente da modalidade de aquecimento escolhida (tabela 2).

Quando se compararam os grupos pela análise de variância, percebeu-se que não houve semelhança entre as médias (DP pooled = 2,794, $p = 0,000$) e as suposições de variância constante e de normalidade foram satisfeitas, ou seja, pelo menos uma das médias é diferente.

Foi então realizado um teste de comparação entre duas médias (t student para variáveis independentes) e foi identificado que o grupo bicicleta foi o que obteve as maiores amplitudes de movimento, seguido do grupo ultra-som e após o grupo controle com diferença significativa entre os grupos (tabela 3).

Tabela 2 - diferenças na goniometria antes e após cada procedimento

| GRUPO | n | Média das diferenças | DP | p |
|------------------|----------|-----------------------------|-----------|----------|
| Bicicleta | 56 | 7,482 | 2,911 | 0,000* |
| Ultra-som | 50 | 5,820 | 2,283 | 0,000* |
| Controle | 52 | 4,731 | 3,094 | 0,000* |
| Geral | 158 | 6,051 | 3,005 | 0,000* |

Tabela 3 - diferenças entre os grupos

| Grupos comparados | n | Médias das diferenças | DP | p |
|--------------------------|----------|------------------------------|-------------|----------|
| Bicicleta X US | 56 / 50 | 7,48 / 5,82 | 2,91 / 2,28 | 0,0007* |
| Bicicleta X Controle | 56 / 52 | 7,48 / 4,73 | 2,91 / 3,09 | 0,0000* |
| US X Controle | 50 / 52 | 5,82 / 4,73 | 2,28 / 3,09 | 0,0230* |

Discussão

O objetivo deste estudo foi comparar os aumentos da ADM de dorsoflexão do tornozelo sob a influência do ultra-som e do exercício físico. Na amostra de 79 indivíduos saudáveis, observou-se um aumento significativo da dorsoflexão nos três grupos, com diferença significativa entre eles.

O ganho significativo da ADM nos três grupos pode ser explicado pela escolha da técnica de alongamento que foi suficientemente eficaz no incremento da flexibilidade do músculo tríceps

sural, confirmando os resultados de williford et al. (5) e knight et al. (14). Esta mesma técnica não foi eficaz num estudo (19) que utilizou como referência os músculos isquiotibiais.

O grupo ultra-som alcançou valores significativamente maiores de ADM comparado ao grupo controle. A dosimetria, técnica de aplicação, a utilização de condutor adequado e a calibração do aparelho seguiram as recomendações dos estudos de draper (15, 20, 21) que, pela utilização de métodos invasivos, determinaram os padrões utilizados por este estudo. Apesar deste

trabalho não ter mensurado a temperatura tecidual, pode-se inferir que a aplicação do ultra-som proporcionou um aumento de temperatura ideal nas estruturas musculares, proporcionando relaxamento muscular e incremento na viscoelasticidade das estruturas inertes do tríceps sural, o que explicaria o ganho adicional de ADM em relação ao grupo controle. Estudos que utilizaram calor superficial e massagem não obtiveram os mesmos resultados (12, 14, 19), sendo que em um dos estudos (14) foi utilizado também o ultra-som com resultados compatíveis com este trabalho.

O grupo que realizou exercícios no cicloergômetro alcançou valores significativamente maiores que os grupos ultra-som e controle, respectivamente. Este resultado não se explicaria somente pelo efeito da temperatura tecidual proporcionado pelo exercício, mas também pela própria biomecânica do exercício escolhido neste trabalho, uma vez que ao pedalar, os músculos gastrocnêmio e sóleo realizam pequenos ciclos de encurtamento e alongamento. Outro fator que deve ser considerado é que a dissipação de calor deste grupo é mais lenta do que o grupo ultra-som, que recebeu aquecimento seletivo do tríceps sural, o que não foi possível no grupo que realizou o exercício no cicloergômetro. Estudos que utilizaram exercícios para analisar os efeitos do aquecimento tecidual na flexibilidade alcançaram resultados similares aos deste estudo, porém com diferentes tipos de exercícios, como, por exemplo: contrações ativas do tríceps sural (14), corridas (5) e exercícios no cicloergômetro (12).

Tanto neste estudo quanto nos demais artigos utilizados como referência para este trabalho não foram realizados os testes de confiabilidade do examinador, que realizou as mensurações, o que pode, de certa forma, ter influenciado os resultados. Sugere-se que nos próximos estudos este fator seja levado em consideração. Sugerimos também a utilização de estudos com outras formas de diatermia, outras técnicas de flexibilidade e em diferentes grupos musculares.

Agradecimentos

Ao professor alex guazzi e a professora denize, membros do ctc/puc mg pela consultoria metodológica e estatística deste trabalho.

Referências

1. Lardner r. Stretching and flexibility: its importance in rehabilitation. **Journal of bodywork and movement therapies** 2001;5:254-263.
2. Hill rh, weklon sm. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of literature. **Manual therapy** 2003;8:141-150.
3. Chandler tj. Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. **The american journal of sport medicine** 1990;18:24-30.
4. Wessling kc, devane da, hylton cr. Effects of static stretch versus static stretch and ultrasound combined on triceps surae muscle extensibility in healthy women. **Physical therapy** 1987;67:674-679.
5. Williford hn. Evaluation of warm up for improvement in flexibility. **The american journal of sports medicine** 1986;14(4):316-319.
6. Gersten jw. Effect of ultrasound on tendon extensibility. **American journal of physical medicine rehabilitation** 1955;34:362-369.
7. Lehmann jf. Heating of joint structures by ultrasound. **Archives of physical medicine and rehabilitation** 1968;49:28-30.
8. Lehmann jf, erickson dj, martin gm. Comparison of ultrasound and microwave diathermy in the physical treatment of periartitis of the shoulder. **Archives of physical medicine and rehabilitation** 1954;35:627-634.
9. Rigby bj. The effect of mechanical extension upon the thermal stability of collagen. **Biochimic and biophysical acta** 1964;79:634-636.
10. Warren cg, lehmann jf, koblasnski jn. Elongation of rat tail tendon: effect of load and temperature. **Archives of physical medicine and rehabilitation** 1971;52:465-474.
11. Reed bv. Effects of ultrasound and stretch on knee ligament extensibility. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 2000;30:341-347.
12. Möller mw. Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strength in the lower extremity. **Archives of physical medicine and rehabilitation** 1983;11(4):249-252.

13. Lespargot a, robert m, n. K. Etirement du triceps sural après réchauffement à 400 chez i'imc (stretching the triceps surae muscle after 400 c warming in patients with cerebral palsy). **Revue de chirurgie orthopédique** 2000;86:712-717.
14. Knight ca. Effect of superficial heat, deep heat, and active exercise warm-up on the extensibility of the plantar flexors. **Physical therapy** 2001;81:1206-1214.
15. Draper do. Temperature changes in deep muscles of humans ice and ultrasound therapies: an in vivo study. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 1995;21(3):153-157.
16. Hubley cl, kozey jw, stanish wd. The effect of static stretching exercises and stationary cycling on range of motion at the hip joint. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 1984;6(2):104-109.
17. Stewart ib, sleivert gg. The effect of warm up intensity on range of motion and anaerobic performance. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 1998;27(2):154-161.
18. ACSM. Acsm's guidelines for exercise testing and prescription. Baltimore: williams and wilkins; 1995.
19. Taylor bf, waring ca, brashear ta. The effects of therapeutics application of heat or cold followed by static stretch on hamstring muscle length. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 1995;21(5):283-286.
20. Draper do. A comparison of temperature rise in human calf muscles following applications of underwater and topical ultrasound. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 1993;17(5):247-251.
21. Draper do. Rate of temperature increase in human muscle during 1 mhz and 3 mhz continuous ultrasound. **Journal of orthopedic & sports physical therapy** 1995;4:142-150.

Lista de figuras:

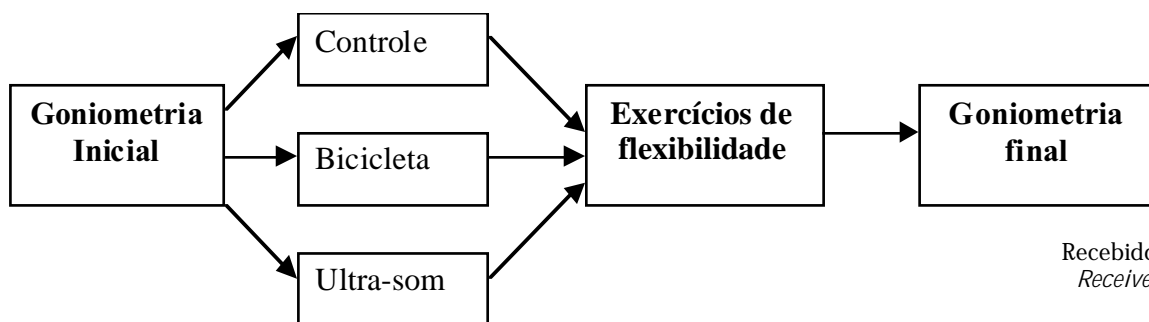
Figura 1. Posicionamento do goniômetro para mensuração da ADM.



Figura 2. Posicionamento padrão para o exercício de flexibilidade do tríceps sural.



Figura 3. Diagrama da execução dos procedimentos dos três grupos.



Recebido em: 02/02/2004
Received in: 02/02/2004

Aprovado em: 18/10/2005
Approved in: 10/18/2005