



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JULIO CESAR MOLINA CORRÊA

**EFEITO ERGOGÊNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO
TESTE DE WINGATE:
ENSAIO CLÍNICO, CRUZADO, DUPLO CEGO E
RANDOMIZADO**

Londrina
2019

JULIO CESAR MOLINA CORRÊA

**EFEITO ERGOGÊNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO
TESTE DE WINGATE:
ENSAIO CLÍNICO, CRUZADO, DUPLO CEGO E
RANDOMIZADO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM/UEL da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof. Dra. Solange de Paula Ramos

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Kenji Nampo

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Corrêa, Julio Cesar Molina.

Efeito ergogênico da fotobiomodulação no teste de Wingate : ensaio clínico, cruzado, duplo cego e randomizado / Julio Cesar Molina Corrêa. - Londrina, 2019.
40 f. : il.

Orientador: Solange de Paula Ramos.

Coorientador: Fernando Kenji Nampo.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Educação física - Tese. 2. Fototerapia - Tese. 3. Wingate, Teste de - Tese. 4. Desempenho - Tese. I. Ramos, Solange de Paula. II. Nampo, Fernando Kenji. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

JULIO CESAR MOLINA CORRÊA

**EFEITO ERGOGÊNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO TESTE DE
WINGATE:
ENSAIO CLÍNICO, CRUZADO, DUPLO CEGO E RANDOMIZADO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Educação Física Associado UEM/UEL da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof. Dra. Solange de Paula
Ramos
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Victor Hugo de Freitas
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Prof. Dra. Solange Marta Franzói de Moraes
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Londrina, 28 de março de 2019.

CORREA, Julio C.M. **Efeito ergogênico da fotobiomodulação no teste de Wingate:** ensaio clínico, cruzado, duplo cego e randomizado. 2019. 40 f. Mestrado (Dissertação em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

Introdução: A fototerapia de baixa intensidade utilizando Diodos Emissores de Luz (LED - Light Emitting Diode, LEDterapia) ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação (Laser - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, LASERterapia) tem demonstrado aumentar a capacidade do desempenho muscular em exercícios com características predominantemente aeróbicos. Por outro lado estudos sugerem que também ocorra efeito ergogênicos em exercícios resistidos de curta duração e alta intensidade. O teste de Wingate possui uma grande validade prática e sua característica é predominantemente. **Objetivo:** avaliar os efeitos ergogênicos da fotobiomodulação com luz vermelha sobre a capacidade anaeróbia no teste de Wingate. **Metodologia:** 16 indivíduos do sexo masculino participaram de um ensaio clínico, duplo-cego, randomizado, cruzado e com situação de controle. Os sujeitos realizaram 3 sessões de testes de Wingate, com 48 horas de intervalo entre os testes. Na primeira sessão foi realizado teste de Wingate para avaliação do desempenho inicial dos voluntários. Os participantes foram pareados por desempenho no teste inicial e sorteados para receber fototerapia (630nm, 4,6 J/cm², 6 J por ponto, 16 pontos) ou controle negativo, na segunda sessão de teste. Na terceira sessão de teste foi realizado o tratamento cruzado. A variância foi analisada com o teste de ANOVA *One Way* (dados paramétricos) seguido do teste *post hoc* de Tukey ou pelo teste de Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) com teste *post hoc* de Dunn, considerando $p < 0,05$. O tamanho do efeito para comparação das médias foi calculado usando a estatística de Cohen. **Resultados:** A sessão de teste com fototerapia promoveu o aumento do desempenho nas medidas máximas (PAmáx, PRmáx, RPMmáx, Vmáx) e DTP em relação a sessão com controle negativo. As medidas médias (PAméd, PRméd, RPMéd, Vméd) foram maiores nas sessões com fotobiomodulação em relação a sessão inicial. O deslocamento total foi maior na sessão com fotobiomodulação, seguido do teste inicial e controle negativo. **Conclusão:** a fototerapia promoveu melhora do desempenho em um exercício predominantemente anaeróbico.

Palavras-chave: Terapia de luz de baixo nível. Performance atlética. Exercício teste.

CORREA, Julio C.M. **Ergogenic effect of photobiomodulation in the Wingate test:** double-blind, randomized, double blind clinical trial. 2019. 40 p. Dissertation (Master's degree Physical Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Introduction: Low-intensity phototherapy using LED Emission Diode (LED) or Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) has been shown to increase performance capacity muscular activity in exercises with predominantly aerobic characteristics. On the other hand, studies suggest that ergogenic effects also occur in resistance exercises of short duration and high intensity. The Wingate test has a great practical validity and its characteristic is predominantly. **Objective:** to evaluate the ergogenic effects of red light photobiomodulation on anaerobic capacity in the Wingate test. **Methods:** 16 subjects were male, participated in a double-blind, randomized, crossover, control trial. The subjects performed 3 Wingate test sessions, with a 48-hour interval between tests. In the first session, a Wingate test was performed to evaluate the volunteers' initial performance. Participants were paired for performance on the initial test and drawn to receive phototherapy (630nm, 4.6 J / cm², 6 J per point, 16 points) or negative control in the second test session. Cross-treatment was performed in the third test session. The variance was analyzed using the ANOVA One Way test (parametric data) followed by Tukey's post hoc test or the Kruskal-Wallis test (non-parametric data) with Dunn's post hoc test, a significant difference of $p < 0.05$. Effect size for comparison of means was calculated using Cohen's statistics. **Results:** The test session with phototherapy promoted an increase in performance in the maximal measures (P_{Amax}, P_{Rmax}, R_{PMmax}, V_{max}) and DTP in relation to the session with negative control. The mean measurements (P_{Améd}, P_{Rméd}, R_{PMéd}, V_{méd}) were higher in the sessions with photobiomodulation compared to the initial session. The total displacement was greater in the session with photobiomodulation, followed by the initial test and negative control. **Conclusion:** phototherapy improved performance in a predominantly anaerobic exercise.

Key words: Low-level light therapy. Athletic performance. Exercise test. Fast-twitch muscle fiber.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pontos de aplicação (círculos em preto) de fototerapia e do tratamento simulado	16
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Dosimetria a fototerapia	17
Tabela 2 –	Desempenho, carga, intensidade e índice de fadiga em teste de Wingate (n=16).....	26
Tabela 3 –	Tamanho do efeito no desempenho, carga e índice de fadiga em teste de Wingate (n=16)	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%F	índice de fadiga
ADP	adenosina difosfato
Atp	adenosina trifosfato
Cco	citocromo c oxidase
Dt	distância total percorrida
Es	tamanho do efeito
FC	frequência cardíaca
FC0	frequência cardíaca pós aquecimento
FCpré	frequência cardíaca pré exercício
FCpós	frequência cardíaca pós exercício
Fexp	força explosiva
LED	<i>light emitting diode</i> (diodos emissores de luz)
LED	terapia com diodos emissores de luz
NO	óxido nítrico
PCr	fosfocreatina
PAmáx	potência absoluta máxima
PAméd	potência absoluta média
Pdrop	<i>power drop</i>
Pi	fosfato inorgânico
PLA	placebo/ tratamento simulado/ controle positivo
PRmáx	potência relativa máxima
PRméd	potência relativa média
PSE	percepção subjetiva de esforço
RPMmáx	rotação máxima por minuto
RPMméd	rotação média por minuto
TPAmáx	tempo até a PAmáx
Vmáx	velocidade máxima
Vméd	velocidade média

SUMÁRIO

1	Introdução	9
1.1	Fototerapia	9
1.2	Fototerapia e sua aplicação prática	10
1.3	Demandas metabólicas em exercícios de alta intensidade e curta duração	11
1.4	Efeitos ergogênicos da fototerapia em exercícios de alta intensidade e curta duração	12
2	Objetivo geral	13
3	Metodologia	14
3.1	Sujeitos	14
3.2	Delineamento experimental	14
3.3	Alocação dos grupos e cegamento	15
3.4	Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão (PSE)	15
3.5	Frequência Cardíaca (FC)	15
3.6	Análise de Desempenho	16
3.7	Fototerapia com diodos emissores de luz (LED)	16
3.8	Análise estatística	17
4	Artigo	18
4.1	Introdução	20
4.2	Metodologia	22
4.3	Resultados	26
4.4	Discussão	28
5	Referências	32
	Apêndices	37
	Apêndice a – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	37
	Anexos	39
	Anexo a – parecer consubstanciado do cep	39
	Anexo b – PSE	40

1 Introdução

1.1 Fototerapia

A fototerapia de baixa intensidade utilizando Diodos Emissores de Luz (*LED - Light Emitting Diode*, LEDterapia) ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação (*Laser - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, LASERterapia) tem sido utilizada para acelerar o processo de recuperação após exercício, auxiliando na redução do processo inflamatório, promovendo a redução do edema, do estresse oxidativo e de citocinas pró-inflamatórias (NAMPO et al., 2016a; R HAMPLIN et al., 2017). Além disso, a terapia tem demonstrado capacidade de aumentar o desempenho muscular, mantendo a força contrátil e retardando a fadiga em exercícios resistidos (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; NAMPO et al., 2016b). Os efeitos da fototerapia sobre o tecido vivo é chamado fotobiomodulação, e é produzido por fótons emitidos pela luz em baixa intensidade, com comprimentos de ondas do vermelho ao infravermelho próximo, capazes de interagir com moléculas fotoceptoras celulares que promovem modificações em vias de sinalização celular (HAMPLIN, 2018; KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004; WONG-RILEY et al., 2005).

A fototerapia estimula moléculas fotoceptores celulares, desencadeando uma série de eventos intracelulares que estimulam ou inibem as células (HAYWORTH et al., 2010). Sua ação principal ocorre sobre a ativação da enzima fotoceptora citocromo c oxidase (CCO, complexo IV) da cadeia respiratória mitocondrial (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2018; HAYWORTH et al., 2010; KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004). A irradiação dos tecidos vivos com a luz é capaz de dissociar o óxido nítrico (NO) da CCO, o que permite acelerar o processo de transporte de elétrons e a síntese de Adenosina Trifosfato (ATP), via respiração aeróbia (LIANG et al., 2008; MANTEIFEL; BAKEEVA; KARU, 1997; WONG-RILEY et al., 2005). Isto promove um aumento da ressíntese de fosfocreatina e reduz o acúmulo adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (Pi), que usualmente contribuem para a fadiga em exercícios breves de alta intensidade (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004; VANIN et al., 2018). Devido ao grande número de mitocôndrias e alta taxa de metabolismo energético aeróbico, o músculo estriado esquelético parece ser particularmente sensível à atividade biomoduladora da luz, gerando uma melhoria na capacidade de exercício e acelerando a recuperação após exercícios extenuantes (HAYWORTH et al., 2010).

1.2 Fototerapia e sua aplicação prática

Quando aplicada antes de exercícios, a fototerapia tem demonstrado um potencial efeito ergogênico (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013). Um estudo experimental demonstrou que a fotobiomodulação foi capaz de aumentar a tolerância ao exercício em ratos durante um teste de exaustão (DA COSTA SANTOS et al., 2014). Outro estudo avaliou o desempenho de ratos em exercício de subida em escada, após a aplicação da fototerapia, e observou que os ratos que passaram pela aplicação de uma dose total de 10 J obtiveram um aumento no número de repetições quando comparado com o grupo controle (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2018). Hentschke et al. 2016, também observaram que a fototerapia aplicada em associação com o treinamento de resistência, durante 4 semanas, foi capaz de melhorar o $VO_2\text{max}$ e o tempo de tolerância ao exercício, em teste incremental em esteira em ratos (HENTSCHKE et al., 2017). A fototerapia também demonstrou aumentar síntese de ATP muscular em ratos, e também aumentar o tempo até a fadiga em subida em escada (FERRARESI et al., 2015).

Estudos clínicos também demonstram o efeito ergogênico da fotobiomodulação sobre exercícios de características aeróbicas. Quando a fototerapia foi aplicada previamente, foi capaz de aumentar o tempo de exaustão em teste incremental em esteira (DE MARCHI et al., 2012; MEZZARROBA et al., 2018), o tempo de exaustão em teste incremental em cicloergômetro (LANFERDINI et al., 2018) e o pico de consumo de O_2 em teste progressivo em cicloergômetro (DA SILVA ALVES et al., 2014).

Existem evidências de que a fotobiomodulação também pode promover um aumento no desempenho em exercícios nos quais o sistema aeróbio não é predominante, sendo demonstrado que a irradiação foi capaz de aumentar o tempo de tolerância e o número de repetições em exercício de flexão de cotovelo (LEAL JUNIOR et al., 2009a) e aumentar o número de repetições máximas em *leg press* horizontal e o desempenho em teste isocinético dinâmico em movimento de extensão e flexão de joelho (FERRARESI et al., 2011). Embora o mecanismo conhecido de fotobiomodulação pareça favorecer exercício predominantemente aeróbios, estes estudos sugerem que também ocorra efeito ergogênicos em exercícios resistidos de curta duração e alta intensidade.

1.3 Demandas metabólicas em exercícios de alta intensidade e curta duração

Praticamente todo tipo de exercício físico utiliza-se dos três sistemas energéticos e respondem às demandas de intensidade de forma quase sequencial, porém, cada sistema é adequado para um tipo de exercício diferente (GASTIN, 2001). O sistema anaeróbio responde imediatamente ao estímulo e é capaz de gerar alta potência muscular. Por outro lado, sua capacidade é limitada, não suportando o desenvolvimento de alta potência por período prolongado, levando a cessão ou redução do trabalho rapidamente (BAKER; MCCORMICK; ROBERGS, 2010; GASTIN, 2001).

Nos seres humanos as fibras musculares estriadas esqueléticas são classificadas em três tipos: a tipo I (fibras de contração lenta), a tipo IIa (fibras intermediárias) e a tipo IIx (fibras de contração rápida). As fibras de tipo IIx são fibras que possuem uma maior quantidade de fosfocreatina (PCr) intramuscular comparadas com as de tipo I, e é esta reserva que define a capacidade de gerar força explosiva por curto período, cerca de 3 a 5 segundos (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008), além disso, as fibras tipo II, possuem alta velocidade de contração e alta ativação, por serem inervadas por neurônios motores de maiores diâmetros e alcançarem um número maior de ativação de unidades motoras. (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2015). Com a continuidade do exercício, é exigido uma maior contribuição do sistema glicolítico, o que tem como substrato final a produção exacerbada de lactato. O acúmulo de lactato altera o pH intramuscular e sanguíneo, o que afeta a capacidade contrátil muscular e funções de enzimas responsáveis pelo transporte de energia. Desta forma, as fibras do tipo II são requeridas para o sucesso em modalidades esportivas que necessitam de força explosiva em curto tempo ou distância, como por exemplo, provas de ciclismo de velocidade, corrida de 100 metros, natação de 50 metros ou o levantamento de peso olímpico (DENHAM et al., 2017; FARIA; PARKER; FARIA, 2005; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2015).

O teste de Wingate é uma ferramenta validada para avaliar melhorias e/ou manutenção da potência e da capacidade anaeróbica, seja de forma aguda ou crônica (DOMÍNGUEZ et al., 2017; FOSTER et al., 2015; GRGIC, 2018; LOPES-SILVA; REALE; FRANCHINI, 2018), uma vez que exercícios máximos com duração de 1 a 6 segundos, utilizam predominantemente a capacidade anaeróbica alática, e com duração de 6 a 60 segundos, a capacidade anaeróbica láctica (BERTUZZI et al., 2015; CHAMARI; PADULO, 2015). Trata-se de um teste de tudo ou nada com duração de 30

segundos que visa avaliar a potência máxima do metabolismo anaeróbico, que expressa a máxima taxa de síntese de ATP anaeróbico e tem cerca de 80% de energia derivado do metabolismo anaeróbico e apenas 20% do metabolismo aeróbio (BENEKE et al., 2002; BERTUZZI et al., 2015; DRISS; VANDEWALLE, 2013). Com o teste, é possível obter 3 índices principais: I) potência pico: a maior potência gerada durante o teste, que tem relação direta com o metabolismo anaeróbico alático e a utilização de ATP-CP; II) potência média: média da potência obtida durante o teste, índice que representa o metabolismo anaeróbico láctico e a utilização do glicogênio muscular; III) índice de fadiga: que representa a queda de desempenho na execução do teste e a resistência a fadiga (BENEKE et al., 2002; BERTUZZI et al., 2015; DRISS; VANDEWALLE, 2013).

1.4 Efeitos ergogênicos da fototerapia em exercícios de alta intensidade e curta duração

Dois estudos prévios avaliaram o efeito da fotobiomodulação, quando aplicado previamente ao exercício físico, na potencialização do desempenho em teste de Wingate (LEAL JUNIOR et al., 2009b; TELES et al., 2015). Em um dos estudos, atletas de voleibol e de futebol desempenharam um teste de Wingate, após a aplicação de fototerapia nos músculos bilaterais do quadríceps, e os autores não encontraram melhoras nos parâmetros de potência máxima e potência média (LEAL JUNIOR et al., 2009b). TELES et al. (2016), também não encontraram diferença no desempenho em teste de Wingate após aplicação de LEDterapia (TELES et al., 2015). A pequena área irradiada e erros na aplicação do protocolo de teste podem ter contribuído para a ausência de efeitos ergogênicos observados nestes estudos. Uma revisão sistemática com meta-análise, Nampo et al. (2016), mostrou que estudos prévios em modelos de exercícios predominantemente anaeróbicos não apresentaram resultados conclusivos, devido a presença de vieses metodológicos e de aferição das medidas, tais como, comprimento de onda, potência, densidade de energia, área de tratamento e total de energia entregue (NAMPO et al., 2016b).

Por outro lado, existem evidências de que a fotobiomodulação pode apresentar efeito ergogênico sobre exercícios de alta intensidade, os quais, não apresentam o sistema aeróbio como predominante. Um ensaio clínico demonstrou que houve uma melhora na geração de força em teste de 1 repetição máxima e o pico de torque em teste isocinético, além de apresentar um maior número de recrutamento de

fibras musculares observados por eletromiografia (TOMA et al., 2018). Oliveira et al. (2017), também identificaram a melhora na máxima contração isométrica voluntária, após aplicação da fototerapia (DE OLIVEIRA et al., 2017). Esses resultados apontam um possível efeito da fototerapia no sistema nervoso periférico e/ou do metabolismo anaeróbio, e não apenas do metabolismo aeróbio.

A fototerapia pode potencialmente apresentar um efeito biomodulador sobre exercício com características predominantemente anaeróbicos, como o teste de Wingate, porém é necessário eliminar vieses metodológicos referentes a aplicação do teste e a dosimetria ideal. O teste de Wingate possui uma grande validade prática e sua característica é predominantemente anaeróbica (BENEKE et al., 2002), sendo um teste ideal para avaliar capacidade de realizar exercícios anaeróbicos. Se a fototerapia apresentar efeitos ergogênicos sobre o desempenho anaeróbico, poderá ocorrer o aumento da potência máxima e média, além de retardar a fadiga durante o desempenho do teste de Wingate. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi determinar o efeito da fotobiomodulação com luz de espectro vermelho sobre o desempenho do teste de Wingate.

2 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da fotobiomodulação no desempenho em teste de Wingate.

3 Metodologia

3.1 Sujeitos

A amostra foi composta por 16 indivíduos do sexo masculino ($21,71 \pm 2,49$ anos de idade, IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m²), que não realizavam treinamento físico com esforços de alta intensidade do tipo *sprint* em bicicleta ou cicloergômetro e com liberação médica para a realização de atividade física. Os voluntários foram previamente familiarizados com o teste de Wingate em cicloergômetro e com a escala de percepção subjetiva de esforço, antes do início da coleta de dados da pesquisa.

Foram incluídos apenas voluntários que não relataram lesão musculoesquelética diagnosticada nos últimos 6 meses, doenças cardíacas e metabólicas previamente diagnosticadas (hipertensos, diabéticos, entre outros) e que não faziam uso de suplementos alimentares com efeito ergogênico. Somente indivíduos leucodermas foram incluídos na amostra, devido ao comprimento de onda utilizado poder ser absorvido pela melanina (JOENSEN et al., 2011).

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (parecer nº 2.238.417) e conduzidos em consonância com a declaração de Helsinki. Todos os voluntários foram previamente orientados sobre os objetivos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

3.2 Delineamento experimental

O estudo é um ensaio clínico, duplo cego, com alocação randomizada com cruzamento, com simulação de tratamento (controle negativo). Os voluntários foram orientados a não realizarem exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 48 horas que antecederam aos testes. Também foram orientados a não ingerirem bebidas e alimentos contendo cafeína e medicações anti-inflamatórias 48 horas antes e durante os testes físicos.

No primeiro dia, foram coletados dados demográficos de estatura e massa corporal e executado o primeiro teste de Wingate para caracterização da amostra (sessão Controle inicial). Ao chegarem no laboratório, o cicloergômetro foi ajustado conforme a altura do sujeitos, foi coletado a frequência cardíaca (FC) em repouso e em seguida os sujeitos realizavam um aquecimento padronizado, que consistiu em 5 minutos pedalando a 60 watts de intensidade, sem carga, com 2 *sprints* no final dos minutos 3 e 4, com duração de 5 segundos. Em seguida, os sujeitos realizaram o teste

de Wingate para coleta de dados de desempenho. Após o teste, foi registrada a FC imediatamente, 3, 5 e 7 minutos após o exercício e os sujeitos responderam a percepção subjetiva do esforço (PSE) após 15 minutos.

Após 48 horas, os sujeitos retornaram ao laboratório para a segunda sessão de avaliação, seguindo os mesmos protocolos de coleta de dados da situação controle inicial, porém, com a aplicação da fototerapia (LED) ou controle negativo (simulação de tratamento) no início da sessão. Após 48 horas, na terceira sessão, ocorreu alternância do tratamento submetido na segunda sessão, seguido dos mesmos procedimentos de coleta de dados.

3.3 Alocação dos grupos e cegamento

Previamente ao segundo teste, os sujeitos foram pareados de acordo com a classificação do resultado em potência média e máxima, no teste de Wingate da sessão controle inicial. Os sujeitos foram pareados por desempenho e alocados por meio de sorteio para a condição tratamento (LED) ou simulação de tratamento (PLA) na segunda sessão de treino. O sorteio foi realizado aos pares, com envelopes opacos lacrados, e a alocação experimental foi revelada pelo pesquisador responsável pelo tratamento apenas após a coleta de dados. O tratamento foi realizado por um pesquisador não envolvido na realização dos testes, coleta e análise de dados.

Para o cegamento do participante foi utilizado óculos opacos e fones de ouvido para o sujeito não perceber qualquer sinal luminoso e auditivo emitido pelo aparelho.

3.4 Percepção Subjetiva do Esforço (PSE)

Foi aplicada a escala de Borg modificada para mensurar a percepção subjetiva do esforço (BORG; HASSMÉN; LAGERSTRÖM, 1987). Os sujeitos foram questionados entre 10-15 minutos após o final dos testes. Todos os sujeitos foram previamente familiarizados com a escala de Borg.

3.5 Frequência Cardíaca (FC)

Os sujeitos desempenharam o protocolo utilizando um monitor de FC portátil (Polar RS800, Kempele, Finlândia) e aferida a FC nos momentos pré, durante, e pós 3, 5 e 7 minutos do teste de Wingate.

3.6 Análise de Desempenho

O teste de Wingate foi realizado com um Cicloergômetro Biotec 2100 (Cefise Biotecnologia Esportiva, Nova Odessa, São Paulo, Brasil), com carga de 7,5% de sua massa corporal total, os participantes pedalarão em velocidade máxima durante 30 segundos sob motivação verbal padronizada. A potência absoluta (W) máxima (PAmáx) e média (PAméd), potência relativa (W/kg) máxima (PRmáx) e média (PRméd), Velocidade (Km/h) Máxima (Vmáx) e Média (Vméd), rotações por minutos máxima (RPMmáx) e média (RPMméd), o índice de fadiga (%F) e distância total (DT) foram quantificadas durante o teste de Wingate, utilizando o *software* Ergometric 6.0.6 (Cefise Biotecnologia Esportiva, Nova Odessa, São Paulo, Brasil). Também foram calculados o Tempo até a PAmáx (TPAmáx – tempo em segundos até alcançar a PAmáx), Força Explosiva (Fexp – PAmáx dividido pelo TPAmáx) e o *Power Drop* (Pdrop – Diferença entre a PAmáx e a Potência Mínima).

3.7 Fototerapia com diodos emissores de luz (LED)

A fototerapia foi aplicada em contato direto com a pele e perpendicular à face anterior e posterior das coxas e tríceps sural do voluntário, com o participante em repouso, deitado sobre uma maca, utilizando óculos de proteção para irradiação a *laser*. Foram irradiados 8 pontos da região anterior (4 no reto femoral, 2 no vasto medial e 2 no vasto lateral), 4 pontos na região posterior (2 no bíceps femoral e 2 no semitendíneo) e 4 pontos na tríceps sural (Figura 1). Foi utilizado um equipamento comercial de fototerapia (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil), as especificações do aparelho e da aplicação estão apresentados na Tabela 1.



Figura 1 - Pontos de aplicação (círculos pretos) de fototerapia e do tratamento simulado

Tabela 1 - Dosimetria de fototerapia.

Parâmetros	
Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de potência	230 mW/cm ²
Dose	6 J por ponto
Total de energia por membro	97,1 J
Números de pontos	16
Área irradiada	21,12 cm ²
Densidade de energia	4,6 J/cm ² por ponto
Tempo irradiado por ponto	30 segundos
Tempo total de aplicação	320 segundos
Modo de aplicação	Estacionária em contato com a pele

O tratamento controle (PLA) foi a simulação da sessão de fototerapia realizado com o equipamento posicionado no mesmo tempos e pontos, porém desligado.

3.8 Análise estatística

A normalidade dos dados foi testada com o teste de Shapiro-Wilk. Os resultados foram expressos em média e desvio-padrão para os dados normais e mediana e intervalo interquartilico de 25 a 75%, para os dados não normais. A comparação dos dados normais foi realizada com o teste de ANOVA *One Way* seguido do teste *post hoc* de Tukey, enquanto os dados não paramétricos pelo teste de Kruskal-Wallis com teste *post hoc* de Dunn. O tamanho do efeito (ES) para comparação das médias foi calculado usando a estatística *d* de Cohen e classificado como pequeno (ES>0,2), moderado (ES>0,5) e grande (ES>0,8) (COHEN, 1988). A comparação dos dados de FC e da existência do efeito *carry-over* foi analisado pelo teste de ANOVA *Two Way* e *pos hoc* de Bonferroni. Diferenças estatisticamente significativas foram estabelecidas por $p < 0,05$.

4 Artigo

EFEITO ERGOGÊNICO DA FOTOBIMODULAÇÃO NO TESTE DE WINGATE: ENSAIO CLÍNICO, DUPLO CEGO, CRUZADO COM CONTROLE

Julio C. M. Correa ^{1,2}, Susana Padoin ¹, Pedro R. Varoni ³, Michele C. Demarch ³,
Lucinar J. F. Flores ³, Solange de P. Ramos ², Fernando K. Nampo ^{4,5}.

¹ Programa de Pós-graduação em Educação Física , Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil; ² Grupo de Estudos em Regeneração, Adaptação e Reparo Tecidual, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil; ³ Departamento de Educação Física - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil; ⁴ Departamento de Fisiologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil; ⁵ Instituto Latino Americano da Ciência da Vida e da Natureza, Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

Objetivo: avaliar os efeitos ergogênicos da fotobiomodulação com luz vermelha sobre a capacidade anaeróbia no teste de Wingate. **Metodologia:** 16 indivíduos ($21,71 \pm 2,49$ anos de idade, IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m²) do sexo masculino participaram de um ensaio clínico, duplo-cego, randomizado, cruzado e com situação de controle. Os sujeitos realizaram 3 sessões de testes de Wingate, com 48 horas de intervalo entre os testes. Na primeira sessão foi realizado teste de Wingate para avaliação do desempenho inicial dos voluntários. Os participantes foram pareados por desempenho no teste inicial e sorteados para receber fototerapia (630nm, 4,6 J/cm², 6 J por ponto, 16 pontos) ou controle negativo, na segunda sessão de teste. Na terceira sessão de teste foi realizado o tratamento cruzado. A variância foi analisada com o teste de ANOVA *One Way* (dados paramétricos) seguido do teste *post hoc* de Tukey ou pelo teste de Kruskal-Wallis (dados não paramétricos) com teste *post hoc* de Dunn, considerando $p < 0,05$. O tamanho do efeito para comparação das médias foi calculado usando a estatística de Cohen. **Resultados:** A sessão de teste com fototerapia promoveu o aumento do desempenho nas medidas máximas (PAmáx, PRmáx, RPMmáx, Vmáx) e DTP em relação a sessão com controle negativo. As medidas médias (PAméd, PRméd, RPMéd, Vméd) foram maiores nas sessões com fotobiomodulação em relação a sessão inicial. O deslocamento total foi maior na sessão com fotobiomodulação, seguido do teste inicial e controle negativo. **Conclusão:** a fototerapia promoveu melhor performance do desempenho em um exercício predominantemente anaeróbico.

Palavras-chave: Terapia de luz de baixo nível, performance atlética, exercício teste, fibra muscular de contração rápida.

4.1 Introdução

A fototerapia utilizando Diodos Emissores de Luz (*Light Emitting Diode*, LED) ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, LASER) pode melhorar o desempenho do músculo estriado esquelético (ANTONIALLI et al., 2014; DE ALMEIDA et al., 2012; NAMPO et al., 2016a, 2016b). A irradiação dos tecidos musculares em comprimentos de onda do espectro vermelho ao infravermelho próximo, em baixa intensidade (3 a 1000mW), parece atuar sobre a enzima citocromo c oxidase (CCO, complexo IV) da cadeia respiratória mitocondrial (HAYWORTH et al., 2010; KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004). Este processo, conhecido como fotobiomodulação, aumenta o transporte de elétrons na cadeia respiratória mitocondrial e a síntese de Adenosina Trifosfato (ATP), via respiração aeróbia (LIANG et al., 2008; MANTEIFEL; BAKEEVA; KARU, 1997; WONG-RILEY et al., 2005). Esta ação promove um aumento da ressíntese de fosfocreatina, além de reduzir o acúmulo de creatina, adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico (Pi) (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; ROBERGS; GHIASVAND; PARKER, 2004; VANIN et al., 2018). Desta forma, a fotobiomodulação poderia favorecer o desempenho tanto em exercícios aeróbicos, quando em exercícios que envolvem o metabolismo anaeróbio, facilitando a ressíntese de fosfocretina e ATP.

Quando aplicada antes de exercícios físicos, a fototerapia tem demonstrado um potencial efeito ergogênico (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; NAMPO et al., 2016b). Estudos experimentais em ratos demonstram que a fotobiomodulação promove aumento da resistência a fadiga em exercícios de nado forçado e escalada (ALBUQUERQUE-PONTES et al., 2018; DA COSTA SANTOS et al., 2014). Estudos clínicos também demonstram que a fototerapia é capaz de aumentar o tempo de exaustão em testes incrementais em esteira (DE MARCHI et al., 2012; MEZZARROBA et al., 2018), o tempo de exaustão em teste incremental em cicloergômetro (LANFERDINI et al., 2018) e o pico de consumo de O₂ (DA SILVA ALVES et al., 2014), demonstrando que a fototerapia, exerce um efeito ergogênico sobre o metabolismo aeróbio. No entanto, o efeito sobre o metabolismo anaeróbio ainda não estão claramente estabelecidos.

Estudos prévios demonstraram que a fotobiomodulação aumenta o tempo de tolerância ao exercício físico resistido, o número de repetições e força máxima em exercícios de flexão de cotovelo, *leg press* horizontal e teste isocinético dinâmico em

movimento de extensão e flexão de joelho (FERRARESI et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009a). Um ensaio clínico demonstrou que houve uma melhora na geração de força em teste de 1 repetição máxima e no pico de torque em teste isocinético, além de apresentar um maior número de recrutamento de fibras musculares observados por eletromiografia (TOMA et al., 2018). Oliveira et al. (2017), também identificou a melhora na máxima contração isométrica voluntária, após aplicação da fototerapia (DE OLIVEIRA et al., 2017). Embora estes estudos sugiram que ocorra um efeito ergogênico sobre a geração de força máxima, a aplicabilidade da fototerapia como recurso ergogênico em exercícios predominantemente anaeróbios não está estabelecida.

O teste de Wingate possui uma grande validade prática e utiliza aproximadamente 80% do metabolismo anaeróbio e 20% do metabolismo aeróbio, sendo possível avaliar o efeito de recursos ergogênicos sobre a capacidade anaeróbica (BAR-OR, 1987; BOGDANIS et al., 1998; OZKAYA et al., 2018). É possível determinar a potência pico (a maior potência gerada durante o teste, que tem relação direta com o metabolismo anaeróbico alático e a utilização de ATP-fosfocreatina), a potência média (índice que representa o metabolismo anaeróbio láctico e a utilização do glicogênio muscular) e o índice de fadiga (BENEKE et al., 2002; BERTUZZI et al., 2015; DRISS; VANDEWALLE, 2013). Dois estudos avaliaram o efeito da fotobiomodulação, quando aplicado previamente ao teste de Wingate (LEAL JUNIOR et al., 2009b; TELES et al., 2015). Em um dos estudos, atletas de voleibol e de futebol desempenharam um teste de Wingate após a aplicação de fototerapia nos músculos do quadríceps, sendo que os autores não encontraram efeitos sobre a potência máxima e potência média (LEAL JUNIOR et al., 2009b). TELES et al. (2015), também não encontraram diferença no desempenho em teste de Wingate após aplicação de fototerapia (TELES et al., 2015). No entanto, os autores irradiaram pequenas áreas musculares e não realizaram o protocolo de aquecimento antes do teste, o que pode ter gerado resultados enviesados, devido a inadequada ativação neuromuscular, a não observação do tempo de ressíntese de fosfocretina (estimulada ou não pela fototerapia) entre o aquecimento e o início do teste, e a sub-dosagem de energia devido a aplicação em pouca área dos membros inferiores. A determinação de um possível efeito ergogênico da fotobiomodulação sobre exercícios de alta intensidade e curta duração é importante para estabelecer a utilidade do método sobre em modalidades esportivas que requerem a geração de força explosiva e *sprints*.

O objetivo do presente estudo foi determinar se a fototerapia pode promover efeitos ergogênicos sobre a capacidade de geração de força e fadiga em exercício física de natureza predominantemente anaeróbia. A hipótese do estudo foi que a fotobiomodulação produza aumento na capacidade de geração de força máxima e média, durante a realização de um teste de Wingate.

4.2 Metodologia

Sujeitos

A amostra foi composta por 16 indivíduos do sexo masculino ($21,71 \pm 2,49$ anos de idade, IMC entre 18,5 e 24,9 kg/m², Tabela 1), que não realizavam treinamento físico com esforços de alta intensidade do tipo *sprint* em bicicleta ou cicloergômetro e com liberação médica para a realização de atividade física. Os voluntários foram previamente familiarizados com o teste de Wingate em cicloergômetro e com a escala de percepção subjetiva de esforço da sessão, antes do início da coleta de dados da pesquisa.

Foram excluídos indivíduos que relataram lesão musculoesquelética diagnosticada nos últimos 6 meses e indivíduos com doenças cardíacas e metabólicas previamente diagnosticadas (hipertensos, diabéticos, entre outros). Somente voluntários leucodermas foram incluídos na amostra, devido ao comprimento de onda utilizado poder ser absorvido pela melanina da epiderme, o que poderia reduzir a quantidade de energia fornecida ao músculo (JOENSEN et al., 2011).

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (parecer nº 2.238.417) e conduzidos em consonância com a declaração de Helsinki. Todos os voluntários foram previamente orientados sobre os objetivos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Delineamento experimental

O estudo é um ensaio clínico, duplo cego, com alocação randomizada, e tratamento cruzado com um tratamento controle negativo. Os voluntários foram orientados a não realizarem exercícios físicos intensos ou extenuantes nas 48 horas que antecederam aos testes. Também foram orientados a não ingerirem bebidas e alimentos contendo cafeína, suplementos alimentares com ação ergogênica e medicações anti-inflamatórias 48 horas antes e durante os testes físicos.

No primeiro dia, foram coletados dados demográficos e executado o primeiro teste de Wingate para caracterização da amostra (Controle Inicial). Ao chegarem no laboratório, os voluntários realizaram a medida de FC de repouso e um aquecimento padronizado. A seguir, os voluntários realizaram o teste de Wingate durante o qual foi realizado o registro de dados de desempenho. Após o teste foram realizados registros de FC imediatamente, 3, 5 e 7 minutos após o exercício. Após 10-15 minutos, os voluntários responderam a PSE da sessão.

Após 48 horas, os sujeitos retornaram ao laboratório para a segunda sessão de avaliação, seguindo os mesmos protocolos de coleta de dados da situação controle inicial, porém, com a aplicação do tratamento com fototerapia (LED) ou controle negativo (PLA) no início da sessão. Após 48 horas, na terceira sessão, os voluntários foram submetidos ao tratamento não aplicado na segunda sessão (cruzamento) e foram aplicados os mesmos procedimentos de coleta de dados.

Alocação dos grupos e cegamento

Previamente ao segundo teste, os sujeitos foram pareados de acordo com a classificação do resultado em potência média no teste de Wingate da sessão controle inicial. Os sujeitos foram pareados por desempenho e alocados por meio de sorteio para as sessões de tratamento (LED) ou controle (PLA). O sorteio foi realizado aos pares, com envelopes opacos lacrados, e a alocação experimental foi revelada pelo pesquisador responsável pelo tratamento apenas após a coleta de dados.

Percepção Subjetiva do Esforço da Sessão (PSE)

Foi aplicada a escala de Borg modificada para mensurar a percepção subjetiva do esforço da sessão (BORG; HASSMÉN; LAGERSTRÖM, 1987). Os sujeitos eram questionados aproximadamente a 10-15 minutos após o final dos testes. Todos os sujeitos foram previamente familiarizados com a escala de Borg.

Frequência Cardíaca (FC)

Os sujeitos desempenharam o protocolo utilizando um monitor de FC portátil (Polar RS800, Kempele, Finlândia) e aferido a FC nos momentos pré, e pós, 3, 5 e 7 minutos após o teste de Wingate.

Análise de Desempenho

O teste de Wingate foi realizado em um Cicloergômetro Biotec 2100 (Cefise Biotecnologia Esportiva, Nova Odessa, São Paulo, Brasil), no qual os participantes pedalarão durante cinco minutos sem carga, a uma cadência de 60 RPM, com dois *sprints* de cinco segundos (no 2º e 3º minutos) para aquecimento. Após o aquecimento, os participantes repousaram por um minuto sobre o cicloergômetro e a carga de 7,5% de sua massa corporal total foi ajustada individualmente para realização do teste subsequente (BAR-OR, 1987). Em seguida, os participantes pedalarão em velocidade máxima durante 30 segundos sob motivação verbal padronizada. A potência absoluta (W) máxima (PAmáx) e média (PAméd), potência relativa (W/kg) máxima (PRmáx) e média (PRméd), Velocidade (Km/h) Máxima (Vmáx) e Média (Vméd), rotações por minutos máxima (RPMmáx) e média (RPMméd), o índice de fadiga (%F) e distância total (DT) foram quantificadas durante o teste de Wingate segundo a segundo, utilizando o *software* Ergometric 6.0.6 (Cefise Biotecnologia Esportiva, Nova Odessa, São Paulo, Brasil). Também foram determinados o Tempo até a Potência Máxima (TPAmáx – tempo em segundos), Força Explosiva (Fexp – o TPAmáx dividido pelo PAmáx) e o *Power Drop* (Pdrop – Diferença entre a PAmáx e a Potência Mínima). A confiabilidade e reprodutibilidade das medidas utilizadas, como índices de potência e capacidade anaeróbica, já foram determinados na literatura (BAR-OR, 1987; OZKAYA et al., 2018).

Fototerapia

A fototerapia foi aplicada imediatamente antes do aquecimento para o teste de Wingate. A ponteira do equipamento foi mantida em contato direto com a pele e perpendicular à face anterior e posterior das coxas e panturrilhas do voluntário, com o participante em repouso, deitado sobre uma maca, utilizando óculos de proteção para irradiação a *laser*. Foram irradiados 8 pontos da região anterior (4 no reto femoral, 2 no vasto medial e 2 no vasto lateral), 4 pontos na região posterior (2 no bíceps femoral e 2 no semitendíneo) e 4 pontos na tríceps sural (Figura 1). Foi utilizado um equipamento comercial de fototerapia (Bios Therapy II, Bios Equipamentos Médicos, São José dos Campos, São Paulo, Brasil), conforme as orientações do fabricante. As especificações do tratamento LED estão apresentadas na Tabela 1.



Figura 1 - Pontos de aplicação (círculos pretos) do grupo LED 630 nm.

Tabela 1 - Dosimetria de fototerapia.

Parâmetros	
Comprimento de onda	LED 630 nm
Frequência de saída	Contínua
Potência de saída	300 mW
Tamanho do feixe	1,32 cm ²
Densidade de potência	230 mW/cm ²
Dose	6 J por ponto
Total de energia por membro	97,1 J
Números de pontos	16
Área irradiada	21,12 cm ²
Densidade de energia	4,6 J/cm ²
Tempo irradiado por ponto	30 segundos
Tempo total de aplicação	320 segundos
Modo de aplicação	Estacionária em contato com a pele

A situação PLA foi realizado com o equipamento desligado e posicionado nos mesmos pontos e pelo mesmo período de tempo do tratamento LED. Para o cegamento do participante foi utilizado óculos opacos e fones de ouvido para que o voluntário não percebesse qualquer sinal luminoso e sonoro emitido pelo aparelho.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi testada com o teste de Shapiro-Wilk. Os resultados foram expressos em média e desvio-padrão para os dados normais e mediana e intervalo interquartilico de 25 a 75%, para os dados não normais. A comparação dos dados normais foi realizada com o teste de ANOVA *One Way* seguido do teste *post hoc* de Tukey, enquanto os dados não paramétricos pelo teste de Kruskal-Wallis com

teste *post hoc* de Dunn. O tamanho do efeito (ES) para comparação das médias foi calculado usando a estatística *d* de Cohen e classificado como pequeno ($ES > 0,2$), moderado ($ES > 0,5$) e grande ($ES > 0,8$) (COHEN, 1988). A comparação dos dados de FC e da existência do efeito *carry-over* foi analisado pelo teste de ANOVA *Two Way* e *pos hoc* de Bonferroni. Diferenças estatisticamente significativas foram estabelecidas por $p < 0,05$.

4.3 Resultados

O desempenho no teste de Wingate está apresentado na Tabela 2. A sessão LED apresentou aumento das medidas máximas (PAmáx, PRmáx, RPMmáx, Vmáx) e DT em relação a sessão PLA (Tabela 2). As medidas médias (PAméd, PRméd, RPMéd, Vméd) foram maiores na sessão LED em relação a sessão controle inicial (tabela 2). O deslocamento total foi maior no grupo LED, seguido do teste controle inicial e PLA (tabela 2). A PSE do momento PLA foi menor em relação ao grupo controle inicial, mas sem diferença em relação a sessão LED. Não foi observada diferenças no índice de fadiga.

A FC não foi estatisticamente diferente ($P < 0,05$) em nenhum dos momento.

Tabela 2. Desempenho, carga intensidade e índice de fadiga em teste de Wingate (n=16)

	Controle inicial	PLA	LED
¹ Potência Absoluta Máxima (W)	930,3 ± 122,4	916,2 ± 129,8	949,2 ± 133,4*
¹ Potência Absoluta Média (W)	697,1 ± 100,8	700,4 ± 103,5	707,3 ± 102,3#
¹ Potência Relativa Máxima (W/Kg)	12,09 ± 1,007	11,90 ± 1,140	12,34 ± 1,103*
¹ Potência Relativa Média (W/Kg)	9,066 ± 0,7561	9,094 ± 0,8418	9,184 ± 0,7874#
¹ RPM Máxima	156,9 ± 12,99	154,6 ± 14,70	160,3 ± 14,26*
¹ RPM Média	117,4 ± 9,951	118,0 ± 10,76	119,4 ± 10,06##
¹ Velocidade Máxima (Km/h)	49,45 ± 4,105	48,69 ± 4,634	50,51 ± 4,493*;
¹ Velocidade Média (Km/h)	36,98 ± 3,131	37,18 ± 3,386	37,60 ± 3,168##
¹ Deslocamento Total (m)	308,1 ± 26,12**	291,4 ± 24,33	313,3 ± 26,40###**
² FC0	121 [88,25-134,5]	111,5 [105,5-126]	118 [108-122,5]
² FCpré	182,5 [178,8-191,5]	184,5 [180,5-186]	183 [179,3-187,5]
² FCpós	112 [108-121,5]	118 [105,8-121]	116 [109-123,3]
² PSE	3 [2-6,6]	2 [1-3,7]§	2 [1,2-4]
² Índice de Fadiga (%)	48,75 [40,60-54,88]	45,20 [42,15-50,05]	49,33 [42,75-51,90]
² Tempo até a Potência máxima (s)	6 [4-6]	5 [4-6]	5 [4-6,75]
² Força Explosiva (W/s)	172 [134,5-220,5]	204,4 [146,7-245,1]	163,9 [139,7-221,5]
² Power Drop (W)	437,8 [396,6-490]	448 [400,7-523,9]	417,5 [368,8-447,9]

* $p < 0,005$, ** $p < 0,0001$ em relação a situação PLA. # $p < 0,05$, ## $p < 0,01$ em relação a situação controle

inicial, teste de Bonferroni. § em relação a situação controle inicial, $p < 0,01$, teste de Dunn.

¹Dados paramétricos.

²Dados não-paramétricos.

O tamanho do efeito (ES) de Cohen (Tabela 3) da condição LED foi grande ($ES > 0,8$) nas variáveis PAmáx, PRmáx, RPMmáx, Vmáx, DT e Pdrop quando comparado com a situação PLA. Também apresenta um ES moderado ($ES > 0,5$) no %F e ES pequeno nas variáveis PAméd, PRméd, RPMéd, Vméd, PSE, TPAmáx e Fexp. A sessão LED apresentou ES Grande ($ES > 0,8$) em relação a sessão controle inicial para as variáveis PRméd, RPMéd, Vméd e DTP, ES moderado ($ES > 0,5$) para PAmáx, PAméd, PRmáx, RPMmáx, Vméd e PSE e ES pequeno ($ES > 0,2$) para %F, TPAmáx, Fexp e Pdrop (Cohen's test).

Além disso, o grupo Controle, apresenta um ES grande ($ES > 0,8$) na variável DT, ES moderado ($ES > 0,5$) na PSE e ES pequeno ($ES > 0,2$) para PAmáx, PAméd, PRmáx, PRméd, RPMmáx, RPMéd, Vmáx, Vméd, %F e Pdrop, quando comparado com o grupo Placebo (Cohen's test).

Tabela 3. Tamanho do efeito no desempenho, carga e índice de fadiga em teste de Wingate (n=16)

	Controle x Placebo			LED x Controle			LED X Placebo		
	Média	DP	ES	Média	DP	ES	Média	DP	ES
Potência Absoluta Máxima (W)	14,05	33,99	0,41	18,88	33,70	0,56	32,93	32,75	1,01
Potência Absoluta Média (W)	-3,25	13,53	-0,24	10,14	12,85	0,79	6,89	18,59	0,37
Potência Relativa Máxima (W/Kg)	0,19	0,46	0,41	0,25	0,42	0,60	0,44	0,39	1,11
Potência Relativa Média (W/Kg)	-0,05	0,18	-0,26	0,14	0,16	0,89	0,10	0,23	0,43
RPM Máximo	2,36	6,02	0,39	3,41	5,47	0,62	5,77	5,05	1,14
RPM Médio	-0,63	2,30	-0,27	1,98	2,13	0,93	1,36	2,87	0,47
Velocidade Máxima (Km/h)	0,74	1,90	0,39	1,08	1,72	0,62	1,82	1,59	1,14
Velocidade Média (Km/h)	-0,20	0,73	-0,27	0,62	0,67	0,93	0,43	0,90	0,47
Deslocamento Total (m)	16,75	10,67	1,57	5,21	5,60	0,93	21,96	11,82	1,86
Índice de Fadiga (%)	2,21	5,28	0,42	1,37	5,56	0,25	3,58	6,07	0,59
PSE	1,25	1,64	0,76	-0,84	1,26	-0,67	0,41	0,95	0,43
Tempo até a Potência máxima (s)	-0,06	1,00	-0,06	-0,38	1,26	-0,30	-0,31	1,30	-0,24
Força Explosiva (W/s)	3,29	32,03	0,10	17,67	44,59	0,40	14,38	52,64	0,27
Power Drop (W)	-27,61	58,52	-0,47	20,74	53,64	0,39	48,35	60,71	0,80

4.4 Discussão

O principal achado do estudo demonstrou que a fotobiomodulação foi capaz de aumentar as variáveis máximas e médias de desempenho e a distância total percorrida durante o teste de Wingate. O efeito mais evidente, com tamanhos de efeito considerados grandes, foi observado nas variáveis máximas, sugerindo que o efeito ergogênico principal pode estar associado com a maior capacidade de geração de força durante a fase inicial do teste, onde o metabolismo anaeróbio alático é predominante (BOGDANIS et al., 1998).

Embora os mecanismos ergogênicos da fotobiomodulação sobre exercícios aeróbicos sejam associados a estimulação da síntese de ATP pela cadeia respiratória mitocondrial (HAYWORTH et al., 2010; KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004) os mecanismos envolvidos no aumento de desempenho em exercícios anaeróbicos ainda não foram esclarecidos e os resultados de estudos prévios são controversos. Durante o teste de Wingate, há uma forte correlação entre a potência máxima e o metabolismo anaeróbio alático, e da potência média com o metabolismo anaeróbio láctico (BERTUZZI et al., 2015; GASTIN, 2001). Os efeitos predominantes sobre as variáveis de potência máxima, promovendo o maior deslocamento, porém sem alteração do índice de fadiga, sugerem que os mecanismos ergogênicos da fototerapia no esforço de alta intensidade estejam associados a ativação predominante de fibras do tipo II de metabolismo anaeróbio.

O aumento da síntese de ATP via metabolismo aeróbio pode auxiliar na melhora do desempenho anaeróbio, por favorecer a ressíntese de fosfocreatina (BARCLAY, 2017). Durante os primeiros 5 segundos, a fosfocreatina é o principal substrato para ressíntese de ATP e geração de potência máxima no recrutamento das fibras musculares tipo II em testes explosivos ou de esforços máximos (BOGDANIS et al., 1998), como o teste de Wingate. Um ensaio clínico utilizando o extrato de *Rhodiola Rosea*, um composto natural que aumenta a síntese de ATP via cadeia respiratória mitocondrial, demonstrou efeito ergogênico semelhante aos observados no presente estudo, para a potência pico, potência média e índice de fadiga, no teste de Wingate de 15 segundos (BALLMANN et al., 2018). Os resultados deste estudo sugerem que o aumento da síntese de ATP via mitocondrial (BALLMANN et al., 2018), efeito biomodulador também observado na fototerapia (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016; KARU, 2010), podem promover efeitos ergogênicos no teste de Wingate.

Outro efeito que pode estar associado ao aumento da potência máxima no início do teste e da potência média nos 15 segundos iniciais, é a liberação de óxido nítrico (NO) induzido pela fotobiomodulação (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016; KARU, 2010). A fotobiomodulação provoca o desacoplamento da NO dos grupamentos heme e cobre da CCO, restabelecendo o fluxo de elétrons na cadeia respiratória e a síntese de ATP (DE FREITAS; HAMBLIN, 2016; POYTON; BALL, 2011). Efeitos semelhantes aos observados no presente estudo foram observados após a ingestão de suco de beterraba ou citrulina-malato, suplementos alimentares que promovem o aumento a biodisponibilidade de nitrito e NO circulante (DOMÍNGUEZ et al., 2017; GLENN et al., 2016). A ingestão destes suplementos antes da realização do teste de Wingate de 30 segundos, promove aumento da potência pico e média, força explosiva e capacidade anaeróbica, sem efeito sobre o índice de fadiga (DOMÍNGUEZ et al., 2017; GLENN et al., 2016). O NO tem efeito seletivo sobre a excitabilidade das fibras musculares do tipo II, aumentando a atividade da acetilcolina nas placas motoras e facilitando a saída de cálcio do retículo sarcoplasmático (HERNÁNDEZ et al., 2012; JONES et al., 2016; STAMLER; MEISSNER, 2001). Estes efeitos contribuem para promover o aumento da potência máxima e média durante o início do teste de Wingate (DOMÍNGUEZ et al., 2017). Além disso, o NO também parece reduzir o consumo de fosfocreatina e gasto de ATP, o que poderia aumentar a capacidade anaeróbica, e potência média permitindo o músculo manter-se em esforço máximo por tempo maior (BRESESE et al., 2013). Considerando que a fototerapia pode aumentar transitoriamente a liberação do NO, os efeitos desta molécula podem ter contribuído para o aumento do desempenho no teste de Wingate, onde são recrutadas predominantemente fibras musculares do tipo II.

Um possível efeito neuromotor da fotobiomodulação pode estar associado ao aumento do número de placas motoras ativadas e, conseqüentemente, o aumento da capacidade de geração de força explosiva. Um estudo utilizando irradiação infravermelha sobre o músculo reto femoral demonstrou que há um aumento da força explosiva, força máxima e resistência a fadiga, além do aumento dos índices eletromiográficos (TOMA et al., 2018). Os resultados do estudo sugerem que ocorra maior ativação de unidades motoras e recrutamento de fibras musculares induzidas pela fotoiomodulação (TOMA et al., 2018). Os mecanismos celulares envolvidos neste efeito sobre a geração de força ainda não estão esclarecidos, podendo ser resultado da estimulação direta do sistema nervoso periférico, ou ação indireta da liberação do NO.

Embora o estímulo da atividade oxidativa mitocondrial possa colaborar com os efeitos ergogênicos observados, não foram encontradas diferenças na FC, PSE e no índice de fadiga, parâmetros afetados em maior magnitude em protocolos de exercício com uma demanda maior do metabolismo aeróbio (VANIN et al., 2018).

Uma maior distância total percorrida no teste com a aplicação da LEDterapia, pode estar ligada ao fato de que nesta sessão, a potência máxima alcançada é maior, consecutivamente, a velocidade máxima é alcançada mais rapidamente, fazendo com que os sujeitos permaneçam em velocidades maiores durante a execução do teste (BERTUZZI et al., 2015; PATTON; MURPHY; FREDERICK, 1985). Considerando que os resultados sugerem que os sujeitos desenvolveram força e potência em maior intensidade e mais rapidamente quando submetidos a fotobiomodulação, é possível que tenha ocorrido uma maior ativação neuromuscular durante o início do teste, como já reportados em estudos que verificaram o aumento no número de fibras musculares ativadas (TOMA et al., 2018) e o aumento da força máxima de contração isométrica voluntária (DE OLIVEIRA et al., 2017) após a aplicação da fototerapia. Os resultados demonstram que a melhora da potência máxima tem grande implicação prática, sugerindo que o método pode apresentar efeitos ergogênicos em provas esportivas de curta duração, onde a força explosiva e a capacidade anaeróbica são necessárias

Estudos anteriores não observaram melhora do desempenho em testes de Wingate após a aplicação da fototerapia, por possuírem vieses que dificultam a interpretação dos resultados esperados, como aplicações em apenas um grupo muscular (LEAL JUNIOR et al., 2009b) ou realizar o protocolo de Wingate sem aquecimento prévio (TELES et al., 2015). No presente estudo, os autores realizaram a aplicação de luz em áreas mais extensas da musculatura de membros inferiores, cobrindo os principais músculos recrutados durante o teste. Durante os *sprints* de 5 segundos realizados no aquecimento, parte da fosfocreatina pode ter sido consumida. Porém, o aumento da capacidade muscular em produzir ATP via respiração mitocondrial, pode ter contribuído para a rápida ressíntese de fosfocreatina durante o intervalo de um minuto antes da realização do teste de Wingate. Neste caso, a aplicação prévia de fototerapia garantiria uma maior biodisponibilidade de fosfatos de alto energia durante a fase inicial de geração de força do teste.

Considerando os efeitos ergogênicos associados a sessão de fototerapia, concluímos que a fotobiomodulação promove aumento o desempenho em teste de wingate.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação Araucária – PR pela concessão de bolsas de estudos para JCMC (n. protocol 47303/2017), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível superior (CAPES) por bolsa de estudos de SP (n. protocol 1798841) e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) por bolsa de iniciação científica para P.R.V (n.0152018) e M.C.D (n.0152018).

5 Referências

- ALBUQUERQUE-PONTES, G. M. et al. Photobiomodulation therapy protects skeletal muscle and improves muscular function of mdx mice in a dose-dependent manner through modulation of dystrophin. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 4, p. 755–764, maio 2018.
- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. **Physiological Reviews**, v. 88, n. 1, p. 287–332, jan. 2008.
- ANTONIALLI, F. C. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1967–1976, nov. 2014.
- BAKER, J. S.; MCCORMICK, M. C.; ROBERGS, R. A. Interaction among Skeletal Muscle Metabolic Energy Systems during Intense Exercise. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2010, p. 1–13, 2010.
- BALLMANN, C. G. et al. Effects of short-term *Rhodiola Rosea* (Golden Root Extract) supplementation on anaerobic exercise performance. **Journal of Sports Sciences**, p. 1–6, 29 out. 2018.
- BARCLAY, C. J. Energy demand and supply in human skeletal muscle. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 38, n. 2, p. 143–155, abr. 2017.
- BAR-OR, O. The Wingate Anaerobic Test: An Update on Methodology, Reliability and Validity. **Sports Medicine**, v. 4, n. 6, p. 381–394, 1987.
- BENEKE, R. et al. How anaerobic is the Wingate Anaerobic Test for humans? **European Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 4–5, p. 388–392, 1 jan. 2002.
- BERTUZZI, R. et al. Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second Wingate test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 48, n. 3, p. 261–266, 23 jan. 2015.
- BOGDANIS, G. C. et al. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 163, n. 3, p. 261–272, jun. 1998.
- BORG, G.; HASSMÉN, P.; LAGERSTRÖM, M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 56, n. 6, p. 679–685, 1987.
- BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does Phototherapy Enhance Skeletal Muscle Contractile Function and Postexercise Recovery? A Systematic Review. **Journal of Athletic Training**, v. 48, n. 1, p. 57–67, jan. 2013.
- BREESE, B. C. et al. Beetroot juice supplementation speeds O₂ uptake kinetics and improves exercise tolerance during severe-intensity exercise initiated from an elevated metabolic rate. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 305, n. 12, p. R1441-1450, 15 dez. 2013.
- CHAMARI, K.; PADULO, J. “Aerobic” and “Anaerobic” terms used in exercise physiology: a critical terminology reflection. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, dez. 2015.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2nd ed ed. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates, 1988.

DA COSTA SANTOS, V. B. et al. LED therapy or cryotherapy between exercise intervals in Wistar rats: anti-inflammatory and ergogenic effects. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 2, p. 599–605, mar. 2014.

DA SILVA ALVES, M. A. et al. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1945–1951, nov. 2014.

DE ALMEIDA, P. et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 2, p. 453–458, mar. 2012.

DE FREITAS, L. F.; HAMBLIN, M. R. Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy. **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics**, v. 22, n. 3, p. 348–364, maio 2016.

DE MARCHI, T. et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 1, p. 231–236, jan. 2012.

DE OLIVEIRA, A. R. et al. Pre-Exercise Infrared Photobiomodulation Therapy (810 nm) in Skeletal Muscle Performance and Postexercise Recovery in Humans: What Is the Optimal Power Output? **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 35, n. 11, p. 595–603, nov. 2017.

DENHAM, J. et al. Cycling Power Outputs Predict Functional Threshold Power And Maximum Oxygen Uptake: **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, set. 2017.

DOMÍNGUEZ, R. et al. Effects of Beetroot Juice Supplementation on a 30-s High-Intensity Inertial Cycle Ergometer Test. **Nutrients**, v. 9, n. 12, p. 1360, 15 dez. 2017.

DRISS, T.; VANDEWALLE, H. The Measurement of Maximal (Anaerobic) Power Output on a Cycle Ergometer: A Critical Review. **BioMed Research International**, v. 2013, p. 1–40, 2013.

FARIA, E. W.; PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The Science of Cycling: Physiology and Training ??? Part 1. **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 285–312, 2005.

FERRARESI, C. et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers in Medical Science**, v. 26, n. 3, p. 349–358, maio 2011.

FERRARESI, C. et al. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 4, p. 1259–1267, maio 2015.

FOSTER, C. et al. The Effects of High Intensity Interval Training vs Steady State Training on Aerobic and Anaerobic Capacity. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 14, n. 4, p. 747–755, dez. 2015.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports medicine**, v. 31, n. 10, p. 725–741, 2001.

GLENN, J. M. et al. Acute citrulline-malate supplementation improves maximal strength and anaerobic power in female, masters athletes tennis players. **European Journal of Sport Science**, v. 16, n. 8, p. 1095–1103, nov. 2016.

GRGIC, J. Caffeine ingestion enhances Wingate performance: a meta-analysis. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 2, p. 219–225, 7 fev. 2018.

HAMBLIN, M. R. Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 94, n. 2, p. 199–212, mar. 2018.

HAYWORTH, C. R. et al. In Vivo Low-level Light Therapy Increases Cytochrome Oxidase in Skeletal Muscle. **Photochemistry and Photobiology**, v. 86, n. 3, p. 673–680, 11 fev. 2010.

HENTSCHKE, V. S. et al. Maximal oxygen uptake and exercise tolerance are improved in rats with heart failure subjected to low-level laser therapy associated with resistance training. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 1, p. 73–85, jan. 2017.

HERNÁNDEZ, A. et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. **The Journal of Physiology**, v. 590, n. 15, p. 3575–3583, 1 ago. 2012.

JOENSEN, J. et al. The Thermal Effects of Therapeutic Lasers with 810 and 904 nm Wavelengths on Human Skin. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 29, n. 3, p. 145–153, mar. 2011.

JONES, A. M. et al. Fiber Type-Specific Effects of Dietary Nitrate. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 44, n. 2, p. 53–60, abr. 2016.

KARU, T. Mitochondrial Mechanisms of Photobiomodulation in Context of New Data About Multiple Roles of ATP. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 2, p. 159–160, abr. 2010.

KARU, T. I.; PYATIBRAT, L. V.; AFANASYEVA, N. I. A novel mitochondrial signaling pathway activated by visible-to-near infrared radiation. **Photochemistry and Photobiology**, 2004.

LANFERDINI, F. J. et al. Low-level laser therapy improves the VO₂ kinetics in competitive cyclists. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 3, p. 453–460, abr. 2018.

LEAL JUNIOR, E. C. P. 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**, v. 41, n. 8, p. 572–577, out. 2009a.

LEAL JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers in Medical Science**, v. 24, n. 6, p. 857–863, nov. 2009b.

LIANG, H. L. et al. Near-infrared light via light-emitting diode treatment is therapeutic against rotenone- and 1-methyl-4-phenylpyridinium ion-induced neurotoxicity. **Neuroscience**, v. 153, n. 4, p. 963–974, jun. 2008.

LOPES-SILVA, J. P.; REALE, R.; FRANCHINI, E. Acute and chronic effect of sodium bicarbonate ingestion on Wingate test performance: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, p. 1–10, 13 out. 2018.

MANTEIFEL, V.; BAKEEVA, L.; KARU, T. Ultrastructural changes in chondriome of human lymphocytes after irradiation with He-Ne laser: appearance of giant mitochondria. **Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology**, v. 38, n. 1, p. 25–30, mar. 1997.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance**. Eighth edition ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2015.

MEZZAROBA, P. V. et al. LED session prior incremental step test enhance VO₂max in running. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 6, p. 1263–1270, ago. 2018.

NAMPO, F. K. et al. Effect of low-level phototherapy on delayed onset muscle soreness: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 1, p. 165–177, jan. 2016a.

NAMPO, F. K. et al. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 31, n. 9, p. 1957–1970, dez. 2016b.

OZKAYA, O. et al. The Test-Retest Reliability of New Generation Power Indices of Wingate All-Out Test. **Sports**, v. 6, n. 2, p. 31, 7 abr. 2018.

PATTON, J. F.; MURPHY, M. M.; FREDERICK, F. A. Maximal power outputs during the Wingate anaerobic test. **International journal of sports medicine**, v. 6, n. 02, p. 82–85, 1985.

POYTON, R. O.; BALL, K. A. Therapeutic photobiomodulation: nitric oxide and a novel function of mitochondrial cytochrome c oxidase. **Discovery Medicine**, v. 11, n. 57, p. 154–159, fev. 2011.

R HAMBLIN, M. et al. Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. **AIMS Biophysics**, v. 4, n. 3, p. 337–361, 2017.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502–R516, set. 2004.

STAMLER, J. S.; MEISSNER, G. Physiology of nitric oxide in skeletal muscle. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 1, p. 209–237, jan. 2001.

TELES, M. C. et al. Comparison between whole-body vibration, light-emitting diode, and cycling warm-up on high-intensity physical performance during sprint bicycle exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1542–1550, 2015.

TOMA, R. L. et al. Photobiomodulation (PBM) therapy at 904 nm mitigates effects of exercise-induced skeletal muscle fatigue in young women. **Lasers in Medical Science**, v. 33, n. 6, p. 1197–1205, ago. 2018.

VANIN, A. A. et al. 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, jan. 2018.

WONG-RILEY, M. T. T. et al. Photobiomodulation Directly Benefits Primary Neurons Functionally Inactivated by Toxins: ROLE OF CYTOCHROME *c* OXIDASE. **Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 6, p. 4761–4771, 11 fev. 2005.

Apêndices

Apêndice a – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

“Efeito ergogênico da fotobiomodulação no teste de wingate: ensaio clínico, duplo cego, cruzado com controle”

Prezado senhor:

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa intitulada **“Efeito ergogênico da fotobiomodulação no teste de wingate: ensaio clínico, duplo cego, cruzado com controle”**, desenvolvido pelo professor Fernando Kenji Nampo, da Universidade Estadual de Londrina, em conjunto com o aluno de mestrando Julio Cesar Molina Corrêa. O objetivo principal dessa pesquisa é avaliar os efeitos da fototerapia de baixa intensidade (LASERterapia) no teste de wingate.

Sua participação é muito importante, e ela se daria da seguinte forma: após o aceite em participar do estudo será agendado um horário e data em comum acordo entre você e os pesquisadores para o início das atividades, que serão desenvolvidas no Centro de Educação Física (Campus de Marechal Cândido Rondon). Nesse dia você será solicitado: 1) a responder uma ficha de avaliação (nome, idade, peso, índice de massa corporal, nível de atividade física); 2) realizar um sorteio através de envelopes opacos para verificar se receberá ou não o tratamento proposto (LASERterapia); 3) ser submetido a coleta de sangue através de um profissional farmacêutico treinado e capacitado, afim de analisar marcadores sanguíneos; 4) responder uma escala sobre a fadiga percebida e 5) realizar um protocolo de fadiga muscular, através de teste chamado *Wingate*: você irá pedalar em uma bicicleta estacionária durante cinco minutos sem carga, a uma frequência de 60 repetições por minuto, com dois *sprints* de cinco segundos (no 2º e 3º minutos) para aquecimento. Após o aquecimento, você repousará por um minuto sobre a bicicleta e uma carga de 7,5% da sua massa corporal total será configurada. Em seguida, você irá pedalar em velocidade máxima durante 30s sob motivação verbal. Ao término deste protocolo, serão realizadas: 1) novas coletas de sangue em 3, 5 e 7 minutos imediatamente após o exercício; 2) verificado imediatamente após a escala de fadiga percebida e após 3, 5 e 7 minutos imediatamente após o exercício;

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa (ou para esta e futuras pesquisas) e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Todas as coletas sanguíneas realizadas serão descartadas em local apropriado assim que se encerrar essa pesquisa.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são a recomendação do tratamento proposto em populações que necessitam ser submetidas ao exercício, porém não conseguem aderir devido à fadiga precoce; ou que necessitam um desempenho ótimo do sistema muscular (exemplo: atletas); ou encontrar uma forma alternativa de recuperação pós-exercício além das que já são conhecidas na literatura. Quanto aos riscos e as formas de minimizá-las: 1) a exposição ocular à LASERterapia, que será controlado pela utilização de equipamento de proteção adequado (óculos opaco); 2) protocolo de fadiga proposto, que serão minimizadas através de um período de aquecimento e adaptação ao exercício imediatamente antes de sua implementação, repouso, posicionamento e hidratação; 3) coletas sanguíneas: serão utilizados somente *kits* esterilizados, e todas as manipulações serão realizadas com luvas de látex através de um profissional farmacêutico treinado e especializado. Em todos os casos, os pesquisadores se comprometem a dar todo suporte médico necessário.

Todos os procedimentos desta pesquisa estão de acordo com as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução nº466/2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde – Brasília/DF;

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar (Professora Solange de Paula Ramos, Rodovia Celso Garcia Cid - Pr 445 Km 380 Cx. Postal 10.011 - Campus Universitário, PR, 86057-970, Departamento de Fisioterapia, telefone: 43-3371-2320, E-mail: solangedepaularamos@gmail.com.br), ou procurar o Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao no departamento de Hstologia, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, _____ de _____ de 201__.

Julio Cesar Molina Correa

RG: 41.895.273-5

Pesquisador

Eu, _____,

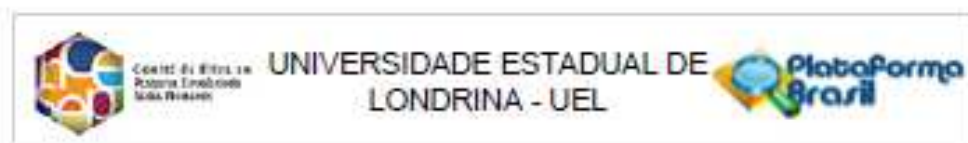
tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: ____ / ____ / ____

Anexos

Anexo a - parecer consubstanciado do cep



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos do Laser de baixa intensidade sobre a capacidade do exercício: ensaio clínico aleatorizado duplo cego

Pesquisador: FERNANDO KENJI NAMPO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 55803016.0.0000.5231

Instituição Proponente: CCS - Progr. de Pós-Grad. em Ciências da Reabilitação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.238.417

Anexo b – PSE

Classificação	Descritor
0	Repouso
1	Muito, Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo