



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I- CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE-CCBS
CURSO DE FISIOTERAPIA**

GLEYDSON SILVA MORAIS

**EFEITOS AGUDOS DA LASERTERAPIA DE BAIXA POTÊNCIA E DO REPOUSO
SOBRE A PERCEPÇÃO DA FADIGA MUSCULAR INDUZIDA POR CONTRAÇÃO
ISOMÉTRICA**

**CAMPINA GRANDE
2016**

GLEYDSON SILVA MORAIS

**EFEITOS AGUDOS DA LASERTERAPIA DE BAIXA POTÊNCIA E DO REPOUSO
SOBRE A PERCEPÇÃO DA FADIGA MUSCULAR INDUZIDA POR CONTRAÇÃO
ISOMÉTRICA**

Trabalho apresentado ao Curso de
Graduação em Fisioterapia da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Fisioterapia
Área de concentração: Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Ciro Franco de
Medeiros Neto

**CAMPINA GRANDE
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M827e **Moraes, Gleydon Silva.**

Efeitos agudos da laserterapia de baixa potência e do repouso sobre a percepção da fadiga muscular induzida por contração isométrica [manuscrito] / Gleydon Silva Moraes. - 2016.

22 p. : il.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) - Universidade Estadual de Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2016.

"Orientação: Prof. Dr. Ciro Franco de Medeiros Neto, Departamento de Fisioterapia".

1. Fadiga muscular. 2. Laserterapia. 3. Fisioterapia. I. Título.

21. ed. CDD 616.86

GLEYDSON SILVA MORAIS

**EFEITOS AGUDOS DA LASERTERAPIA DE BAIXA POTÊNCIA E
DO REPOUSO SOBRE A PERCEPÇÃO DA FADIGA MUSCULAR
INDUZIDA POR CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado, na modalidade de artigo científico, ao departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual da Paraíba como requisito para obtenção do título de Bacharel em Fisioterapia.

Aprovado em 22/09/2016.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Ciro Frando de Medeiros Neto
Orientador UEPB



Prof. Dr. Sandy Gonzaga de Melo
Examinador UEPB



Prof. Ms. Windsor Ramos da Silva Júnior
Examinador UEPB

SUMÁRIO

RESUMO	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 MATERIAIS E MÉTODOS	6
3 RESULTADOS	9
4 DISCUSSÃO	12
5 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

RESUMO

A fadiga muscular é um dos fenômenos que afetam diretamente a performance muscular do indivíduo, dificultando a prática de atividades físicas e de vida diária. Dentre os recursos utilizados na fisioterapia, a Laserterapia de Baixa Potência possui potencial para acelerar o processo de recuperação da fadiga muscular. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os efeitos agudos da Laserterapia de Baixa Potência na recuperação imediata da fadiga muscular. Foram selecionados 20 sujeitos do sexo masculino, com idades entre 18 e 30 anos, divididos randomicamente em dois grupos. No grupo controle, o indivíduo realizou uma contração isométrica em flexão do ombro até a exaustão, e em seguida permaneceu em repouso absoluto por 1 minuto. No grupo experimental, o indivíduo realizou uma contração isométrica em flexão do ombro até a exaustão e em seguida foi aplicada a Laserterapia, com laser de 830 nm com um total de 1,2J de energia sobre o ventre do músculo deltoide anterior. Por meio da análise eletromiográfica, da algometria de pressão e de uma escala visual analógica para fadiga, verificou-se a atividade muscular, o limiar algico e a percepção subjetiva da fadiga muscular do músculo deltoide anterior dos sujeitos. Não foram observadas diferenças evidentes entre os grupos, sugerindo que laser não é mais ou menos eficaz que o repouso na recuperação imediata da fadiga muscular ou na sua percepção.

Palavras-Chave: Fadiga Muscular. Terapia com luz de baixa intensidade. Fisioterapia.

1 INTRODUÇÃO

A fadiga muscular é a incapacidade do músculo de gerar ou manter determinado nível de força durante uma contração. No âmbito da fisiologia do exercício, a fadiga muscular é um dos campos mais amplamente estudados, mas ainda assim os mecanismos precisos de seu surgimento, instalação e repercussões não são totalmente compreendidos. A fadiga muscular é considerada um fenômeno de proteção da integridade da fibra muscular, evitando efeitos deletérios advindos de contrações musculares que ultrapassem as capacidades das fibras (ASCENSÃO, MAGALHÃES, OLIVEIRA, 2003).

A dor muscular geralmente surge durante e após a instalação da fadiga, estando intimamente ligada à ela. Ambas são fenômenos complexos e de origem não totalmente conhecida. Sabe-se que, durante contrações que superam a capacidade máxima do músculo, o surgimento de microrrupturas das fibras musculares, o acúmulo de catabólitos e o aparecimento de substâncias envolvidas com o processo inflamatório levam o indivíduo à inatividade por curto ou longo período de tempo, limitando assim o treinamento ou tratamento terapêutico do sujeito submetido à esforço físico (SANTOS, DEZAN, SARRAF, 2003; ANDERSEN, 2008; JAY, SUNDSTRUP, SØNDERGAARD, 2014).

Os mecanismos envolvidos no surgimento da fadiga muscular são divididos didaticamente entre periféricos e centrais. Os acontecimentos localizados no próprio músculo esquelético, envolvendo suas estruturas contráteis, a oferta e demanda por nutrientes, a variação do fluxo sanguíneo e o metabolismo muscular são considerados como fadiga periférica. Por outro lado, os eventos que envolvem a junção mioneural, as vias neurais ascendentes e descendentes e os processos motores efetuados no sistema nervoso central são classificados como fadiga central. Apesar da divisão didática, os eventos ocorrem simultaneamente e paralelamente, contribuindo para a formação do fenômeno como um todo (GANDEVIA, 2001; ASCENSÃO, MAGALHÃES, OLIVEIRA, 2003; SANTOS, DEZAN, SARRAF, 2003).

Dentre os fatores contribuintes para o aparecimento da fadiga muscular destacam-se o acúmulo de lactato sanguíneo, a depleção de nutrientes e moléculas envolvidas na contração muscular, a falha no mecanismo de excitação-contratação, o aumento da temperatura muscular local, a redução de aporte sanguíneo e comandos corticais centrais que reduzem o *output* neural, reduzindo a força muscular produzida

(GANDEVIA, 2001; ASCENSÃO, MAGALHÃES, OLIVEIRA, 2003; SANTOS, DEZAN, SARRAF, 2003). Desta forma, o uso de recursos não farmacológicos que possam otimizar a recuperação da fadiga muscular é uma temática comum, tanto nos esportes como na prática clínica (MARCHETTI, GONÇALVES, 2006; BARONI, LEAL JUNIOR, GENEROSI *et al.*, 2010; FLORENTINO, DE SOUSA, MAIWORN, 2012; JAY, SUNDSTRUP, SØNDERGAARD, 2014).

A Laserterapia de baixa intensidade ou LLLT (do inglês: Low-level Laser Therapy) é um destes recursos. Por meio da aplicação de radiação luminosa não térmica em um espectro que vai da cor vermelha (600 nm) ao infravermelho (1000 nm), o laser consegue interagir com estruturas celulares, ocasionando uma cascata de eventos que resultam em efeitos sistêmicos secundários, como analgesia, redução da inflamação, aumento da atividade metabólica tecidual, melhora na atividade mitocondrial, aceleração de processos de reparo e cicatrização (FERREIRA, ZÂNGARO, VILLAVERDE, 2005; HUANG, CHEN, CARROLL, 2009).

Considerando o potencial do laser em interferir no processo de recuperação muscular e acelerar a atividade muscular, a LLLT apresenta-se como um recurso valioso, podendo ter efeitos positivos na recuperação da fadiga muscular. Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é verificar os efeitos a curto prazo da LLLT na fadiga muscular aguda induzida por exercício isométrico, além de seu efeito sobre a dor causada pela fadiga muscular.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Tratou-se de um estudo de caráter exploratório descritivo e analítico com abordagem quantitativa. A população foi constituída por 20 indivíduos do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos, saudáveis e escolhidos aleatoriamente. Estes foram divididos em dois grupos: grupo de controle (repouso) e o grupo experimental (LLLT).

Ao início dos testes, foi feita uma entrevista e a aplicação de questionários socioeconômico e do perfil psicológico no momento da coleta, visando a triagem dos sujeitos, excluindo aqueles que se mostrassem com problemas de ordem física ou psíquica que influenciem o desempenho. Também foi realizado um teste

auscultatório da pressão arterial do indivíduo para averiguar a sua aptidão para realizar o procedimento.

Para a coleta de dados foi utilizado o músculo deltoide anterior do membro não dominante do indivíduo. A percepção subjetiva da fadiga foi analisada por meio de uma escala visual analógica (EVA), com um campo que caracterizou a qualidade da fadiga com cinco descrições (sem fadiga, leve, moderada, intensa, fadiga máxima), e abaixo um campo que caracterizou a quantidade da fadiga referida pelo sujeito, com uma numeração de 0 a 10, sem fadiga e com fadiga máxima, respectivamente. Imediatamente ao término da coleta com a EVA, foi realizada a avaliação da sensibilidade muscular, para a qual foi utilizado um algômetro (FPK Algometer - Pain Test®, Greenwich, Connecticut, USA), este, foi aplicado sobre o músculo deltoide anterior, na região correspondente ao ponto médio por meio de um acesso entre os eletrodos sem que estes fossem removidos e foi aferido sempre por um mesmo avaliador que orientou os voluntários a sinalizarem verbalmente quando a sensação de pressão começava a se tornar dolorosa (limiar), sendo cessado imediatamente o estímulo e registrados os valores em kg/cm^2 .

Foi solicitado aos sujeitos que sentassem em uma cadeira e mantivessem os joelhos fletidos a 90° , pés fixados ao solo e costas livres do encosto da cadeira durante todo o procedimento. O indivíduo foi orientado a manter uma contração isométrica em flexão de ombro a 90° orientada por uma marcação previamente posicionada na parede à sua frente, colocada sempre pelo mesmo avaliador com o auxílio de um goniômetro manual, resistida por uma pulseira de 3kg atada ao pulso do sujeito. Esta flexão de ombro foi realizada pelo máximo de tempo que o sujeito resistisse. No intervalo entre os testes de contração muscular, eram realizadas novamente as coletas de EVA e algometria, e em seguida a aplicação do laser ou do repouso por 1 minuto.

A aplicação da LLLT foi feita por meio do aparelho Lasermed, modelo 4098LS, da CARCI®, em um único ponto no terço médio do ventre do músculo deltoide anterior, com a caneta posicionada transversalmente ao músculo com caneta emissora de laser infravermelho com 20 mW no modo contínuo, totalizando uma emissão de energia de 1,2J.

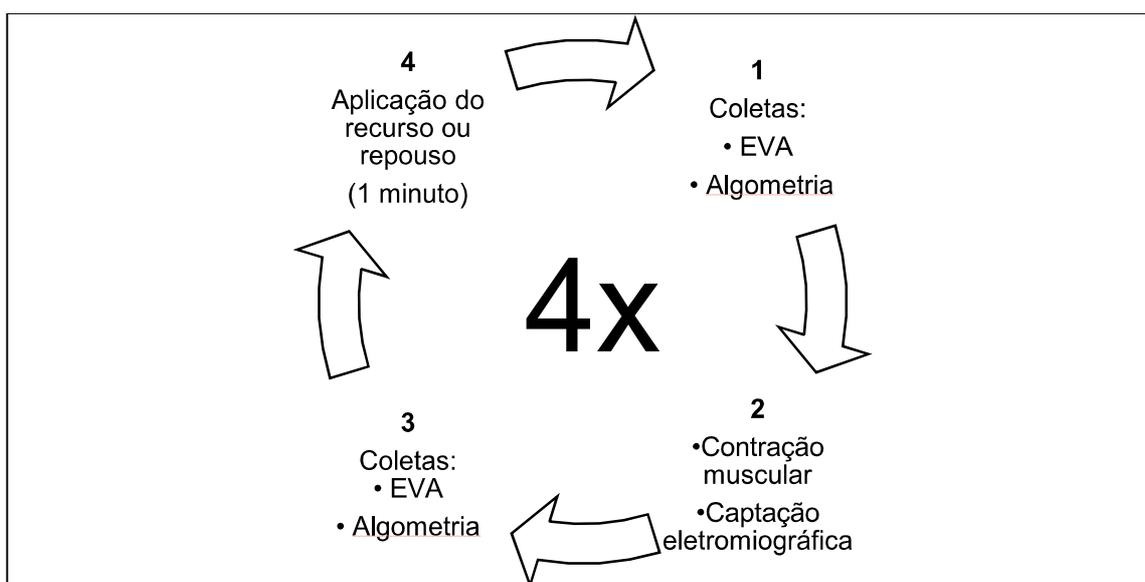
Para a captação do sinal eletromiográfico foi utilizado o Eletromiógrafo Miotool, da MIOTEC® com eletrodos de superfície de composição Ag/AgCl descartáveis dispostos longitudinalmente e paralelo às fibras musculares do deltoide anterior de

acordo com as normas do SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles). A assepsia do local foi feita com álcool à 70% utilizando-se de um chumaço de algodão hidrófilo e não houve necessidade de tricotomia do local.

O processo foi repetido por 4 vezes, totalizando 4 contrações musculares, com uma última coleta dos valores da EVA e de algometria após a última aplicação de recurso ou repouso (Figura 1).

O sinal eletromiográfico foi analisado por meio do software Miograph, versão 2.0.15, da MIOTEC® instalado em um notebook da marca Lenovo, modelo Y50 com processador Intel® Core™ i7-4700HQ de 2,40Ghz de clock, com memória RAM de 8GB e disco rígido de 1TB operando com o sistema operacional Windows 10 Home. Foram selecionados intervalos dos 5 segundos iniciais e finais de cada contração, determinando-se a frequência mediana dos intervalos.

Figura 1- Ordem dos eventos para a coleta de dados.



Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Os dados das variáveis coletadas foram tabulados por meio do software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) na sua versão 13.0, pelos quais foram obtidos os dados da análise estatística descritiva (média e desvio padrão), além dos testes de Smirnov-Kolmogorov para verificar a normalidade dos dados, bem como os testes t-Student para amostras independentes e ANOVA, com a probabilidade de significância estabelecida de $p \leq 0.05$.

3 RESULTADOS

A amostra foi composta por 20 sujeitos, com idade média de 22 anos de idade, altura média de 178 cm e peso médio de 75 Kg (Tabela 1).

Tabela 1- Características da amostra quanto a faixa etária e dados antropométricos.

Grupo	n	Idade (anos)		Altura (cm)		Peso (Kg)	
		Média	±	Média	±	Média	±
Repouso	10	21,20	3,43	175,00	7,49	77,00	20,22
LLLT	10	23,10	4,18	179,00	5,52	74,40	16,41
Total	20	22,15	3,84	178,08	6,03	75,00	16,48

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Legenda: ± desvio padrão.

Referente ao tempo de contração muscular comparado entre os grupos, foram observadas médias de tempo de contração maiores no grupo LLLT, com significância estatística na primeira, segunda e terceira contrações ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2- Tempo de contração comparado entre grupos

Teste	Grupo	Média (s)	±	Valor t	Significância (p)
T1	Repouso	64,70	24,95	-3,313	0,004*
	LLLT	98,00	19,70		
T2	Repouso	51,70	18,29	-2,447	0,025*
	LLLT	68,70	12,17		
T3	Repouso	43,50	16,45	-2,640	0,017*
	LLLT	59,80	10,51		
T4	Repouso	45,90	13,09	-1,548	0,139
	LLLT	54,10	10,45		

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Legenda: T= teste de contração muscular.

*Nível de significância estabelecido de $p \leq 0,05$.

± desvio padrão.

A tabela 3 mostra os valores de algometria encontrados nos testes pré-contracção comparados entre os grupos. Considera-se que estes valores sejam referentes ao valor basal de percepção dolorosa (pré-1), imediatamente após a aplicação do recurso ou do repouso (pré-2 a pré-4), e avaliação após a aplicação do recurso depois a última contracção (final). Foi verificada uma diferença significativa dos valores de algometria no teste pré-1, além dos testes pré-3, pré-4 e final, não sendo encontrada diferença significativa na avaliação pré-2.

Tabela 3- Valores de algometria basal, pré-contracções e final comparados entre grupos

Teste	Grupo	Média (Kg/cm ²)	±	Valor t	Significância (p)
Pré 1	Repouso	2,71	0,46	-2,377	0,029*
	LLLT	3,69	1,22		
Pré 2	Repouso	3,11	1,14	-1,267	0,221
	LLLT	3,73	1,05		
Pré 3	Repouso	2,60	0,76	-2,887	0,010*
	LLLT	3,97	1,29		
Pré 4	Repouso	2,89	0,96	-2,571	0,019*
	LLLT	3,99	0,95		
Final	Repouso	2,79	0,77	-4,184	0,001*
	LLLT	4,31	0,85		

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Legenda:* Nível de significância estabelecido de $p \leq 0,05$.

± desvio padrão.

Nos valores de percepção subjetiva da fadiga muscular avaliados por meio de uma escala visual analógica (EVA), apesar dos valores inferiores de percepção de fadiga no grupo LLLT nas avaliações pré-contracção, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos por meio dos testes estatísticos, como mostra a tabela 4.

Tabela 4- Percepção Subjetiva da Fadiga Muscular por meio da EVA comparada entre grupos

Teste	Grupo	Média	±	Valor t	Significância (p)
Basal ^(a)	Repouso	0,70	0,82	0,497	0,626
	LLLT	0,50	0,97		
Pós 1 ^(b)	Repouso	5,70	2,41	0,299	0,768
	LLLT	5,40	2,07		
Pré 2 ^(c)	Repouso	3,20	2,35	0,387	0,703
	LLLT	2,85	1,63		
Pós 2 ^(b)	Repouso	6,90	2,42	-0,098	0,923
	LLLT	7,00	2,11		
Pré 3 ^(c)	Repouso	4,40	2,32	0,852	0,405
	LLLT	3,60	1,85		
Pós 3 ^(b)	Repouso	7,45	2,60	-0,252	0,804
	LLLT	7,70	1,77		
Pré 4 ^(c)	Repouso	5,10	2,41	1,145	0,267
	LLLT	4,05	1,61		
Pós 4 ^(b)	Repouso	8,20	2,44	0,411	0,686
	LLLT	7,80	1,87		
Final ^(d)	Repouso	5,30	2,67	1,396	0,180
	LLLT	4,00	1,25		

Fonte: Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Legenda: ^(a)Valores de percepção de fadiga referentes ao estado basal do sujeito imediatamente antes da primeira contração voluntária. ^(b)Valores de percepção de fadiga referentes ao momento imediatamente após as contrações e antes da aplicação do recurso. ^(c)Valores referentes a percepção de fadiga no momento imediatamente após a aplicação do recurso ou repouso e antes da contração voluntária. ^(d)Valores de percepção de fadiga após a aplicação do recurso ao final da última contração voluntária.

± desvio padrão.

Quanto aos valores eletromiográficos de avaliação de fadiga muscular, apesar dos valores de frequência mediana do grupo LLLT serem mais altos que os do grupo repouso, também não foram encontradas diferenças significativas tanto para os valores referentes aos 5 segundos iniciais da contração como para os valores referentes aos 5 segundos finais (Tabela 5).

Tabela 5- Dados eletromiográficos da fadiga pelas frequências medianas entre grupos.

Teste	Grupo	Média (Hz)	±	Valor t	Significância (p)
FMI1	Repouso	93,261	11,316	-1,386	0,183
	LLLT	99,860	9,930		
FMF1	Repouso	75,428	15,124	-0,714	0,484
	LLLT	79,517	9,948		
FMI2	Repouso	93,847	12,336	-1,122	0,277
	LLLT	99,438	9,806		
FMF2	Repouso	75,366	13,641	-0,762	0,456
	LLLT	79,418	9,832		
FMI3	Repouso	95,265	11,571	-0,903	0,377
	LLLT	100,000	10,497		
FMF3	Repouso	73,559	11,320	-1,140	0,269
	LLLT	79,466	11,842		
FMI4	Repouso	92,920	11,571	-1,567	0,135
	LLLT	100,660	11,821		
FMF4	Repouso	72,411	11,821	-0,835	0,415
	LLLT	77,051	13,015		

Fonte: dados da pesquisa, 2016.

Legenda: FMI= Frequência Mediana no intervalo de 5 segundos no início da contração voluntária; FMF= Frequência Mediana no intervalo de 5 segundos no final da contração voluntária.
± desvio padrão.

4 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para os valores de tempo e algometria entre os grupos repouso e LLLT demonstraram um melhor desempenho do grupo LLLT em relação à recuperação da fadiga, com diferença significativa. Quanto aos resultados referentes às diferenças entre valores de eletromiografia e percepção subjetiva da fadiga, apesar dos números superiores no grupo LLLT, a diferença não foi significativa estatisticamente.

De fato, os resultados foram superiores inclusive antes da aplicação do recurso, tanto na avaliação basal como durante as primeiras contrações. De acordo com a

revisão de literatura realizada por Gandevia (2001), isso pode ser explicado pelo fato da amostra demonstrar diferenças intrínsecas na capacidade de contração, como quantidade de fibras rápidas e lentas, padrão de ativação muscular, nível de treinamento e uso da musculatura previamente ao teste. Estes aspectos, apesar de terem sido controlados na pesquisa com a escolha do membro não dominante e da seleção de sujeitos sedentários, pode ter influenciado o resultado.

O envolvimento de fatores cognitivos e emocionais, como o grau de motivação dos indivíduos controlado por meio do questionário de estado emocional dos sujeitos, ou a presença do feedback visual, neste estudo entendido como a demarcação visual fixada na parede referente aos 90° de flexão de ombro também podem ter influenciado o desempenho dos sujeitos. De acordo com o estudo de Hebert, Dean e Gandevia (1998), a presença de um mecanismo de feedback visual pode induzir os sujeitos a contrações menos efetivas em estudos que exigem várias contrações de um mesmo sujeito numa mesma sessão, como o procedimento realizado nesta pesquisa, caso notem uma diminuição na performance comparada com as contrações anteriores.

É possível que mesmo durante os testes nos quais foi pedido ao sujeito para realizar uma contração máxima mantida até o limite de exaustão, a contração mantida tenha sido submáxima. De acordo com Gandevia (2001), a aplicação de força muscular voluntária “máxima” por um indivíduo ainda é vista como contração submáxima do ponto de vista da performance muscular. Ele afirma que numa contração voluntária, caso o músculo falhe em exercer uma potência máxima, existem reservas musculares que podem ser ativadas em circunstâncias excepcionais para exercer mais força, porém esta ativação pode ser limitada pela capacidade do sujeito de ativar unidades motoras. De forma antagônica, uma contração muscular evocada por um estímulo elétrico externo garante o recrutamento de todas as unidades motoras dentro da área de estímulo, gerando assim a força máxima propriamente dita.

A sensibilidade dolorosa da região do músculo testado, avaliada por meio de algometria, manteve os melhores resultados no grupo laser. Apesar de demonstrar uma diferença significativa estatisticamente entre os dois grupos, essa diferença estava presente inclusive no valor basal de sensibilidade dolorosa, levando a crer que o recurso não influenciou o resultado. A dor é um processo complexo, entendido como um fenômeno multifatorial que, assim como a fadiga muscular, envolve processos periféricos e centrais relacionados com eventos físicos, químicos e cognitivos para sinalizar um risco de lesão ou o sofrimento tecidual (MENDELL, 2013).

Até o presente momento a dor ainda não é um fenômeno totalmente compreendido, estreitando ainda mais sua relação com a fadiga muscular. Melzack *et al.* (1965), propuseram que a dor é um fenômeno evidentemente sensorial, mas que envolve também elementos emocionais e motivacionais. Em sua mais recente teoria, conhecida como teoria da neuromatriz, Melzack afirma que a percepção da dor é resultado não só do estímulo sensitivo propriamente dito, mas também do processamento cíclico das informações presentes, associadas a experiências passadas contidas no espaço conhecido como neuromatriz, uma rede neuronal difundida que modula a informação recebida e a transforma em uma neuroassinatura que será interpretada de forma diferente em cada indivíduo, fazendo com que a percepção dolorosa seja uma experiência única para cada sujeito, resultado da interação sensitiva, cognitiva e motivacional do mesmo (MELZACK, 2001).

O laser de baixa potência é um recurso com grande potencial analgésico. Seus efeitos na dor estão relacionados principalmente com a regulação de fatores bioquímicos envolvidos na inflamação. Além dos estímulos microcirculatórios, que melhoram a circulação sanguínea local e removem mediadores químicos da inflamação, o laser age na inibição da cascata do ácido araquidônico, reduzindo consequentemente a produção de prostaglandinas e diminuindo a potência da bradicinina e outras substâncias envolvidas no processo algico da inflamação (MIZUTANI, MUSYA, WAKAE *et al.*, 2004; BJORDAL, JOHNSON, IVERSEN *et al.*, 2006). Contudo, os resultados da pesquisa realizada por Ferreira *et al.* (2005), que analisou os efeitos analgésicos do laser na dor aguda, concluiu que o aumento no limiar algico por efeito da aplicação do laser se dá de forma exponencial e lenta, atingindo seu pico após cerca de 4h da aplicação pontual, sendo que os efeitos analgésicos no primeiro minuto após a aplicação são quase nulos. Outras pesquisas também demonstraram que os efeitos analgésicos do laser são tardios, com redução da dor e do processo inflamatório após algumas horas da aplicação (HAKGUDER, BIRTANE, GURCAN *et al.*, 2003; FRARE, NICOLAU, 2008; CHOW, JOHNSON, LOPES-MARTINS, 2009).

Os resultados eletromiográficos também não demonstraram significância estatística, mesmo com os valores de frequência mediana superiores no grupo LLLT. A análise de frequência mediana por meio da eletromiografia de superfície é o principal meio de avaliação da fadiga neural durante a atividade muscular. Durante a instalação da fadiga muscular, ocorrem alterações no comportamento eletrofisiológico da

musculatura, como o aumento da temperatura muscular, acúmulo de metabólitos, a redução do fluxo sanguíneo durante contrações isométricas prolongadas e depleção das reservas energéticas do músculo, levando à alterações da velocidade de condução das fibras nervosas e da sua frequência de disparo, ocasionando uma queda da frequência mediana na EMG (MASUDA, MASUDA, SADOYAMA *et al.*, 1999; ASCENSÃO, MAGALHÃES, OLIVEIRA *et al.*, 2003; MEEKINS, SO & QUAN, 2008).

Um estudo realizado em animais demonstrou que a aplicação de diversas dosagens de laser após um protocolo de fadiga muscular não influenciaram na atividade eletromiográfica, levando a crer que a laserterapia não influencia diretamente a atividade eletrofisiológica do músculo (COMELEKOGU, BAGIS, BUYUKAKILLI *et al.*, 2002).

De forma semelhante, a percepção subjetiva da fadiga muscular avaliada pela EVA não demonstrou diferenças significativas entre os grupos. Assim como a dor, a fadiga muscular é um fenômeno que não se restringe apenas aos aspectos sensoriais ou ao desempenho motor do indivíduo. A etiologia da fadiga muscular é complexa, e sabe-se que sua instalação envolve processos cognitivos, emocionais, motivacionais e bioquímicos do sistema nervoso central. Desta forma, a percepção da fadiga difere entre os indivíduos dependendo do resultado da interação destes aspectos (ASCENSÃO, MAGALHÃES, OLIVEIRA *et al.*, 2003; DOS SANTOS, DEZAN, SARRAF, 2003).

O laser possui efeitos biofotoestimulantes, principalmente por meio da interação com os cromóforos, que são biomoléculas com capacidade de absorção de fótons, o laser causa alterações na atividade de células específicas, como melanócitos ou a própria hemoglobina (BAXTER, 2003). Apesar do potencial de efeito do laser, os resultados sugerem que sua aplicação não apresentou efeitos na recuperação da fadiga de forma imediata quando comparada ao repouso, levando a tempos de contração semelhantes.

Uma das justificativas para os resultados encontrados é a densidade mitocondrial do músculo estudado. As pesquisas realizadas por Karu (2005) e Huang (2009), demonstraram que a respostas ao efeito do laser estão relacionadas à atuação direta sobre as mitocôndrias do tecido muscular e biomoléculas específicas, causando assim uma cascata de eventos que levam a efeitos sistêmicos secundários. Estes estudos sugerem ainda que uma maior densidade mitocondrial na região de aplicação

do laser é diretamente proporcional aos efeitos gerados pela LLLT, aumentando a eficácia de sua aplicação. Corroborando com esta teoria, o estudo histoquímico de Gollnick (1972) avaliou a composição de fibras musculares e atividade enzimática dos músculos deltoide e vasto lateral entre indivíduos não treinados e atletas de diversas modalidades, constatando que a densidade mitocondrial dos músculos de indivíduos não treinados e a capacidade oxidativa das fibras de contração lenta destes é reduzida quando comparada à indivíduos treinados, principalmente os praticantes de esportes de longa duração.

Considerando que o teste aplicado consistia de uma contração isométrica única e de pouca duração, ativando principalmente fibras anaeróbicas, o protocolo proposto pode não ter sido capaz de avaliar a potencialidade de recuperação de fadiga do laser, considerando-se que os efeitos do laser são potencializados na recuperação da fadiga induzida por exercícios aeróbicos, e favorece a melhora do *endurance* muscular. Essa teoria é suportada pelos efeitos da biofotomodulação sobre enzimas oxidativas que, à longo prazo, melhoram a capacidade aeróbica do músculo (LOPES-MARTINS, MARCOS, LEONARDO, 2006; DE MARCHI, LEAL JUNIOR, BORTOLI, 2012).

Outro ponto a ser destacado é a dosimetria. A literatura científica não chega a um consenso da dose correta de energia aplicada pelo laser para a recuperação da fadiga, carecendo de uma revisão sistemática que agrupe os resultados e parâmetros. O estudo de Leal Junior *et al.* (2010) obteve resultados positivos na *performance* muscular após a aplicação de laser vermelho com comprimento de onda de 655nm e uma dosagem total de 12J, dividida em 5 pontos antes de uma contração do músculo tibial anterior em um dinamômetro isocinético. Outro estudo avaliando os efeitos de doses de 60J de laser de 810nm na *performance* muscular do bíceps braquial e na remoção de catabólitos demonstrou um aumento da resistência muscular, níveis reduzidos de lactato, Creatina Quinase e proteína C reativa pós exercício (LEAL JUNIOR, LOPES-MARTINS, FRIGO *et al.*, 2010). De forma oposta, um estudo de revisão bibliográfica demonstrou que doses baixas, entre 3 e 5J, demonstraram um efeito melhor do que dosagens altas, acima de 50J, na potencialização da atividade mitocondrial e na redução de espécies reativas de oxigênio, que podem ser danosas ao organismo, concluindo que dosagens altas de energia podem, inclusive, ser danosas ao tecido (HUANG, CHEN, CARROL *et al.*, 2009).

Quanto ao comprimento de onda e tipo de laser, não foi encontrado consenso quanto ao tipo mais adequado de estimulação. Estudos utilizando lasers com

comprimento de ondas que variavam de 655 nm até 930 nm, tendo resultados positivos e negativos na recuperação da fadiga muscular e na analgesia (HUANG, CHEN, CARROL *et al.*, 2009; LEAL JUNIOR, NASSAR, TOMAZONI *et al.*, 2010; MACIEL, DA SILVA, JORGE *et al.*, 2013). Entretanto, o estudo realizado por Maciel *et al.* (2013) avaliando a atividade muscular de jogadoras de vôlei por meio de eletromiografia e biofotometria após a aplicação do laser de 830 nm não encontrou efeitos significantes na performance do salto ou na otimização da recuperação da fadiga muscular.

5 CONCLUSÃO

Apesar do potencial biofotomodulador do laser e sua interação com estruturas celulares, podendo potencializar a *performance* muscular e otimizar o processo de recuperação de fadiga, não foram encontradas evidências de que sua aplicação após exercícios isométricos trazem melhoras na recuperação imediata do músculo fadigado ou na percepção subjetiva do indivíduo sobre a fadiga ou dor neste estudo. A carência de pesquisas que sugiram parâmetros bem estabelecidos para a aplicação do laser nas diversas situações, principalmente na recuperação da fadiga muscular, dificultam a padronização dos estudos e o comparativo de resultados, mas favorecem a exploração de novas investigações sobre a temática.

ACUTE EFFECTS OF LOW-LEVEL LASER THERAPY AND REST ON THE PERCEPTION OF MUSCLE FATIGUE INDUCED BY ISOMETRIC CONTRACTIONS.

ABSTRACT

Muscle Fatigue is a phenomenon that directly affects the muscle performance, making it difficult to perform sports and daily life activities. Among the resources used on physical therapy, the Low-level Laser Therapy (LLLT) have a great potential to speed up the muscle recovery process. The objective of this research is to evaluate the effects of Low Level Laser Therapy on the immediate recovery of muscle fatigue. 20 healthy male subjects, with ages between 18 and 30 years, were selected and split into two groups. In the control group, the subjects did an isometric flexion of the shoulder until failure, and after stayed in complete rest for 1 minute. In the experimental group, the subject did an isometric contraction of the shoulder until failure, and after it was applied LLLT with a laser of 830 nm wave-length, and a total of 1.2J of energy through the belly of the anterior deltoid muscle. Through electromyographic analysis, pressure algometry and a visual analogic scale, it was evaluated the muscle activity, the pain threshold and fatigue perception in the anterior deltoid muscles of the subjects. No significant difference was found between the groups, suggesting that the LLLT do not influence the fatigue recovery.

Keywords: Laser therapy; Low-Level Light Stimulation; Physical Therapy

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. **Rev Port Cienc do Desporto**, v.3, n.1, p.92-107, 2003.

BARONI, B. M.; LEAL JUNIOR, E. C. P.; GENEROSI, R. A.; GROSSELLI, G.; CENSI, S.; BERTOLLA, F. Efeito da crioterapia de imersão sobre a remoção de lactato sanguíneo após exercício. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v.12, n.3, p.179-185, 2010.

BAXTER, D. Laserterapia de Baixa Intensidade. In: KITCHEN, S.; BAZIN, S. **Eletroterapia: prática baseada em evidência**. Barueri, SP: Manole, 2003. p.171-191.

BJORDAL, J. M.; JOHNSON, M. I.; IVERSEN, V.; AIMBIRE, F.; LOPES-MARTINS, R. A. B. Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. **Photomed Laser Surg**, v.24, n.2, p.158-168, 2006.

CHOW, R. T.; JOHNSON, M. I.; LOPES-MARTINS, R. A. B.; BJORDAL, J. M. Efficacy of Low-level laser therapy in the management of neck pain: a systematic review and meta-analysis of randomized placebo or active-treatment controlled trials. **Lancet**, v.374, p.1897-1908, 2009.

COMELEKOGLU, U.; BAGIS, S.; BUYUKAKILLI, B.; SAHIN, G.; ERDOGAN, C. Electrophysiologic effect of gallium arsenide laser on frog gastrocnemius muscle. **Lasers Surg Med**, v.30, n.3, p.221-226, 2002.

DE MARCHI, T.; LEAL JUNIOR, E. C.; BORTOLI, C.; TOMAZONI, S. S.; LOPES-MARTINS, R. A.; SALVADOR, M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers Med Sci**, v.27, n.1, p.231-236, 2012.

DOS SANTOS, M. G.; DEZAN, V. H.; SARRAF, T. A. Bases metabólicas da fadiga muscular aguda. **Rev Bras Ciên Mov**, v.11, n.1, p.07-12, 2003.

FERREIRA, D. M.; ZÂNGARO, R. A.; VILLAVERDE, A. B.; CURY, Y.; FRIGO, L.; PICOLO, G.; LONGO, I.; BARBOSA, D. G. Analgesic Effects of He-Ne (632.8 nm) Low-level Laser Therapy on Acute Inflammatory Pain. **Photomed Laser Surg**, v.23, n.2, p.177-181, 2005.

FLORENTINO, D. M.; DE SOUSA, F. R. A.; MAIWORN, A. I.; CARVALHO, A. C. A.; SILVA, K. M. A Fisioterapia no alívio da dor: uma visão reabilitadora em cuidados paliativos. **Revista do Hospital Universitário Pedro Ernesto UERJ**, v.11, n.2, p.50-56, 2012.

- FRARE, J. C.; NICOLAU, R. A. Análise Clínica do efeito da fotobiomodulação laser (GaAs-904 nm) sobre a disfunção temporomandibular. **Rev Bras Fisioter**, v.12, n.1, p.37-42, 2008.
- GANDEVIA, S. C. Spinal and Supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v.81, n.4, p.1725-1789, 2001.
- GOLLNICK, P. D.; ARMSTRONG, R. B.; SAUBERT IV, C. W.; PIEHL, K.; SALTIN, B. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. **Journal of Applied Physiology**, v.33, n.3, 1972.
- HAKGUDER, A.; BIRTANE, M.; GURCAN, S.; KOKINO, S.; TURAN, F. N. Efficacy of Low-level Laser Therapy in Myofascial Pain Syndrome: An Algometric and Termographic Evaluation. **Laser Surg Med**, v.33, p.339-343, 2003.
- HERBERT, R. D.; DEAN, C.; GANDEVIA, S. C. Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contractions. **Acta Physiol Scand**, v.163, n.1, p.361–368, 1998.
- HUANG, Y. Y.; CHEN, A. C. H.; CARROL, J. D.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level light therapy. **International Dose-Response Society**, v.7, n.4, p.358-383, 2009.
- JAY, K.; SUNDSTRUP, E.; SØNDERGAARD, S. D.; BEHM, D.; BRANDT, M.; SÆRVOLL, C. A.; JAKOBSEN, M. D.; ANDERSEN, L. L. Specific and crossover effects of massage for muscle soreness: randomized control trial. **Int J Sports Phys Ther**, v.9, n.1, p.82-91, 2014.
- KARU, T. I.; PYATIBRAT, L. V.; KOLYAKOV, S. F.; AFANASYEVA, N. I. Absorption measurements of a cell monolayer relevant to phototherapy: reduction of cytochrome c oxidase under near IR radiation. **J Photochem Photobiol B**, v.81, n.2, p.98-106, 2005.
- LEAL JUNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS, R. A. B.; FRIGO, L.; MARCHI, T.; ROSSI, R. P.; GODOI, V.; TOMAZONI, S. S.; SILVA, D. P.; BASSO, M.; LOTTI-FILHO, P.; CORSETTI, F. V.; IVERSEN, V. V.; BJORDAL, J. M. Effects of Low-Level Laser Therapy (LLLT) in the Development of Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue and Changes in Biochemical Markers Related to PostExercise Recovery. **J Orth Sports Phys Therapy**, v.40, n.8, p.524-537, 2010.
- LEAL JUNIOR, E. C. P.; NASSAR, F. R.; TOMAZONI, S. S.; BJORDAL, J. M.; LOPES-MARTINS, R. A. A laser terapia de baixa potência melhora o desempenho muscular mensurado por dinamometria isocinética em humanos. **Fisioterapia e Pesquisa**, v.17, n.4, p.317-321, 2010.
- LOPES-MARTINS, R. A.; MARCOS, R. L.; LEONARDO, P. S.; PRIANTI, A. C.; MUSCARA, M. N.; AIMBIRE, F. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. **J Appl Physiol**, v.101, n.1, p.283-288, 2006.

MACIEL, T. S.; DA SILVA, J.; JORGE, F. S.; NICOLAU, R. A. A influência do laser 830 nm no desempenho do salto de atletas de voleibol feminino. **Rev Bras Eng Biomédica**, v.29, n.2, p.199-205, 2013.

MARCHETTI, P. H.; GONÇALVES, M. Efeito da massagem na remoção da fadiga entre as séries do treinamento de força. **ConScientiae Saúde**, v.5, p.35-38, 2006.

MASUDA, K.; MASUDA, T.; SADOYAMA, T.; INAKI, M.; KATSUTA, S. Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. **J Electromyogr Kinesiology**, v.9, n.1, p.39-46, 1999.

MEEKINS, G. D.; SO, Y.; QUANN, D. American Association of Neuromuscular & Electrodiagnostic Medicine evidenced-based review: use of surface electromyography in diagnosis and study of neuromuscular disorders. **Muscle and Nerve**, v. 38, p.1219-1224, 2008.

MELZACK, R. Pain and the Neuromatrix in the Brain. **J Dent Educ**, v.65, n.12, p.1378-1382, 2001.

MELZACK, R.; WALL, P. D. Pain Mechanisms: A New Theory. **Science**, v.150, n.3699, p.971-979, 1965.

MENDELL, L. M. Constructing and Deconstructing the Gate Theory of Pain. **Pain**, v.155, n.2, p.210-216, 2013.

MIZUTANI, K.; MUSYA, Y.; WAKAE, K.; KOBAYASHI, T.; TOBE, M.; TAIRA, K.; HARADA, T. A Clinical study on serum prostaglandin E² with low-level laser therapy. **Photomed Laser Surg**, v.22, n.6, p.537-539, 2004.

