

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
dissertação será
disponibilizado somente a
partir de 06/07/2020.

ALTAIR CUSTODIO JUNIOR

**EFEITOS DA FOTOTERAPIA ASSOCIADO A UM TREINAMENTO DE SPRINTS E
AGACHAMENTO NO COMPORTAMENTO DA MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA
FRÊQUENCIA CARDÍACA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO POR
AMOSTRA ESTRATIFICADA, PLACEBO-CONTROLADO**

Presidente Prudente

2018

ALTAIR CUSTODIO JUNIOR

**EFEITOS DA FOTOTERAPIA ASSOCIADO A UM TREINAMENTO DE SPRINTS E
AGACHAMENTO NO COMPORTAMENTO DA MODULAÇÃO AUTONÔMICA DA
FRÊQUENCIA CARDÍACA: UM ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO POR
AMOSTRA ESTRATIFICADA, PLACEBO-CONTROLADO**

Relatório do Exame Geral de Qualificação
apresentado ao Programa de Pós-Graduação em
Fisioterapia da Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (FCT/UNESP) – Presidente
Prudente.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre

Presidente Prudente

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de Presidente Prudente

C991e Custodio Junior, Altair.
Efeitos da fototerapia associado a um treinamento de sprints e agachamento no comportamento da modulação autonômica da frequência cardíaca : um ensaio clínico randomizado por amostra estratificada, placebo-controlado / Altair Custodio Junior. - 2018
55 f. : il.

Orientador: Carlos Marcelo Pastre
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018.
Inclui bibliografia

1. *Photobiomodulation*. 2. Recuperação da função. 3. Sistema nervoso autônomo. I. Pastre, Carlos Marcelo. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

Alessandra Kuba Oshiro Assunção
CRB-8/9013



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

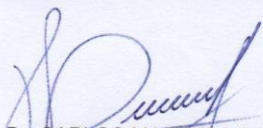
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

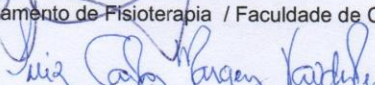
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeitos da fototerapia associado a um treinamento de sprints e agachamento no comportamento da modulação autonômica da frequência cardíaca: um ensaio clínico randomizado por amostra estratificada, placebo-controlado

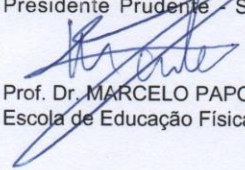
AUTOR: ALTAIR CUSTODIO JUNIOR

ORIENTADOR: CARLOS MARCELO PASTRE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em FISIOTERAPIA, área: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. CARLOS MARCELO PASTRE
Departamento de Fisioterapia / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP


Prof. Dr. LUIZ CARLOS MARQUES VANDERLEI
Departamento de Fisioterapia e Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia / UNESP - Campus de Presidente Prudente - SP


Prof. Dr. MARCELO PAPOTI
Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto - SP / Universidade de São Paulo

Presidente Prudente, 06 de julho de 2018

Dedicatória

*À minha família por todo apoio e incentivo,
e por ser a minha motivação de acordar todos os
dias da minha vida. Meus pais Altair e Luciana e
meu irmão Filipe. Por vocês e para vocês!*

Agradecimientos

Agradeço...

A Deus pelo dom da vida, pela paciência e paz interior. Obrigada por permitir a realização desse sonho.

A minha família. Meus pais, amigos e parceiros, Altair e Luciana. Agradeço todo apoio e incentivo em todo esse processo de formação profissional, e principalmente por terem abdicado de muitos sonhos e projetos pessoais para que eu pudesse realizar o meu sonho! Todos os sacrifícios que vocês fizeram nunca serão esquecidos e em breve serão recompensados! É uma promessa! Ao meu irmão, sempre mandando mensagens de incentivo e cuidando dos nossos pais na minha ausência. Dedico e agradeço todo essa conquista. Serei eternamente grato a vocês. Minha inspiração de caráter, dedicação e amor.

Ao meu orientador, Prof. Carlos Marcelo Pastre. Pela oportunidade, pelos ensinamentos e pelas “escovadas” construtivas, que contribuíram muito para o meu processo pedagógico como futuro docente e pesquisador. Por me mostrar o caminho e me encorajar a ser e fazer sempre o melhor. Obrigado por toda atenção e incentivo.

Ao querido Prof. Jayme por apresentar o esporte de alto rendimento, pelas viagens com o atletismo, por confiar no meu trabalho como fisioterapeuta desportivo e principalmente por todos os ensinamentos, sejam eles profissionais ou pessoais. Muito obrigado!

A prof^ª Franciele Marques Vanderlei e Aryane Flauzino Araujo por toda ajuda, paciência e incentivo para a conclusão desse trabalho. Vocês foram fundamentais!

Aos meus amigos (a). A todos meus amigos (a) que participaram dessa conquista. Aqueles que estiveram presente durante as conquistas e as dificuldades e que, de maneira singular, tornaram esse processo mais fácil. Em especial, a minha amiga e quase irmã, Amanda Paula Balan, pelas conversas e discussões sobre as “ciências da vida”, pelas

alegrias do dia-a-dia, por ter compartilhado das mesmas alegrias e angústias. Foi essencial nesse processo de desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Marcelo Papoti e Prof. Dr. Luiz Carlos Vanderlei, pela disponibilidade em participar e pelas contribuições.

Aos funcionários da FCT/UNESP por toda atenção e dedicação.

Aos integrantes do Laboratório de Fisioterapia Desportiva (LAFIDE – FCT/UNESP), por toda dedicação destinada a essa pesquisa.

Aos participantes dessa pesquisa que não hesitaram em colaborar momento algum. Que proporcionaram não só esse trabalho, mas também divertidas noites de coleta de dados.

E por fim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que mais essa etapa pudesse ser concluída. Muito obrigado!

Επίγραφε

No campo da observação, a chance favorece somente a mente preparada.

Louis Pasteur

Sumário

| | |
|---|----|
| 1. Introdução | 20 |
| 2. Métodos | 25 |
| 2.1 Caracterização da amostra | 25 |
| 2.2 Aprovação do Comitê de ética e Registro do Ensaio Clínico | 26 |
| 2.3 Delineamento do Estudo | 26 |
| 2.3.1 Composição dos grupos e processo de randomização estratificada..... | 27 |
| 3.0 Procedimento | 29 |
| 3.1 Treinamento | 29 |
| 4.0 Variabilidade da frequência cardíaca | 31 |
| 5.0 Análises da VFC | 31 |
| 5.1 Domínio do tempo | 33 |
| 5.1.2 Domínio da frequência..... | 33 |
| 5.1.3 Plot de Poincaré | 33 |
| 6. Fototerapia | 34 |
| 7. Análise Estatística..... | 36 |
| 8. Resultados..... | 37 |
| 9. Discussão | 40 |
| 10. Referências | 45 |
| 11. Anexos | 49 |
| ANEXO I. Parecer consubstanciado do CEP | 50 |
| ANEXO II. Registo no Clinical trials | 53 |
| ANEXO III. Termo de Consentimento livre e esclarecido..... | 58 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Delineamento e fluxograma de perdas do estudo | 29 |
| Figura 2. Posicionamento do cardiofrequencímetro Polar V800 | 31 |
| Figura 3. Número de pontos de irradiação de LLLT e LEDH no quadríceps femoral..... | 35 |

Lista de quadros

| | |
|--|----|
| Quadro 1. Programa de treinamento combinado de <i>sprints</i> e agachamentos de seis semanas | 30 |
| Quadro 2. Quadro 2. Parâmetros do MR4 Base Control Unit..... | 35 |

Tabela 1. Valores médios seguidos do respectivo desvio padrão da caracterização da amostra.. 37

Lista de siglas, abreviações e símbolos

KG - Quilograma

CM - Centímetro

IMC - Índice de massa corporal

kg . cm⁻² - Quilo por metro quadrado

VFC - variabilidade da frequência cardíaca

FCT/UNESP - faculdade de ciências e tecnologias/Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

SNA - Sistema nervoso autônomo.

Vs - Versus.

LF – Low frequency (baixa frequência)

HF – High frequency (alta frequência)

HZ - Hertz.

Kg - Quilo.

ms² - Milissegundos ao quadrado.

nu - Unidades normativas.

1RM - uma repetição máxima.

RMSSD - Raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os intervalos RR adjacentes, dividido pelo número de intervalos RR em um tempo determinado menos um intervalo RR

SDNN - Desvio-padrão da média dos intervalos RR.

RR – Intervalo entre dois batimentos cardíacos consecutivos

PBM - Fotobiomodulação.

LEDT - *Light emitting diode therapy*

SD1 - Desvio-padrão da perpendicular à linha de identidade no Plot de Poincaré (variabilidade instantânea do intervalo RR).

SD2 - Desvio-padrão da linha de identidade no Plot de Poincaré (variabilidade contínua).

ATP - Adenosina trifosfato.

LLLT - *Low Level Laser Therapy*.

COX Z - Citocromo C oxidase.

LAFIDE – Laboratório de Fisioterapia Desportiva

min - Minutos

ms – Milissegundos

ms² - Milissegundos ao quadrado

SNA – Sistema nervoso autônomo

% – Porcentagem

± – Desvio-padrão

°C – Graus Celsius

GA – Grupo intervenção com PBM

GP – Grupo placebo

GC – Grupo controle

Resumo

Introdução: Estudos recentes têm demonstrado resultados positivos na aplicação da fototerapia para a melhora da performance. Dentre as modalidades utilizadas para avaliar a adaptação ao exercício tem-se a modulação autonômica cardíaca avaliada por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), uma ferramenta usada como parâmetro para prescrição individual de treinamento. **Objetivo:** Analisar e comparar o efeito de um protocolo de fototerapia combinando diferentes fontes de luz (laser de baixa potência e LEDs) e comprimentos de onda (vermelho e infra-vermelho) aplicada durante treinamento de *sprint* e agachamento na modulação autonômica da frequência cardíaca. **Método:** o estudo foi composto por 38 participantes do sexo masculino, alocados a partir de uma randomização estratificada em três grupos: controle (n=12), placebo (n=14) e grupo fototerapia (n=12). A fototerapia utilizada combinou diferentes fontes de luz (laser de baixa potência e LEDs) e comprimentos de onda (vermelho e infra-vermelho). Os participantes foram submetidos a um treinamento combinado de *sprints* e agachamento realizado duas vezes por semana por 12 semanas sendo divididas em duas fases de seis semanas cada. A aplicação da fototerapia e placebo foi administrada na fase 2 do treinamento, após o treino de *sprints* e imediatamente antes do treino de agachamento. A VFC foi analisada no momento basal; após seis semanas e final (12sem). Os dados foram analisados utilizando a Análise de Variância para Medidas Repetidas (pós-teste de *Bonferroni*), o qual forneceu informações sobre os efeitos de tempo, grupo e interação. Toda a análise estatística assumiu o nível de significância de 5%. Foi utilizado o *software* IBM SPSS versão 20.0 para conduzir as análises dos dados. A esfericidade dos dados foi testada pelo teste de *Mauchly*. No caso de violação do pressuposto de esfericidade, foi utilizada a correção de *Greenhouse-Geisser*. **Resultados:** O treinamento combinado de 12 semanas foi capaz de influenciar o comportamento autonômico cardíaco do ponto de vista global e vagal, fato suportado pelo tamanho do efeito grande, independente do uso da fototerapia. **Conclusão:** O treinamento de *Sprint* e agachamento resultaram em aumento da modulação autonômica cardíaca avaliado pelos índices LF m^2 e HF m^2 no domínio da frequência, Mean RR, RMSSD e SDNN no domínio do tempo e SD1 e SD2 no plot de Poincaré.

Palavras-chave: Fotobiomodulação; Recuperação da função fisiológica; Sistema nervoso autônomo; Laser super-pulsado; Diodo emissor de luz.

Abstract

Introduction: Recent studies have shown positive results in the application of phototherapy for the improvement of performance and acceleration of the body homeostasis process. Among the methods used to assess the recovery post-exercise there is cardiac autonomic modulation assessed by heart rate variability (HRV), a widely used tool to evaluate medium global behavior of the autonomic nervous system in sports. **Objective:** To analyze and compare the effect of a special protocol of phototherapy using different light sources interacting with a combined training by measuring the autonomic modulation of heart rate in different moments (baseline; after six weeks and after 12 weeks). **Methods:** 38 male participants were allocated from a stratified randomization into three groups: control (n=12), placebo (n=14) and special protocol of phototherapy group (n=12). Participants were asked to perform a combined training of sprints and squats twice a week for twelve weeks divided into two phases. The application of phototherapy and placebo was administered in phase 2, after sprints and just before the squats. The phototherapy used was a combination of different light sources and wavelength (red and infrared). The HRV was analyzed in three moments: baseline; after six weeks and after 12 weeks. It was performed the analysis of variance for repeated measures (Bonferroni post-test), which provides information on the time, group and interaction effects. All statistical analyzes assumed the significance level of 5%. Thus, values of mean and standard deviation were considered. The statistical analysis was conducted in IBM SPSS version 20.0 (IBM corporation, Somers, Nova Iorque, EUA). After the adaptation process, the data was analyzed as described below. The sphericity of the data was tested by Mauchly test. In case of violation of the sphericity assumption, the correction of Greenhouse-Geisser was performed. **Results:** The combined training of 12 weeks was able to influence the autonomic global and vagal modulation. This fact is supported by the large effect size, regardless the use of phototherapy. **Conclusion:** The phototherapy protocol applied during the training didn't promote additional effects to the cardiac autonomic modulation. On the other hand, sprint training and squatting resulted in increases in the following Mean RR, RMSSD, SDNN, SD1, SD2, LF m² e HF m².

Keywords: *photobiomodulation*; Recovery of function; Autonomic nervous system; Super-pulsed laser; *Led light*.

1. Introdução

A temática referente à melhora da performance tem sido foco de investigações no âmbito científico e no cenário esportivo. Novas abordagens de campo são utilizadas com o objetivo de restaurar os sistemas do corpo a níveis basais e otimizar o rendimento^(1, 2). No âmbito do treinamento, uma das estratégias da fisioterapia esportiva é atuar com técnicas cujo objetivo é a melhora da performance e dentre elas, observa-se o uso da fotobiomodulação⁽³⁾.

A fotobiomodulação (*photobiomodulation* - PBM) também conhecida como fotobioestimulação⁽⁴⁾, terapia a laser de baixa intensidade (LLLT - *Low Level Laser Therapy*) ou a terapia por diodo emissor de luz (LEDT – *light emitting diode therapy*)⁽⁵⁾, consiste na aplicação de luz monocromática, capaz de influenciar a atividade celular por meio da inibição ou estimulação de funções químicas e biológicas⁽⁶⁾. O LLLT e LEDT são as duas fontes de luz mais comumente utilizadas e, isoladas ou em combinação, apresentam resultados na manutenção e aumento da função contrátil, melhora da inflamação e dor^(7, 8).

Os mecanismos de ação da fotobiomodulação nos tecidos estão relacionados, principalmente, aos mecanismos de absorção de fótons pelos cromóforos da célula⁽⁹⁾. A citocromo C oxidase (COX) é a principal enzima capaz de absorver luz⁽⁹⁾ e, subsequentemente, converter a energia luminosa em energia química dentro da membrana plasmática⁽¹⁰⁾. Os efeitos estão relacionados ao aumento na síntese de adenosina trifosfato (ATP)^(11, 12) e modulação na taxa de síntese de DNA (ácido desoxirribonucleico) e RNA (ácido ribonucleico) capaz de influenciar a proliferação celular e a expressão gênica em diversas vias celulares como a mitose, apoptose, inflamação e metabolismo energético da mitocôndria^(11, 13).

Estudos^(14, 15) sugerem ainda que a eficácia na regeneração musculoesquelética *in vivo* está relacionada à ativação precoce dos genes reguladores em células satélites, levando ao aumento da proliferação e atraso na diferenciação celular, além do aumento na circulação local e angiogênese⁽¹⁶⁻²⁰⁾. Tais interações fisiológicas repercutem no âmbito do exercício físico, e no

aspecto clínico e se relacionam a dois principais efeitos, o ergogênico e o protetor ou profilático⁽¹⁰⁾. Borsa *et al.*,⁽¹⁰⁾ relacionam os efeitos ergogênicos à melhora da função contrátil do sistema musculoesquelético. Já o efeito protetor apresenta íntima relação com a proteção de células musculares contra o estresse mecânico e fadiga induzida pelo exercício^(14, 15).

Dentre as variáveis mais exploradas para inferir sobre os efeitos da PBM nas demandas de treinamento estão à contração isométrica voluntária máxima (CIVM)⁽²¹⁻²⁴⁾, dor muscular de início tardio (DMIT)^(21, 23, 24), a atividade da creatina quinase (CK)^(21, 23, 24), lactato sanguíneo⁽²⁵⁾ e dor muscular⁽²²⁾. Entretanto, há lacunas a serem preenchidas relacionadas ao comportamento do balanço autonômico avaliado por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), uma das ferramentas usadas como parâmetro para prescrição individual de treinamento^(26, 27).

A VFC consiste na análise dos batimentos cardíacos, na qual os cálculos consideram os intervalos de tempo entre uma onda R e da R subsequente. No âmbito do treinamento, acredita-se que essa ferramenta possibilita o reconhecimento do nível de adaptação: adaptação positiva, isto é, uma maior capacidade de retornar a homeostase após o exercício ou; adaptação negativa, quando não é respeitada a relação entre o processo estresse/recuperação gerando o acúmulo de fadiga⁽²⁸⁻³¹⁾. Autores sugerem^(32, 33) ainda, que maiores valores do componente vagal a nível basal, está associado à melhora da aptidão cardiorrespiratória, indicando que o aumento do componente vagal do sistema nervoso autônomo (SNA) está relacionada a uma condição fisiológica favorável para o treinamento físico.

Sharma *et al.*,⁽³⁴⁾ compararam o efeito do treinamento estruturado TE (composto por fortalecimento muscular, flexibilidade e exercício com descarga de peso) e não estruturado TNE (composto por atividade física recreativa) em jovens saudáveis, antes e após seis meses de intervenção. Foi observada melhora do condicionamento cardiovascular, aumento do tônus

vagal e redução do tônus simpático em ambos os grupos. Contudo, a magnitude do efeito no grupo TE foi maior que no grupo TNE. Os autores sugerem ainda, que as alterações no SNA se devem, em parte, a modulação repetida do sistema simpático durante o exercício com consequente redução do tônus sistema nervoso autônomo simpático (SNAS) e aumento tônus do sistema nervoso autônomo parassimpático (SNAP). Nesse sentido, parece pertinente combinar diferentes modelos de treinamento para obter uma melhor resposta do sistema autonômico.

Por outro lado, parece adequado entender, dentro da estratégia de treinamentos combinados, como seria a resposta autonômica em cada tipo de estímulo, além do contexto global já que, Buchheit *et al.*,⁽³⁵⁾ observaram que mesmo que haja similar demanda metabólica, a característica de execução ou a intensidade de realização do estímulo podem determinar diferentes respostas no sistema autônomo.

Ao definir o modelo de treinamento combinado descrito por Marques *et al.*,⁽³⁶⁾ como exemplo de potencial ganho funcional, pode-se utiliza-lo como meio de investigar demandas autonômicas. Os autores sugerem sessões compostas por estímulos de sprints e agachamentos como estratégia em curto prazo para melhora de performances específicas, mas não é mensurado o comportamento da adaptação ao estímulo, incluindo marcadores autonômicos.

Como descrição, o treinamento de *sprint* repetido (SR) tem por característica, a realização de *sprints* de curta duração em intensidades máximas intercalados com curtos momentos de pausa⁽³⁷⁾. De acordo com Bishop *et al.*,⁽³⁸⁾ esse treinamento é capaz de induzir adaptações metabólicas no sistema musculoesquelético, além disso, logo após o início do TS, a modulação parassimpática diminui e aumenta a atividade simpática⁽³⁹⁾. Vernillo *et al.*,⁽³⁷⁾ verificaram que o treinamento de *sprint* por oito semanas em indivíduos saudáveis se mostrou

um método capaz de antecipar a reentrada do sistema nervoso parassimpático comparado ao grupo controle.

Já o treinamento resistido (TR), foi sugerido por Gois *et al.*,⁽⁴⁰⁾ como capaz de influenciar as respostas clínicas e funcionais, bem como o comportamento do controle autonômico cardíaco. O efeito agudo da resposta autonômica ao exercício de resistência reduz a modulação do ramo parassimpático comparado ao indivíduo não treinado⁽⁴¹⁾. Os efeitos hemodinâmicos do TR são atribuídos à queda do débito cardíaco promovido pela redução do volume sistólico, impedindo assim, o aumento compensatório da resistência vascular sistêmica (RVS)⁽⁴²⁾. Um aumento na resposta hemodinâmica após o exercício de agachamento poderia acelerar a reativação vagal⁽⁴³⁾.

Observa-se que a VFC tem sido comumente utilizada para descrever o comportamento do SNA frente ao exercício e à sua interação junto a técnicas para melhora da performance^(1, 2, 44, 45). Entretanto, em revisão de literatura, foram encontrados apenas dois estudos que abordam o efeito da fotobiomodulação na modulação autonômica cardíaca pós-exercício.

Paolillo *et al.*,⁽⁴⁶⁾ em um estudo experimental envolvendo ratos *wistar* realizaram a aplicação de fotobiomodulação ao final de cada uma das 24 sessões de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) realizado por oito semanas. Os autores observaram melhora da função autonômica cardíaca avaliada por meio de índices no domínio da frequência, e do metabolismo muscular avaliada pela expressão do gene MMP₂ e lactato sanguíneo nos grupos HIIT e HIIT + PBM. Além disso, os autores relataram ainda potenciais efeitos sistêmicos da fotobiomodulação avaliados por meio do aumento da modulação do balanço simpato-vagal nos grupos que receberam a irradiação após as sessões de treinamento.

O recente estudo de Machado *et al.*,⁽⁴⁷⁾ relataram efeitos positivos da LEDT na atenuação da dor muscular de início tardio (DMIT) em indivíduos fisicamente ativos após

realização de dois testes de corrida de forma intermitente. No entanto, não encontraram efeitos na VFC analisados por meio de índices no domínio do tempo, frequência e não lineares. Vale destacar que o estudo Machado et al.,⁽⁴⁷⁾ utilizou apenas um diodo com comprimento de onda vermelho (660nm), o que poderia levar a uma menor penetração no tecido muscular^(5, 46).

As diferentes magnitudes de efeitos encontradas nos estudos podem ser influenciadas pelo treinamento crônico (Paolillo et al.,⁽⁴⁶⁾) vs agudo (Machado et al.,⁽⁴⁷⁾), a diversidade de protocolos de aplicação da PBM, como comprimento de onda, a densidade de energia ou fluência, potência e momento de aplicação. Nesse sentido, estudos^(6, 24) tem sido feito com intuito de otimizar os efeitos terapêuticos e minimizar os potenciais vieses.

Para concluir a síntese do que foi levantado na literatura sobre a temática, deve-se apontar um dado a respeito do momento de aplicação da técnica profilática/ergogênica. Vanin et al.,⁽⁴⁸⁾ em revisão sistemática observaram que 67% dos estudos incluídos optaram pela aplicação da fototerapia previamente ao exercício físico. Contudo, estudos mostraram efeitos positivos em diferentes marcadores tanto na aplicação antes, quanto após o exercício físico, sem que fossem discutidas as razões para tais achados considerando a variável momento de aplicação.

Nesse sentido, a construção de um *rationale* baseado na estratégia de ajustar a aplicação da fototerapia ao modelo de treinamento combinado (SR +TR) visando à sua interação ao processo adaptação, parece pertinente e revela, considerando o estado da arte, uma lacuna a ser explorada.

Hipotetiza-se, que o uso da fototerapia após o treinamento de sprint proporcionará efeitos hemodinâmicos na microcirculação, caracterizando-se como profiláticos ao estímulo motor e ergogênico ao estímulo de agachamento que não seriam mensuráveis ou capazes de influenciar com uma menor magnitude os efeitos em uma sessão de treinamento intenso e, que na somatória das intervenções, tal mudança seja significativamente notada e possa influenciar

10. Referências

1. Bastos FN, Vanderlei LC, Nakamura FY, Bertollo M, Godoy MF, Hoshi RA, et al. Effects of cold water immersion and active recovery on post-exercise heart rate variability. *Int J Sports Med.* 2012;33(11):873-9.
2. Pastre CM, Bastos FdN, Netto Júnior J, Vanderlei LCM, Hoshi RA. Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2009;15:138-44.
3. Ferraresi C, de Sousa MV, Huang YY, Bagnato VS, Parizotto NA, Hamblin MR. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. *Lasers Med Sci.* 2015;30(4):1259-67.
4. Mester E, Szende B, Gartner P. [The effect of laser beams on the growth of hair in mice]. *Radiobiol Radiother (Berl).* 1968;9(5):621-6.
5. Ferraresi C, Huang YY, Hamblin MR. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *J Biophotonics.* 2016;9(11-12):1273-99.
6. Leal-Junior EC, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho Pde T, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):925-39.
7. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(8):524-32.
8. Ferraresi C, Bertucci D, Schiavinato J, Reiff R, Araujo A, Panepucci R, et al. Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Muscle Hypertrophy, Gene Expression, Performance, Damage, and Delayed-Onset Muscle Soreness: Case-control Study with a Pair of Identical Twins. *Am J Phys Med Rehabil.* 2016;95(10):746-57.
9. Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. *J Photochem Photobiol B.* 1999;49(1):1-17.
10. Borsa PA, Larkin KA, True JM. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. *J Athl Train.* 2013;48(1):57-67.
11. Ferraresi C, Parizotto NA, Pires de Sousa MV, Kaippert B, Huang YY, Koiso T, et al. Light-emitting diode therapy in exercise-trained mice increases muscle performance, cytochrome c oxidase activity, ATP and cell proliferation. *J Biophotonics.* 2015;8(9):740-54.
12. Ferraresi C, Kaippert B, Avci P, Huang YY, de Sousa MV, Bagnato VS, et al. Low-level laser (light) therapy increases mitochondrial membrane potential and ATP synthesis in C2C12 myotubes with a peak response at 3-6 h. *Photochem Photobiol.* 2015;91(2):411-6.
13. Masha RT, Houreld NN, Abrahamse H. Low-intensity laser irradiation at 660 nm stimulates transcription of genes involved in the electron transport chain. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(2):47-53.
14. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Rossi RP, Grosselli D, et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(4):617-23.
15. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(4):789-96.
16. Ferraresi C, Panepucci R, Reiff R, Júnior E, Bagnato V, Parizotto N. Molecular effects of low-level laser therapy (808nm) on human muscle performance. *Physical Therapy in Sport.* 2012;13(3):e5.
17. Maegawa Y, Itoh T, Hosokawa T, Yaegashi K, Nishi M. Effects of near-infrared low-level laser irradiation on microcirculation. *Lasers Surg Med.* 2000;27(5):427-37.
18. Ihsan FR. Low-level laser therapy accelerates collateral circulation and enhances microcirculation. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(3):289-94.
19. Baroni BM, Leal Junior EC, Geremia JM, Diefenthaler F, Vaz MA. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(5):653-8.
20. Mirsky N, Krispel Y, Shoshany Y, Maltz L, Oron U. Promotion of angiogenesis by low energy laser irradiation. *Antioxid Redox Signal.* 2002;4(5):785-90.
21. De Marchi T, Schmitt VM, Danubia da Silva Fabro C, da Silva LL, Sene J, Tairova O, et al. Phototherapy for Improvement of Performance and Exercise Recovery: Comparison of 3 Commercially Available Devices. *J Athl Train.* 2017;52(5):429-38.
22. Fritsch CG, Dornelles MP, Severo-Silveira L, Marques VB, Rosso IA, Baroni BM. Effects of low-level laser therapy applied before or after plyometric exercise on muscle damage markers: randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1935-42.

23. de Paiva PR, Tomazoni SS, Johnson DS, Vanin AA, Albuquerque-Pontes GM, Machado CD, et al. Photobiomodulation therapy (PBMT) and/or cryotherapy in skeletal muscle restitution, what is better? A randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1925-33.
24. Antonialli FC, De Marchi T, Tomazoni SS, Vanin AA, dos Santos Grandinetti V, de Paiva PR, et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. *Lasers Med Sci.* 2014;29(6):1967-76.
25. Pinto HD, Vanin AA, Miranda EF, Tomazoni SS, Johnson DS, Albuquerque-Pontes GM, et al. Photobiomodulation Therapy Improves Performance and Accelerates Recovery of High-Level Rugby Players in Field Test: A Randomized, Crossover, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Study. *J Strength Cond Res.* 2016;30(12):3329-38.
26. da Silva DF, Ferraro ZM, Adamo KB, Machado FA. Endurance Running Training Individually-Guided By Hrv In Untrained Women. *J Strength Cond Res.* 2017.
27. Nuutila OP, Nikander A, Polomoshnov D, Laukkanen JA, Hakkinen K. Effects of HRV-Guided vs. Predetermined Block Training on Performance, HRV and Serum Hormones. *Int J Sports Med.* 2017;38(12):909-20.
28. Borresen J, Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise : measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med.* 2008;38(8):633-46.
29. Bellenger CR, Fuller JT, Thomson RL, Davison K, Robertson EY, Buckley JD. Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016;46(10):1461-86.
30. Soares-Caldeira LF, de Souza EA, de Freitas VH, de Moraes SM, Leicht AS, Nakamura FY. Effects of additional repeated sprint training during preseason on performance, heart rate variability, and stress symptoms in futsal players: a randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2014;28(10):2815-26.
31. Chen JL, Yeh DP, Lee JP, Chen CY, Huang CY, Lee SD, et al. Parasympathetic nervous activity mirrors recovery status in weightlifting performance after training. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1546-52.
32. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Nissila J, Virtanen P, Karjalainen J, et al. Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(7):1355-63.
33. Hautala AJ, Makikallio TH, Kiviniemi A, Laukkanen RT, Nissila S, Huikuri HV, et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2003;285(4):H1747-52.
34. Sharma VK, Subramanian SK, Radhakrishnan K, Rajendran R, Ravindran BS, Arunachalam V. Comparison of structured and unstructured physical activity training on predicted VO2max and heart rate variability in adolescents - a randomized control trial. *J Basic Clin Physiol Pharmacol.* 2017;28(3):225-38.
35. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007;293(1):H133-41.
36. Marques MC, Gabbett TJ, Marinho DA, Blazevich AJ, Sousa A, van den Tillaar R, et al. Influence of Strength, Sprint Running, and Combined Strength and Sprint Running Training on Short Sprint Performance in Young Adults. *Int J Sports Med.* 2015;36(10):789-95.
37. Vernillo G, Agnello L, Barbuti A, Di Meco S, Lombardi G, Merati G, et al. Postexercise autonomic function after repeated-sprints training. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(11):2445-55.
38. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med.* 2011;41(9):741-56.
39. Stuckey MI, Tordi N, Mourot L, Gurr LJ, Rakobowchuk M, Millar PJ, et al. Autonomic recovery following sprint interval exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22(6):756-63.
40. Gois MO, Campoy FAS, Alves T, Ávila RP, Vanderlei LCM, Pastre CM. The influence of resistance exercise with emphasis on specific contractions (concentric vs. eccentric) on muscle strength and post-exercise autonomic modulation: a randomized clinical trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy.* 2014;18:30-7.
41. Mayo X, Iglesias-Soler E, Farinas-Rodriguez J, Fernandez-Del-Olmo M, Kingsley JD. Exercise Type Affects Cardiac Vagal Autonomic Recovery After a Resistance Training Session. *J Strength Cond Res.* 2016;30(9):2565-73.
42. Teixeira L, Ritti-Dias RM, Tinucci T, Mion Junior D, Forjaz CL. Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(9):2069-78.
43. Iglesias-Soler E, Boulosa DA, Carballeira E, Sanchez-Otero T, Mayo X, Castro-Gacio X, et al. Effect of set configuration on hemodynamics and cardiac autonomic modulation after high-intensity squat exercise. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35(4):250-7.
44. Hoshi RA, Vanderlei LCM, de Godoy MF, Bastos FDN, Netto J, Jr., Pastre CM. Temporal sequence of recovery-related events following maximal exercise assessed by heart rate variability and blood lactate concentration. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37(5):536-43.

45. Almeida AC, Machado AF, Albuquerque MC, Netto LM, Vanderlei FM, Vanderlei LC, et al. The effects of cold water immersion with different dosages (duration and temperature variations) on heart rate variability post-exercise recovery: A randomized controlled trial. *J Sci Med Sport*. 2016;19(8):676-81.
46. Paolillo FR, Arena R, Dutra DB, de Cassia Marqueti Durigan R, de Araujo HS, de Souza HC, et al. Low-level laser therapy associated with high intensity resistance training on cardiac autonomic control of heart rate and skeletal muscle remodeling in wistar rats. *Lasers Surg Med*. 2014;46(10):796-803.
47. Machado FA, Peserico CS, Mezzaroba PV, Manoel FA, da Silva DF. Light-emitting diodes (LED) therapy applied between two running time trials has a moderate effect on attenuating delayed onset muscle soreness but does not change recovery markers and running performance. *Science & Sports*. 2017;32(5):286-94.
48. Vanin AA, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP. 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 Med Sci*. 2017.
49. Altman DG, Schulz KF, Moher D, Egger M, Davidoff F, Elbourne D, et al. The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*. 2001;134(8):663-94.
50. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol*. 2014;5:73.
51. Machado AF, Micheletti JK, Vanderlei FM, Nakamura FY, Leal-Junior ECP, Netto Junior J, et al. Effect of low-level laser therapy (LLLT) and light-emitting diodes (LEDT) applied during combined training on performance and post-exercise recovery: protocol for a randomized placebo-controlled trial. *Braz J Phys Ther*. 2017;21(4):296-304.
52. Giles D, Draper N, Neil W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *European Journal of Applied Physiology*. 2016;116:563-71.
53. Hernández-Vicente A, Santos-Lozano A, De Cocker K, Garatachea N. Validation study of Polar V800 accelerometer. *Annals of Translational Medicine*. 2016;4(15):278.
54. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TDd, Godoy MFd. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2009;24:205-17.
55. Parouty J, Al Haddad H, Quod M, Lepretre PM, Ahmaidi S, Buchheit M. Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(3):483-90.
56. Bernardi L, Wdowczyk-Szulc J, Valenti C, Castoldi S, Passino C, Spadacini G, et al. Effects of controlled breathing, mental activity and mental stress with or without verbalization on heart rate variability. *J Am Coll Cardiol*. 2000;35(6):1462-9.
57. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93(5):1043-65.
58. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*. 2017;5:258.
59. Tarvainen MP, Niskanen JP, Lipponen JA, Ranta-Aho PO, Karjalainen PA. Kubios HRV--heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*. 2014;113(1):210-20.
60. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med*. 2013;43(9):773-81.
61. Lopes FL, Pereira FM, Reboredo MM, Castro TM, Vianna JM, Novo Jr JM, et al. Redução da variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos de meia-idade e o efeito do treinamento de força. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2007;11:113-9.
62. Maher JM, Markey JC, Ebert-May D. The other half of the story: effect size analysis in quantitative research. *CBE Life Sci Educ*. 2013;12(3):345-51.
63. Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S, Buchheit M. Nocturnal heart rate variability following supramaximal intermittent exercise. *Int J Sports Physiol Perform*. 2009;4(4):435-47.
64. Buchheit M, Laursen PB, Al Haddad H, Ahmaidi S. Exercise-induced plasma volume expansion and post-exercise parasympathetic reactivation. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105(3):471-81.
65. Vanin AA, Miranda EF, Machado CS, de Paiva PR, Albuquerque-Pontes GM, Casalechi HL, et al. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial : Phototherapy in association to strength training. *Lasers Med Sci*. 2016;31(8):1555-64.
66. Miranda EF, Tomazoni SS, de Paiva PRV, Pinto HD, Smith D, Santos LA, et al. When is the best moment to apply photobiomodulation therapy (PBMT) when associated to a treadmill endurance-training program? A randomized, triple-blinded, placebo-controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2018;33(4):719-27.

67. de Oliveira AR, Vanin AA, Tomazoni SS, Miranda EF, Albuquerque-Pontes GM, De Marchi T, et al. Pre-Exercise Infrared Photobiomodulation Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans: What Is the Optimal Power Output? *Photomed Laser Surg.* 2017;35(11):595-603.