

Revisão

Efeitos do laser de baixa potência sobre a regeneração da cartilagem na osteoartrose

Effects of low level laser therapy for regeneration of cartilage in osteoarthritis

Gabriela Barbosa Zanotti, Ft.*, Priscilla Irffi Oliveira, Ft., M.Sc.*, Silvia Figueiredo de Siqueira Reis, Ft.*, Fernanda Souza da Silva, Ft.**, Angélica Rodrigues de Araújo, D.Sc.***

.....
*PUC Minas, **Mestre em Bioengenharia/UFMG, ***Profa. do curso de Fisioterapia da PUC Minas

Resumo

Introdução: Osteoartrose (OA) é uma enfermidade articular multifatorial que acomete diversas articulações e caracteriza-se pela degeneração da cartilagem. A fotobiomodulação pode favorecer o controle dos sinais e sintomas característicos dessa afecção. Entretanto, na literatura ainda não há um consenso sobre o papel da luz na regeneração da cartilagem. **Objetivo:** Realizar uma revisão da literatura acerca do papel da luz na faixa espectral do vermelho ao infravermelho próximo no tratamento das doenças articulares degenerativas. **Métodos:** Foi realizada uma revisão sistemática de estudos disponíveis nas bases de dados Capes, PubMed, Cochrane, PEDro e Lilacs. **Resultados:** Os critérios de inclusão foram atingidos por nove estudos. Somente um artigo avaliou o uso da fotobiomodulação no reparo da cartilagem em células humanas. Não houve homogeneidade entre os estudos em relação à maioria dos parâmetros luminosos utilizados. **Discussão:** Houve grande diversidade entre os parâmetros de aplicação estabelecidos por cada estudo, o que dificulta a determinação de parâmetros clínicos eficazes para utilização desses dispositivos no tratamento da OA. **Conclusão:** A radiação luminosa parece ser eficaz no reparo da cartilagem. Os parâmetros ideais para aplicações em humanos são, entretanto, ainda controversos.

Palavras-chave: terapia a laser de baixa intensidade, osteoartrose, cartilagem articular.

Abstract

Background: Osteoarthritis (OA) is a multifactorial disease that affects many joints and is characterized by degeneration of cartilage. Photobiomodulation can help the control of signs and symptoms of this disease. However, there is no consensus in the literature about the effect of light in the cartilage regeneration. **Aim:** To realize a literature review about the effects of light in spectrum of red and near infrared in the treatment of articular degenerative disease. **Methods:** A systematic review of studies available in the databases Capes, PubMed, Cochrane, PEDro and Lilacs was performed. **Results:** The inclusion criteria were met in 9 studies. Only one study evaluated the use of photobiomodulation in cartilage repair in human cells. There was not homogeneity between the studies related to the light parameters utilized by each study. **Discussion:** There was wide diversity among the light parameters established by each study, making difficult to determine the most effective clinical parameters of these devices in management of OA. **Conclusion:** The light radiation seems to be effective in cartilage repair. However the ideal parameters for applications in humans are still controversial.

Key-words: low level laser therapy, osteoarthritis, articular cartilage.

Recebido em 28 de maio de 2010; aceito em 11 de fevereiro de 2011.

Endereço para correspondência: Profa. Angélica Rodrigues de Araújo, Av. Trinta e Um de Março 500 / prédio 46 – Centro Clínico de Fisioterapia 30535-610 Belo Horizonte MG, Tel: (31) 3319-4425, E-mail:angelica@bios.srv.br

Introdução

A osteoartrose (OA) é uma enfermidade articular multifatorial, de caráter crônico-degenerativo [1] e não inflamatório [2]. Acomete diversas articulações, principalmente as da mão, joelho, quadril e coluna [3]. Caracteriza-se por degeneração da cartilagem [4] e hipertrofia do osso subcondral [5], acompanhada de neoformação óssea periarticular [5]. Clinicamente se manifesta como dor e rigidez articular [6], crepitação óssea [7] e redução de amplitude de movimento (ADM) [8]. Esse quadro é responsável pela importante atrofia muscular [9] e incapacidade funcional [10] que são observadas nos indivíduos que apresentam tal afecção.

A incidência populacional da OA é elevada; 70 a 90% das pessoas com idade acima de 75 anos apresentam pelo menos uma articulação acometida por essa disfunção [1]. No Brasil, em 1997, a OA representava 65% das causas de incapacidade, estando atrás apenas das doenças cardiovasculares e neurológicas [6], gerando custos econômicos que representavam e ainda representam um alto gasto para o sistema de saúde [11].

A abordagem terapêutica da OA tem como objetivos principais o controle da dor e a melhora da função articular [3] e envolve, primariamente, tratamento conservador com utilização de anti-inflamatórios não esteroides [2], analgésicos [12] e reabilitação fisioterápica [13]. Essas intervenções apresentam resultados positivos em relação à melhora dos sintomas algícos [14], diminuição das incapacidades funcionais [14] e prevenção de deformidades [6]. Entretanto, não são capazes de reverter o dano articular [12]. Em alguns casos, devido ao processo e à gravidade da lesão, procedimentos cirúrgicos como a artrodese ou a artroplastia total tornam-se necessários [2], comprometendo e impactando ainda mais a qualidade de vida dos indivíduos com OA [14]. Tais fatores deixam clara a necessidade de se buscar alternativas para o tratamento da OA, cujo foco também seja o reparo conservador da cartilagem articular.

Dentro deste contexto, a fotobiomodulação por meio de dispositivos como LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e LED (Light Emitting Diode) de baixa potência vêm se destacando e sendo alvo de sucessivos estudos [15]. A utilização da luz na faixa espectral do vermelho ao infravermelho próximo como alternativa para o tratamento não invasivo da OA surgiu há cerca de 20 anos [15]. Sua indicação foi e ainda é embasada pela crença de que a radiação eletromagnética nessa faixa espectral apresenta efeitos biomoduladores de estimulação ou inibição, de acordo com os parâmetros selecionados, [16] que podem favorecer o controle e/ou a resolução dos sinais e sintomas característicos da OA, incluindo o reparo da cartilagem articular [15]. Entretanto, ainda não há um consenso na literatura sobre o papel da luz na regeneração da cartilagem articular. Tal fato tem contribuído para que a indicação e utilização dessa modalidade terapêutica para o tratamento da OA sejam embasadas mais em evidências empíricas do que científicas.

Este estudo teve por objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o papel da luz na faixa espectral do vermelho ao infravermelho próximo como terapêutica no tratamento de OA, a fim de melhor embasar a aplicação clínica dessa modalidade terapêutica. Especificamente buscou-se: 1) revisar os mecanismos de ação dos dispositivos fotobiomoduladores em articulações sinoviais, com ênfase sobre a cartilagem articular; e 2) determinar parâmetros luminosos para aplicações clínicas seguras e eficazes dos dispositivos fotobiomoduladores no tratamento da OA, com foco no reparo da cartilagem articular.

Material e métodos

Busca literária

Para a elaboração do estudo foi realizada uma revisão sistemática de estudos experimentais conduzidos em animais e humanos (ensaios clínicos aleatórios), publicados entre 1970 (ano a partir do qual se iniciaram as pesquisas científicas sobre fotobiomodulação) e 2009. Os trabalhos foram identificados através de pesquisa eletrônica realizada nas seguintes bases de dados: Capes, PubMed, Cochrane, PEDro e Lilacs.

Os descritores utilizados para a busca incluíram as palavras: laser therapy, laser, articular cartilage, cartilage repair, regeneration, low level laser therapy (LLLT), low power laser therapy, laser treatment, LED, light therapy, photon therapy, photobiostimulation, photobiomodulation, osteoarthritis, bioestimulação, laser de baixa intensidade, osteoartrose e cartilagem articular.

Outras estratégias de busca

Além da busca eletrônica foi realizada também uma pesquisa manual nas referências dos artigos selecionados e no acervo da biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi realizada por 3 pesquisadores. As publicações selecionadas através das palavras-chave foram lidas para verificar se as mesmas contemplavam os critérios de inclusão determinados para a participação no presente estudo. Tais critérios foram: 1) presença de grupo controle; 2) amostra com sinais clínicos e/ou radiológico de degeneração da cartilagem articular; 3) investigação dos efeitos da fotobiomodulação sobre a articulação degenerada, sem associação com qualquer outro tipo de intervenção; 4) utilização da fotobiomodulação como forma única de tratamento da osteoartrose visando o reparo da cartilagem articular. Caso ocorressem divergências entre os pesquisadores acerca da inclusão ou não dos estudos, um quarto pesquisador era consultado para que um consenso fosse obtido.

Foram excluídos os estudos nos quais a fotobiomodulação foi utilizada concomitantemente a algum outro tipo de terapia, que apresentavam mensurações dos resultados baseadas unicamente na avaliação da dor, funcionalidade ou qualidade de vida e que foram publicados em línguas que não portuguesa e inglesa.

Avaliação da qualidade metodológica

A análise da qualidade dos artigos selecionados foi realizada de acordo com o estudo de Jan Tunér e Lars Hode [17], que estabelece 9 parâmetros técnicos e 11 de tratamento para a promoção de resultados eficazes na utilização terapêutica de dispositivos luminosos. Destes 20 parâmetros, 8 foram selecionados para a análise dos artigos: 1) comprimento de onda (nm); 2) modo de emissão da luz - contínuo ou pulsado, incluindo a frequência dos pulsos (Hz); 3) potência de saída do aparelho (W); 4) dose (J/cm²); 5) área de aplicação da luz (cm²); 6) número e frequência das aplicações; 7) método de tratamento -contato ou sem contato (incluindo a distância entre a fonte de luz e a área alvo); e 8) tecido alvo da aplicação. Além dos parâmetros citados pelos autores, incluiu-se também o meio de produção utilizado para gerar a radiação luminosa.

Análise dos resultados

As informações referentes ao objetivo, à metodologia e ao desfecho dos artigos selecionados foram organizadas em tabelas para facilitar a análise e a interpretação de cada estudo. Buscou-se verificar a correlação entre o objetivo e o desfecho do estudo, a determinação de hipóteses/justificativas para explicar os resultados encontrados e avaliar a clareza na determinação e descrição dos parâmetros luminosos utilizados para a pesquisa, considerando-se os 8 parâmetros luminosos determinados anteriormente.

Na Tabela I estão reunidas algumas das características dos artigos incluídos neste trabalho.

Tabela I - Características dos estudos selecionados.

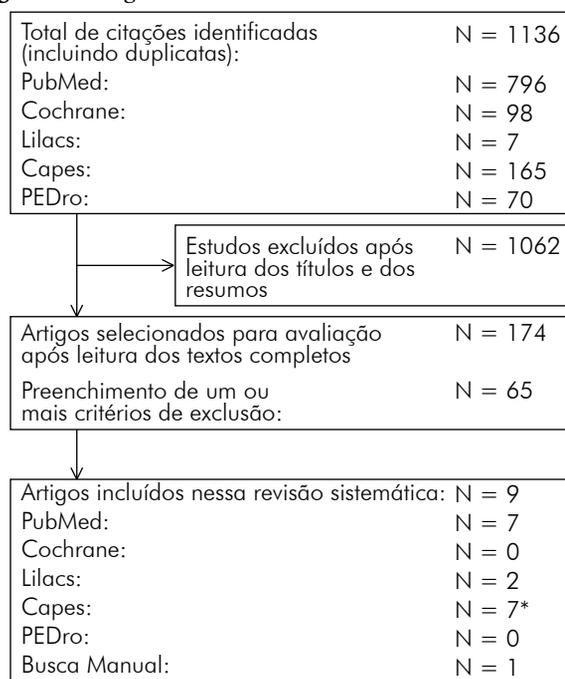
Autor / ano	Objetivo	Amostra	Desfecho
Cafalli <i>et al.</i> [22]	Analisar a influência do laser He-Ne na regeneração do osso subcondral e da cartilagem articular.	8 coelhos com OA induzida nos côndilo femorais (grupo controle: joelho E; grupo experimental: joelho D).	Aparecimento de calo ósseo apenas no grupo experimental. Ausência de regeneração da cartilagem articular em ambos os grupos.
Kamali <i>et al.</i> [20]	Investigar os efeitos do laser As-Ga no comportamento biomecânico da reparação da cartilagem articular.	41 coelhos com OA induzida na patela D; 6 grupos [3 experimentais (n = 6 a 8) e 3 controle (n = 6 a 8)]	Aumento da rigidez do reparo tecidual em 8 semanas após lesão. Não houve diferenças entre grupo controle e experimental na performance biomecânica do novo tecido durante quarta e décima sexta semanas de intervenção.
Lin <i>et al.</i> [2]	Investigar os efeitos do laser He-Ne sobre os níveis de proteína stress e sua relação com o reparo da cartilagem	42 ratas com OA induzida no joelho D (n = 21 grupo controle; n = 21 experimental)	Aumento da taxa do reparo da cartilagem e da densidade da proteína stress em condrocitos no grupo que recebeu laserterapia

Resultados

A busca eletrônica inicial identificou 1136 artigos. Destes, 74 foram selecionados a partir da leitura dos títulos e dos resumos, sendo apenas 9 trabalhos incluídos após a leitura dos textos completos (Figura 1). A exclusão dos 65 estudos se deu devido ao fato de esses utilizarem a dor, a funcionalidade, e a qualidade de vida como parâmetros para avaliar os efeitos da luz na OA.

A busca manual resultou em apenas um artigo [18]. Dos 10 estudos selecionados para este trabalho, um foi excluído [19] por falta de informações relevantes acerca dos parâmetros luminosos utilizados na pesquisa.

Figura 1 - Diagrama dos resultados da busca literária.



* Artigos duplicados (encontrados nas bases de dados PubMed e Capes).

Autor / ano	Objetivo	Amostra	Desfecho
Calatrava <i>et al.</i> [21]	Comparar e avaliar os efeitos dos laser's He-Ne e As-Ga sobre o reparo da cartilagem	20 coelhos com OA induzida na tróclea femoral [grupo laser He-ne (n=10); grupo laser As-Ga (n=10); membro E utilizado com controle]	Laserterapia permitiu rápida regeneração da cartilagem. Aplicação de laser He-Ne demonstrou síntese de fibrocartilagem. Laser infravermelho é mais eficaz em patologias profundas
Torricelli <i>et al.</i> [23]	Avaliar os efeitos do laser Ga-Al-As em cultura de condrócitos	Cultura de células (coelhos e humanos) retiradas de articulações com lesão condral (1 grupo controle; 2 grupos experimentais)	Laser apresentou bom efeito bioestimulatório, tanto nas culturas de células animal quanto humanas; os melhores resultados para as células humanas ocorreram quando a luz pulsada (F=100Hz) foi utilizada.
Lin <i>et al.</i> [25]	Investigar os efeitos do laser He-Ne sobre a indução de mucopolissacarídeos em cartilagem com OA	72 ratas (36 grupo controle; 36 experimental) com OA induzida no joelho D.	Aumento da produção mucopolissacarídeo em cartilagens com OA após aplicação da laserterapia.
Lobato <i>et al.</i> [18]	Avaliar os efeitos do laser Ga-As em articulações com AO induzida	30 coelhas com osteoartrose induzida na articulação fêmuro-tíbio patelar D; 3 grupos (n=10), cada um submetidos a aplicação do laser por 10, 20 e 30 dias. 5 coelhas de cada grupo serviram como controle.	Redução e retardo dos efeitos degenerativos locais decorrentes da OA; houve redução da sintomatologia dolorosa e do edema; aumento da ADM e do líquido sinovial com características próximas ao normal
Rodrigues <i>et al.</i> [24]	Avaliar a influência do laser As-Ga na reparação articular	32 cães com defeito osteocondral induzido na cabeça umeral, divididos em 2 grupos, controle e experimental (n=16 cada), sendo o último submetido à aplicação do laser por diferentes períodos de tempo	Aumento da vascularização na região do defeito osteocondral, potencializando a osteogênese e reparação osteocondral no grupo submetido a laserterapia. Animais que receberam maior número de sessões com laser, apresentaram tecido fibrocartilaginoso, além de formação de cartilagem hialina em um animal
Jia e Guo [26]	Avaliar os efeitos bioestimulatórios do laser He-Ne e comparar diferentes parâmetros de aplicação deste dispositivo	Cultura de condrócitos retirados da cartilagem do côndilo medial femoral dividida em 2 grupos, controle e experimental	Estimulação da proliferação e secreção de condrócitos podendo alcançar a reparação da cartilagem articular no grupo que recebeu laserterapia.

As informações relativas aos parâmetros luminosos determinados por cada estudo podem ser visualizadas na Tabela II.

É possível observar que os objetivos e os desfechos de todos os artigos foram coerentes e que na maioria dos estudos os resultados observados foram positivos em relação aos efeitos da luz de baixa potência no reparo da cartilagem (Tabela I). Dois artigos selecionados [20, 21] descreveram todos os 9 parâmetros luminosos considerados para a análise da qualidade metodológica dos artigos do presente trabalho. Em um estudo [22] a dose, a potência, a frequência e a área da caneta/lesão não foram citados (Tabela II).

Tipo de luz, comprimento de onda, local de aplicação, número de sessões por semana e número total de aplicações foram parâmetros citados em todos os artigos estudados. O modo de emissão da luz foi o parâmetro menos especificado, sendo citado em apenas quatro estudos [20-23]. Quatro traba-

lhos não citaram os parâmetros: potência [18,20,22,24], dose [18,22-24] e área da caneta/ lesão [18,22-24]. Somente um artigo não evidenciou o tempo de aplicação do recurso [24].

Não houve homogeneidade entre os estudos em relação à maioria dos parâmetros luminosos utilizados, com exceção ao tipo de luz (LASER) e comprimento de onda de 632 nm que foi citada por 3 autores [2,21,25,26], ao regime de emissão pulsada citado em 3 estudos [20,22,23], porém não houve uma frequência comum evidenciada pelos autores; e ao número de aplicação de três vezes por semana presente em 5 trabalhos [2,22,24-26].

Apenas um dos artigos avaliou os efeitos da luz em células humanas (in vitro) [23]. Nesse estudo os parâmetros utilizados foram: laser Ga-Al-As, 780nm, potência de 2,500mW, emissão pulsada com frequência de 100 e 300Hz, 10 minutos de aplicação, 5 vezes por semana, em culturas de condrócitos

Tabela II - Parâmetros luminosos utilizados nos estudos.

Autor / ano	Diodo utilizado	Comprimento de onda / Potência ou Densidade de potência	Tipo de emissão / Frequência	Dose (J/cm ²)	Tempo	Sessões / semana	Total de aplicações	Área da caneta / lesão	Local / técnica de aplicação
Cafalli <i>et al.</i> [22]	Laser He-Ne	920 nm / não cita	Pulsada / não cita	Não cita	30 segundos	3	9	Não cita	Superfície articular do côndilo medial; distância caneta-superfície cutânea de 4,0 cm
Kamali <i>et al.</i> [20]	Laser As-Ga	890 nm / 60 W	Pulsada / 1,5 kHz	4,8 J/cm ²	5 minutos	2	32	1,0 cm ²	Joelho direito
Lin <i>et al.</i> [2]	Laser He-Ne	632 nm / 3,1 mW/cm ²	Não cita	*2,79 J/cm ²	15 minutos	3	24	0,8 cm ²	Joelho direito
Calatrava <i>et al.</i> [21]	Laser's He-Ne e As-Ga	632,8 nm / 10 mW 904 nm / 40 mW	He-Ne: Contínuo; As-Ga: pulsada / 5-5000Hz	8,0 J/cm ²	100 segundos	7	13	He-Ne: 0,4 cm ² As-Ga: 0,31 cm ²	Epicôndilo femoral medial e lateral, condilo tibial medial e lateral; centro da articulação tibio-femoral
Toricelli <i>et al.</i> [23]	Laser Ga-Al-As	780 nm / 2.500 mW	Pulsada / 100 Hz e 300 Hz	Não cita	10 minutos	5	5	Não cita	Perpendicular às culturas de condrócitos; 1,0 cm de distâncias das mesmas
Lin <i>et al.</i> [25]	Laser He-Ne	632 nm / 3,1 mW/cm ²	Não cita	*2,79 J/cm ²	15 minutos	3	24	0,8 cm ²	Joelho direito
Lobato <i>et al.</i> [18]	Laser As-Ga	904 nm / não cita	Não cita	3,0 J/cm ²	2 minutos	7	10 a 30	Não cita	Articulação fêmuro-tibio patelar do joelho direito
Rodrigues <i>et al.</i> [24]	Laser As-Ga	904 nm / não cita	Não cita	4,0 J/cm ²	Não cita	3	3 a 20	Não cita	Ombro esquerdo
Jia e Guo [26]	Laser He-Ne	632 nm / 2 -12 mW	Não cita	1,0-6,0 J/cm ²	6,5 minutos	3	3	0,785 cm ²	Monocamada de cultura de condrócitos

* Valor calculado com base nos dados fornecidos pelo estudo considerando a equação $E = Pxt / A$, onde E (Jcm²) é a densidade de energia ou dose; P (W) é a potência da fonte luminosa; t (s) é o tempo e A (cm²) é a área da caneta aplicadora [Chaudhri; Toner, 2003].

derivadas de células humanas e de coelhos. Todos os outros 8 trabalhos [2,18,20-22,24-26] utilizaram animais (coelhos, cachorros e ratos) e suas células como população alvo.

Dos 9 artigos selecionados, apenas um [22] apresentou resultado negativo em relação à regeneração da cartilagem. Todos os outros trabalhos [2,18,20,21,23-26] apresentaram uma resposta positiva acerca do uso da luz de baixa potência como opção de conduta para o reparo da cartilagem articular.

As principais justificativas citadas pelos autores para explicar os achados positivos em relação ao papel da luz no reparo da cartilagem articular foram:

1. Estímulo à produção de colágeno e à proliferação de condrócitos [18,20,25];

2. Melhora da morfologia celular, modulando a interação entre componentes da matriz extracelular [20];

3. Estímulo à produção de glicosaminoglicanos e mucopolissacarídeos através dos condrócitos [21,25];

4. Excitação elétrica de moléculas carreadoras de oxigênio na cadeia respiratória [2,25];

5. Aumento do transporte de elétrons na membrana mitocondrial, favorecendo a produção de trifosfato de adenosina (ATP) [2,25];

6. Aumento da síntese proteica e de DNA, resultando em proliferação celular [2,25];

7. Aumento do metabolismo e redução do catabolismo provocando regeneração tecidual [18];

8. Bioestimulação celular por alteração do sinal de transmissão de energia dos receptores de luz [26];
9. Aumento da quantidade de matriz extracelular [26].

O estudo de Cafalli *et al.* [22], que não obteve resultados a favor do uso da luz de baixa potência na reparação da cartilagem, foi o único que não citou o mecanismo de ação dos dispositivos fotobiomoduladores nos tecidos.

Dos 9 artigos estudados 5 utilizaram dispositivos com comprimento de onda na faixa espectral do Infravermelho próximo [18,20,23,24], 3 utilizaram o vermelho [2,22,25,26] e um utilizou ambos [21].

Todos os artigos estudados utilizaram o laser de baixa potência como dispositivo fotobiomodulador [2,18,20-26].

Discussão

Um dos tecidos mais acometidos pela OA é a cartilagem articular. Esta estrutura apresenta capacidade reparadora limitada [24], que se estreita ainda mais nas condições degenerativas e/ou com o envelhecimento [27].

O mecanismo de lesão da cartilagem é iniciado por perda de proteoglicanos da matriz extracelular, desorganização do colágeno e metaplasia celular [28]. Os artigos revisados no presente estudo sugerem que a luz na faixa espectral do vermelho ao infravermelho próximo poderia auxiliar na recuperação da cartilagem lesionada [18,20,25], atuando positivamente no controle da OA. Esse efeito pode ser justificado pelo estímulo à proliferação de condrócitos [18,20,25] e pelo aumento da produção de glicosaminoglicanos e mucopolissacarídeos [21,25], componentes que garantem a integridade da cartilagem articular [25,27], induzidos pela terapia luminosa.

De acordo com Hawkins *et al.* [29], os efeitos da luz de baixa potência sobre os tecidos vivos ocorrem mediante a liberação de elétrons que, ao atingirem a mitocôndria, possibilitam a produção de ATP e o restabelecimento de potenciais de membrana, normalmente alterados nas situações patológicas. Lipovsky *et al.* [30] relatam que a fotobiomodulação produz moléculas de oxigênio reativas que são capazes de interagir com os tecidos corporais, estimulando ou inibindo reações químicas no interior das células [16]. Segundo esses autores, o objetivo da utilização da luz de baixa potência é induzir à recuperação da homeostase celular e conseqüentemente favorecer a regeneração e a cicatrização dos tecidos [2,25,31], independente de efeitos térmicos. A maior ativação das enzimas citoplasmáticas, o estímulo à síntese de ATP, ácido nucleico e proteínas como os mucopolissacarídeos são algumas das justificativas que embasam a utilização da luz para auxiliar o reparo tecidual [2,16,20,21,25,26].

Os benefícios decorrentes da interação da luz com os tecidos são, entretanto, altamente dependentes dos parâmetros luminosos utilizados durante a aplicação, principalmente do comprimento de onda (nm) e da dose (J/cm²). Esses estão

intimamente relacionados à localização do tecido alvo e ao objetivo da intervenção, respectivamente [17,32].

A literatura preconiza que comprimentos de onda na faixa espectral do infravermelho próximo, por apresentarem maior capacidade de penetração tecidual, são os mais indicados para o tratamento de estruturas localizadas mais profundamente [33]. Portanto, a luz nessa faixa espectral seria a mais indicada para tratar de lesões intra-articulares, em animais e em humanos. No presente estudo, entretanto, resultados positivos foram observados com a utilização tanto do comprimento de onda infravermelho [18,20,23,24] quanto vermelho [2,21,25,26]. Exceção se faz ao trabalho realizado por Cafalli *et al.* [22], no qual não foram observados efeitos do laser sobre a regeneração da cartilagem articular. Nesse estudo, a aplicação do dispositivo luminoso (Laser HeNe) ocorreu sem contato, com a caneta aplicadora distante 4,0 cm da superfície cutânea, contrariando a distância máxima de 1,0 cm recomendada pela literatura [33].

Os resultados favoráveis encontrados nos trabalhos em que a faixa espectral do vermelho foi utilizada [2,21,25,26] talvez possam ser explicados pela distância relativamente pequena entre o alvo terapêutico e a fonte luminosa. Nesses estudos, a luz foi aplicada na superfície cutânea da cavidade intra-articular de animais de pequeno porte [2,21,25] e em culturas de células [26], com a radiação sendo realizada, em ambos os casos, a no máximo 1,0 cm do alvo, o que pode ter minimizado as perdas de luz. Esses achados, entretanto, podem não ser observados em humanos, já que nesses a distância alvo terapêutica-fonte luminosa tende a ser maior do que as observadas nos estudos aqui revisados.

Todos os trabalhos incluídos na presente revisão utilizaram doses de aplicação menores ou iguais a 8,0 J/cm². Segundo a literatura, doses excitatórias (até 8 J/cm²) são indicadas quando o objetivo da intervenção inclui a potencialização da ação da bomba de sódio e potássio, o estímulo à produção de ATP, o restabelecimento do potencial de membrana, o aumento do metabolismo e da proliferação celular [34]. Existe também uma tendência de que regimes de emissão pulsados sejam preferenciais ao modo contínuo [35]; entretanto, tal fato não foi observado no presente trabalho.

Revisões sistemáticas sobre os efeitos e a eficácia da luz no tratamento das afecções musculoesqueléticas têm chamado a atenção para a grande variabilidade na qualidade metodológica dos estudos [36-38]. O principal problema encontrado diz respeito à descrição dos parâmetros utilizados para a aplicação da terapia luminosa. A literatura relata que para o uso correto de parâmetros de tratamento, deve-se sempre fornecer descrição detalhada de propriedades da fonte de luz utilizada na triagem, de forma que o clínico possa interpretar os resultados científicos adequadamente e, de acordo com eles, delinear conclusões corretas e aplicá-las em sua prática clínica [17].

Nesta revisão, a diversidade e principalmente a omissão dos parâmetros de tratamento utilizados no estudo dificultaram a determinação de um protocolo que pudesse servir

como guia para utilização clínica dos dispositivos luminosos no tratamento da OA, apesar dos efeitos positivos da luz na reparação da cartilagem relatados pelos autores. Os resultados encontrados, entretanto, apontam a luz infravermelha, com doses excitatórias, como uma opção para o manejo das lesões degenerativas articulares. Esse pode ser um ponto de partida para a realização de ensaios clínicos que possibilitem avaliar a eficácia da fotobiomodulação como terapia conservadora no reparo da cartilagem articular. Porém, a dosimetria utilizada nos estudos *in vitro* ou em animais pode não ser adequada em contextos clínicos devido à reflexão da luz ou à perda de energia com a profundidade do tecido alvo [34]. Dessa forma, faz-se necessário que a dose para utilização clínica seja ajustada, considerando principalmente o tamanho e a localização da articulação a ser tratada. Dentro desse contexto, parâmetros como a potência e o tempo de aplicação da fonte luminosa devem ser manipulados de forma a garantir que o alvo terapêutico receba a quantidade de energia necessária para a promoção dos benefícios terapêuticos [39,40].

Conclusão

A revisão realizada mostrou que os dispositivos fotobiomoduladores têm efeitos positivos no reparo da cartilagem em doenças articulares crônico-degenerativas como a OA.

O estímulo à produção de colágeno e à proliferação de condrocitos, o aumento do metabolismo, a melhora do aporte de oxigênio, o restabelecimento dos potenciais de membrana e o aumento da quantidade de matriz celular foram as principais justificativas encontradas para a utilização do laser de baixa potência no reparo da cartilagem articular.

Novos estudos devem ser conduzidos a fim de se obter parâmetros para aplicações clínicas seguras e eficazes dos dispositivos fotobiomoduladores no tratamento da OA, com foco no reparo da cartilagem articular, já que os estudos revisados foram realizados em culturas de células e em animais.

Referências

1. Hinton R, Moody RL, Davis AW, Thomas SF. Osteoarthritis: Diagnosis and therapeutic considerations. *Am Fam Physician* 2002;65(5):841-8.
2. Lin YS, Huang MH, Chai CY, Yang RC. Effects of Helium-Neon laser on levels of stress protein and arthritic histopathology in experimental osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83(10):758-65.
3. Handout on health: Osteoarthritis. NIH Publication No. 06-4617 [online]. [citado 2009 Fev 12]. Disponível em URL: http://www.niams.nih.gov/Health_info/osteoarthritis/default.asp.
4. Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage: degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration and transplantation. *Instr Course Lect* 1998;47:487-504.
5. Carlson CS. Osteoarthritis/osteoarthritis concepts. CVM 6420 Musculoskeletal systems, set 2001; [online]. [citado 2009 Fev 2] Disponível em URL: http://www.cvm.umn.edu/academics/current_student/notes/OA%20lecture.pdf.

6. Marques AP, Kondo A. A fisioterapia na osteoartrose: uma revisão da literatura. *Rev Bras Reumatol* 1998;38(2):83-90.
7. Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brand K, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 1986;29(8):1039-49.
8. Bjordal JM, Couppe C, Chow RT, Tuner J, Ljunggren EA. A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders. *Aust J Physiother* 2003;49(2):107-16.
9. Zacaron KAM, Dias JMD, Abreu NS, Dias RC. Nível de atividade física, dor e edema e suas relações com a disfunção muscular do joelho de idosos com osteoartrite. *Rev Bras Fisioter* 2006;10(3):279-84.
10. Tascioglu F, Armagan O, Tabak Y, Corapci I, Oner C. Low power laser treatment in patients with knee osteoarthritis. *Swiss Med Wkly* 2004;8:254-258.
11. Rosemann T, Grol R, Herman K, Wensing M, Szecsenyi J. Association between obesity, quality of life, physical activity and health service utilization in primary care patients with osteoarthritis. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2008;5:4.
12. Sullivan LG, Hasan T, Wright M, Mankin HJ, Towle CA. Photodynamic treatment has chondroprotective effects on articular cartilage. *J Orthop Res* 2002;20(2):241-48.
13. Medeiros MMC, Ferraz MB, Vilar MJP, Santiago MB, Xavier RM, Levy RA et al. Condutas usuais entre os reumatologistas brasileiros: levantamento nacional. *Rev Bras Reumatol* 2006;46(2):82-92.
14. Silva ALP, Imoto DM, Croci AT. Comparison of cryotherapy, exercise and short waves in knee osteoarthritis treatment. *Acta Ortop Bras* 2007;15(4):204-09.
15. Brosseau L, Welch V, Wells G, Debie R, Gam A, Harman K et al. Low level laser therapy (classes I, II and III) for treating osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;3:CD002046.
16. Ozdemir F, Birtane M, Kokino S. The clinical efficacy of low-power laser therapy on pain and function in cervical osteoarthritis. *Clin Rheumatol* 2001;20:181-84.
17. Tuner J, Hode L. The laser therapy handbook. Tallinn: Prima Books AB; 2004.
18. Lobato DA, Del Carlo RJ, Vilorio MIV, Monteiro BS, Silva PSA, Marchese DR et al. Efeitos da aplicação do laser diodo de arseneto gálio (As-Ga) na osteoartrite experimental em coelhos. *Rev Ceres* 2005;52(303):875-86.
19. Hyung-Jin C, Sung-Chul L, Su-Gwan K, Young-Soo K, Seong-Soo K, Seok-Hwa C, et al. Effect of low-level laser therapy on osteoarthropathy in rabbit. *In vivo* 2004;18(5):585-91.
20. Kamali F, Bayat M, Torkaman G, Ebrahimi E, Salavati M. The therapeutic effect of low-level laser on repair of osteochondral defects in rabbit knee. *J Photochem Photobiol B* 2007;88(1):11-5.
21. Calatrava RI, Valenzuela SJM, Villamandos GRJ, Redondo JI, Jurado AI. Histological and clinical responses of articular cartilage to low-level laser therapy: experimental study. *Laser Med Sci* 1997;12:117-21.
22. Cafalli FAZ, Borelli V, Holzchuh MP, Farias EC, Cipola WWV, Coutinho CAN et al. Estudo experimental dos efeitos da radiação laser de baixa energia na regeneração osteocartilágena em joelhos de coelhos. *Rev Bras Ortop* 1993;28(9):673-8.
23. Torricelli P, Giavaresi MF, Guzzardella GA, Morrone G, Carpi A, Giardino R. Laser Biostimulation of cartilage: in vitro evaluation. *Biomed Pharmacother* 2001;55(2):117-20.

24. Rodrigues CBS, Del Carlo RS, Limonge CR, Monteiro BS, Pinheiro LCP, Natali AJ et al. Aspectos clínicos e anatomopatológicos da reparação de defeito osteocondral experimental da cabeça umeral de cães, após aplicação de laser a diodo de arsenieto de gálio. *Fisiot Bras* 2006;7(2):95-98.
 25. Lin YS, Huang MH, Chai CY. Effects of helium-neon laser on the mucopolysaccharide induction in experimental osteoarthritic cartilage. *Osteoarthritis Cartilage* 2006;14(4):377-83.
 26. Jia YL, Guo ZY. Effect of low power He-Ne laser irradiation on rabbit articular chondrocytes in vitro. *Lasers Surg Med* 2004;34(4):323-8.
 27. Rossi E. Envelhecimento do sistema osteoarticular. *Einstein (São Paulo)* 2008;6(1):S7-S12.
 28. Hunziker EB. Growth-factor induced healing of partial thickness defects in adult articular cartilage. *Osteoarthritis Cartilage* 2001;9(1):22-32.
 29. Hawkins D, Abrahamse H. Phototherapy – a treatment modality for wound healing and pain relief. *AJBR* 2007;10(2):99-109.
 30. Lipovsky A, Nitzan Y, Lubart R. A possible mechanism for visible light-induced wound healing. *Lasers Surg Med* 2008;40(7):509-14.
 31. Del Carlo RJ, Rodrigues CBS, Natali AJ, Monteiro BS, Del Carlo KN, Souza TD et al. Terapia de laser de baixa potência na reparação de defeito osteocondral experimental da cabeça umeral de cães. *Rev Ceres* 2007;54(311):73-9.
 32. Mendez T, Pinheiro A, Pacheco M, Nascimento P, Ramalho L. Dose and wavelength of laser light have influence on the repair of cutaneous wounds. *J Clin Laser Med Sur* 2004;22(1):19-25.
 33. Ryan T, Smith RKW. An investigation into the depth of penetration of low level laser therapy through the equine tendon. *Irish Veterinary Journal* 2007;60(5).
 34. Chaudhri M, Tuner J. Low level laser therapy: the basics for research and practice. *NAALT Conference* 2003.
 35. Hamblin MR, Demidova TN. Mechanisms of low level light therapy. *Proceedings of SPIE* 2006;6140:1-12.
 36. Nussbau E, Baxter G, Lilge L. A review of laser technology and light-tissue interactions as a background to therapeutic applications of low intensity lasers and other light sources. *Phys Ther* 2003;8:31-44.
 37. Karu T. Photobiology of low-power laser effects. *Health Phys* 1989;56(5):691-704.
 38. King P. Low level laser therapy: A review. *Lasers Med Sci* 1989;4:141-8.
 39. Sommer AP, Pinheiro ALB, Mester AR, Franke RP, Whelan HT. Biostimulatory windows in low-intensity laser activation: lasers, scanners, and NASA's light-emitting diode array system. *J Clin Laser Med Sur* 2001;19(1):29-33.
 40. Waynant B, Bown D, Karu W. Review of laser therapy. Current status and consensus for research needed for further progress. *NAALT Conference* 2003.
-