



## **Efeitos do Infravermelho Longo, irradiado por material cerâmico ou têxtil, sobre o músculo estriado esquelético: uma revisão sistemática.**

Danilo S CARUSO, Arthur F GÁSPARI, Manoel SILVA, Igor A BRAZ, Antônio C MORAES.

Faculdade de Educação Física – UNICAMP, Campinas, São Paulo, Brasil  
e-mail: arthur.fg@hotmail.com

### **Introdução**

A *Photobiomodulation Therapy* (PBMT), fundamentada na interação da energia luminosa (irradiada) com tecidos biológicos, modulando (estimulando ou inibindo) diversas vias metabólicas e bioquímicas (HAMBLIN *et al.*, 2018), vem apresentando potenciais efeitos ergogênicos para o desempenho físico (FERRARESI *et al.*, 2011; VANIN *et al.*, 2018), assim como terapêuticos (TSAI; HAMBLIN, 2017). Os efeitos biológicos positivos da irradiação infravermelha (IV) em suas diversas aplicações terapêuticas são atribuídos à interação com moléculas fotoceptoras das células que absorverem a energia irradiada e a convertem em sinal biológico, além disso a irradiação se propaga no citoplasma, estimulando organelas e enzimas (HAMBLIN, 2018; TSAI; HAMBLIN, 2017).

Algumas revisões já abordaram a PBMT com propósitos médicos e terapêuticas (TSAI; HAMBLIN, 2017), bem como seus efeitos sobre o desempenho muscular (BORSA *et al.*, 2013; FERRARESI; HUANG; HAMBLIN, 2016; NAMPO *et al.* 2016; VANIN *et al.* 2018). Contudo, geralmente, identificamos aplicações com diferentes radiações (i.e., comprimento de onda), e consequentemente dose de energia irradiada, posicionadas em diferentes regiões do espectro de luz, que quase exclusivamente são irradiadas por dispositivos fototerápicos (lasers e diodos (LED)) dependentes do fornecimento constante de energia elétrica e consequente com baixa mobilidade.

Sabemos, que a PBMT é dose-dependente da energia irradiada (HUANG *et al.*, 2011), logo, apesar do infravermelho longo (IVL) transportar menos energia em relação as outras subdivisões do IV (i.e. IV curto e médio), também encontramos efeitos positivos, a nível tecidual e celular, com

a aplicação deste comprimento de onda quando o tempo de irradiação é adequado ou minimamente prolongado (LEUNG *et al.* 2015; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012).

Uma estratégia interessante que vêm sendo utilizada na PBMT com IVL é o uso de materiais cerâmicos bioativos (LEUNG *et al.* 2015), essas nanopartículas cerâmicas tem a capacidade de absorver a energia externa sob forma de IV (e.g., luz solar), e reemiti-la em comprimentos de ondas maiores (ANDERSON, 2017). Deste modo, a confecção de materiais têxteis, impregnados com materiais cerâmicos bioativos (incorporados na sua composição), garante propriedades emissivas ao tecido, dentro do espectro do IVL sem o uso de energia externa tornando a PBMT mais prática e versátil, comparada ao uso de lasers e diodos (LED) (VANIN *et al.*, 2018).

Deste modo, o objetivo desta revisão sistemática foi identificar e resumir dados relativos aos efeitos do IVL, irradiado por materiais cerâmicos ou têxteis, sobre parâmetros funcionais e/ou bioquímicos do músculo estriado esquelético, em modelos animais ou humanos, visto os potenciais efeitos biológicos do IVL.

## **Metodos**

A revisão da literatura foi realizada até 20 de junho de 2020, nas seguintes bases de dados: PubMed, SPORTDiscuss, e Cochrane Library. Além disto, uma pesquisa manual, na lista de referências dos estudos incluídos, foi conduzida paralelamente. Foram combinadas as seguintes palavras chave: *Far infrared, Bio-active materials, Muscle, Skeletal Muscle, Muscular, Exercise e Performance*. Os critérios de inclusão foram: (a) aplicação do IVL com propósitos terapêuticos e/ou profiláticos, *Photobiomodulation Therapy* (PBMT), (b) IVL irradiado por matérias cerâmicos e/ou têxteis, (c) estudos originais publicados na integra (modelos animais e humanos), (d) estudos com análises funcionais e/ou bioquímicas, relacionadas ao tecido muscular estriado esquelético, associados com a aplicação de IVL, (e) estudos escritos em Inglês ou Português. Como critérios de exclusão foram adotados: (a) outro comprimento de onda do Infravermelho (IV), (b) IVL irradiado por outra fonte energética que não matérias cerâmicos e/ou têxteis, (c) estudos não originais, (d) estudos sem análises funcionais e/ou bioquímicas.

## **Resultados e discussão**

A sintaxe completa de busca nas três bases de dados retornou 329 estudos. Destes 13 estudos duplicados foram removidos, restando 316 estudos para avaliação de elegibilidade. 313 estudos foram excluídos 13 estudos completos para avaliação de elegibilidade. Após a triagem completa dos 13 estudos, mais um estudo foi excluído ( $n = 1$ ), visto que estava escrito em

Chinês. Adicionalmente, foram incluídos cinco estudos ( $n = 5$ ), originários da lista de referência dos estudos incluídos. Deste modo, dezessete estudos originais ( $n = 17$ ) foram incluídos nesta revisão sistemática

A análise dos trabalhos revisados indica efeito positivo sobre a funcionalidade do músculo esquelético em humanos saudáveis, e alterações benéficas em variáveis relacionados ao sistema cardiorrespiratório, resultando em maior eficiência na oferta e consumo de oxigênio acompanhado de menor trabalho cardíaco e aumento do fluxo sanguíneo. Já para indivíduos com alguma patologia previa, além do número de estudos ser reduzido, apenas três estudos, os efeitos observados sobre a funcionalidade muscular são pouco consistentes, se destacando o efeito do IVL relacionado a fisiologia muscular e o mecanismo da doença como a melhoria do perfil de estresse oxidativo e defesa antioxidante em pacientes com doença vascular periférica. Por fim, os estudos revisados conduzidos com modelo animal lançam luz sobre alguns mecanismos de ação do IVL sobre o músculo esquelético ao demonstrar efeitos sobre a funcionalidade muscular e/ou o consumo de oxigênio, variável clássica da fisiologia muscular, acompanhado de alterações benéficas de marcadores de estresse oxidativo, proliferação celular e biogênese mitocondrial.

Nossa hipótese inicial foi parcialmente comprovado uma vez que a PBMT através de materiais cerâmicos emissores de IVL aparenta ser alternativa prática, versátil, e acessível, para obtenção de efeitos positivos (e.g., ergogênicos) sobre o tecido muscular estriado esquelético, embora mais estudos precisem ser conduzidos a respeito do tempo ideal de uso dessa forma de irradiação de IVL e também qual seria composição ótima do material irradiante.

É sabido que os efeitos da fototerapia obedecem a um padrão de dose-resposta. (Huang *et al.*, 2011; Hamblin, 2016). Existe uma janela ótima de energia irradiada para que os efeitos sejam positivos. Doses muito pequenas não devem gerar efeito, assim como com doses de energia muito altas podem surtir efeitos negativos. A potência de irradiação do material cerâmico é baixa, comparada com laser e diodos chegando até a 200 mW. Sendo que as doses onde são vistos os maiores efeitos positivos, aplicando a terapia antes do exercício, são 20 a 60 J em músculos pequenos e 60 a 300 J em grandes grupos musculares (Vanin *et al.* 2018), é necessário grande tempo de irradiação para se chegar em doses “ótimas”. Além disso a potência não é só influenciada pelo material, mas também pelo comprimento de onda irradiado. Os resultados obtidos nos levam a hipotetizar que a potência da energia irradiada pelo material não é o suficiente para gerar efeitos negativos em humanos, e que quanto maior o tempo de utilização melhores serão os efeitos. Isso

deve ser alvo de estudos no futuro, para descobrir se de fato há uma janela ótima de tempo de aplicação da foto-terapia de IVL por Material Cerâmico, ou apenas uma dose mínima.

Embora o escopo do nosso estudo seja apenas uma modalidade de PBMT, que é o IVL irradiado por material cerâmico. Dentre os estudos incluídos nesta revisão, existem diversas combinações de materiais diferentes, o que faz com que a potência de aplicação, energia irradiada, ou até mesmo características da radiação possam ser diferentes entre eles, com comprimento de onda irradiado variando de 0,76 a 16 um e emissividade de 0,88 a 0,98%. Somado a isso, alguns dos estudos não trazem as características dos materiais ou da radiação utilizada eg. (CHOI *et al.* 2019; LEE *et al.* 2015; WOROSETS *et al.* Sd; ZINKE *et al.* 2017), em outros casos os autores citam outro estudo que utilizou do mesmo material, nesses casos, na presente revisão nós buscamos essas referências, quando presentes, para retirar esses dados eg. (MANTEGAZZA *et al.* 2018; KO *et al.* 2002; KATSUURA *et al.* 1989; CIAN *et al.* 2015). Isso acaba dificultando para que possamos chegar a conclusões mais abrangentes. Sendo assim, é pertinente apontar que a composição de melhor desempenho, aquela com características de melhor emissividade e quantidade de energia irradiada, ainda não foram encontrados, sendo que estudos na área de engenharia dos materiais e dispositivos têxteis ainda precisam ser conduzidos.

Por fim, concluímos que embora novos estudos sejam necessários para se otimizar as estratégias de emissão de IVL por matérias como alternativa para PBMT, essa revisão indica grande potência de efeitos positivos, que alcançam diferentes modelos (células, animais e humanos) e podem beneficiar tanto indivíduos saudáveis quanto aquele com patologias limitantes.

## Referências

- ANDERSON, D. M., FESSLER, J. R., POOLEY, M. A., SEIDEL, S., HAMBLIN, M. R., BECKHAM, H. W., & BRENNAN, J. F. Infrared radiative properties and thermal modeling of ceramic-embedded textile fabrics. **Biomedical optics express**, v. 8, n. 3, p. 1698-1711, 2017
- BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **J Athl Train**, v. 48, n. 1, p. 57-67, jan-feb. 2013.
- CIAN, C., GIANOCCA, V., BARRAUD, P. A., GUERRAZ, M., & BRESCIANI, J. P. Bioceramic fabrics improve quiet standing posture and handstand stability in expert gymnasts. **Gait & posture**, v. 42, n. 4, p. 419-423, 2015.
- CHOI, Youngju et al. Effect of novel recovery garments utilising nanodiamond-and nanoplatinum-coated materials (DPV576-C) on physical and psychological stress in baseball players: A randomised, placebo-controlled trial. **European journal of sport science**, v. 19, n. 7, p. 869-875, 2019

FERRARESI, C.; DE BRITO OLIVEIRA, T.; DE OLIVEIRA ZAFALON, L.; DE MENEZES REIFF, R. B.; BALDISSERA, V.; DE ANDRADE PEREZ, S. E.; MATHEUCCI JÚNIOR, E.; PARIZOTTO, N. A. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers Med Sci**, v.26, p.349–358, may. 2011

FERRARESI, C.; HUANG, Y. Y.; HAMBLIN, M. R. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? **J Biophotonics**, v. 9, n. 11-12, p. 1273-1299, dec. 2016.

HAMBLIN, M. R. Shining light on the head: Photobiomodulation for brain disorders. **BBA Clin.**, v. 6, p. 113-124, dec. 2016.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. **Photochem Photobiol.** v. 94, n. 2, p. 199-212; mar 2018.

HUANG, Y. Y.; SHARMA, S. K.; CARROLL, J.; HAMBLIN, M. R. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. **Dose Response**, v. 9, n. 4, p. 602-18, sep. 2011.

KATSUURA, T., FUKUDA, S., OKADA, A., & KIKUCHI, Y. Effect of Ceramic-Coated Clothing on Forearm Blood Flow during Exercise in a Cool Environment. **The Annals of physiological anthropology**, v. 8, n. 1, p. 53-55, 1989. *anthropology*, 8(1), 53-55

KO, Gordon D.; BERBRAYER, David. Effect of ceramic-impregnated "thermoflow" gloves on patients with Raynaud's syndrome: randomized, placebo-controlled study. **Alternative Medicine Review**, v. 7, n. 4, p. 328-335, 2002

LEUNG, T. K. In Vitro and In Vivo Studies of the Biological Effects of Bioceramic (a Material of Emitting High Performance Far-Infrared Ray) Irradiation. **Chin J Physiol.**, v. 58, n. 3, p. 147-55, jun. 2015.

LEE, D; KIM, Y. W; KIM, J. A; YANG, M.; BAE, H.; LIM, I.; BANG, H.; GO, K. C.; YANG, G. W.; RHO, Y. H.; PARK, H. S.; PARK, E. H.; KO, J. H. Improvement characteristics of bio-active materials coated fabric on rat muscular mitochondria. **The Korean Journal of Physiology & Pharmacology**, v. 19, n. 3, p. 283-289, 2015.

MANTEGAZZA, V., CONTINI, M., BOTTI, M., FERRI, A., DOTTI, F., BERARDI, P., & AGOSTONI, P. Improvement in exercise capacity and delayed anaerobic metabolism induced by far-infrared-emitting garments in active healthy subjects: A pilot study. **European journal of preventive cardiology**, v. 25, n. 16, p. 1744-1751, 2018.

TSAI, S. R.; HAMBLIN, M. R. Biological effects and medical applications of infrared radiation. **J Photochem Photobiol B.**, v. 170, p. 197-207, may. 2017.

VANIN, A. A.; VERHAGEN, E.; BARBOZA, S. D.; Costa, L. O. P.; & LEAL-JUNIOR, E. C. P. Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in medical science**, v. 33, n. 1, p. 181-214, 2018.

VATANSEVER, F.; HAMBLIN, M. R. Far Infrared Radiation (FIR): Its Biological Effects and Medical Applications. **Photonics Lasers Med**, v. 1, n. 4, p. 255-266, nov. 2012.

WOROBETS, Jay T.; SKOLNIK, Emma R.; STEFANYSHYN, Darren J. Apparel that Emit Far Infrared Radiation can Decrease an Athlete's Oxygen Consumption during Submaximal Exercise.

ZINKE, Fridolin; BAKENECKER, Patrick; HAHN, Daniel. Influence of platinum harmonized textile on neuromuscular, systemic and subjective recovery. **PloS one**, v. 12, n. 10, p. e0186162, 2017.