

## A influência do laser 830 nm no desempenho do salto de atletas de voleibol feminino

Thiago dos Santos Maciel, Jefferson da Silva, Felipe Sampaio Jorge, Renata Amadei Nicolau\*

**Resumo** **Introdução:** Estudos demonstram que laserterapia pode melhorar o desempenho muscular e retardar o processo de fadiga muscular. Contudo poucos estudos referem-se à quantificação do desempenho por meio da biofotometria. O objetivo desse estudo é verificar os possíveis efeitos da fototerapia em relação a atividade e fadiga muscular. **Métodos:** Foi realizado um ensaio clínico duplo-cego controlado randomizado com sete indivíduos adultos, atletas universitárias de voleibol feminino, saudáveis. A atividade muscular foi quantificada por meio da eletromiografia e os saltos pela biofotometria. A laserterapia (830nm, 30mW, 11J / ponto e 22 segundos) foi realizada no músculo tríceps sural a cada 3 cm<sup>2</sup> totalizando uma média de 20 pontos. Empregou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para análise da distribuição dos dados. **Resultados:** Após o teste de normalidade o teste t-Student foi aplicado, considerando-se um nível de significância de 5% (p < 0,05). Não foi observada influência do laser em relação às variáveis estudadas. **Conclusão:** Apesar de muitos estudos demonstrarem a correlação da fototerapia com a atividade muscular e fadiga, este estudo não apontou qualquer correlação da laserterapia com a atividade e fadiga muscular.

**Palavras-chave** Laserterapia, Biofotometria, Desempenho muscular, Atividade muscular, Fadiga.

## The influence of the 830 nm laser on the jump performance of female volleyball athletes

**Abstract** **Introduction:** Studies show that laser therapy can increase muscle performance and delay the process of muscle fatigue. However, few studies have reported photogrammetry as a tool to analyze muscle performance. The objective of this study was to assess the possible effects of phototherapy in relation to activity and muscle fatigue. **Methods:** We performed a crossover, randomized, double-blind, controlled trial with seven healthy female volleyball players. The muscle activities were quantified through electromyography, and jumps were quantified through photogrammetry. Laser therapy (830 nm, 30 mW, 11 J per point and 22 seconds) was carried out on 3 cm<sup>2</sup> triceps surae muscle for an average of 20 points. The Kolmogorov-Smirnov test was used to analyze data distribution. **Results:** After testing for normality, the Student t test was applied, considering a significance level of 5% (p < 0.05). The laser had no effect with respect to the variables studied. Interestingly, a significant difference in motor recruitment values of the lateral gastrocnemius muscle was observed during plantarflexion movement. **Conclusion:** Although many studies have shown a correlation of phototherapy with muscle activity and fatigue, this study found no correlation of laser therapy with muscle activity or fatigue.

**Keywords** Laser therapy, Photogrammetry, Muscle performance, Muscle active, Fatigue.

## Introdução

O salto apresenta grande importância no voleibol e outros esportes como o basquetebol, futebol, handball, saltos de longa distância, dentre outras modalidades esportivas. No voleibol o salto vem se tornando um recurso cada vez mais importante, devido à evolução dos aspectos técnico, tático e físico. A rotina exaustiva de treino e jogos, associado ao tempo reduzido de descanso, facilita o aparecimento da fadiga muscular e até mesmo de lesões musculares e articulares (Place *et al.*, 2010; Rocha e Barbanti, 2007).

A fadiga muscular funciona como processo de defesa do nosso organismo na tentativa de impedir que as reservas de energia do corpo se esgotem. A fadiga muscular pode ser caracterizada pela redução dos níveis de força, durante ou após um exercício físico (Ascensão *et al.*, 2003; Wilmore *et al.*, 2010). O mecanismo de fadiga pode estar relacionado com alterações funcionais da musculatura e principalmente por reações bioquímicas locais ao se realizar algum tipo de tarefa com certo grau de esforço, isto ocorre quando o exercício é de alta intensidade ou devido à estimulação tetânica (Guyton e Hall, 2006; Moreira *et al.*, 2010).

Estudos recentes relatam que a fototerapia pode retardar o desenvolvimento da fadiga muscular em exercícios físicos de alta intensidade (Kelencz *et al.*, 2010; Leal Junior *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2009). O laser terapêutico tem sido utilizado como recurso contra a fadiga muscular nos últimos anos (Baroni *et al.*, 2010). A terapia com laser no infravermelho próximo, pré-atividade física de alta intensidade, pode facilitar a remoção de lactato sanguíneo e com isso reduzir os danos musculares, proporcionando melhor desempenho dos atletas durante suas atividades (Baroni *et al.*, 2010).

No voleibol os atletas utilizam o recurso do salto frequentemente e no momento de propulsão do salto, o tríceps sural é bastante recrutado. A musculatura do tríceps sural é formada pelo sóleo, gastrocnêmio medial e gastrocnêmio lateral (Netter, 2000; Sobotta, 2006), sendo que o sóleo apresenta predominantemente fibras musculares do tipo tônicas e os gastrocnêmios fásicas (Johnson *et al.*, 1973).

O objetivo desse estudo é verificar os possíveis efeitos da fototerapia em relação à atividade e fadiga muscular

## Métodos

O presente estudo foi realizado no laboratório de análise do movimento da clínica escola Maria Auxiliadora em Campos dos Goytacazes - RJ. Foram estudados sete indivíduos adultos, atletas universitárias de voleibol

feminino do ISECENSA, praticantes de voleibol por um tempo mínimo de 5 anos e rotinas de 3 treinos semanais. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres humanos, do ISECENSA, nº 0011.0.413.000-08.

Critério de inclusão: atletas de voleibol feminino, com idade entre 18 a 27 anos, normotensos, eunênicos e normocárdios.

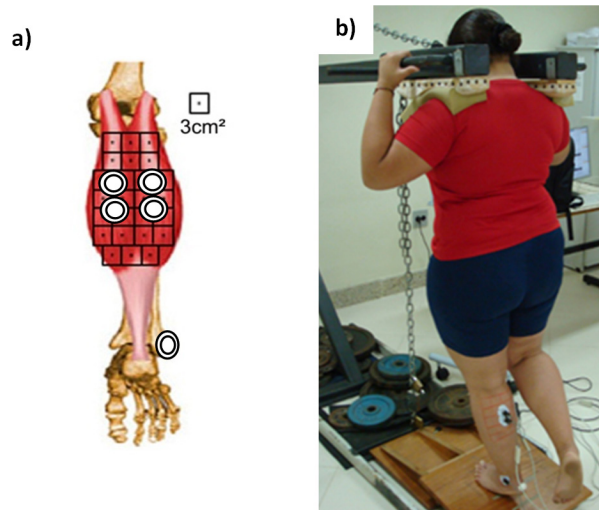
Critério de exclusão: atletas com lesão aguda nas articulações envolvidas durante o salto (coxofemorais, joelho e tornozelo) e também atletas com qualquer relato de lesão neuromuscular.

Para avaliar o nível de força e a fadiga muscular, empregou-se uma célula de carga, acoplada a um dinamômetro para exercício em cadeia cinemática fechada e um eletromiógrafo (Miotool 400, Miotec-Brasil) (Figura 1). Os eletrodos foram posicionados de acordo com o protocolo SENIAM (European..., 1999), nos pontos de maior volume muscular. Previamente ao posicionamento dos eletrodos a pele da região do músculo gastrocnêmio foi tricotomizada e submetida a uma fricção com álcool (70%). Os pontos de irradiação foram delimitados conforme Figura 1.

Para mensurar a altura e a distância dos saltos foi utilizada uma câmera digital (Cybershot 8.1 Mega pixel, Sony-Japão). para realização de filmagens. Como auxílio do simetrógrafo, foi realizada a calibração das imagens adquiridas através de filmagem, tendo como referência os quadrantes com medida de 10 cm<sup>2</sup> (Figura 2). As análises das fotos foram realizadas com o auxílio dos programas VirtualDub (versão 1.7.6, Microsoft-Estados Unidos) e CorelDraw (versão 12, Corel-Canada). Os sinais eletromiográficos foram analisados com auxílio dos programas Miotec (versão 2.0, Miotec-Brasil) e Origin (versão Pro 7.0, OriginLab-Estados Unidos).

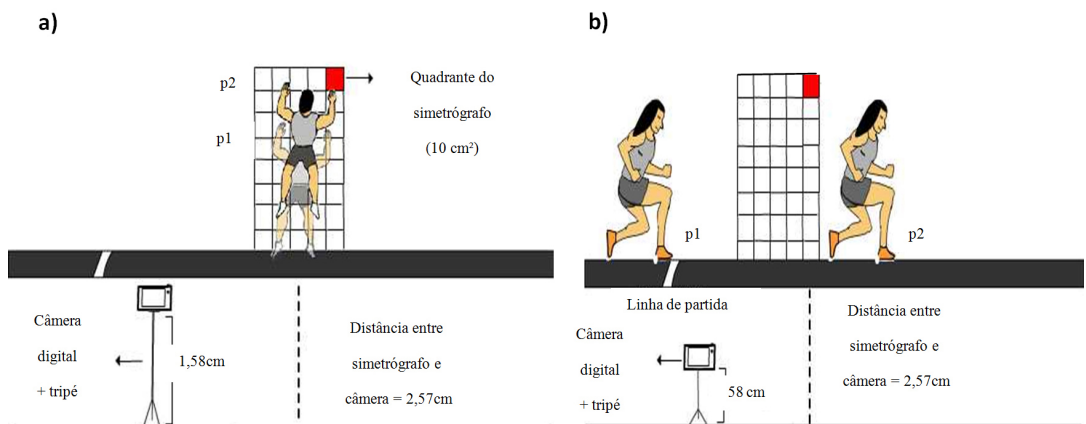
Para a determinação do membro inferior dominante foi realizado um teste de dominância lateral deslocando-se o centro de gravidade para frente. Para confirmação do membro inferior dominante, o teste foi realizado com 3 vezes consecutivas (Winter, 2004). A Figura 2 ilustra o esquema experimental no qual foi realizado o salto horizontal (unipodal, com o membro inferior dominante) e o salto vertical (bipodal). Utilizou-se um isopor semiesférico fixado na tuberosidade calcânea como ponto de referência.

Foram realizados três saltos horizontais com o membro inferior dominante e três saltos verticais simulando o bloqueio (Figura 2). Em seguida a atleta foi orientada a realizar o movimento de plantiflexão no dinamômetro de cadeia cinemática fechada (Figura 1), mantendo uma isometria de um minuto, repetiu-se três vezes o exercício, com um minuto de intervalo. Após o exercício de isometria era realizado o tratamento



**Figura 1.** a) Posicionamento dos eletrodos no músculo gastrocnêmio e no maléolo lateral (European..., 1999), e delimitação dos pontos de irradiação a cada 3 cm<sup>2</sup>, recobrendo toda a musculatura tratada. Número de pontos » 20. b) Análise eletromiográfica do músculo gastrocnêmio, em exercício de plantiflexão unilateral em cadeia cinemática fechada.

**Figure 1.** a) Positioning of the electrodes in the gastrocnemius muscle and the lateral malleolus (European..., 1999), and delimitation of the irradiation points every 3 cm<sup>2</sup>, covering all muscles treated. Number of points » 20. b) Electromyographic analysis of the gastrocnemius muscle in exercise of one foot in plantar flexion in closed kinematic chain.



**Figura 2.** a) Esquema experimental para mensuração da altura atingida pela atleta durante o salto vertical, entre o ponto inicial (p1) e o ponto final (p2). b) Esquema experimental para mensuração da distância atingida pela atleta durante o salto horizontal e vertical entre o ponto inicial (p1) e o ponto final (p2).

**Figure 2.** a) Experimental scheme for measuring the height achieved by the athlete during the vertical jump, between the starting point (p1) and the end point (P2). b) Scheme for the experimental measurement of the distance achieved by the athlete during the horizontal and vertical jump between the starting point (p1) and the end point (P2).

placebo ou laser, definido por meio de randomização. Após 48 horas a mesma voluntária foi submetida ao mesmo procedimento, porém com recebimento do segundo tratamento placebo ou laser. Utilizou-se nesse experimento o laser (Geração 2000, Ibramed-Brasil) no modo de emissão contínuo com os seguintes parâmetros de irradiação:

- Comprimento de onda = 830 nm;
- Potência = 30 mW;
- Densidade de potência = 0,25 W/cm<sup>2</sup>;

- Energia por ponto = 11 J;
- Densidade de energia = 5,68 J/cm<sup>2</sup>;
- Área do feixe = 0,12 cm<sup>2</sup>;
- Tempo de irradiação por ponto = 22 segundos.
- O número de pontos irradiados na região do músculo gastrocnêmio medial e lateral foi de aproximadamente 20.

Tanto o operador quanto a voluntária não sabiam se o equipamento de laser estava ligado ou não, estabelecendo-se assim um protocolo duplo-cego

controlado randomizado. Imediatamente após o tratamento (placebo ou laser) as voluntárias realizaram os três saltos horizontais seguido dos três saltos verticais. Logo após os saltos, as atletas foram reencaminhadas para o exercício de plantiflexão em cadeia cinemática fechada com isometria de um minuto (Figura 3).

A análise da fadiga muscular foi estabelecida de acordo com a redução do pico de força em 50%. Levou-se em consideração o pico de força máximo (N) atingido pela voluntária durante a contração isométrica e o momento que houve a redução de 50% do pico de força.

Os dados foram analisados com o auxílio do programa GraphPad Prism v. 5.0, empregando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para análise da distribuição dos dados. O teste *t-Student* foi aplicado devido à distribuição gaussiana dos dados, considerando-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

A amostra formada por sete atletas de voleibol feminino do ISECENSA apresentou as seguintes características antropométricas (Tabela 1): idade média de  $22,57 \pm 3,82$  anos, altura média de  $1,73 \pm 0,07$  m, massa corporal média de  $81,4 \pm 11,19$  kg, IMC de  $25,55 \pm 5,94$ , que participavam frequentemente de jogos universitários.

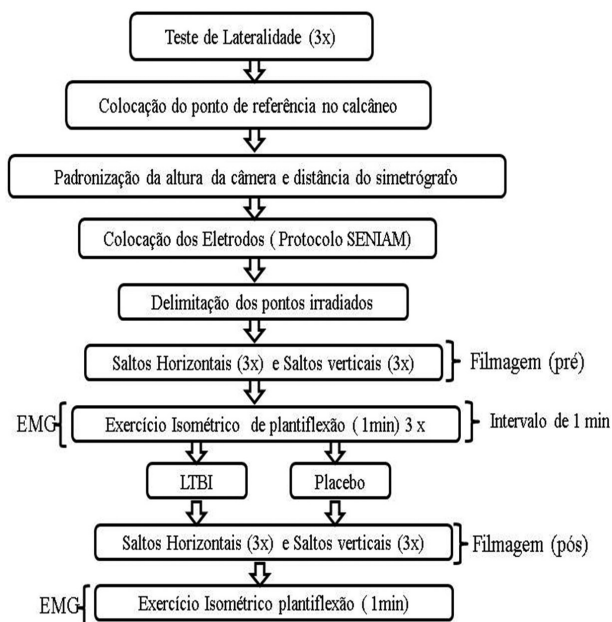
**Salto horizontal:** Não foi observada diferença significativa na distância de salto horizontal das voluntárias (Tabela 2) tanto no pós-tratamento placebo ( $p = 0,1484$ ) quanto na distância de salto horizontal das voluntárias pós-tratamento com laser ( $p = 0,2813$ ).

**Salto vertical:** Não foi observada diferença significativa na distância de salto vertical das voluntárias (Tabela 2) tanto no pós-tratamento placebo ( $p = 0,2188$ ) quanto na distância de salto vertical das voluntárias pós-tratamento com laser ( $p = 0,1094$ ).

**Pico de Força:** Não foi observada diferença significativa no pico de força durante o movimento de plantiflexão das voluntárias (Tabela 2) tanto no pós-tratamento placebo ( $p = 0,1875$ ) quanto no pico de força durante o movimento de plantiflexão pós-tratamento com laser ( $p = 0,4219$ ).

**Tempo de fadiga:** Não foi observada diferença significativa no tempo de fadiga durante o movimento de plantiflexão (Tabela 2) tanto no pós-tratamento placebo das voluntárias ( $p = 0,1875$ ) quanto no tempo de fadiga pós-tratamento com laser ( $p = 0,2188$ ). O tempo de fadiga foi calculado considerando a redução de 50% do pico máximo de força muscular alcançado pelas voluntárias no movimento de plantiflexão.

**RMS Gastrocnêmio Medial:** Não foi observada diferença significativa nos valores RMS do gastrocnêmio medial durante o movimento de plantiflexão tanto no pós-tratamento placebo das voluntárias ( $p = 0,2344$ ) quanto no tempo de fadiga pós-tratamento com laser ( $p = 0,1563$ ).



**Figura 3.** Fluxograma dos procedimentos realizados para exercícios, terapia e coleta de dados.  
**Figure 3.** Flowchart of the procedures performed for exercises, therapy, and data acquisition.

**Tabela 1.** Dados antropométricos das voluntárias.  
**Table 1.** Anthropometric data of the volunteers.

Voluntárias	Altura	Massa Corporal	Idade	IMC
1	1,80	65,00	24	20,06
2	1,72	70,20	18	23,73
3	1,60	89,00	18	34,77
4	1,69	52,20	25	18,28
5	1,75	75,00	27	24,49
6	1,70	92,00	26	31,93
7	1,83	86,00	20	25,69
Média	1,73	81,40	23	25,55
DP	0,08	11,19	3,82	5,94

IMC- Índice de Massa Corporal, DP – Desvio padrão.

**Tabela 2.** Resultados individuais do efeito da laserterapia de baixa intensidade sobre os saltos horizontal e vertical, pico de força, tempo de fadiga e RMS dos músculos gastrocnêmico medial e lateral.

**Table 2.** Results of the effect low level laser therapy on the horizontal and vertical jump, peak force, fatigue time and RMS of the lateral and medial gastrocnemius muscles.

Voluntária	Salto Horizontal (cm)			Salto Vertical (cm)			Pico de Força (N)			Tempo de Fadiga (s)			RMS GM (µV)			RMS GL (µV)		
	C	P	L	C	P	L	C	P	L	C	P	L	C	P	L	C	P	L
	1	1,4	1,3	1,3	0,5	0,4	0,4	637,4	931,6	205,9	42,5	30,0	21,0	61,8	4,0	68,6	84,3	102,9
2	1,5	1,4	1,4	0,5	0,6	0,5	661,9	294,2	843,4	12,0	2,0	14,0	71,7	4,3	62,1	68,4	56,1	78,2
3	1,3	1,3	1,3	0,6	0,6	0,5	1073,8	872,8	902,2	43,5	40,0	60,0	156,7	139,9	56,1	128,6	116,1	98,1
4	1,8	1,8	1,9	0,5	0,5	0,5	1211,1	1206,2	1098,3	50,0	59,0	59,0	103,3	121,1	99,6	132,3	159,2	134,0
5	1,6	1,5	1,5	0,4	0,5	0,5	534,5	392,3	686,5	13,0	6,0	18,0	99,2	89,5	97,1	69,8	107,7	109,6
6	1,4	1,3	1,4	0,5	0,5	0,4	784,5	676,7	892,4	24,5	22,0	35,0	71,0	74,6	71,8	138,6	170,9	93,2
7	1,6	1,8	-	0,5	0,5	-	1010,1	1068,9	-	15,0	19,0	-	51,8	78,7	-	56,7	87,9	-
Média	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	844,8	777,5	771,5	28,6	25,4	34,5	87,9	73,2	75,9	96,9	114,4*	98,0
DP	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	255,1	340,0	306,9	16,3	19,7	20,6	35,6	52,6	18,2	34,9	39,8	21,8

C- Controle, P – Placebo, L- Laser, RMS – Root Mean Square, GM – Gastrocnêmio medial, GL – Gastrocnêmio Lateral, DP – Desvio padrão.

\*p<0,05 vs controle.

RMS Gastrocnêmio Lateral: Observou-se diferença significativa nos valores RMS do gastrocnêmio lateral durante o movimento de plantiflexão (Tabela 2) pós-tratamento placebo das voluntárias ( $p = 0,0391$ ), enquanto que pós-tratamento com laser não houve diferença significativa ( $p = 0,3438$ ).

## Discussão

Diversos recursos são utilizados na tentativa de retardar o processo de fadiga muscular, tais como uso de suplementos a base de vitamina C, Arginina e Creatina. A laserterapia de baixa intensidade (LTBI) na prevenção de fadiga muscular vem sendo amplamente utilizada, entretanto mecanismos biológicos que fundamentam os resultados positivos observados em estudos clínicos ainda não são claros (Komatsu *et al.*, 2008). Estudos demonstram que a LTBI pode retardar o processo de fadiga muscular devido ao aumento da microcirculação local, impedindo que ocorra uma isquemia local, além de melhorar a função mitocondrial

em células musculares, e reduzir dos níveis séricos de CK e lactato. A LTBI pode promover um efeito de proteção músculo-esquelético, podendo ser utilizada como tratamento preventivo de lesões musculares (Leal Junior *et al.*, 2009, 2010; Ramos *et al.*, 2012). Segundo Lopes-Martins *et al.* (2006) a LTBI pode, além de adiar o processo de fadiga, melhorar a performance muscular aumentando o pico de força. Estudos mostram que a fototerapia pode aumentar as atividades musculares, devido ao aumento da neurotransmissão, elevação do gradiente iônico e aumento da energia intracelular. Devido à musculatura do tríceps sural estar diretamente envolvida na propulsão do salto, hipotetizamos que os efeitos fisiológicos aportados à TLBI no tecido muscular pudessem influenciar no desempenho muscular das atletas em relação ao salto e a fadiga. A biofotometria tem sido utilizada para avaliação postural em análise angular (Sacco *et al.*, 2007) e análise linear (altura) (Trevisan *et al.*, 2006). Neste estudo foram realizadas filmagens com parâmetros de distância e altura da câmera padronizada para

mensurar a distância alcançada pelas atletas nos saltos vertical e horizontal, e em seguida foi realizada a biofotometria.

Diversos estudos demonstram o efeito da fototerapia no processo de retardo da fadiga muscular, porém devem-se levar em consideração os parâmetros utilizados durante a irradiação. Entretanto, no presente estudo não foi observada alteração na atividade muscular (RMS, pico de força) após a LTBI. Não se observou alteração no tempo de fadiga pós-LTBI. No grupo pós-terapia placebo curiosamente foi observado um aumento nos valores de RMS em relação ao grupo controle. De acordo com Dourado *et al.* (2004) o placebo é uma simulação da terapia médica, sendo que aproximadamente um terço das pessoas apresentam resposta à terapia placebo. Determinadas pessoas são mais propícias à terapia placebo, principalmente as ansiosas. Segundo Greene *et al.* (2009) o placebo é um fenômeno fisiológico, podendo ser mensurado por análises de imagens do cérebro. A amostra foi composta por atletas universitárias amadoras, que participavam de torneios universitários frequentes, porém algumas apresentavam sobrepeso devido à falta de acompanhamento nutricional. O IMC médio foi de  $25,55 \pm 5,94$ . Este pode ter sido um dos fatores limitantes da terapia, considerando que o tecido adiposo pode estar em maior concentração e gerar espalhamento exacerbado na hipoderme, atenuando o efeito da fototerapia em camadas mais profundas (tecido muscular e ósseo) (Chavantes, 2009). O valor de IMC acima do normal pode ser um critério de exclusão a ser adotado em estudos semelhantes.

Rocha *et al.* (2008) utilizaram a LTBI com parâmetros semelhantes aos empregados no presente estudo e verificaram a influência da terapia no aumento da MDF do músculo gastrocnêmio medial e desempenho do salto horizontal unipodal em atletas de handball do gênero masculino, porém no mesmo estudo não foi observado alterações nos valores de RMS e na força muscular no movimento de plantiflexão. Segundo Nicolau *et al.* (2004), em um estudo *ex vivo*, a LTBI no infravermelho (830 nm, 2,4 J, 86 mW, 0,4 W/cm<sup>2</sup>, 28 segundos/ponto x 3 pontos, 2,41 J/ponto) causou uma redução no potencial de placa evocado, provavelmente devido a redução na liberação de acetilcolina. Contrariamente, em um estudo clínico, De Almeida *et al.* (2011) verificaram a laserterapia no infravermelho (830 nm, 50 mW, 17,85 W/cm<sup>2</sup>, 100 segundos/ponto x 4 pontos, 5 J/ponto) promove aumento do pico de força do músculo bíceps braquial em atletas quando comparado a laserterapia no vermelho (660 nm). Segundo Johnson *et al.* (1973) no músculo bíceps braquial há uma predominância de fibras musculares do tipo II (49,3% a 66,2%), assim como o gastrocnêmio medial (44% a 54,4%) e gastrocnêmio lateral (50,4% a 62,6), entretanto no músculo sóleo o percentual de fibras musculares do

tipo II é muito baixa (1,6 a 25,5%). Ou seja, é possível fazer uma analogia entre resultados obtidos com bíceps braquial e tríceps sural devido à conformação anatomo-fisiológica, no que se refere às respostas neuromusculares à radiação eletromagnética.

Os dados obtidos no presente estudo não corroboraram com os dados apresentados por De Almeida *et al.* (2011), pois não se observou efeito da radiação eletromagnética em 830 nm sobre o tríceps sural (salto horizontal, vertical, RMS, pico de força, e fadiga) com os parâmetros testados. O presente estudo apresenta parâmetros de irradiação semelhantes ao De Almeida *et al.* (2011), entretanto neste experimento obteve-se uma menor densidade de potência e energia, pois o equipamento utilizado apresenta uma área de irradiação maior quando comparado ao De Almeida *et al.* (2011).

Este ponto pode conduzir à necessidade de padronização na configuração de equipamentos médicos-hospitalares para laserterapia, contendo área de feixe e/ou potência adequada de forma a não comprometer a densidade de potência e densidade de energia, necessárias para se obter efeito biológico. Nesse estudo não foi observada correlação do LTBI com a atividade e fadiga muscular.

## Referências

- Ascensão A, Magalhães J, Oliveira J, Duarte J, Soares J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. 2003; 3(1):108-23.
- Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 2010; 110(4):789-96. PMID:20602109. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-010-1562-z>
- Chavantes MC. Laser na biomedicina: Princípios e prática: Guia para iniciantes. São Paulo: editora Atheneu, 2009.
- De Almeida PDE, Lopes-Martins RA, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JC, Rossi RP, Machado GP, Da Silva DP, Bjordal JM, Leal Junior EC. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers in Medical Science*. 2011; 27(2):453-8. PMID:21814736 PMCid:3282894. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-011-0957-3>
- Dourado E, Fernandes TCA, Meireles JSS, Monteiro IS. Dor e efeito placebo. *Revista de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial*. 2004; 4(3):197-203.
- European recommendations for surface electromyography. SENIAM. In: Hermens H, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, Klug C, Hogg G, editors. SENIAM 8. Netherlands: Roessingh Research and Development; 1999. PMCid:1300247.
- Greene CS, Goddard G, Macaluso GM, Mauro G. Topical review: placebo responses and therapeutic responses. How are

- they related? *Journal of Orofacial Pain*. 2009; 23(2):93-107. PMID:19492534.
- Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiologia médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2006. PMCid:1860893.
- Johnson MA, Polgar J, Weightman D, Appleton D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. *Journal of the Neurological Sciences*. 1973; 18(1):111-29. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-510X\(73\)90023-3](http://dx.doi.org/10.1016/0022-510X(73)90023-3)
- Kelencz CA, Muñoz IS, Amorim CF, Nicolau RA. Effect of low-power gallium-aluminum-arsenium noncoherent light (640nm) on muscle activity: a clinical study. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2010; 28(5):647-52. PMID:20961231. <http://dx.doi.org/10.1089/pho.2008.2467>
- Komatsu M, Kubo T, Kogure S, Matsuda Y, Watanabe K. Effects of 808 nm low-power laser irradiation on the muscle contraction of frog gastrocnemius. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2008; 40(8):576-83. PMID:18798295. <http://dx.doi.org/10.1002/lsm.20665>
- Leal Junior ECP, Lopes-Martins RA, De Almeida P, Ramos L, Iversen VV, Bjordal JM. Effect of low-level laser therapy (GaAs 904 nm) in skeletal muscle fatigue and biochemical markers of muscle damage in rats. *European Journal of Applied Physiology*. 2010; 108(6):1083-8. PMID:20024577. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-009-1321-1>
- Leal Junior ECP, Lopes-Martins RA, Rossi RP, De Marchi T, Baroni BM, De Godoi V, Marcos RL, Ramos L, Bjordal JM. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2009; 41(8):572-7. PMID:19731300. <http://dx.doi.org/10.1002/lsm.20810>
- Liu XG, Zhou YJ, Liu TC, Yuan JQ. Effects of low-level laser irradiation on rat skeletal muscle injury after eccentric exercise. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009; 27(6):863-9. PMID:19697999. <http://dx.doi.org/10.1089/pho.2008.2443>
- Lopes-Martins RAB, Marcos RL, Leonardo PS, Prianti AC Jr, Muscará MN, Aimbire F, Frigo L, Iversen VV, Bjordal JM. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *Journal of Applied Physiology*. 2006; 101(1):283-8. PMID:16627677. <http://dx.doi.org/10.1152/japplphysiol.01318.2005>
- Moreira A, Freitas CGD, Aoki MS. Percepção de esforço da sessão e a tolerância ao estresse em jovens atletas de voleibol e basquetebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2010; 12(5):345-51. <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2010v12n5p345>
- Netter FH. *Atlas de anatomia humana*. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 2000.
- Nicolau RA, Martinez MS, Rigau J, Tomàs J. Neurotransmitter release changes induced by low power 830 nm diode laser irradiation on the neuromuscular junctions of the mouse. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2004; 35(3):236-41. PMID:15389739. <http://dx.doi.org/10.1002/lsm.20087>
- Place N, Yamada T, Bruton JD. Muscle fatigue: from observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*. 2010; 110(1):1-15. PMID:20419312. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-010-1480-0>
- Ramos L, Leal Junior EC, Pallotta RC, Frigo L, Marcos RL, De Carvalho MH, Bjordal JM, Lopes-Martins RA. Infrared (810 nm) Low-Level Laser Therapy in Experimental Model of Strain-Induced Skeletal Muscle Injury in Rats: Effects on Functional Outcomes. *Photochemistry and Photobiology*. 2012; 88(1):154-60. PMID:22053933. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.01030.x>
- Rocha MA, Barbanti VJ. Análise das ações de saltos de ataque, bloqueio e levantamento no voleibol feminino. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2007; 9(3):284-90.
- Rocha GHES, De Miranda RMPV, Silva J. Efeito da Laserterapia de baixa potencia sobre a fadiga muscular pós-exercício de alta intensidade em atletas [trabalho de conclusão de curso]. Campos dos Goytacazes: Institutos Superiores de Ensino do CENSA; 2008.
- Sacco ICN, Alibert S, Queiroz BWC, Pripas D, Kieling I, Kimura AA, Sellmer AE, Malvestio RA, Sera MT. Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para avaliação postural de membros inferiores. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2007; 11(5):411-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552007000500013>
- Sobotta J. *Atlas de anatomia humana*. 22. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 2 v.
- Trevisan F, Teresinha C, Alcântara L. Análise fotogramétrica e subjetiva do perfil facial de indivíduos com oclusão normal. *Revista Dental Press Ortodontia Ortopedia Facial*. 2006; 11(4):24-35. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-54192006000400004>
- Wilmore JH, Costil DL, Kenney WL. *Fisiologia do esporte e do exercício*. 4. ed. São Paulo: Manole; 2010.
- Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*. 3rd ed. New Jersey; 2004.

---

## Autores

### **Thiago dos Santos Maciel, Renata Amadei Nicolau\***

Centro de Laserterapia e Fotobiologia, Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP, CEP 12244-000, São José dos Campos, SP, Brasil.

### **Jefferson da Silva, Felipe Sampaio Jorge**

Laboratório de Análise do Movimento, Clínica Escola Maria Auxiliadora, Instituto Superior de Educação do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora – ISECENSA, CEP 28035-310, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.