



ARTIGO DE REVISÃO

EFEITOS DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE NO TECIDO MUSCULAR: REVISÃO SISTEMÁTICA

Effects of low level laser therapy on muscle tissue: A systematic review

Tereza Cristina dos Reis Ferreira¹, Paulo Vitor de Souza Sassim², Júlio César Veiga Pena²,
Paula Thayna Soares Lima², Nayara Tays de Oliveira Lima³

ISSN: 2178-7514

Vol. 12 | Nº. 2 | Ano 2020

RESUMO

O laser de baixa intensidade (LBI) refere-se ao uso de raios vermelhos e infravermelhos com um comprimento de onda entre 600 e 1000 nm e potência entre 5-500 miliwatts. A luz do laser pode penetrar profundamente nos tecidos, onde ela tem um efeito fotobioestimulante. O objetivo deste estudo é identificar evidências sobre o efeito do LBI no tecido muscular. Realizou-se uma busca sistemática nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MedLine/PubMed), Bireme, LILACS, Cochrane e CAPES periódicos; por artigos publicados entre os anos de 2000 a 2015. Foram utilizados os descritores: “Terapia a laser de baixa intensidade”, “Lesão”, “Músculos”, “Músculo esquelético”, “Inflamação”, “Dor” “Reação de fase aguda”, “Fototerapia”, “Fisioterapia” e seus termos equivalentes em inglês. Os critérios de elegibilidade foram: população do estudo, detalhes da intervenção, medidas dos desfechos e resultados; os estudos selecionados foram avaliados com a escala PEDro. A busca resultou em 21 artigos potencialmente relevantes, treze estudos avaliaram os efeitos do LBI sobre o desempenho e fadiga muscular e marcadores bioquímicos de recuperação muscular, um estudo verificou os efeitos do LBI sobre a resposta hipertrófica e força muscular e seis estudos verificaram os efeitos do LBI sobre a dor muscular. Apesar das diferenças nos parâmetros de aplicação do laser e protocolo terapêutico variado, os resultados mostram efeitos positivos da utilização desse recurso na reabilitação muscular.

Palavras-chave: laser de baixa intensidade, fadiga, dor, tecido muscular.

ABSTRACT

The low-level laser therapy (LLL) refers to the use of red and infrared rays with a wavelength between 600 and 1000 nm and power between 5-500 milliwatts. Laser light can penetrate deep into tissues, where it has a photobiostimulation effect. The aim of this study is to identify evidence on the effect of LLLT in muscle tissue. It was conducted a systematic search of the Scientific Electronic Library Online databases (SciELO), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE / PubMed), Bireme, LILACS, Cochrane and CAPES; for articles published between 2000 and 2015. The descriptors used were: “low-level laser therapy”, “Injury”, “Muscles”, “skeletal muscle”, “inflammation”, “Pain” “acute phase reaction” “Phototherapy”, “Physiotherapy” and equivalent terms in English. Eligibility criteria were: population of study, intervention details, outcome measures and results; the selected studies were evaluated by the PEDro scale. The search yielded 21 potentially relevant articles, thirteen studies evaluated the effects of LLLT on performance and muscle fatigue and biochemical markers of muscle recovery, a study examined the effects of LLLT on the hypertrophic response and muscle strength and six studies verify the effects of LBI on muscle pain. Despite the differences in laser application parameters and varied therapeutic protocol, the results show positive effects of using this resource in muscular rehabilitation.

Keywords: low-level laser, fatigue, pain, muscle tissue.

1. Doutora em Ciências da Reabilitação pela Universidade Nove de Julho (UNINOVE).
2. Graduando(a) em Fisioterapia pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).
3. Graduada em Fisioterapia pela Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Autor de correspondência

Paulo Vitor de Souza Sassim

paulosassim@gmail.com

INTRODUÇÃO

O laser é um dispositivo, que produz um feixe de radiação, que é compreendido dentro de uma faixa de luz, que vai do invisível ao visível. Os principais lasers são separados em duas categorias: os lasers de baixa intensidade (LBI) ou lasers terapêuticos, e os lasers de alta intensidade (LAI) ou lasers cirúrgicos ^(1, 2).

Os LBI emitem radiações sem potencial destrutivo, com características de monocromaticidade, coerência, direcionalidade e possibilidade de focalização em pequenas áreas. São conhecidos como lasers “frios” ou lasers não-térmicos. Refere-se ao uso de raios vermelhos e infravermelhos com um comprimento de onda entre 600 e 1000 nm e potência entre de 5-500 miliwatts. A baixa absorção pela pele humana gera a hipótese de que a luz do laser pode penetrar profundamente nos tecidos, onde ela tem um efeito fotobioestimulante ^(2, 3, 4).

O laser de Hélio-Neônio foi o primeiro laser gasoso desenvolvido e, também, o primeiro a emitir de forma contínua, compreende uma mistura de gases de Hélio (90%) e Neon (10%). O comprimento de onda encontra-se na faixa do visível com 632,8 ηm e de coloração vermelha. Quanto aos lasers diodo, os mais comuns são os de Arseneto de Gálio e Alumínio, com o comprimento de onda desde o vermelho até próximo do infravermelho, variando entre 620

a 830 ηm , e o Arseneto de Gálio, que emitem no infravermelho, com comprimento de onda variando de 830 a 920 ηm ^(3, 2).

A terapia a laser é um tratamento não invasivo que apresenta registros na literatura de efeitos e aplicações variadas na prática clínica, incluindo efeitos sobre cada uma das fases da cicatrização tecidual ⁽⁵⁾.

Os LBI podem ser usados isoladamente sempre que se necessite de efeito biológico local, uma vez que, são capazes de modular as células do sistema imune, estimular a microcirculação, ativar a liberação de endorfinas e estimular a proliferação e a migração celular de fibroblastos, osteoblastos, células epiteliais além de possuir efeitos sobre a síntese de colágeno, desempenhando ação analgésica, anti-inflamatória e cicatrizante ^(1, 6, 7, 8, 9).

A camada tecidual a ser atingida, bem como seus efeitos biológicos, depende do tipo de laser, da potência, dosagem, do comprimento de onda, do tempo de irradiação e frequência do tratamento. Quanto menor o comprimento de onda, maior sua ação e poder de penetração ^(8, 2).

Os tratamentos experimentais com laserterapia de baixa intensidade em pacientes iniciaram-se na década de 1970 após relatos de resultados positivos da irradiação em culturas de células e em experimentos animais ⁽¹⁰⁾. A aplicação do LBI na área de fisioterapia tem

apresentado um crescimento significativo. As propriedades curativas da radiação a laser, aliadas à segurança do tratamento justifica o aumento do interesse dos pesquisadores para investigar os mecanismos de ação e os efeitos terapêuticos⁽¹¹⁾.

Neste contexto, faz-se importante fundamentar propostas no tratamento e reabilitação com uso do laser de baixa intensidade. Desta forma o objetivo do estudo é identificar as melhores evidencias nas pesquisas sobre o efeito do laser de baixa intensidade no tecido muscular.

MÉTODOS

Realizou-se uma busca sistemática por artigos publicados em revistas indexadas as bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MedLine/PubMed), Bireme, LILACS, Cochrane e CAPES periódicos; esta limitou-se a artigos escritos em português, inglês ou espanhol, publicados entre os anos de 2000 a 2015. Em acordo com o Decs Saúde <<http://decs.bvs.br/>> foram utilizados descritores: “Terapia a laser de baixa intensidade”, “Lesão”, “Músculos”, “Músculo esquelético”, “Inflamação”, “Dor” “Reação de fase aguda”, “Fototerapia”, “Fisioterapia”, também foram utilizados seus termos equivalentes em inglês.

Considerou-se como desfecho primário o efeito do laser sobre a fadiga, dor e reparação do tecido muscular. Foram incluídos no estudo, ensaios clínicos randomizados controlados que utilizassem o laser de baixa intensidade, comparando-o com um grupo controle sem intervenção ou a outras modalidades fisioterapêuticas como recursos no tratamento de dor, fadiga ou lesão muscular. Foram excluídos do estudo: estudos em modelos animais, artigos com texto não disponível na íntegra, teses, estudos de caso, revisões sistemáticas e revisões de literatura. A revisão foi realizada entre agosto a outubro de 2015.

Na fase inicial, os títulos e os resumos foram identificados e avaliados independentemente por dois revisores, na tela do computador, para selecionar aqueles que atendessem aos critérios de elegibilidade. Os estudos potencialmente relevantes, que geraram dúvidas foram retidos para uma análise posterior do texto na íntegra.

A extração dos dados dos estudos selecionados foi realizada por dois avaliadores independentes. Os dados extraídos foram critérios de elegibilidade, a população do estudo, detalhes da intervenção, medidas dos desfechos e resultados.

A metodologia dos estudos selecionados foi avaliada pela escala PEDro. A escala PEDro foi desenvolvida para ser empregada

em ensaios clínicos, atualmente considerada uma das mais utilizadas na área de fisioterapia. A escala PEDro permite uma pontuação total de dez pontos. Para cada critério apresentado na escala é atribuída uma pontuação de 1 ou 0 ponto sendo que escores < 3 são considerados de baixa qualidade e ≥ 5 são considerados de alta qualidade¹².

RESULTADOS

A estratégia de busca utilizada resultou em um total de 105 títulos. Destes, 24 estudos foram excluídos por fuga ao tema. Dos 81 artigos restantes, 57 foram excluídos por serem estudos realizados com modelos animais. Dos 24 artigos selecionados 3 foram excluídos por não obedecerem aos critérios de inclusão.

Os 21 artigos potencialmente relevantes foram avaliados quanto suas características metodológicas com a escala PEDro, sendo todos considerados de qualidade e inclusos no estudo.

Treze estudos avaliaram os efeitos do LBI sobre o desempenho e fadiga muscular e marcadores bioquímicos de recuperação muscular após exercício. Um estudo avaliou os efeitos do LBI na a força e hipertrofia muscular. Um estudo verificou os efeitos do LBI sobre processo inflamatório do tecido muscular. Seis estudos verificaram os efeitos do LBI sobre a dor muscular, destes, quatro em indivíduos acometidos pela Síndrome Dolorosa Miofascial (SDM), um na fibromialgia e um em lombalgia.

Tabela 1. Escala PEDro.

Crítérios de avaliação metodológica da escala PEDro.	
1.	Crítérios de inclusão especificados*
2.	Alocação aleatória
3.	Sigilo na alocação
4.	Comparação de bases
5.	Sujeitos "cegos"
6.	Terapeutas "cegos"
7.	Avaliadores "cegos"
8.	Acompanhamento adequado
9.	Análise por intenção de tratamento
10.	Comparação estatística intergrupos
11.	Estimativas pontuais e variabilidade

*Especificação dos critérios de inclusão (item 1) não recebe pontuação no escore PEDro.

Tabela 2. Características dos estudos incluídos.

Autor (Ano)	PEdro	Objetivos	Procedimentos	Resultados
Gorgey; Wade; Sobhi ⁸ (2008)	5	Verificar os efeitos do LBI sobre a fadiga muscular induzida por estimulação elétrica neuromuscular em indivíduos em idade escolar saudáveis.	Os voluntários receberam o LBI (comprimento de onda de 808 nm, 500 mW de potência e 3J/ 7J por ponto) ou LBI placebo.	Não houve diferença significativa entre os grupos e receberam 7 J e 3J sobre a fadiga muscular, também não houve diferença significativa na comparação com o grupo placebo.
Leal Junior et al ¹⁴ (2010)	5	Verificar os efeitos da LBI sobre o desempenho e fadiga musculoesquelética em indivíduos sedentários.	LBI com comprimento de onda de 655 nm, 50mW de potência e 2,4J, foi aplicado em 5 pontos no músculo tibial anterior antes do protocolo de exercícios.	Ocorreu aumento no pico de torque executado pelos voluntários que receberam tratamento com LBI. Entretanto, não foram observadas diferenças quanto ao índice de fadiga nas quatro fases do estudo. Concluindo que o LBI melhorou desempenho do músculo, sem interferir no desenvolvimento da fadiga.
Baroni et al ¹⁵ (2010)	5	Verificar os efeitos do LBI aplicado antes do exercício excêntrico sobre os marcadores de lesão muscular em indivíduos saudáveis não treinados.	Adotando com medidas de desfecho a dor muscular, lactato desidrogenase (LDH) e creatina quinase (CK) antes do exercício, 24 e 48 h após o exercício. A função muscular foi avaliada antes, imediatamente após, 24 e 48 horas pós-exercício.	O tratamento com LBI antes do exercício excêntrico foi eficaz atenuando a diminuição da força muscular e o aumento das proteínas musculares no soro sanguíneo.
Almeida et al ¹⁶	7	Verificar os efeitos do LBI sobre a fadiga e desempenho muscular em indivíduos saudáveis não treinados.	Realizou-se a comparação entre os efeitos do LBI vermelho (comprimento de onda 660nm) e infravermelho (comprimento de onda 830 nm) aplicados antes do protocolo de fadiga	A força máxima atingida e o teste ergométrico nos grupos LBI vermelho e LBI infravermelho foram mais elevados em relação ao grupo placebo, no entanto, não houve diferença na comparação intergrupo concluindo que ambos retardam a fadiga favorecendo o desempenho do muscular.
Vieira et al ¹⁰ (2014)	7	Verificar os efeitos LBI sobre a resistência e o índice de fadiga em homens jovens saudáveis não treinados.	Os voluntários receberam LBI com comprimento de onda de 880nm, 100 mW potência, 4J por ponto ou Placebo, aplicado nos intervalos entre as séries de exercícios.	O grupo que recebeu LBI aumentou o número de contrações máximas enquanto que o grupo placebo diminuiu, concluindo que o LBI promoveu maior resistência e um menor índice de fadiga em comparação ao grupo placebo.
Leal Júnior et al ¹³ (2008)	6	Verificar os efeitos o LBI sobre a fadiga muscular por contrações voluntárias do músculo bíceps braquial, em atletas de voleibol.	Os voluntários receberam LBI (655 nm, 5 J por ponto) ou LBI placebo antes do protocolo de exercícios.	O LBI retardou o aparecimento de fadiga apesar do aumento dos níveis de lactato no sangue.
Leal Júnior et al ¹³ (2009)	7	Verificar o efeito do LBI sobre a fadiga muscular, por exercícios de alta intensidade em jogadores de voleibol.	Os voluntários receberam o LBI (830 nm, 100 mW) ou placebo, antes do protocolo de exercícios.	O LBI retardou o aparecimento da fadiga muscular esquelético, porém não houve interferência sobre os níveis lactato no sangue.

Leal Junior et al²⁰ (2010)	7	Verificar os efeitos do LBI sobre desempenho, fadiga e marcadores bioquímicos de recuperação pós-exercício em jogadores de voleibol.	Os voluntários receberam LBI ativo com comprimento de onda 810 nm, 200 mW de potência, 6J por ponto ou LBI placebo antes do exercício.	O LBI aumentou o desempenho e retardou a fadiga e acelerou a recuperação muscular.
Reis et al²¹ (2014)	6	Verificar o efeito do LBI no desempenho do músculo quadríceps antes e após o exercício em jogadores de futebol.	Os voluntários que receberam LBI com 830nm comprimento de onda, potência 60 mW, 6J por ponto ou placebo, em duas sessões. Foram adotadas como medidas de desfecho, alterações no lactato e os níveis de creatina quinase (CK).	O LBI reduziu os níveis de lactato (nos grupos de laser pré-fadiga e pós-fadiga) e o nível de CK indicando que o LBI pode ser eficaz para a melhoria do desempenho do músculo.
Leal Júnior et al²² (2009)	7	Verificar os efeitos imediatos do LBI sobre marcadores bioquímicos de recuperação muscular após exercício de alta intensidade em atletas adolescentes de voleibol profissionais e de futebol.	Os voluntários receberam LBI com 830nm comprimento de onda, 100 mW de potência, 2, 3 e 4 J por ponto ou placebo, aplicado no músculo reto femoral bilateralmente, antes do protocolo de fadiga. Foram adotados como medidas de desfecho os níveis CK para atletas de voleibol e os níveis e remoção do lactato sanguíneo para os atletas de futebol.	O LBI foi capaz de reduzir o dano muscular e aumentar a remoção de lactato sanguíneo sugerindo ação benéfica para acelerar a recuperação pós-exercício.
Leal Júnior et al²³ (2009)	7	Comparar os efeitos da irradiação do LBI e do LEDT antes de exercícios de alta intensidade em jovens do sexo masculino jogadores de voleibol.	Os voluntários foram randomizados e receberam LBI com 810nm, 200 mW ou LEDT com 660/850nm, 10/30mW ou placebo no músculo reto femoral.	O desempenho e os níveis de lactato sanguíneo não foram significativamente afetados pelos protocolos de LEDT e LBI no pré-exercício.
Toma et al²⁴ (2013)	9	Verificar os efeitos do LBI sobre a fadiga musculoesquelética em mulheres idosas.	As voluntárias receberam LBI com 808 nm de comprimento de onda, 100mW potência, 7J por ponto no músculo reto femoral antes do protocolo de fadiga.	A ordem de aplicação do laser ativo ou laser placebo não influenciou o desempenho durante o exercício. O LBI foi capaz de reduzir a resposta de fadiga por aumentar o número de repetições.
Higashi et al²⁵ (2013)	9	Verificar os efeitos do LBI na fadiga muscular do bíceps braquial em mulheres jovens.	Foram realizadas duas sessões de LBI com 808nm de comprimento de onda, 100mW de potência, 7J por ponto ou LBI placebo antes do protocolo de fadiga.	Não foram encontradas diferenças estatísticas nos valores de fadiga e em relação ao número de contrações musculares e concentração de lactato.
Baroni et al²⁶ (2015)	5	Verificar os efeitos do LBI sobre a hipertrofia e fortalecimento dos músculos extensores de joelho após treinamento excêntrico.	Os voluntários foram randomizados em três grupos. Grupo 1, controle, Grupo 2, realizou treinamento e Grupo 3, recebeu LBI (810nm de comprimento de onda, 200mW de potência e 6J por ponto e treinamento). Adotou-se como medidas de desfecho, a espessura muscular, pico de torque isométrico e pico de torque excêntrico.	O grupo tratado com LBI alcançou mudanças percentuais maiores na espessura muscular, pico de torque isométrico e excêntrico, comparadas ao grupo controle, indicando que o LBI melhorou a resposta hipertrofica e o ganho de força muscular.

Souza et al²⁷ (2014)	4	Avaliar o efeito do LBI sobre a atividade mitocondrial de macrófagos ativados para simular um processo inflamatório.	O LBI foi irradiado em dois comprimentos de onda sobre macrófagos envolvidos no processo de reparo muscular. As células foram cultivadas em situação de deficiência nutricional e tratadas com LPS e IFN- γ para simular um processo inflamatório.	LBI de 660 nm (15 mW, 7,5 J/cm ²) e de 780 nm (70 mW, 3 J/cm ²) podem modular a atividade mitocondrial e, portanto, o estado de ativação de macrófagos responsáveis pela modulação das diferentes fases do processo de reparo do músculo esquelético.
Hakguder et al²⁸ (2003)	4	Verificar os efeitos do LBI aplicado sobre pontos gatilho no pescoço ou região superior das costas.	Os voluntários foram randomizados em Grupo 1 recebeu LBI (780 nm, 10 mW, 5 J/cm ²) associado com alongamento. Grupo 2 realizou o programa de alongamento. Ambos os grupos foram tratados por dez dias. Foram adotadas como medidas de desfecho, a dor, diferença algométrica e assimetria térmica. A avaliação dos pacientes foi feita antes do tratamento, ao final e três semanas após seu término.	Na comparação intergrupo no pré e pós-tratamento revelou resultados favoráveis ao LBI associado aos exercícios de alongamento.
Dundar et al²⁹ (2007)	7	Avaliar os efeitos do LBI comprimento de onda 830-nm aplicado sobre pontos gatilho miofasciais crônicos na região cervical.	Os voluntários foram randomizados. Grupo 1, recebeu o LBI nos pontos-gatilho durante 15 dias. Grupo 2, recebeu LBI placebo, ambos os grupos realizaram exercícios isométricos e alongamento. Adotou-se como medidas de desfecho a dor e amplitude de movimento (ADM), medidos antes, ao final e após quatro semanas do término da intervenção.	Não houve diferenças significativas na comparação intergrupo.
Rayegani et al³⁰ (2011)	5	Verificar os efeitos de LBI e do e Ultra-Som (US) no tratamento da SDM.	Amostra composta por homens e mulheres sendo randomizados em três grupos: Grupo A, recebeu LBI. Grupo B, recebeu terapia com US e Grupo C que recebeu LBI placebo. Foram adotadas como medidas de desfecho, a intensidade da dor, o Neck Disability Index e algometria, antes, ao final e após seis semanas do término da intervenção.	Ambos os recursos foram satisfatórios na melhora da dor, porém o LBI apresentou maiores pontuações comparado ao US, sendo então apontado como um dos tratamentos preferenciais na SDM.
Manca et al³¹ (2014)	5	Verificar os efeitos do LBI e do e US no tratamento de pontos gatilho ativos do músculo trapézio.	Os voluntários foram randomizados. Grupo US ativo. Grupo US placebo. Grupo LBI ativo. Grupo LBI placebo. Grupo sem intervenção. Os grupos de intervenção foram tratados cinco vezes por semana com um total de 10 sessões. Adotou-se como medidas de desfecho a dor e ADM em três momentos: pré-tratamento, duas semanas e doze semanas após a intervenção.	O US e LBI proporcionaram melhorias significativas na dor e extensibilidade muscular em relação aos grupos placebo, porém não houve diferença significativa na comparação dos efeitos do US e do LBI.
Matsutani et al³² (2007)	4	Verificar os efeitos da aplicação do LBI associado ao alongamento muscular sobre pontos sensíveis em mulheres acometidas por fibromialgia	Voluntárias randomizadas em dois grupos: Grupo 1 recebeu tratamento com LBI (830nm, 30 mW, 3J) associado aos exercícios de alongamento. Grupo 2 realizou exercícios de alongamento, por 10 sessões. A dor foi adotada como medida de desfecho.	O protocolo proposto foi eficaz na redução da dor nos pontos sensíveis, porém neste estudo a terapia com LBI não mostrou vantagens significativas quando adicionado antes dos exercícios de alongamento muscular.
Mandic e Rancie³³ (2011)	4	Verificar a eficácia do LBI em comparação aos tratamentos conservadores na redução da dor e espasmo muscular em indivíduos com lombalgia.	Os voluntários foram randomizados em: Grupo 1 recebeu tratamento com LBI (15 mW, 904 nm 73 Hz). Grupo 2 recebeu eletroterapia e termoterapia. Grupo 3 realizou apenas alongamento.	Ocorreu redução da dor e espasmo muscular em maior número de pacientes do grupo que recebeu LBI em comparação aos que receberam tratamentos conservadores.

DISCUSSÃO

As propriedades terapêuticas dos lasers são estudadas desde a sua descoberta e tem demonstrado efeitos analgésicos, anti-inflamatórios e cicatrizantes sendo bastante utilizadas no processo de reparo tecidual, também em virtude das baixas densidades de energia usadas e comprimentos de onda capazes de penetrar nos tecidos⁽³⁴⁾.

Dentre os artigos que verificaram os efeitos do LBI sobre o desempenho e fadiga muscular, doze estudos realizaram aplicação do laser antes do protocolo de fadiga, sendo que Vieira et al⁽¹⁷⁾ aplicou o LBI durante e após o protocolo. Nos estudos o LBI foi utilizado com comprimento de onda dentro da faixa de 655nm e 830nm, variando de acordo com o grupo muscular e protocolo em que foi aplicado, e indicam efeitos favoráveis no retardo da fadiga, aumento da resistência e redução do tempo de recuperação muscular. Contudo, os resultados de Gorgey, Wade e Sobhi⁽¹³⁾, Leal Junior et al⁽²³⁾ e Higashi et al⁽²⁵⁾, apesar da tendência aos efeitos positivos da laserterapia sobre o desempenho e fadiga muscular, estes não apresentaram achados significativos, os autores atribuíram estes resultados ao número amostral reduzido. Baroni et al⁽²⁶⁾ apontou efeitos positivos da aplicação do LBI também sobre a resposta hipertrófica muscular.

A fadiga muscular é definida como

a incapacidade do músculo manter seu desempenho por um determinado tempo. Ocorre devido à saturação do processo metabólico das células, o qual não gera a quantidade de energia para a manutenção da contratilidade muscular. Durante exercícios, a demanda energética muscular eleva-se sendo necessária maior quantidade de trifosfato adenosina (ATP) para suprir as necessidades no mecanismo de contração muscular^(35, 36, 37,38).

Os efeitos miogênicos da irradiação do LBI se devem à capacidade da conversão da energia luminosa aportada pelo laser por meio de processos bioquímicos e fotofísicos, os quais transformam a energia luminosa em energia útil para as células. Em fibras musculares danificadas ocorre a inibição da respiração mitocondrial reduzindo assim a disponibilidade de adenosina trifosfato (ATP) na célula. Os fótons de LBI são capazes de alterar a conformação molecular de alguns componentes metálicos presentes nos complexos enzimáticos da cadeia respiratória mitocondrial aumentando a transferência de elétrons ao longo da cadeia respiratória e o bombeamento dos prótons através das mitocôndrias, aumentando assim produção de ATP. A disponibilidade de ATP reativa processos celulares inibidos pela lesão muscular, tais como a síntese de DNA, RNA e proteínas que desempenham um papel importante na

proliferação celular e a recuperação muscular (34, 39, 40).

Souza et al (27) mostrou resultados favoráveis na irradiação do LBI em diferentes comprimentos de onda, também sobre células inflamatórias que atuam no processo de reparo muscular.

A terapia com LBI exerce efeitos anti-inflamatórios importantes nos processos iniciais da cicatrização, este efeito se dá por meio da redução de mediadores químicos (PGE2, histamina), de citocinas pró-inflamatórias (IL-1, IL-2, IL-6, IL-10, TNF α), diminuição da migração de células inflamatórias (leucocitos, neutrófilos), aceleração da microcirculação, redução do edema, eliminação de catabólitos e incremento de fatores de crescimento (FCF, bFGF, IGF-1, IGFBP3), contribuindo diretamente para o processo de reabilitação tecidual (34, 41).

Hakguder et al (28), Dundar et al (29), Rayegani et al (30), Manca et al (31), Matsutani et al (32), Mandic e Rancie (33) verificaram os efeitos do LBI sobre a dor muscular mostraram resultados positivos tanto na sua utilização isolada quanto em associação com outros recursos conservadores no tratamento de dores muscular crônicas.

O laser terapêutico atua como um importante agente anti-álgico, contudo, os mecanismos pelos quais isso ocorre

permanecem incertos. Dentre as hipóteses, o LBI promove a melhora da circulação local que leva à redução de edema e melhor oxigenação tecidual, podendo, conseqüentemente, resultar no alívio da dor. Outra hipótese para seus efeitos do relaxamento muscular e analgesia, deve-se a liberação periférica de opióides das células do sistema imunológico, com significativa liberação de β -endorfina local e aumento do limiar de dor mediante bloqueio eletrolítico das fibras nervosas, inibindo sinais nociceptores e controlando os mediadores de dor (42, 34, 43).

Apesar das diferenças nos parâmetros tempo, potência, comprimento de onda, frequência de aplicação do laser e protocolo terapêutico ter variado de um estudo para o outro, os resultados mostram efeitos positivos da utilização desse recurso na reabilitação muscular.

CONCLUSÃO

Os estudos analisados por esta revisão sistemática apontam efeitos positivos do uso do LBI no retardo da fadiga, aumento da resistência e redução do tempo de recuperação muscular, tanto em atletas quanto em indivíduos não treinados. O uso do LBI mostra-se eficaz também no processo de reparo tecidual e tratamento da dor muscular crônica. De um modo geral, os estudos comprovaram que o

uso do laser de baixa intensidade foi superior à aplicação placebo. Tendo em vista que até o momento a grande maioria dos estudos acerca do uso da laserterapia, são realizados com modelos animais, faz-se importante realizar mais estudos quanto aos efeitos e parâmetros mais eficazes para alcançar melhores resultados com este recurso em seres humanos.

REFERÊNCIAS

- 1- Antunes JS, Karvat J, Aragão FA, Bertolini GRF. Laser de baixa potência, no espectro de luz vermelha, em lesão nervosa periférica. *Rev Pesq Fisioter.* 2015;5(1):43-48.
- 2- Silva EM, Gomes SP, Lulbrich LM, Giovanini AF. Avaliação histológica da laserterapia de baixa intensidade na cicatrização de tecidos epitelial, conjuntivo e ósseo: estudo experimental em ratos. *Rev Sul-Bras Odontol.* 2007;4(2):29-35.
- 3- Dantas EM, Poliana, Dantas PMC, Nóbrega FJP, Vasconcelos RG, Aguiar Júnior JN, Queiroz LMG. Tratamento da hipersensibilidade dentinária cervical com laser de baixa potência – revisão de literatura. *Odontol. Clín.-Cient.* 2013;12(1):7-11.
- 4- Milan M, Natasa R. The usage of low power laser in the therapy of pain in the patients with acute low back pain syndrome. *Acta Fac Medicae Naissensis.* 2008;25(3):127-131.
- 5- Pereira PR; De Paula JB; Cielinski J; Pilonetto M; Bahten LCV. Efeitos do laser de baixa intensidade em cultura bacteriana in vitro e ferida infectada in vivo. *Rev Col Bras Cir.* 2014;41(1):049-055.
- 6- Artlheiro PP, Barbosa JLP, Fernandes KPS, Oliveira TS, Bussadori SK, Mesquita-Ferrari RA. Análise comparativa dos efeitos do ultrassom terapêutico e laser de baixa potência sobre a proliferação de células musculares durante a diferenciação celular. *Fisioter Mov.* 2012;25(1):21-9.
- 7- Barboza CAG, Ginani F, Soares DM, Henriques ACG, Freitas RA. Laser de baixa intensidade induz à proliferação in vitro de células-tronco mesenquimais. *Einstein.* 2014;12(1):75-81.
- 8- Costardi CHZ, Tamachiro C, Esteves Júnior I, Gomes AC. Efeito do laser de baixa intensidade (670nm) após contusão muscular em ratos. *Fisioter. Mov.* 2008;21(2): 21-30.
- 9- Pertille A, Macedo A. B. Oliveira C.P.V. Avaliação da regeneração muscular em animais idosos após tratamento com laser de baixa intensidade. *Rev Bras Fisioter.* 2012;16(6):495-501.
- 10- Rocha Júnior AM, Oliveira RG, Farias RE, Andrade LCF, Aarestrup FM. Modulação da proliferação fibroblástica e da resposta inflamatória pela terapia a laser de baixa intensidade no processo de reparo tecidual. *An Bras Dermatol.* 2006;81(2):150-6.
- 11- Silveira PCL, Silva LA, Tuon T, Freitas TP, Streck EL, Pinho RA. Efeitos da laserterapia de baixa potência na resposta oxidativa epidérmica induzida pela cicatrização de feridas. *Rev Bras Fisioter.* 2009;13(4):281-7.
- 12- Shiwa SR, Costa LOP, Moser ADL, Aguiar IC, de Oliveira LVF. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. *Fisioter Mov.* 2011;24(3):523-33.
- 13- Gorgey AS, Wade AN, Sobhi NN. The effect of low-level laser therapy on electrically induced muscle fatigue: a pilot study. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(5):501-6.
- 14- Leal Junior ECP, Nassar FR, Tomazoni SS, Bjordal JM, Lopes-Martins RAB. A laserterapia de baixa potência melhora o desempenho muscular mensurado por dinamometria isocinética em humanos. *Fisioter Pesq.* 2010;17(4):317-21.
- 15- 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. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(4):789-96
- 16- Almeida et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):453-8.
- 17- Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz ASR, Maciel NFB, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of Low-Level Laser Therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: A randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85.
- 18- Leal Junior et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(5):419-24.
- 19- Leal Junior et al. Effect of 830nm Low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci.* 2009;24(6):857-63.
- 20- Leal Junior et al. Effects of low-level laser therapy in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post exercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(8):524-32.
- 21- Reis et al. Effects of Pre- or Post-Exercise Low-Level Laser Therapy (830 nm) on Skeletal Muscle Fatigue and Biochemical Markers of Recovery in Humans: Double-Blind Placebo-Controlled Trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(2):106-12.
- 22- Leal Junior et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci.* 2009;24(3):425-31.
- 23- Leal Junior et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(4):617-23.
- 24- Toma et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly

- women. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1375-82.
- 25- Higashi et al. Effects of Low-Level Laser Therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(12):586-94.
- 26- Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, Franke RA, Geremia JM, Vaz MA. Effect of low level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(3):639-47.
- 27- Souza NHC, Ferrari RAM, Silva DFT, Nunes FD, Bussadori SK, Fernandes KPS. Efeito da laserterapia em baixa intensidade na modulação da atividade mitocondrial de macrófagos. *Braz J Phys Ther.* 2014;18(4):308-314.
- 28- Hakguder A, Birtane M, Gurcan S, Kokino S, Turan FN. Efficacy of Low Level Laser Therapy in Myofascial Pain Syndrome: An algometric and thermographic evaluation. *Lasers Surg Med.* 2003;33(5):339-43.
- 29- Dundar U, Evcik D, Samli F, Pusak H, Kavuncu V. The effect of gallium arsenide aluminum laser therapy in the management of cervical myofascial pain syndrome: a double blind, placebo-controlled study. *Clin Rheumatol.* 2007;26(6):930-4.
- 30- Rayegani S, Bahrami M, Samadi B, Sedighpour L, Mokhtarirad M, Eliaspoor D. Comparison of the effects of low energy laser and ultrasound in treatment of shoulder myofascial pain syndrome: a randomized single-blinded clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2011;47(3):381-9.
- 31- Manca et al. Ultrasound and laser as stand-alone therapies for myofascial trigger points: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Physiother Res Int.* 2014;19(3):166-75.
- 32- Matsutani et al. Effectiveness of muscle stretching exercises with and without laser therapy at tender points for patients with fibromyalgia. *Clin Exp Rheumatol.* 2007;25(3):410-5.
- 33- Mandić M, Rancié N. Low power laser in the treatment of the acute low back pain. *Vojnosanit Pregl.* 2011;68(1):57-61.
- 34- Lins RDAU, Dantas EM, Lucena KCR, Catão MHCV, Garcia AFG, Carvalho Neto LG. Efeitos bioestimulantes do laser de baixa potência no processo de reparo. Revisão. *An Bras Dermatol.* 2010;85(6):849-55.
- 35- Martins LJNS, Signoretti AG, Gomes CS, Vieira WHB. Efeito do laser de baixa intensidade na performance muscular relacionada à fadiga: uma revisão. *Ciência e Saúde, Porto Alegre, n. especial, p.41,2009.*
- 36- Gilliam LA, Clair DK. Chemotherapy-induced weakness and fatigue in skeletal muscle: the role of oxidative stress. *Antioxid Redox Signal.* 2011;15(9):2543-63.
- 37- Vecchiet et al. Relationship between musculoskeletal symptoms and blood markers of oxidative stress in patients with chronic fatigue syndrome. *Neurosci Lett.* 2013;335(3):151-4.
- 38- Westerblad H, Bruton JD, Katz A. Skeletal muscle: energy metabolism, fiber types, fatigue and adaptability. *Exp Cell Res.* 2010;316(18):93-9.
- 39- Santos DR, Liebano RE, Baldan CS, Masson IB, Soares RP, Esteves Junior I. The low-level laser therapy on muscle injury recovery: Literature review. *J Health Sci Inst.* 2010;28(3):286-8.
- 40- Andrade FSSD, Clark RMO, Ferreira ML. Efeitos da laserterapia de baixa potência na cicatrização de feridas cutâneas. *Rev. Col. Bras. Cir.* 2014;41(2):129-133.
- 41- Piva JAAC, Abreu EMC, Silva VS, Nicolau RA, Ação da terapia com laser de baixa potência nas fases iniciais do reparo tecidual: princípios básicos. Revisão. *An Bras Dermatol.* 2011;86(5):947-54.
- 42- Fukuda VO, Fukuda TY, Guimarães M, Shiwa S, Lima BDC, Martins RABL, Casarotto RA, Alfredo PP, Bjordal JM, Fucs PMMB. Eficácia a curto prazo do laser de baixa intensidade em pacientes com osteoartrite do joelho: ensaio clínico aleatório, placebo-controlado e duplo. *Rev Bras Ortop.* 2011;46(5):526-33.
- 43- Meireles A, Rocha BP, Rosa CT, Silva LI, Bonfleur ML, Bertolini GRF. Avaliação do papel de opióides endógenos na analgesia do laser de baixa potência, 820 nm, em joelho de ratos Wistar. *Rev Dor.* 2012;13(2):152-5.

OBSERVAÇÃO: Os autores declaram não existir conflitos de interesse de qualquer natureza.