



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA
FCS/ESS

LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA

PROJECTO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II

**EFEITOS DA TERAPIA DE LASER DE BAIXA
INTENSIDADE APÓS CONTUSÃO MUSCULAR:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

José Pedro Lopes de Castro Araújo
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde - UFP
15350@ufp.edu.pt

Mariana Cervaens
Licenciatura
Escola Superior de Saúde - UFP
cervaens@ufp.edu.pt

Porto, Fevereiro de 2011

Resumo

Objetivo: Determinar a efectividade da terapia de laser de baixa intensidade na recuperação muscular após contusão. **Metodologia:** Pesquisa computadorizada nas bases de dados *B-on*, através da *Pubmed/Medline* para identificar estudos experimentais randomizados controlados que avaliaram o efeito da terapia de laser de baixa intensidade na recuperação muscular após contusão. **Resultados:** Nesta revisão foram incluídos 9 estudos experimentais randomizados controlados. Dos estudos incluídos nesta revisão, 3 referem-se à terapia de laser de Arsenieto de Gálio (AsGa), 3 referem-se à terapia de laser de Arsenieto de Gálio e Alumínio (AsGaAl), 2 referem-se à terapia de laser de Alumínio Gálio Índio Fósforo (AlGaInP) e 1 refere-se à terapia de laser de Hélio-Néon (HeNe), após contusão muscular. **Conclusão:** A evidência consultada nesta revisão sistemática sugere que a terapia de laser de baixa intensidade desempenha um papel importante na recuperação muscular após contusão, nomeadamente através da utilização de terapias de laser de AsGa, AsGaAl, AlGaInP e HeNe. Os vários tipos de laser apresentam benefícios, nomeadamente o laser de AlGaInP na fase de destruição e os lasers de AsGa, AsGaAl e HeNe nas fases de reparação e remodelação, após contusão muscular. **Palavras-chave:** Terapia de laser de baixa intensidade; Laser; Contusão; Trauma muscular.

Abstract

Objective: To determine the effectiveness of low level laser therapy in muscle recovery after contusion. **Methodology:** Research on computerized databases *B-on*, through the *Pubmed/Medline* to identify experimental randomized controlled trials that evaluated the effect of low level laser therapy in muscle recovery after contusion. **Results:** This review included 9 experimental randomized controlled studies. From the studies included in this review, 3 relate to Arsenium-Gallium (AsGa) laser therapy, 3 relate to Arsenium-Gallium-Aluminum (AsGaAl) laser therapy, 2 relate to Aluminum-Gallium-Indium-Phosphide (AlGaInP) laser therapy and 1 relate to Helium-Neon (HeNe) laser therapy, after muscle contusion. **Conclusion:** The evidence found in this systematic review suggests that low level laser therapy plays an important role in muscle recovery after contusion, namely through AsGa, AsGaAl, AlGaInP and HeNe laser therapy. The various types of lasers have benefits, particularly the AlGaInP laser in the destruction phase and the AsGa, AsGaAl and HeNe laser in the repair and remodeling phases after muscle contusion. **Key-words:** Low level laser therapy; Laser; Contusion; Muscle trauma.

1. Introdução

As lesões musculares são uma das mais comuns formas de lesões decorrentes do desporto, com uma incidência que varia de 10 a 55% de todas as lesões sofridas e podem ser causadas por contusão, estiramento ou ruptura, com predomínio das contusões e estiramentos (Falcai *et al.*, 2010; Järvinen *et al.*, 2005). A lesão muscular por contusão é uma das principais causas do afastamento de atletas de actividades desportivas sendo eles, atletas de fim-de-semana ou atletas de alto nível. A contusão é causada por traumatismo directo, rápido, que aplica uma força compressiva sobre o tecido muscular. Qualquer que seja o mecanismo de trauma, há dor, que interfere com a locomoção, no desempenho de actividades desportivas e da vida diária (Braz *et al.*, 2005; Falcai *et al.*, 2010).

A rápida recuperação do tecido muscular mantendo as suas propriedades mecânicas e desempenho, envolve um retorno mais rápido às actividades físicas e uma menor perda de desempenho desportivo e é importante para o indivíduo lesionado, em especial para atletas que necessitam da sua máxima eficácia durante as competições (Braz *et al.*, 2005; Filho *et al.*, 2006).

A lesão de tecidos moles a partir de uma única pancada ou compressão é comum e a terapia de laser tornou-se numa modalidade usada por fisioterapeutas no tratamento deste tipo de trauma. Os lasers são relatados para actuar pela inibição ou estimulação das actividades bioquímicas, fisiológicas e proliferativas das células e tecidos (Fisher *et al.*, 2000). É importante que os fisioterapeutas sejam providos de informação sobre a aplicabilidade e efectividade das modalidades terapêuticas que utilizam (Costardi *et al.*, 2008).

Para uma modalidade terapêutica ser efectiva, ela deve reduzir a resposta inflamatória aguda e acelerar a fase de recuperação de modo a que a regeneração em vez da formação de cicatriz seja reforçada (Rizzi *et al.*, 2006). A terapia de laser de baixa intensidade apresenta efeito fotobiológico, estimulando a síntese de ATP, de colagénio, proliferação celular de entre outros eventos celulares. Dessa forma, podem ocorrer efeitos analgésicos, anti-inflamatórios e reparadores. Porém, estes efeitos dependem de factores como comprimento de onda do laser, dose e tempo de aplicação (Filho *et al.*, 2006).

A perspectiva para a utilização do laser de baixa intensidade como forma terapêutica tem sido investigada desde a década de 60. Estes estudos mostram que esta forma de radiação pode estimular processos biológicos, em especial os processos de reparação tecidual (Filho *et al.*, 2006).

Actualmente há 4 tipos de lasers de baixa intensidade utilizados com mais frequência: o laser de alumínio de ítrio neodímio (YAG), de hélio-néon (HeNe), de arsenieto de gálio (AsGa) e de arsenieto de gálio e alumínio (AsGaAl). Os comprimentos de onda (λ) usados com mais frequência na prática clínica são 632,8nm (HeNe), 820 a 830nm (AsGaAl) e 904nm (AsGa) (McBrier *et al.*, 2009). Apesar da alta incidência das lesões musculares por contusão, há limitação de estudos nesta área, devido à alta variabilidade das lesões. Sendo assim, os modelos experimentais de produção padronizada de lesão muscular são de grande importância na tentativa de elucidar os métodos de reabilitação da contusão muscular (Falcai *et al.*, 2010). Devido ao grau de similaridade morfológica dos tecidos musculares esqueléticos entre mamíferos, os estudos experimentais, *in vivo*, realizados com animais de laboratório, contribuem na elucidação dos principais aspectos do processo regenerativo muscular, possibilitando uma avaliação qualitativa dos sinais de lesão e regeneração muscular (Costardi *et al.*, 2008).

O laser de baixa intensidade é utilizado para promover a regeneração do músculo esquelético *in vivo* ao activar as células satélites quiescentes, realçando a sua proliferação e inibindo a diferenciação e fusão *in vitro* (Costardi *et al.*, 2008).

Esta revisão sistemática tem como objectivo compreender o efeito de diferentes formas de laser de baixa intensidade na recuperação muscular após contusão, no sentido de fornecer aos fisioterapeutas informação sobre a aplicabilidade e efectividade das diferentes terapias de laser de baixa intensidade neste tipo de lesão. Como finalidade desta revisão sistemática espera-se que seja um contributo para um aprofundamento do conhecimento sobre as intervenções nesta área de modo a que a prática seja realizada cada vez mais com base em evidência.

2. Metodologia

Foi efectuada uma pesquisa computadorizada nas bases de dados *B-on*, através da *Pubmed/Medline* para identificar estudos experimentais randomizados controlados que avaliaram o efeito de terapias de laser de baixa intensidade na recuperação muscular após contusão, publicados entre 2000 e 2010. A pesquisa foi efectuada usando as palavras-chave *low level laser therapy, laser, contusion, muscle trauma*, usando operadores de lógica (AND, OR).

Para esta revisão sistemática foi recolhida, dos estudos seleccionados, informação sobre o tipo e intensidade de laser utilizados, a população em estudo, a intervenção e os resultados.

Esta selecção obedece a alguns critérios de inclusão e exclusão tais como:

- **Critérios de inclusão:** estudos experimentais randomizados controlados em modelo animal; utilização de terapia de laser de baixa intensidade; tratamento realizado após contusão muscular; descrição do tipo de intervenção efectuada; os artigos têm que ter o texto na íntegra;

- **Critérios de exclusão:** artigos que não incluam a terapia de laser de baixa intensidade; tratamentos realizados em outra patologia que não a contusão muscular; artigos apenas com o resumo; revisões sistemáticas; estudos de caso; estudos com qualidade metodológica inferior a 5 (segundo a escala de *PE德罗*); estudos que não especifiquem o tipo de laser utilizado.

Para determinar a inclusão ou exclusão de cada estudo, foi efectuada a leitura dos resumos e, em caso de dúvidas, o texto completo de todos os estudos encontrados na pesquisa efectuada.

Tabela I. Qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão segundo a classificação atribuída pela escala de *PE德罗*.

Estudo	Critérios Presentes	Total
Falcai <i>et al.</i> , 2010	3,4,5,9,10	5/10
Silveira <i>et al.</i> , 2009	2,3,4,5,8,9,11	7/10
Rizzi <i>et al.</i> , 2006	2,3,4,5,8,9,10	7/10
Braz <i>et al.</i> , 2005	3,4,5,8,9,10,11	7/10
Filho <i>et al.</i> , 2006	3,4,5,8,9,10	6/10
Luz <i>et al.</i> , 2007	2,3,4,5,8,9,10	7/10
Sene <i>et al.</i> , 2009	2,3,4,5,8,10	6/10
Costardi <i>et al.</i> , 2008	2,3,4,5,9	5/10
Iyomasa <i>et al.</i> , 2009	2,3,4,5,9	5/10

Nota: O critério 1 não entra no cálculo; o valor final refere-se ao número de critérios presente entre os 10 critérios da escala que entram no cálculo.

3. Desenvolvimento

As lesões musculares são frequentes tanto no desporto como no trabalho; mais de 30% das lesões vistas nos gabinetes médicos são relacionados com o músculo esquelético (Rizzi *et al.*, 2006). As rupturas musculares são as lesões musculares mais incomuns no desporto, sendo que mais de 90% das lesões ligadas ao desporto ou são estiramentos ou contusões. Uma contusão muscular ocorre quando um músculo é sujeito a uma força compressiva forte e súbita, como uma pancada directa no músculo (Järvinen *et al.*, 2005).

Na contusão, a ruptura de pequenos vasos do tecido celular subcutâneo ou da própria derme dará origem a equimose. Considerando por exemplo, na prática do futebol, a contusão da coxa, produzida pelo choque do joelho do adversário, por exemplo: clinicamente, o atleta apresenta dores intensas localizadas, contractura muscular imediata, importância funcional que se agrava nas 24 horas subsequentes ao trauma e diminuição da amplitude dos movimentos de flexão do joelho (Lopes *et al.*, 1993). O quadro clínico de uma lesão muscular depende da sua severidade e da natureza do hematoma. As contusões são divididas em leves, moderadas e graves, de acordo com as alterações anatomopatológicas da lesão, produzidas pelo trauma directo (Järvinen *et al.*, 2005). Segundo este autor uma contusão ou estiramento leve (primeiro grau) representa o rompimento de apenas algumas fibras musculares com edema menor e desconforto acompanhado de nenhuma ou apenas uma perda mínima de força e restrição de movimentos. Contusão ou estiramento moderado (segundo grau), por sua vez, significa um dano maior no músculo com uma perda clara da função (capacidade de contrair), enquanto que um rompimento estendendo-se através de toda a secção transversal do músculo e, portanto, resultando numa perda quase total da função muscular é denominado contusão ou estiramento grave (terceiro grau). Lopes *et al.*, (1993) refere ainda que, na contusão leve as dores são localizadas no ponto do trauma directo, mas não dificultam a mobilização do joelho; na contusão moderada, as dores são intensas, localizadas, mas com algum sinal de difusão, aumento pronunciado da coxa, postura antálgica em semiflexão do joelho, com amplitude de movimento menor que 90° e na contusão grave, as dores são intensas, localizadas, com algum sinal de difusão, impotência funcional e postura antálgica, com mobilidade do joelho menor do que 45°.

O que distingue a cicatrização do músculo esquelético da cicatrização de uma lesão óssea é que o músculo esquelético cicatriza através de um processo de reparação, enquanto que quando há uma fractura óssea, o tecido de cicatrização é idêntico ao tecido que existia ali antes. A cicatrização de um músculo esquelético lesionado segue um padrão relativamente

constante, independentemente da causa subjacente (contusão, estiramento ou ruptura). Segundo Järvinen *et al.* (2005) identificam-se três fases neste processo:

-Fase de destruição, caracterizada pela ruptura e conseqüente necrose das fibras musculares, formação de um hematoma entre as partes das fibras musculares rompidas, e uma reacção celular inflamatória.

-Fase de reparação, consistindo na fagocitose do tecido necrosado, regeneração das fibras musculares e uma produção concomitante de uma cicatriz de tecido conjuntivo, assim como a revascularização pelo crescimento de capilares na área lesionada.

-Fase de remodelação, que é o período durante o qual acontece a regeneração das fibras musculares, a retracção e reorganização do tecido cicatricial e a recuperação da capacidade funcional do músculo.

O tratamento imediato de um músculo esquelético lesionado deve seguir o princípio de 'RICE': repouso, gelo, compressão e elevação. A justificação global para o uso do princípio de 'RICE' é muito prática, já que todos os quatro métodos visem minimizar o sangramento no local da lesão. É necessário salientar que não há um único estudo clínico randomizado que tenha validado a eficácia do princípio 'RICE'. No entanto, há provas científicas para a adequação dos diferentes componentes deste conceito, e essas provas são derivadas em grande parte dos estudos experimentais (Järvinen *et al.*, 2005).

Alguns recursos fisioterapêuticos adicionais utilizados na regeneração muscular são: crioterapia, ultra-som, mobilização, imobilização, medicamentos anti-inflamatórios não esteróides (AINE's) ou corticóides, factores de crescimento e laser (Falcai *et al.*, 2010; Ferrari *et al.*, 2005). O tratamento ideal ainda não foi determinado porque os métodos tradicionais normalmente não promovem uma recuperação rápida o suficiente para satisfazer os pacientes e a recorrência de lesão é comum, indicando que tais tratamentos não proporcionam uma recuperação funcional completa e são provavelmente ineficazes na prevenção da formação de tecido cicatricial permanente (Rizzi *et al.*, 2006).

A eficácia de Laser de Baixa Intensidade (LBI) utilizada no tratamento de tecidos moles é controversa, particularmente aqueles usados em fisioterapia (Costardi *et al.*, 2008).

A terapia de LBI é um tratamento realizado por fisioterapeutas que vem sendo cada vez mais utilizado e tem sido estudado na tentativa de observar o seu efeito no processo de regeneração na lesão muscular (Ferrari *et al.*, 2005). A investigação europeia de base, focada na lesão muscular e regeneração tem demonstrado efeitos benéficos (McBrier *et al.*, 2009). A preferência é baseada em resultados positivos como a evidência de proliferação de

fibroblastos, o aumento de fibras elásticas e de colagénio e a promoção de angiogénese (Iyomasa *et al.*, 2009).

Há 4 tipos de lasers de baixa intensidade utilizados frequentemente: o laser de alumínio de ítrio neodímio (YAG), de hélio-néon (HeNe), de arsenieto de gálio (AsGa) e de arsenieto de gálio e alumínio (AsGaAl). Os comprimentos de onda (λ) usados com mais frequência na prática clínica são 632,8nm (HeNe), 820 a 830nm (AsGaAl) e 904nm (AsGa). O comprimento de onda é clinicamente importante, já que ele determina a profundidade de penetração da energia do laser e, portanto, o potencial para uma resposta fisiológica. Os mecanismos fisiológicos dos benefícios terapêuticos da LBI ainda são vagos, mas os limitados estudos científicos sugerem que esta induz uma reacção fotoquímica a nível celular sem induzir uma alteração de temperatura (McBrier *et al.*, 2009). Os efeitos terapêuticos incluem a redução da dor, uma acelerada resolução do processo inflamatório e uma facilitação da reparação tecidual (Filho *et al.*, 2006; McBrier *et al.*, 2009).

Nesta revisão sistemática são reunidos estudos experimentais de modo a verificar os efeitos de diferentes tipos de laser de baixa intensidade em contusões musculares.

3.1. Laser de Arsenieto de Gálio (AsGa)

Dos estudos incluídos nesta revisão sistemática, 3 referem-se aos efeitos da terapia de laser de baixa intensidade de AsGa em modelos experimentais de contusões musculares. Nestes estudos foram utilizados ratos da linhagem Wistar de modo a avaliar o efeito deste laser em contusões do músculo gastrocnémio. O modelo de lesão utilizado para causar a contusão foi semelhante nos 3 estudos, tendo sido libertado um peso de chumbo com 250g através de uma guia de metal de uma altura de 30cm (Falcai *et al.*, 2010) ou uma massa metálica de 459g de uma altura de 18cm (Rizzi *et al.*, 2006; Silveira *et al.*, (2009) sob o músculo gastrocnémio dos animais. É de referir que os animais foram anestesiados antes de ser provocada a lesão e sacrificados após o período experimental em todos os estudos, de modo a verificar a efectividade da terapia.

No seu estudo, com o objectivo de avaliar mecânica e histologicamente os efeitos do laser de baixa intensidade de AsGa no processo regenerativo de uma contusão muscular, Falcai *et al.* (2010) dividiram os animais num grupo de controlo sem qualquer lesão (C), num grupo submetido à lesão mas mantido sem tratamento (LM) e num grupo submetido à lesão e tratado com laser AsGa de 960nm (LM-L). O tratamento foi realizado imediatamente após a lesão e, posteriormente, duas vezes por dia durante três dias. Foi utilizada uma intensidade de 2 J/cm², e o tempo de aplicação foi calculado automaticamente pelo aparelho de laser

utilizado. Verificou-se, no que diz respeito à força máxima, uma diferença significativa entre os grupos C e LM ($p < 0,05$) e resultados muito semelhantes entre o grupo C e o grupo submetido a tratamento com laser (LM-L). Na avaliação da rigidez relativa não se verificou diferenças estatísticas entre os grupos, mas já os achados histológicos permitiram observar hematomas evidentes nos grupos submetidos à lesão (LM e LM-L), sendo que no grupo de animais tratados com laser se verificou início de reparação tecidual, menor desorganização celular, menor área de lesão e neovascularização.

Silveira *et al.* (2009) avaliaram as actividades dos complexos I, II, III e IV da cadeia respiratória mitocondrial e da succinato desidrogenase após contusão muscular. Os animais foram divididos em 3 grupos, um de controlo, um submetido a lesão e mantido sem tratamento e um submetido a lesão e tratado com laser de AsGa de 904nm. O tratamento foi realizado 2, 12, 24, 48, 73, 96 e 120 horas após a lesão, e com uma dose total por sessão de 5 J/cm². Os autores verificaram que as actividades do complexo II e da succinato desidrogenase aumentaram significativamente 5 dias após a lesão quando comparado com o grupo de controlo. Além disso, verificou-se também que, no grupo tratado com laser houve um aumento significativo das actividades dos complexos I, II, III e IV e da succinato desidrogenase, comparativamente com o grupo submetido a lesão mas mantido sem tratamento.

Em 2006, Rizzi *et al.* investigaram o efeito do laser de baixa intensidade de AsGa na activação do factor nuclear kappa B (NF- κ B) e na expressão de óxido nítrico sintase induzível (iNOS) após um modelo experimental de contusão. Foram utilizados 3 grupos: um grupo de controlo (C), um grupo submetido a lesão (T) e um grupo submetido a lesão e tratado com laser de AsGa de 904nm (TL). O tratamento com uma dosagem de 5 J/cm² e com um duração de 35 segundos, foi realizado diariamente por 7 ou 14 dias. Verificaram-se anormalidades histológicas com o aumento da concentração de colagénio e stress oxidativo após a lesão, acompanhado pela activação do NF- κ B e pela regulação crescente da expressão iNOS, enquanto que a concentração de proteína da I κ B α diminuiu. Observou-se que estes efeitos foram bloqueados no grupo submetido à lesão e tratado com laser, havendo um marcado alívio das anormalidades histológicas.

3.2. Laser de Arsenieto de Gálio e Alumínio (AsGaAl)

Os efeitos do laser de baixa intensidade de AsGaAl foram abordados em 3 dos estudos que fazem parte desta revisão. Os estudos (Braz *et al.*, 2005; Filho *et al.*, 2006; Luz *et al.*, 2007) referem-se aos efeitos deste tipo de laser no processo inflamatório e no processo regenerativo

posteriormente a uma contusão muscular, e foram realizados recorrendo a ratos machos da linhagem Wistar. Os mecanismos utilizados para provocar as lesões foram idênticos, nos quais foram libertados pesos de 320g (Filho *et al.*, 2006; Luz *et al.*, 2007) ou 400g (Braz *et al.*, 2005) sobre a região a ser lesada, de uma altura de 21cm (Luz *et al.*, 2007) ou 15cm (Braz *et al.*, 2005). Os estudos têm também em comum o facto de os animais serem anestesiados antes de a lesão ser provocada e de no final do período experimental serem sacrificados, para o posterior estudo.

Braz *et al.* (2005) realizaram um estudo com o objectivo de analisar os efeitos do laser de baixa intensidade de AsGaAl na área de lesão, área de necrose e área de regeneração no processo de cicatrização muscular após a indução de contusões musculares. Neste estudo, o procedimento do mecanismo de lesão foi realizado 3 vezes consecutivas em cada animal. Os animais foram divididos num grupo submetido a lesão e mantido sem tratamento (GC) e em dois grupos submetidos a lesão e tratados com terapia de laser de AsGaAl com comprimento de onda de 830 nm (GI e GII). O tratamento foi realizado usando-se a técnica pontual com contacto em 4 pontos equidistantes ao redor da lesão e um ponto no centro da lesão. No GI foi depositado em cada ponto 0,12 J de energia em 0,8 segundos, totalizando 0,6 J. No GII a energia depositada em cada ponto foi de 1,2J em 8 segundos, num total de 6 J. Este procedimento foi realizado uma vez por dia durante 9 dias consecutivos. Os autores verificaram na análise histopatológica uma menor área de necrose, menor área de lesão e uma aceleração na regeneração nos grupos tratados com laser, comparando com o GC. No entanto, estes achados foram mais significativos no GII.

Filho *et al.* (2006) avaliaram o efeito do laser de AsGaAl de 785nm sobre as células do processo inflamatório e a deposição de colagénio do músculo gastrocnémio submetido a contusão muscular. Os animais utilizados para este estudo foram divididos em 3 grupos: grupo de controlo normal (GCN), grupo de controlo submetido a lesão (GCL) e grupo de controlo submetido a lesão e tratado com laser, subdivididos em 2 subgrupos cada, para análises no 8º e 15º dias após a lesão, ou seja, um dos subgrupos foi sacrificado ao 8º e o outro ao 15º dia. A intensidade de irradiação de laser utilizada foi de 4 J/cm², tendo sido este tratamento iniciado no 1º dia, duas horas após a lesão, e repetido no 3º, 5º e 7º dias após a lesão. No que diz respeito à evolução do processo inflamatório, não houve diferenças significativas entre os 3 grupos mas, no entanto, a deposição de colagénio foi significativamente maior nos músculos tratados com laser, tanto após 8 dias como após 15 dias posteriormente à lesão.

Em 2007, também com o objectivo de avaliar o efeito do laser de AsGaAl de 785 nm no processo inflamatório e na deposição de colagénio do músculo gastrocnémio submetido a uma contusão, Luz *et al.* realizaram um estudo com uma estrutura semelhante ao de Filho *et al.* (2006), dividindo a sua amostra em 6 grupos, onde 3 dos quais foram sacrificados ao 8º dia e 3 ao 15º dia após a lesão. O tratamento foi iniciado 2 horas após a lesão e repetido no 3º, 5º e 7º dias após a lesão, com uma intensidade de 10 J/cm². Os autores verificaram que não houveram alterações no processo inflamatório nos grupos tratados com laser em nenhuma das 2 fases de avaliação em relação aos grupos lesados mas mantidos sem tratamento. Já no que diz respeito ao outro parâmetro avaliado, as análises histomorfométricas demonstraram que nos animais sacrificados aos 8 dias após a lesão a quantidade de colagénio foi maior no grupo lesado e tratado com laser do que no grupo apenas lesado, e que nos animais sacrificados aos 15 dias após a lesão houve uma diminuição da quantidade de colagénio no grupo lesado e tratado, no entanto com uma melhor distribuição do tecido de colagénio em relação ao grupo apenas lesado.

3.3. Laser de Alumínio Gálio Índio Fósforo (AlGaInP)

Dois dos estudos desta revisão referem-se à influência do laser de AlGaInP após contusão muscular. Sene *et al.* (2009) avaliaram a influência do laser diodo de baixa intensidade de AlGaInP de 670 nm, associado ou não à imobilização, na recuperação das propriedades mecânicas do músculo gastrocnémio submetido a contusão através de um mecanismo de lesão em que foi libertado um peso de metal com 200g de um altura de 30 cm sobre o ventre muscular do gastrocnémio de ratos fêmeas da linhagem Wistar. Os animais foram divididos em 7 grupos: grupo de controlo sem lesão (grupo 1); grupo submetido a lesão (grupo 2); grupo submetido a lesão e tratado com laser durante 8 dias consecutivos (grupo 3); grupo submetido a lesão, imobilizado por 24 horas e tratado com laser durante 8 dias consecutivos (grupo 4); grupo submetido a lesão, imobilizado por 72 horas e tratado com laser durante 8 dias consecutivos (grupo 5); grupo submetido a lesão e imobilizado por 24 horas (grupo 6); grupo submetido a lesão e imobilizado por 72 horas (grupo 7). Nos grupos submetidos a lesão, os animais foram anestesiados antes de serem submetidos à lesão. O tratamento com laser foi aplicado com uma intensidade de 3 J/cm², iniciado 2 horas após ter sido provocada a lesão e realizado durante 8 dias consecutivos. Os autores verificaram que a lesão provocou uma diminuição da carga nos limites máximo e de proporcionalidade, comparando com o grupo 1 ($p < 0,05$), e que essa diminuição foi significativa entre o grupo 1 e os grupos 2, 4, 5 e 7 ($p < 0,001$). Os grupos 3 e 6 foram neste parâmetro os únicos que apresentaram resultados

semelhantes ao grupo 1. Quanto à propriedade de alongamento no limite de proporcionalidade verificou-se uma diminuição significativa nos grupos 4, 5, 6 e 7, comparadamente com os grupos 1 e 3, que apresentaram resultados semelhantes. No que diz respeito à propriedade de alongamento no limite máximo houve também uma diminuição significativa nos grupos 4, 5 e 7 em relação ao grupo 1 ($p < 0,001$). Também neste parâmetro o grupo tratado com laser (grupo 3) apresentou resultados semelhantes ao grupo de controlo (grupo 1).

Com o objectivo de avaliar a acção do laser diodo de baixa intensidade de AlGaInP de 670 nm no processo de reparação tecidual do músculo gastrocnémio após contusão muscular, Costardi *et al.* (2008) utilizaram ratos machos da linhagem Wistar, os quais foram anestesiados e posteriormente submetidos à contusão, através de um mecanismo em que um peso de ferro com 242g foi libertado de uma altura de 53 cm sobre o músculo gastrocnémio. Este procedimento foi realizado também para o músculo contra-lateral, e após a lesão foi realizada a selecção aleatória da pata a ser tratada em cada animal, sendo o músculo gastrocnémio contra-lateral usado como controlo. O tratamento com laser foi iniciado no dia em que a lesão foi provocada, e foi repetido 3 dias mais tarde. Foi realizado com uma intensidade de 3 J/cm^2 e com uma duração de 9 segundos em cada ponto irradiado (um ponto na face medial e outro na face lateral do músculo gastrocnémio). O sacrifício dos animais ocorreu ao 21º dia após a lesão, para então se proceder às análises microscópicas dos cortes histológicos do tecido muscular lesado irradiado e não irradiado pelo laser. Estas análises apresentaram um tecido melhor organizado estruturalmente, com maior quantidade de células musculares íntegras, menos fibras fragmentadas e sinais de edema intercelular menos evidentes no tecido muscular lesado e tratado com laser em relação ao tecido lesado e mantido sem tratamento. Observou-se também a presença de vasos sanguíneos íntegros, de células que participam no processo de reparação tecidual, de tecido conjuntivo intercelular e fibroblastos, mas apenas nos músculos irradiados com laser.

3.4. Laser de Hélio-Néon (HeNe)

Relativamente ao laser de baixa intensidade de HeNe, um estudo foi incluído nesta revisão. Em 2009, Iyomasa *et al.* avaliaram o efeito do laser de HeNe de baixa intensidade com comprimento de onda de 633 nm, no músculo tibial anterior de esquilos da Mongólia machos lesados por contusão, com o objectivo de contribuir para a compreensão das alterações morfológicas a um nível ultra-estrutural. Os animais foram anestesiados previamente à lesão, tendo esta sido provocada através de dois impactos consecutivos num aparelho que continha um peso de metal de 100g, libertado de uma altura de 26cm. Todos os animais foram

submetidos a este procedimento, e foram posteriormente divididos em 3 grupos. O primeiro grupo, de controlo, foi constituído por animais mantidos sem tratamento (GI), o segundo por animais tratados com laser de 5 J/cm^2 durante 20 minutos (GII) e o terceiro por animais tratados com laser de 10 J/cm^2 durante 40 minutos (GIII). O tratamento foi realizado durante 7 dias consecutivos com 24 horas de intervalo entre os tratamentos, e no final destes tratamentos o total de energia recebida pelo músculo lesado foi de 0,27475 e 0,5495 J, respectivamente, para cada animal nos grupos GII e GIII. Passadas 24 horas da última irradiação, os animais foram sacrificados e os músculos lesados foram dissecados para se proceder à sua observação através de um microscópio electrónico. Os autores verificaram no grupo GI um grande número de fibras musculares alteradas com degeneração de mitocôndrias, substância intercelular contendo fragmentos de degeneração de células e desenvolvimento de capilares sanguíneos com células endoteliais subdesenvolvidas. Os grupos GII e GIII apresentaram fibras musculares com poucas miofibrilhas alteradas, mitocôndrias regularmente contornadas, espaços intermembranares amplos e cristas mitocondriais dilatadas. Nestes grupos, a substância intercelular limpa mostrou numerosas fibras de colagénio e capilares com vários processos abluminais, saliências intraluminais e várias vesículas de pinocitose nas células endoteliais.

Na tabela que se segue, encontra-se o sumário dos estudos analisados (tabela II).

Tabela II. Sumário dos estudos incluídos na Revisão

Estudo	Objectivo do estudo	Intervenção	Resultados
<p>Falcai et al., 2010 Animal: Ratos fêmeas Wistar N – 45 (15 por grupo) Grupos: grupo controlo, sem lesão (C); grupo lesado, sem tratamento (LM); grupo lesado e tratado (LM-L)</p>	<p>Avaliar, mecânica e histologicamente, a aplicação do laser terapêutico de baixa intensidade, no processo regenerativo de lesões musculares provocadas por impacto.</p>	<p>Laser / λ: AsGa/960nm Intensidade: 2 J/cm² Frequência: 2 vezes por dia durante 3 dias Mecanismo de contusão: peso de chumbo de 250g libertado de uma altura de 30cm Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Diminuição significativa de força máxima do grupo LM em relação aos restantes (p<0,05). Início de reparação tecidual, menor desorganização celular e uma área de lesão menor no grupo LM-L, comparado com o LM.</p>
<p>Silveira et al., 2009 Animal: Ratos machos Wistar N – 6 Grupos: Grupo controlo, sem lesão; grupo lesado, sem tratamento; grupo lesado e tratado</p>	<p>Avaliar as actividades dos complexos I, II, III e IV da cadeia respiratória mitocondrial e da succinato desidrogenase após contusão muscular.</p>	<p>Laser / λ: AsGa/904nm Intensidade: 5 J/cm² Frequência: 2, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas após a lesão Mecanismo de contusão: peso de metal de 459g libertado de uma altura de 18cm Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Aumento significativo do complexo II e da succinato desidrogenase 5 dias após a lesão em ambos os grupos tratados, comparativamente com o grupo de controlo(p<0,05) . Aumento significativo das actividades dos complexos I, II, III e IV e da succinato desidrogenase no grupo tratado com laser, comparativamente com o grupo não tratado (p<0,05).</p>
<p>Rizzi et al., 2006 Animal: Ratos machos Wistar N – 90 (30 por grupo) Grupos: grupo controlo (C); grupo lesado (T); grupo lesado e tratado (TL)</p>	<p>Avaliar o efeito do laser na activação do factor nuclear kappa B (NF-κB) e na expressão de óxido nítrico sintase induzível (iNOS) após um modelo experimental de contusão.</p>	<p>Laser / λ: AsGa/904nm Intensidade: 5 J/cm² durante 35 segundos Frequência: 7 ou 14 dias Mecanismo de contusão: peso de metal de 459g libertado de uma altura de 18cm Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Aumento da concentração de colagénio e stress oxidativo após a lesão, acompanhado pela activação do NF-κB e pela regulação crescente da expressão iNOS e diminuição da concentração de proteína da IκBα. Efeitos que foram bloqueados no grupo TL.</p>
<p>Braz et al., 2005 Animal: Ratos machos Wistar N – 24 (8 por grupo) Grupos: grupo lesado de controlo (C); grupos lesados e tratados (GI e GII)</p>	<p>Avaliar o efeito do laser na área de lesão, área de necrose e área de regeneração após contusão muscular.</p>	<p>Laser / λ: AsGaAl/830nm Intensidade: 0,12 J em 0,8 segundos (total 0,6 J) ou 1,2 J em 8 segundos (total 6 J) Frequência: uma vez por dia durante 9 dias Mecanismo de contusão: peso de 400g libertado de uma altura de 15cm, 3 vezes consecutivas Músculo: não especificado (pata traseira) Anestesia*: Sim</p>	<p>Diminuição da área de lesão, da área de lesão e aceleração na regeneração nos grupos GI e GII, comparativamente com o grupo GC. Os achados foram mais significativos no GII.</p>

<p>Filho et al., 2006 Animal: Ratos machos Wistar N – 48 (16 por grupo e 8 por subgrupo) Grupos: grupo controlo; grupo controlo lesado; grupo lesado e tratado. (os grupos foram subdivididos para sacrifício ao 8º e ao 15º dias após a lesão)</p>	<p>Avaliar o efeito do laser sobre as células do processo inflamatório e o colagénio do músculo lesionado por impacto.</p>	<p>Laser / λ: AsGaAl/785nm Intensidade: 4 J/cm² Frequência: 1º, 3º, 5º e 7º dias após a lesão Mecanismo de contusão: através de um peso de 320g libertado sobre o músculo Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Aumento significativo da deposição de colagénio no grupo lesado e tratado, tanto na fase intermédia como na fase mais tardia (p=0,000 ao 8º dia e p=0,001 ou 15º dia). Sem alterações no processo inflamatório, quanto ao número de fibroblastos, macrófagos e monócitos.</p>
<p>Luz et al., 2007 Animal: Ratos machos Wistar N – 48 (8 por grupo) Grupos (grupos 1, 2 e 3A sacrificados ao 8º dia e os restantes ao 15º dia após a lesão): controlos (1A e 4A); lesados (2A e 5A); lesado e tratados (3A e 6A)</p>	<p>Avaliar os efeitos da terapia de laser sobre o músculo submetido a lesão por trauma mecânico.</p>	<p>Laser / λ: AsGaAl/785nm Intensidade: 10 J/cm² Frequência: 1º, 3º, 5º e 7º dias após a lesão Mecanismo de contusão: pino de ferro de 320g libertado de uma altura de 21cm Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Sem alterações no processo inflamatório nos grupos tratados, comparativamente aos grupos de controlo. Aumento de colagénio no grupo 3A em relação grupo 2A. Melhor distribuição do tecido de colagénio nos grupos 3 e 6A. Diminuição de colagénio no grupo 6A em relação ao grupo 5A.</p>
<p>Sene et al., 2009 Animal: ratos fêmeas Wistar N – 70 (10 por grupo) Grupos: controlo (1); apenas lesado (2); lesado e tratado (3); lesado, imobilizado 24h e tratado (4); lesado, imobilizado 72h e tratado (5); lesado e imobilizado 24h (6); lesado e imobilizado 72h (7)</p>	<p>Avaliar a influência do laser, associado ou não à imobilização, na recuperação das propriedades mecânicas do músculo submetido a lesão experimental por mecanismo de impacto.</p>	<p>Laser / λ: AlGaInP/670nm Intensidade: 3 J/cm² Frequência: diariamente durante 8 dias Mecanismo de contusão: peso de 200g libertado de uma altura de 30cm Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Diminuição da carga nos limites máximo e de proporcionalidade em relação ao grupo 1, significativa nos grupos 2,4,5 e 7 (p<0,001). Diminuição significativa da propriedade de alongamento no limite de proporcionalidade nos grupos 4,5,6 e 7 em relação aos grupos 1 e 3 e, entre os grupos 2 e 4. Diminuição significativa da propriedade de alongamento no limite máximo nos grupos 4,5 e 7, em relação aos grupos 1 e 3 (p<0,001).</p>
<p>Costardi et al., 2008 Animal: Ratos machos Wistar N – 8 Grupos: um dos músculos de cada animal é lesado (controlo) e o músculo contra-lateral é lesado e tratado</p>	<p>Avaliar a acção do laser de baixa intensidade no processo de reparação tecidual do músculo após contusão muscular.</p>	<p>Laser / λ: AlGaInP/670nm Intensidade: 3 J/cm² durante 9 segundos em cada ponto (2 pontos utilizados) Frequência: no 1º dia e após 3 dias Mecanismo de contusão: peso de ferro de 242g libertado de uma altura de 53cm Músculo: Gastrocnémio Anestesia*: Sim</p>	<p>Tecido melhor organizado estruturalmente, com maior quantidade de células musculares íntegras, menos fibras fragmentadas e sinais de edema intercelular menos evidentes no músculo tratado.</p>

<p>Iyomasa et al., 2009 Animal: Esquilos da Mongólia Machos N – 15 (5 por grupo) Grupos: grupo lesado, controlo (GC); grupos lesados e tratados (GI e GII)</p>	<p>Avaliar o efeito do laser no músculo após contusão muscular, com o objectivo de contribuir para o entendimento das alterações morfológicas a um nível ultra-estrutural.</p>	<p>Laser / λ: HeNe/633nm Intensidade: 5 ou 10 J/cm² Frequência: 10 dias consecutivos Mecanismo de contusão: peso de ferro de 100g libertado de uma altura de 26cm Músculo: Tibial Anterior Anestesia*: Sim</p>	<p>Grande número de fibras musculares alteradas com degeneração de mitocôndrias, substância intercelular contendo fragmentos de degeneração de células e brotamento de capilares sanguíneos com células endoteliais subdesenvolvidas no GI. Fibras musculares com poucas miofibrilas alteradas, mitocôndrias regularmente contornados, espaços intermembranares amplos e dilatadas cristas mitocondriais no GII e GIII.</p>
<p>* – anestesia administrada antes da lesão ser provocada; λ – comprimento de onda</p>			

4. Discussão

As lesões musculares representam um grande número das lesões em actividades desportivas profissionais ou recreativas (Sene *et al.*, 2009). De entre as lesões musculares, 90% são contusões ou estiramentos (Järvinen *et al.*, 2005). Apesar da alta incidência das lesões musculares por contusão, há limitação de estudos que comprovem a eficácia dos tratamentos realizados, devido à alta variabilidade destas lesões (Falcai *et al.*, 2010). A rápida reabilitação e uma boa qualidade de reparo muscular envolvem um retorno mais rápido às actividades físicas e uma menor perda do desempenho desportivo (Braz *et al.*, 2005). Assim sendo, um tratamento adequado destas lesões constitui um aspecto importante para os desportistas que tenham sofrido uma contusão muscular.

A reparação tecidual é um processo dinâmico interactivo que envolve várias alterações bioquímicas e celulares. A terapia de laser de baixa intensidade (LBI) é usada em muitas ciências biomédicas para promover a regeneração tecidual (Silveira *et al.*, 2009).

Este estudo debruçou-se na análise de estudos experimentais randomizados controlados em animais, nos quais foram utilizados mecanismos de lesão por trauma directo (contusão) com o intuito de provocar a lesão e um tratamento com terapia de laser de baixa intensidade, de modo a tentar fornecer informação aos fisioterapeutas sobre a aplicabilidade e efectividade desta modalidade terapêutica.

Um dos tipos de laser de baixa intensidade abordados foi o laser de AsGa. Falcai *et al.* (2010) utilizaram o laser de AsGa de 960 nm com uma intensidade de 2 J/cm² com o objectivo de avaliar o seu efeito no processo de reparação da contusão do músculo gastrocnémio, e concluiu que a terapia de laser utilizada influenciou de forma positiva o processo regenerativo da lesão, promovendo a recuperação mecânica do músculo lesado, levando a um início de reparação tecidual mais rápido, com menor desorganização celular e menor área de lesão, e também uma formação de novos vasos, mostrando a capacidade de angiogénese do laser. Por sua vez, Silveira *et al.* (2009) utilizaram o laser de AsGa de 904 nm com intensidade de 5 J/cm² com o objectivo de avaliar o seu efeito nas actividades dos complexos I, II, III e IV e da succinato desidrogenase após contusão do músculo gastrocnémio. Ao verificarem o efeito da terapia laser no aumento das actividades dos complexos I, II, III e IV e da succinato desidrogenase ($p < 0,05$), os autores sugeriram que estes resultados podem induzir um aumento da síntese de ATP, o que por sua vez pode acelerar o processo de regeneração muscular. Rizzi *et al.* (2006), avaliaram o efeito do laser na activação do NF- κ B e na expressão de iNOS após

um modelo experimental de contusão do músculo gastrocnémio, tendo utilizado o laser de AsGa com o mesmo comprimento de onda e intensidade que Silveira *et al.* (2009). Os dados do estudo indicaram que o laser utilizado reduziu a resposta inflamatória e foi capaz de bloquear os efeitos da libertação de espécies reactivas de oxigénio (ROS) e a activação do NF- κ B. A redução associada da expressão de iNOS e a produção de colagénio sugerem que a via NF- κ B pode ser uma via de sinalização envolvida na patogénese do trauma muscular. Os autores concluíram que estes efeitos podem contribuir para explicar o potencial da terapia de laser de baixa intensidade para atenuar as consequências negativas da inflamação e fibrose e para otimizar a cicatrização do músculo.

Estes resultados parecem indicar que a terapia de laser de AsGa após contusão muscular tem um efeito positivo na regeneração muscular, nomeadamente ao promover um processo de regeneração mais rápido e eficaz.

O estudo realizado por Braz *et al.* (2005) foi um dos estudos incluídos nesta revisão que aborda os efeitos do laser de AsGaAl. Utilizaram para tratamento um laser de AsGaAl de 830 nm, com o objectivo de analisar o efeito deste tipo de laser na área de lesão, área de necrose e área de regeneração no processo de cicatrização muscular após a indução de contusões musculares, e verificaram que os grupos tratados com laser apresentaram melhores resultados em todos os aspectos analisados. Estes resultados indicaram uma regeneração acelerada do tecido muscular lesado e tratado com laser, sendo que no grupo em que foi depositado um total de 6 J de energia, os resultados foram ainda mais significativos. Por seu lado, Filho *et al.* (2006) utilizaram o laser de AsGaAl mas com um comprimento de onda de 785 nm, para avaliar o seu efeito sobre as células do processo inflamatório e a deposição de colagénio do músculo gastrocnémio submetido a contusão muscular. Tendo sido os animais sacrificados ao 8º dia e ao 15º após a lesão, os autores verificaram que apesar de o laser utilizado não promover mudanças quanto ao número de células do processo inflamatório e neovascularização, aumentou significativamente a deposição de fibras de colagénio entre as fibras musculares tanto ao 8º como ao 15º dia ($p=0,000$ e $p=0,001$, respectivamente), sugerindo que esta terapia estimula a síntese de colagénio, um efeito que pode não ser favorável à funcionalidade do músculo numa fase mais tardia. No seguimento deste estudo, Luz *et al.* (2007) num estudo com o mesmo objectivo e também com laser de AsGaAl de 785 nm, utilizaram uma intensidade de 10 J/cm^2 , enquanto Filho *et al.* (2006) utilizaram intensidade de 4 J/cm^2 , verificando-se que nos animais sacrificados 8 dias após a lesão e tratados com laser obtiveram resultados semelhantes aos de Filho *et al.* (2006). Já no grupo sacrificado ao 15º dia após a lesão e tratado com laser, verificou-se uma diminuição da

quantidade de colagénio, contrariamente ao constatado por Filho *et al.* (2006), e no entanto também com uma melhor distribuição do tecido de colagénio. Concluiu-se que a terapia de laser de AsGaAl nos moldes utilizados neste estudo, tal como no estudo de Filho *et al.* (2006) não alterou a resposta inflamatória do tecido lesado, mas determinou uma melhor distribuição do colagénio entre as fibras musculares e uma diminuição da sua produção numa fase mais tardia, contribuindo para prevenir quadros de retracções musculares e promovendo uma recuperação mais adequada e precoce da actividade muscular.

Os estudos realizados com recurso ao laser de AsGaAl parecem indicar que este tipo de laser tem uma influência positiva no processo de regeneração muscular após contusão, nomeadamente acelerando esse processo, apesar de parecer não ter qualquer efeito sobre o processo inflamatório. Os resultados obtidos parecem indicar melhores resultados na utilização da intensidade de 10 J/cm^2 em relação à intensidade de 4 J/cm^2 , neste tipo de laser.

Sene *et al.* (2009) avaliaram a influência do laser diodo de AlGaInP de 670 nm com intensidade de 3 J/cm^2 , associado ou não à imobilização, na recuperação das propriedades mecânicas do músculo gastrocnémio submetido a contusão muscular, e verificaram que a terapia de laser aplicada isoladamente sem associação de imobilização, apresentou curva com comportamento mecânico semelhante ao grupo de controlo quando foram avaliadas as propriedades mecânicas de carga e alongamento no limite máximo e carga no limite de proporcionalidade dos músculos submetidos à lesão. Verificaram também que a associação da imobilização por 24 e 72 horas à terapia de laser não melhorou os resultados nas propriedades mecânicas do músculo, concluindo que o uso isolado de cada modalidade de tratamento foi mais efectivo. Utilizando o mesmo tipo de laser e com comprimento de onda e intensidade iguais, Costardi *et al.* (2008) avaliaram o efeito deste tipo de laser no processo de reparação tecidual do músculo gastrocnémio após contusão muscular e também obtiveram resultados que favorecem o uso deste tipo de laser, sendo que os músculos tratados com laser apresentaram uma melhoria qualitativa, com melhor organização do tecido muscular e conjuntivo em relação aos músculos mantidos sem tratamento.

Os estudos que avaliaram o efeito do laser de AlGaInP de 670nm parecem dar bons indicadores quanto à pertinência da sua utilização após contusão muscular, mostrando que nestes estudos os músculos tratados com este tipo de laser tiveram um comportamento mecânico idêntico aos músculos não lesados de controlo e uma melhoria mais rápida em relação aos músculos lesados e não tratados.

Iyomasa *et al.* (2009) avaliaram o efeito do laser de HeNe de 633 nm, no músculo tibial anterior lesado por contusão, com o objectivo de contribuir para a compreensão das alterações

morfológicas a um nível ultra-estrutural. Utilizaram dois níveis de intensidade com tempos de irradiação distintos, tendo posteriormente concluído que qualquer das dosagens de laser utilizadas no estudo aumentam a actividade mitocondrial nas fibras musculares, activam os fibroblastos e macrófagos e estimulam a angiogénese, contribuindo para a reparação muscular e sugerindo portanto a efectividade deste tipo de laser nas condições experimentais descritas por eles.

Essencialmente, este estudo demonstra os efeitos de vários tipos de laser na regeneração muscular após contusão, seja a nível do processo de regeneração ou do processo inflamatório. Pelos seus benefícios a nível da recuperação muscular da lesão e conseqüente retorno à actividade normal do músculo lesado, a terapia de laser de baixa intensidade deve ser aplicada de forma precoce, para que a sua aplicação obtenha melhores resultados. Os vários tipos de laser apresentaram benefícios, nomeadamente o laser de AlGaInP na fase de destruição e os lasers de AsGa, AsGaAl e HeNe nas fases de reparação e remodelação, após contusão muscular.

5. Conclusão

Após a realização deste estudo e face ao objectivo proposto, pode-se afirmar que os estudos recentes têm vindo a demonstrar através da evidência que a intervenção do laser de baixa intensidade no processo de recuperação muscular após contusão tem que ser levado em conta. Os lasers de AsGa, nomeadamente com comprimentos de onda de 904 e 960nm e intensidades que variam entre 2 e 5 J/cm², parecem manifestar um efeito positivo ao promover um processo de regeneração mais rápido e eficaz da contusão muscular.

Os laser de AsGaAl com comprimentos de onda de 785 e 830nm e intensidades de 4 e 10 J/cm² também aparentam tornar o processo regenerativo da contusão muscular mais rápido e eficaz, e parecem não influenciar o processo inflamatório.

Também os estudos que avaliaram o efeito do laser de AlGaInP de 670nm com uma intensidade de 3 J/cm² parecem dar boas perspectivas quanto à pertinência da utilização deste tipo de laser após contusão muscular, mostrando após a sua utilização, características idênticas aos músculos não lesados. De igual modo, o laser de HeNe com comprimento de onda de 633nm e intensidade de 5 e 10 J/cm² indicou uma influência positiva no processo regenerativo após contusão muscular, apesar de serem necessários futuros estudos para comprovar estes achados.

Apesar de haver poucos estudos que relacionem os efeitos dos lasers de baixa intensidade no processo de reparação muscular após contusão muscular, os estudos existentes parecem dar boas perspectivas da influência positiva deste tipo de laser na recuperação mais efectiva e rápida destas lesões. O facto de os estudos existentes serem todos realizados em animais mostra também a necessidade de futuros estudos em humanos, apesar de esse ser um objectivo difícil de cumprir e de os estudos em animais serem bastante válidos para a transferência dos protocolos de intervenção para humanos.

6. Referências Bibliográficas

Braz, A., Andraus, A., Neto, L., Santaella, C., Geromel, M., Sussai, D., Camargo, N., Cavalcanti, L., Machado, F., Souza, R., Faria, E., Munin, E. (2005). Análise Semiquantitativa dos Efeitos do Laser de 830 nm em Lesões Experimentais em Músculos de Ratos. *In: IX Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação*. pp. 360-363.

Costardi, C., Tamachiro, C., Júnior, I., Gomes, A. (2008). Efeito do laser e baixa intensidade (670nm) após contusão muscular em ratos. *Fisioterapia em Movimento*. Abril-Junho, 21, 2, pp. 21-30.

Falcai, M., Monte-Raso, V., Okubo, R., Zamarioli, A., Carvalho, L., Shimano, A. (2010). Análise biomecânica e histológica de músculos Gastrocnémios de ratas submetidas à lesão muscular e tratados com laserterapia de baixa intensidade. *Revista Brasileira Ortopedia*. 45, 4, 444-448.

Ferrari, R., Picchi, L., Botelho, A., Minamoto, V. (2005). Processo de regeneração na lesão muscular: uma revisão. *Fisioterapia em Movimento*. Abril-Junho, 18, 2, pp. 63-71.

Filho, G., Silva, M., Belleti, M., Machado, E., Silva, N. (2006). Efeito da Irradiação Laser de Baixa Potência Arsenieto de Gálio Alumínio (ASGAAL) de 785nm sobre a Cicatrização de Lesão Muscular: estudo experimental. *Revista UniVap*. 13, 23, pp. 53-60.

Fisher, B., Renne, S., Warren, S., Magee, D., Koh, J. (2000). The Effects of Low Power Laser Therapy on Muscle Healing Following Acute Blunt Trauma. *Journal of Physical Therapy Science*. 12, 1, pp. 49-55.

Iyomasa, D., Garavelo, I., Iyomasa, M., Watanabe, I., Issa, J. (2009). Ultrastructural analysis of the low level laser therapy effects on the lesioned anterior tibial muscle in the Gerbil. *Micron*. 40, pp. 413-418.

Järvinen, T., Järvinen T., Kääriäinen, M., Kalimo, H., Järvinen, M. (2005). Muscle Injuries: Biology and Treatment. *American Journal of Sports Medicine*. 33, 5, pp. 745-764.

Lopes, A., Kattan, R., Costa, S., Moura, C. (1993). Estudo clínico e classificação das lesões musculares. *Revista Brasileira Ortopedia*. Outubro, 28, 10, pp. 707-717.

Luz, M., Luz, F., Silva, M., Oliveira, C., Mata, F., Mata, J. (2007). Efeito do Laser As-Ga-Al de baixa potência sobre o músculo gastrocnêmio de rato submetido à lesão muscular. *Revista Eletrônica de Farmácia*. 4, 2, pp. 159-168.

McBrier, N., Olczak, J. (2009). Low Level Laser Therapy for Stimulating Muscle Regeneration Following Injury. *Athletic Therapy Today*. Maio, 14, 3, pp. 20-25.

Rizzi, C., Mauriz, J., Corrêa, D., Moreira, A., Zettler, C., Fillipin, L., Marroni, N., González-Gallego, J. (2006). Effects of Low-Level Laser Therapy (LLLT) on the Nuclear Factor (NF)- κ B Signaling Pathway in Traumatized Muscle. *Lasers in Surgery and Medicine*. 38, 704-713.

Sene, G., Shimano, A., Picado, C. (2009). Muscular Mechanical Recovery with Laser. *In: Acta Ortopédica Brasileira*. 17, 2, pp. 46-49.

Silveira, P., Silva, L., Fraga, D., Freitas, T., Streck, E., Pinho, R. (2009). Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 95, pp. 89-92.