

Fototerapia aplicada à motricidade orofacial e corporal: novas perspectivas

Phototherapy applied to orofacial and body motricity: new perspectives

Fernanda Rossi Paolillo*
Adalberto Vieira Corazza**
Cleber Ferraresi***
Antônio Eduardo de Aquino****
Vanderlei Salvador Bagnato*****

RESUMO

Tecnologias fototerapêuticas, como *lasers* (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação) e LEDs (diodos emissores de luz), são utilizadas para recuperação funcional do sistema osteoneuromioarticular, pois podem promover o aumento da síntese de adenosina trifosfato (ATP) e a regeneração celular, com ação anti-inflamatória e analgésica. A luz age no metabolismo energético celular por meio de mecanismos químicos com ativação do potencial redox de componentes da cadeia respiratória da mitocôndria, principalmente o citocromo C-oxidase e o NADH desidrogenase, bem como através de mecanismos estruturais que possibilitam a formação de mitocôndrias gigantes. Paralelamente, a atividade motora também gera adaptações estruturais e metabólicas na mitocôndria. Então, recentemente, a fototerapia passou a ser utilizada em associação com a motricidade orofacial e corporal para evitar a fadiga muscular e sobrecarga articular, bem como, para acelerar o processo de reabilitação, o que resulta em diversos efeitos terapêuticos, entre eles, aumento da força muscular, redução da fadiga, acelerada reparação de lesões teciduais e redução da dor.

Unitermos – Fototerapia; *Laser*; LEDs; Motricidade.

ABSTRACT

Phototherapeutic technologies, such as *lasers* (light amplification by stimulated emission of radiation) and LEDs (light-emitting diodes), are used for treatments. Phototherapy can result in a biochemical adaptation of the mitochondria with changes in the redox state, mainly cytochrome C oxidase and NADH dehydrogenases, resulting in a conversion of the electromagnetic to biochemical energy with an increase in the production of adenosine triphosphate (ATP). Structural changes may also occur, such as formation of giant mitochondria. At the same time, motor activity also results in biochemical and structural changes in the mitochondria. Therefore, phototherapy together with motor activity can help to enhance the therapeutic effects, such as greater muscle strength, reduced fatigue, accelerated functional recovery after injuries and pain relief.

Key Words – Phototherapy; *Laser*; LEDs; Motricity.

*Pós-doutoranda em Física – Grupo de Óptica do Instituto de Física de São Carlos (IFSC), Universidade de São Paulo (USP).

**Doutorando em Anatomia – Departamento de Morfologia, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

***Doutorando em Biotecnologia – Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

****Mestrando em Biotecnologia – Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

*****Professor titular MS-6 RDIDP – Grupo de Óptica do Instituto de Física de São Carlos (IFSC), Universidade de São Paulo (USP).

Introdução

Técnicas ópticas e fotônicas têm propiciado importante revolução tecnológica em Medicina e Odontologia, tanto para o diagnóstico quanto para reabilitação física. Destacam-se os emissores de luz *laser* (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação) e LEDs (diodos emissores de luz) usados na interação luz/tecido para fototerapia e terapia fotodinâmica, além das técnicas de espectroscopia por fluorescência óptica para diferenciação do tecido biológico¹.

Laser e LEDs apresentam propriedades físicas que os distinguem, entre elas monocromaticidade, coerência e colimação. Entretanto, estudos que comparam a ação de *laser* e LEDs operando com comprimentos de onda e doses equivalentes mostram que os efeitos terapêuticos produzidos também são equivalentes²⁻³. Assim, o tipo de fonte de luz não é exclusivamente responsável pela resposta celular ou tecidual, entretanto, é dependente da escolha dos parâmetros físicos do equipamento, como fluência, potência, área do feixe de luz, irradiância e comprimento de onda³⁻⁴.

Um dos grandes conflitos na fototerapia é a definição das variáveis físicas nos casos clínicos. Na evolução fototerapêutica, a aplicação em dias pode ser sequencial ou esporádica e a transferência da energia é realizada com o emissor de luz no modo pontual com contato direto ou indireto (a distância), bem como em sistema de varredura. O tratamento com aplicação aleatória pode gerar maior erro no cálculo da dose de energia, comparado ao tratamento sequencial. A grande vantagem para o modo de contato é a perda mínima de energia. Entretanto, no modo indireto ocorrem reflexão e refração da luz, que resultam em maior perda de energia. Ainda, o modo indireto geralmente é realizado em varredura⁴.

A fototerapia tem sido aplicada antes⁵, durante⁶ ou depois⁷ da atividade motora para reduzir a fadiga e acelerar a recuperação de lesões com consequente aumento da função. Neste contexto, o desenvolvimento de novas tecnologias ópticas tem como meta potencializar a reabilitação orofacial e corporal.

Fundamentos da motricidade orofacial e corporal

Os sistemas bioenergéticos utilizados durante a atividade motora são as vias anaeróbia e aeróbia. Quando se inicia um movimento, a produção de adenosina trifosfato (ATP) ocorre primeiramente através da fosfocreatina (PCr), posteriormente pela glicólise anaeróbia, até atingir o *steady-state* (regime permanente), momento em que ocorre o processo de oxidação celular, mecanismo bioquímico essencialmente responsável pelo metabolismo energético⁸.

Para que ocorra movimento, a energia química (ATP) deve ser transformada em energia mecânica. O movimento corpóreo é resultado de forças geradas no músculo pela

interação de proteínas denominadas actina e miosina que possuem propriedades contrácteis. Há dois tipos de fibras musculares: (1) as fibras musculares de contração lenta ou fibras oxidativas Tipo I; (2) as fibras de contração rápida ou fibras glicolíticas Tipo II. Estas fibras musculares são ativadas de acordo com o tipo de movimento, a duração e a intensidade, ou seja, de acordo com a via metabólica predominante. Quando ocorre o declínio da capacidade de gerar força muscular voluntária máxima, devido a mudanças metabólicas, iônicas e elétricas, define-se a fadiga muscular, que pode ter duas origens: (1) central, no qual o sistema nervoso central reduz o *input* para o motoneurônio com ativação insuficiente para obter a força máxima; (2) periférica, referente à força contráctil limitada pela excitabilidade da membrana devido a mudanças no tecido muscular, como o acúmulo de lactato, potássio extracelular, redução do pH, entre outros⁸.

A motricidade é amplamente estudada em várias áreas da Medicina e, em especial na Odontologia, o movimento mandibular e as forças dos dentes e das articulações são parte do arcabouço teórico usado para diagnosticar e tratar as disfunções craniomandibulares. No passado, a maioria dos dentistas considerou os distúrbios oclusais como o mais importante fator etiológico das disfunções da articulação temporomandibular (ATM) e, atualmente, é reconhecido que as disfunções de ATM (DTM) demonstram etiologia multifatorial com ocorrência de alterações oclusais, articulares, neuromusculares e psicológicas. Ainda, o trauma direto na mandíbula ou na face pode dar origem a problemas musculares e na ATM além de ocasionar soluções de continuidade com intervenções cirúrgicas⁹.

Além destes fatores, a assimetria facial associada à fraqueza ou hipotrofia dos músculos faciais pode proporcionar a DTM e, quando associado ao envelhecimento, a flacidez acentuará as rugas que afetam a estética facial e sua funcionalidade, como mastigação, fala e deglutição¹⁰.

Portanto, estratégias de tratamento devem ser elaboradas. Neste contexto, a tecnologia óptica associada à motricidade é fundamental, pois ao executar sequências de movimentos, o organismo é submetido a um estresse metabólico, cardiovascular, respiratório, muscular e esquelético, que resulta em quebra da homeostase e exige do corpo adaptações a esse estresse ou ao desequilíbrio momentâneo causado pela atividade motora. Neste momento, a aplicação da fototerapia é essencial, pois seus efeitos terapêuticos interagem com as respostas fisiológicas decorrentes da atividade motora, desencadeando reações bioquímicas em cascata, via mitocôndria, para potencializar o condicionamento muscular e refletir na saúde geral dos pacientes.

Fundamentos da fototerapia aplicada à motricidade

Recentemente, a fototerapia foi associada à motricidade e a janela terapêutica inclui a radiação visível (vermelha)

e invisível (infravermelho). A radiação penetra nos tecidos e os fótons são absorvidos pelos fotoceptores celulares, estimulando ou inibindo as reações químicas e enzimáticas que podem regular o metabolismo energético celular.

Os efeitos da interação da fototerapia com os tecidos biológicos, através de eventos fotoquímicos e fotofísicos, são aqueles relacionados às mitocôndrias celulares que sofrem modificações estruturais e metabólicas que conduzem à maior síntese de energia (ATP) para os diversos processos celulares. As modificações estruturais e metabólicas concentram-se no surgimento de mitocôndrias gigantes, principalmente por fusão das cristas mitocondriais de mitocôndrias menores, aumento da expressão e atividade de sua maquinaria enzimática, como Citrato Sintase, NADH desidrogenase e atividade do complexo IV da cadeia transportadora de elétrons, especificamente da enzima citocromo c-oxidase. Outra importante modificação metabólica refere-se ao maior fluxo de elétrons pela cadeia transportadora de elétrons que, consequentemente, conduz ao maior transporte de prótons (H⁺) para fora da matriz mitocondrial (espaço intermembranas) e a uma diferença eletroquímica entre a matriz mitocondrial e o espaço intermembranas dessa organela¹¹.

Paralelamente, a atividade motora realizada sistematicamente também gera adaptações estruturais e metabólicas na mitocôndria¹² e, assim, a fototerapia pode ser associada à atividade motora para potencializar o desempenho muscular⁶⁻⁷ e refletir na saúde geral dos pacientes.

A fototerapia associada à atividade motora foi primeiramente investigada em animais de experimentação. Nesses estudos, os animais foram submetidos a protocolos de contrações musculares voluntárias¹³ e induzidas por estimulação elétrica neuromuscular¹⁴ para identificar a capacidade aeróbia e resistência à fadiga. Os resultados mostraram que houve melhor adaptação enzimática nos animais que realizaram fotoestimulação por *laser*, pois houve aumento da atividade da isoforma aeróbia da enzima lactato desidrogenase (LDHB), que sugere maior densidade mitocondrial tecidual e capacidade oxidativa desses animais¹³. Ainda, foi constatada a redução da fadiga muscular, pois houve menor decaimento de torque gerado nas contrações musculares, bem como menor dano muscular, medido pela concentração da enzima creatina quinase¹⁴.

Além dos efeitos mitocondriais e dos estudos experimentais, os efeitos da fototerapia sobre a função muscular também foram investigados em estudos clínicos. A aplicação da fototerapia pode ser realizada de três maneiras: antes⁵, durante⁶ ou depois⁷ da atividade motora.

Em estudos que utilizaram *laser*⁷ ou LEDs⁵ imediatamente antes da atividade motora em seres humanos foram identificados o aumento do número de contrações musculares e menores níveis séricos de lactato sanguíneo, proteína C-reativa e creatina quinase, o que indica maior resistência a fadiga e melhor recuperação de microlesões

musculares decorrentes da atividade motora. Outros resultados foram o aumento da potência e o trabalho muscular com reduzida fadiga quando o infravermelho foi irradiado durante a atividade motora⁶, bem como maior torque muscular, carga máxima de trabalho e perimetria da coxa quando a fototerapia foi aplicada após a atividade motora⁷. Segundo estes estudos, a fototerapia possivelmente modula o estresse oxidativo celular, com aumento da atividade de enzimas antioxidantes e da expressão de genes específicos que podem promover melhoria no desempenho muscular⁵⁻⁷.

A aplicação da fototerapia no músculo quadríceps associada à atividade motora durante três meses mostrou diversos benefícios constatados através de avaliações biomecânicas com o dinamômetro isocinético. Alguns benefícios foram o aumento do pico de torque com *laser* infravermelho (808 nm) aplicado imediatamente após movimentos resistidos⁷ e a redução da fadiga com *laser* infravermelho (808 nm) aplicado imediatamente após atividade motora aeróbia¹⁵, além do aumento da potência muscular (Gráfico 1) com a aplicação de LEDs (850 nm) durante a atividade motora aeróbia⁶.

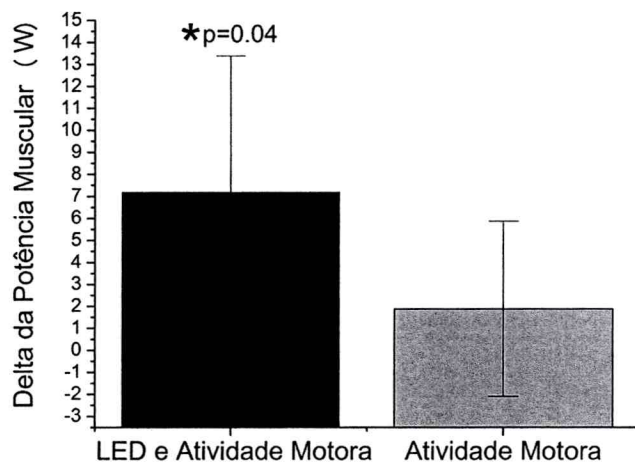


Gráfico 1
Efeitos da fototerapia (LEDs 850 nm) aplicada durante a atividade motora aeróbia (esteira ergométrica).

*Houve o aumento da potência do quadríceps⁶ que foi avaliado em teste isocinético a 300°/s e indica o aumento da função muscular em mulheres na pós-menopausa após três meses de tratamento.

Enquanto a aplicação do *laser* é pontual, a fototerapia por LEDs tornou-se uma alternativa muito atraente para a fotoestimulação de grande área corpórea, com baixo custo e resultados satisfatórios no aumento da função muscular⁶, bem como na estética facial e corporal¹⁶. A Figura 1 mostra a aplicação de LEDs infravermelhos (850 nm) no músculo quadríceps (que é o principal atuador durante o ato de caminhar e de correr) e as Figuras 2 mostram a aplicação de LEDs vermelhos (630 nm) associada aos movimentos de abrir e fechar a boca para o tratamento da DTM.

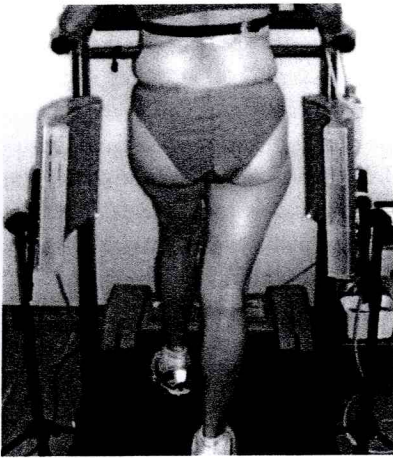


Figura 1
Aplicação de LEDs infravermelhos (850 nm) durante atividade motora aeróbica.

A fototerapia tem sido utilizada na analgesia e na ação anti-inflamatória da DTM, mas um dos vários fatores etiológicos desta disfunção é a má-oclusão. O desequilíbrio na motricidade dos músculos da mastigação, principalmente do músculo temporal em relação ao masseter, apresenta influências no desalinhamento da mandíbula e, consequentemente, fadiga e dor nestes músculos. Neste sentido, a fototerapia tem aplicação na redução de espasmo muscular¹⁷ e trismo¹⁸. Para a otimização do sistema estomatognático, algumas pesquisas têm analisado o músculo masseter e confirmado diversos efeitos terapêuticos da fototerapia, como o aumento da atividade metabólica¹⁹ e muscular com diminuição da fadiga eletromiográfica de indivíduos submetidos a contração voluntária isométrica máxima²⁰, além do aumento da força de mordida após tratar o quadro álgico da DTM²¹. Sendo assim, a fototerapia com parâmetros físicos adequados pode melhorar a atividade motora dos músculos da mastigação, estimulando a harmonia dos grupos musculares agonistas e antagonistas na ação da mastigação.

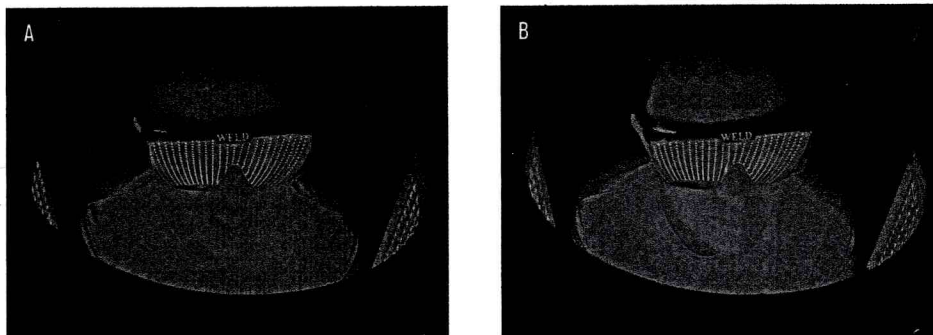
O sistema postural também integra o aparelho mastigatório, com envolvimento das cadeias musculares anteriores e posteriores, como exemplo os músculos que são o contra-apoio da oclusão e da deglutição, entre eles, esternocleidomastoídeos, trapézio e peitorais. Assim, todo desequilíbrio do aparelho mastigatório poderá repercutir

sobre o sistema tônico postural, bem como as alterações posturais de cabeça, pescoço e ombros podem ser fatores etiológicos das más-oclusões. As Figuras 3 mostram um dispositivo flexível com LEDs infravermelhos (850 nm) para ser aplicado antes ou depois da atividade motora, por exemplo, no músculo trapézio.

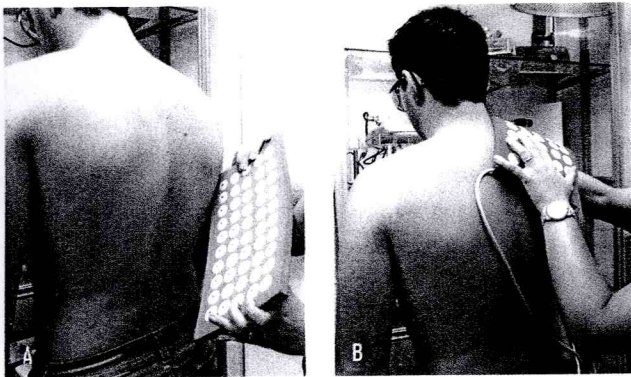
A luz vermelha age na mitocôndria, enquanto o infravermelho age na membrana da mitocôndria e isto pode ser uma vantagem para bioestimulação, pois pacientes tratados com comprimentos de onda infravermelho e vermelho têm as seguintes vantagens: capacidade para o tratamento de lesões profundas e superficiais e capacidade para atuar em um amplo espectro de comprimento de onda na janela terapêutica para reparação tecidual e tratamento da dor que, baseado na literatura, encontra-se dentro da amplitude de 600-1.000 nm⁴. A Figura 4 mostra a aplicação simultânea de *laser* infravermelho (850 nm) e LED vermelho (630 nm) para o tratamento da DTM.

A ação anti-inflamatória e analgésica propiciada pela fototerapia também pode auxiliar na redução da dor. A fototerapia (*laser* CO₂, modo contínuo, 1 W, 7.64 J/cm²) foi aplicada a 10 cm de distância da pele em padrão elíptico na face direita de nove sujeitos jovens que foram avaliados por termografia. Foi constatado o aumento da temperatura da face, tanto no lado da face onde foi aplicada a fototerapia, quanto no lado oposto²². Segundo estes autores, o efeito térmico ocorreu devido ao aumento de fluxo e volume sanguíneo, bem como do diâmetro dos vasos sanguíneos, o que pode explicar um dos mecanismos do tratamento da dor.

Este efeito térmico também pode explicar o aumento do desempenho muscular com reduzida fadiga, pois o aumento da circulação sanguínea favorece a chegada de nutrientes (como o oxigênio) para os músculos ativos durante a atividade motora, bem como aumenta o retorno venoso e favorece o transporte e a remoção de ácido láctico^{6,16}. Na Figura 5, as cores vermelhas das imagens termográficas representam o aumento da temperatura cutânea, vasodilatação e circulação sanguínea com a aplicação da fototerapia com LEDs infravermelhos na região da coxa, o que favorece a drenagem linfática.



Figuras 2
Aplicação de LEDs vermelhos (630 nm) durante os movimentos de abrir (A) e fechar (B) a boca.



Figuras 3

Equipamento flexível com LEDs infravermelhos (850 nm) para ser aplicado antes ou depois da atividade motora em várias partes do corpo (A), como por exemplo no músculo trapézio (B).

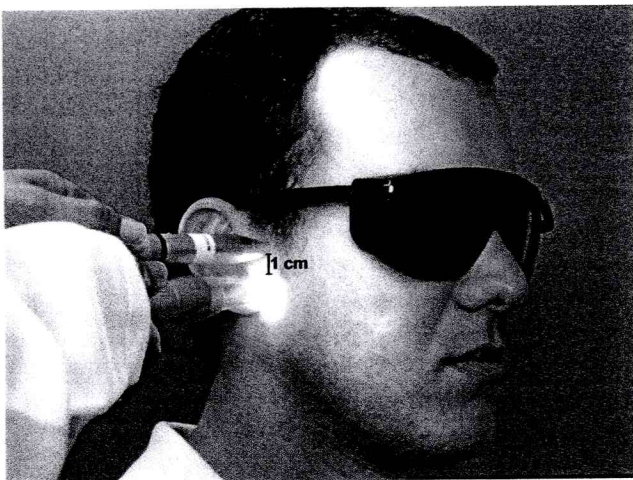


Figura 4

Aplicação simultânea de laser infravermelho (850 nm) e LED vermelho (630 nm) na ATM.



Figura 5

Imagem termográfica durante a fototerapia. A cor vermelha indica o aumento da temperatura cutânea, vasodilatação e aumento da circulação sanguínea com a aplicação de LEDs infravermelhos (850 nm).

Com o intuito de restabelecer o mais rápido possível a recuperação funcional pós-cirúrgica do sistema estomatognático, a fototerapia tem demonstrado resul-

tados positivos no estímulo da drenagem linfática²³, bem como em casos de isquemia tem demonstrado o aumento do fluxo sanguíneo e a fotobiomodulação das espécies de oxigênio reativos (EROs) por meio do estímulo de agentes antioxidantes do tipo catalase e superóxido dismutase (SOD). Além disso, a luz terapêutica tem contribuído para a diminuição de citocinas inflamatórias do tipo IL-1, IL-6 e TNF- α e consequentemente de todo o processo inflamatório²⁴. É reconhecido que o aumento de fatores anabólicos auxilie na recuperação pós-cirúrgica por meio do aumento do fator de crescimento semelhante à insulina do tipo 1 (IGF-1) para estimular a reparação dos tecidos devido a sinalização anabólica para a síntese proteica no músculo. Neste sentido, a fototerapia tem demonstrado resultados positivos para o aumento na produção de IGF-1 e fator de crescimento fibroblástico (FGF) – que contribuem para o aumento da massa muscular e óssea²⁵ – além do fator de crescimento endotelial vascular (VEGF) que tem importante ação na angiogênese.³ Deste modo, a fototerapia é um agente físico não invasivo que complementa o processo de recuperação pós-operatório para maior eficiência na motricidade orofacial.

Pacientes com dor reduzem a atividade motora e evitam a realização de movimentos que resultam no comprometimento gradual da musculatura. Neste contexto, a associação do exercício com a fototerapia é fundamental para tratar a dor e aumentar a função muscular.

A atividade motora tem efeito sobre a regulação de mecanismos endógenos de controle da dor (sistemas opioides) com ação combinada, por exemplo, de beta-endorfina, cortisol, epinefrina, norepinefrina e serotonina²⁶. Paralelamente, a fototerapia pode induzir ao alívio da dor através da modulação da nocicepção, bem como pelo aumento da produção de serotonina, beta-endorfina e redução de mediadores inflamatórios²⁷.

Ainda, estudos com fototerapia mostram alterações de parâmetros neurofisiológicos em diversas patologias, como o aumento da latência do nervo motor distal e da velocidade neural sensorial, com redução da severidade dos sintomas em pacientes com síndrome do túnel do carpo²⁸, maior taxa de regeneração periférica, reinervação e neurônios sobreviventes de ratos com lesão induzida no nervo facial²⁹ e rápida recuperação funcional de ratos que apresentavam lesão induzida no nervo esquiático³⁰. Com isso, a fototerapia pode dinamizar a eficiência motora em casos de lesões de nervos ou por paralisias faciais que restringem os impulsos elétricos para os músculos.

Portanto, a fotobiomodulação da atividade celular e consequentemente dos sistemas biológicos podem promover uma ação integradora para otimizar a dinâmica da contração muscular e evitar a fadiga neuromuscular, em especial do sistema estomatognático nas diversas sobrecargas das atividades de vida diária.

Conclusão

Este estudo mostrou novas perspectivas da fototerapia aplicadas à motricidade orofacial e corporal através do desenvolvimento de novas tecnologias e novos procedimentos clínicos.

Nota de esclarecimento

Nós, os autores deste trabalho, não recebemos apoio financeiro para pesquisa dado por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho. Nós, ou os membros de nossas famílias, não recebemos honorários de consultoria ou fomos pagos como avaliadores por organizações que possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não possuímos ações ou investimentos em organizações que também possam ter ganho ou

perda com a publicação deste trabalho. Não recebemos honorários de apresentações vindos de organizações que com fins lucrativos possam ter ganho ou perda com a publicação deste trabalho, não estamos empregados pela entidade comercial que patrocinou o estudo e também não possuímos patentes ou royalties, nem trabalhamos como testemunha especializada, ou realizamos atividades para uma entidade com interesse financeiro nesta área.

Endereço para correspondência:

Fernanda Rossi Paolillo

Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Centro

13560-970 – São Carlos – SP

Tel./Fax: (16) 3373-9810

fer.nanda.rp@hotmail.com

Referências

1. Bagnato VS. Novas técnicas ópticas. Ed. Livraria da Física, 2008. p. 1-239.
2. Lizareli RFZ, Panhoca VH, Bagnato VS. Comparative clinical study of temporomandibular joint dysfunction (TMJ) using red and infrared led-therapy. Abstracts from 7th International Congress of the World Association for Laser Therapy. Photomedicine and Laser Surgery 2009;27:198.
3. Corazza AV, Jorge J, Kurachi C, Bagnato VS. Photobiomodulation on the angiogenesis of skin wounds in rats using different light sources. Photomedicine and Laser Surgery 2007;25(2):102-6.
4. Enwemeka CS. Intricacies of Dose in Laser Phototherapy for Tissue Repair and Pain Relief. Photomedicine and Laser Surgery 2009;27:387-93.
5. Leal Jr. ECP, Lopes-Martins RAB, Rossi RP, De Marchi T, Baroni BM, de Godoi V et al. Effect of Cluster Multi-Diode Light Emitting Diode Therapy (LEDT) on Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue and Skeletal Muscle Recovery in Humans. Lasers in Surgery and Medicine 2009;41:572-7.
6. Paolillo FR, Milan JC, Aniceto IV, Barreto SG, Rebelatto JR, Borghi-Silva A et al. Effects of Infrared-Led Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. Photomedicine and Laser Surgery 2011;29(9):639-45.
7. Ferraresi C, Oliveira TB, Zafalon LO, Reiff RBM, Baldissera V, Perez SEA et al. Effects of Low Level Laser Therapy (808 nm) on Physical Strength Training in Humans. Lasers in Surgery and Medicine 2011;26(3):349-58.
8. Mcardle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 3ª ed. Rio de Janeiro: Copyright; 1991. p.475.
9. Heitor BS, Goldenberg DC, Bastos E, Fonseca A, Kanashiro E, Branco DFR et al. Tratamento cirúrgico das fraturas de face em pacientes pediátricos: características clínicas em um centro de trauma terciário. Rev Bras Cir Craniomaxilofac 2009;12(2):47-9.
10. McComas AJ. Oro-facial muscles: internal structure, function and ageing. Gerodontology 1998;15:3-14.
11. Bakeeva LE, Manteifel VM, Rodichev EB, Karu TI. Formation of Gigantic Mitochondria in Human Blood Lymphocytes under the Effect of an He-Ne laser. Mol. Biol. (Mosk.) 1993;27:608-17.
12. Lumini-Oliveira J, Magalhães J, Pereira CV, Aleixo I, Oliveira PJ, Ascensão A. Endurance Training Improves Gastrocnemius Mitochondrial Function Despite Increased Susceptibility to Permeability Transition. Mitochondrion 2009;9:454-62.
13. Vieira W, Goes R, Costa F, Parizotto N, Perez S, Baldissera V et al. Adaptação enzimática da LDH em ratos submetidos a treinamento aeróbio em esteira e laser de baixa intensidade. Revista Brasileira de Fisioterapia 2006;10:205-11.
14. Lopes-Martins RAB, Marcos RL, Leonardo OS, Prianti AC, Muscará MN, Aimbire F et al. Effect of low-level laser (ga-al-as 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. J Appl Physiol 2006;101:283-8.
15. Vieira WHB, Ferraresi C, Perez SEA, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. Lasers in Surgery and Medicine. Online First, 26 Aug 2011.
16. Paolillo FR, Borghi-Silva A, Parizotto NA, Kurachi C, Bagnato VS. New Treatment of Cellulite with Infrared-Led Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training. Journal of Cosmetic and Laser Therapy 2011;13:166-71.
17. Ilbuldu E, Cakmak A, Disci R, Aydin R. Comparison of laser, dry needling, and placebo laser treatments in myofascial pain syndrome. Photomedicine and Laser Surgery 2004;22(4):306-11.
18. Amarillas-Escobar ED, Toranzo-Fernández JM, Martínez-Rider R, Noyola-Frías MA, Hidalgo-Hurtado JA, Serna VM et al. Use of therapeutic laser after surgical removal of impacted lower third molars. J Oral Maxillofac Surg 2010;68(2):319-24.
19. Rizzi EJ, Issa JPM, Dias FJ, Leao JC, Regalo SCH, Siesere S et al. Low-Level Laser Intensity Application in Masseter Muscle for Treatment Purposes. Photomedicine and Laser Surgery 2010;28:31-5.
20. Kelencz CA, Muñoz IS, Amorim CF, Nicolau RA. Effect of low-power gallium–aluminum–arsenium noncoherent light (640 nm) on muscle. Photomedicine and Laser Surgery 2010;28(5):647-52.
21. De Medeiros JS, Vieira GF, Nishimura PY. Laser application effects on the bite strength of the masseter muscle, as an orofacial pain treatment. Photomedicine and Laser Surgery 2005;23(4):373-6.
22. Makiyara E, Makiyara M, Masumi SI, Sakamoto E. Evaluation of facial thermographic changes before and after low-level laser irradiation. Photomedicine and Laser Surgery 2005;23(2):191-5.
23. Simunovic Z. Lasers in medicine and dentistry: basic science and up-to-date clinical application of low energy-level laser therapy. Vitagraf; 2000. p. 530.
24. Mozatti M, Martinasso G, Cocero N, Pol R, Maggiora M, Muzio G et al. Superpulsed laser therapy on healing process after tooth extraction in patients waiting for liver transplantation. Lasers in Surgery and Medicine. Online First, 29 Jan 2011.
25. Saygun I, Karacay S, Serdar M, Ural AU, Sencimen M, Kurtis B. Effects of laser irradiation on the release of basic fibroblast growth factor (bFGF), insulin like growth factor-1 (IGF-1), and receptor of IGF-1 (IGFBP3) from gingival fibroblasts. Lasers in Surgery and Medicine 2008;23:211-5.
26. Bender T, Nagy G, Barna I, Tefner I, Kádas E, Géher P. The Effect of Physical Therapy on Beta-Endorphin Levels. Eur J Appl Physiol 2007;100:371-82.
27. Hagiwara S, Iwasaka H, Okuda K, Noguchi T. GaAlAs (830 nm) low-level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats. Lasers in Surgery and Medicine. 2007;39:797-802.
28. Yagci I, Elmas O, Akcan E, Ustun I, Gunduz OH, Guven Z. Comparison of splinting and splinting plus low-level laser therapy in idiopathic carpal tunnel syndrome. Clin. Rheumatol 2009;28:1059-65.
29. Snyder SK, Byrnes KR, Borke RC, Sanchez A, Anders JJ. Quantitation of calcitonin gene-related peptide mRNA and neuronal cell death in facial motor nuclei following axotomy and 633 nm low power laser treatment. Lasers in Surgery and Medicine 2002;31:216-22.
30. Barbosa IR, Marcolino AM, Guirro RRJ, Mazzer N, Barbieri CH, Fonseca MCR. Comparative Effects of Wavelengths of Low-Power Laser in Regeneration of Sciatic Nerve in Rats Following Crushing Lesion. Lasers in Surgery and Medicine 2010;25:423-30.