

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

CLAYTON GOMES DA SILVA

EFEITO DA FOTOTERAPIA (LED) SOBRE O LACTATO SANGUÍNEO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, março/2018

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

CLAYTON GOMES DA SILVA

EFEITO DA FOTOTERAPIA (LED) SOBRE O LACTATO SANGUÍNEO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Mestrado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro

São José dos Campos, março/2018

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

CLAYTON GOMES DA SILVA

EFEITO DA FOTOTERAPIA (LED) SOBRE O LACTATO SANGUÍNEO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica – Mestrado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro
Orientador
Mestrado em Engenharia Biomédica
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Patrícia Mara Danella
Universidade do Vale Paraíba

Prof. Dr. Osmar Pinto Neto
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Carlos José de Lima
Universidade Anhembi Morumbi

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

CLAYTON GOMES DA SILVA

Graduado em Educação Física pela Universidade do Vale do Paraíba no ano de 2005. Pós graduado em Fisiologia do exercício pela Gama filho no ano de 2013 e Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade Anhembi Morumbi no ano de 2018.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca UAM
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586e Silva, Clayton Gomes da
Efeito da fototerapia (LED) sobre o lactato sanguíneo / Clayton
Gomes da Silva. - 2018.
22f. : il.; 30cm.

Orientador: Renato Amaro Zângaro.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade
Anhembi Morumbi, São José Dos Campos, 2018.
Bibliografia: f.20-22

1. Engenharia Biomédica. 2. Lactato. 3. Contração isométrica. 4.
LED.

CDD 610.28

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me ajudar em tudo, por me dar saúde para executar as tarefas do dia a dia.

Agradeço minha mãe pela educação e cuidado.

Ao professor. Dr. Renato Amaro Zângaro pela incrível ajuda e confiança depositada em mim e por ser um grande exemplo na minha vida acadêmica.

Ao professor. Dr. Osmar Pinto Neto por me ajudar em todas as etapas do meu trabalho.

Aos professores da Universidade Anhembí Morumbi por terem me ajudado nessa jornada acadêmica.

“O que fazemos na vida ecoa pela eternidade”.

(Autor desconhecido)

RESUMO

A fadiga muscular está associada com muitos fatores, um deles é o acúmulo elevado de lactato intramuscular, a proposta desse trabalho é observar o comportamento da do lactato sanguíneo sob ação da luz visível. Essa pesquisa é um ensaio clínico randomizado, sendo avaliados 11 indivíduos do sexo masculino com faixa etária entre 30 e 50 anos. Todos os 11 indivíduos selecionados integram os três grupos analisados em diferentes momentos: grupo Controle - G1 (n=11); grupo Calor - G2 (n=11) e - Grupo Irradiado G3 (n=11). Todos os indivíduos foram submetidos ao exercício resistido de contração isométrica do grupamento muscular do quadríceps. No grupo G1 os indivíduos foram submetidos aos exercícios físicos e o lactato avaliado em seguida. Os indivíduos do grupo G2 durante os exercícios de agachamento foram submetidos à radiação térmica emitida pelos LED's objetivando irradiar o músculo apenas com energia térmica. Para isso a radiação óptica foi bloqueada utilizando um filme polimérico como bloqueador óptico. Objetivando observar o comportamento do lactato sanguíneo sob ação da radiação no vermelho emitida por LED's os indivíduos do grupo G3 foram irradiados ao longo do quadríceps durante os exercícios com 80 LED's, emitindo radiação com comprimento de onda em 650 nm e potência óptica de 1mW cada um, totalizando 80 mW. Os resultados evidenciaram um aumento do lactato sanguíneo quando os indivíduos foram irradiados pela radiação no vermelho e comparados aos demais grupos.

Palavras chave: Engenharia Biomédica, lactato, LED, contração isométrica.

ABSTRACT

Muscle fatigue is associated with many factors, one of which is the high accumulation of intramuscular lactate, the purpose of this study is to observe the behavior of blood lactate under the action of visible light. This research is a randomized clinical trial, being evaluated 11 male subjects with ages between 30 and 50 years. All 11 individuals selected belong to the three groups analyzed at different times: Control - G1 group (n = 11); Heat group - G2 (n = 11) and - Irradiated Group G3 (n = 11). All subjects were submitted to the resistance exercise of isometric contraction of the quadriceps muscle group. In group G1 the subjects were submitted to physical exercises and the lactate evaluated next. The individuals of the G2 group during the squatting exercises were submitted to the thermal radiation emitted by the LEDs aiming to radiate the muscle only with thermal energy. For this the optical radiation was blocked using a polymeric film as optical block. Aiming to observe the behavior of the blood lactate under the action of the red radiation emitted by LEDs the individuals of group G3 were irradiated along the quadriceps during exercises with 80 LED's, emitting radiation with wavelength at 650 nm and optical power of 1mW each , totaling 80 mW. The results evidenced an increase in the blood lactate when the individuals were irradiated by the red radiation and compared to the other groups.

Key words: Biomedical Engineering, lactate, LED, isometric contraction.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Sistema do metabolismo anaeróbico láctico	4
2.2 Ácido láctico	4
2.3 Exercício resistido e agachamento.....	5
2.4 LEDterapia.....	6
2.4.1 Efeito fotoquímico.....	7
3. OBJETIVO.....	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS	9
5. RESULTADOS.....	13
6. DISCUSSÃO.....	14
7. CONCLUSÃO	16
ANEXO	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Imagem termográfica de voluntário submetido ao exercício de agachamento.	11
Figura 2 Voluntário submetido ao exercício de agachamento e irradiação LED.....	12
Figura 3 Variação dos volumes de lactato (mmol/L) entres os grupos irradiado, calor e controle.....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Parâmetros ópticos do experimento.....	11
-------------------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Adenosinatrifosfato
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
H ⁺	Íons de hidrogênio
HeNe	Hélio-neônio
Laser	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LED	Light Emitting Diode (Diodo emissor de luz)
pH	Potencial hidrogeniônico
TLBI	Terapia laser de baixa intensidade

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
J	Joule
J/cm ²	Joule por centímetro quadrado
mJ	Mili Joule
mmol/L	milimol por litro
mW	Mili Watt
nm	Nanômetro
s	Segundo
W	Watt
°	Graus
°C	Graus Celsius

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Leal Jr. et al. (2008) a fadiga muscular esquelética é um fenômeno inevitável na rotina de treinamento e competição para a maioria dos praticantes de atividades físicas. Este fenômeno pode prejudicar o desempenho e predispor o atleta a uma variedade de distúrbios músculo-esqueléticos (Merletti & Lo Conte, 1997).

Kakihata et al. (2015) apontam que a fadiga muscular ocorre por contrações repetidas e está associada ao tipo e intensidade do exercício, aos grupos musculares envolvidos, ao substrato bioquímico e ao acúmulo de metabólitos. Além disso, a fadiga muscular também diminui as fontes adenosina trifosfato (ATP) e fosfocreatina.

Diversos fatores geram fadiga muscular, no início do século levantou-se a hipótese de que o acúmulo de ácido láctico era responsável pelo desenvolvimento da fadiga durante exercícios de alta intensidade (Ernesto et al. 2003). Segundo Kakihata et al. (2015) estudos com atividade muscular em animais demonstraram que a inibição direta da produção de força pode ser obtida pelo aumento das concentrações elevadas de ions de hidrogênio. No momento, o consenso geral parece ser o de que a manutenção da produção de força durante exercícios de alta intensidade é dependente do pH. A análise da acidez metabólica é uma forma de quantificar e determinar os volumes do lactato sanguíneo, sendo que os testes sanguíneos são uma alternativa para este processo (McArdle, Katch e Katch, 1998).

Estudos anteriores realizados por Robergs (2004) consideram o lactato como um dos causadores da fadiga e das dores musculares. Ainda segundo Robergs (2004) a produção elevada de H^+ na musculatura, ocasiona a queda do pH, e provavelmente ocasiona ou contribui para a fadiga muscular. O lactato é também considerado como um importante substrato energético para diversas células e tecidos, entre elas as fibras musculares do tipo I, o coração, e o fígado. O transporte de lactato para o sangue leva consigo ions de H^+ , que segundo Juelet al. (2004), este processo também contribui para a manutenção do pH intracelular, tornando a remoção do lactato para a corrente sanguínea um processo extremamente benéfico.

Kelley et al. (2002) demonstram que a remoção do lactato sanguíneo seria um indicativo da capacidade de reutilização deste substrato energético para fígado, coração e fibras tipo I. O acervo de estudos sobre os efeitos do lactato são bem vastos, onde o tratamento e as estratégias para minimizar esses efeitos do lactato também são estudados na mesma proporção.

Segundo Martin et al. (1998) vem sendo estudadas várias estratégias terapêuticas para serem difundidas no meio desportivo com a finalidade de acelerar o processo de recuperação pós-exercícios. Como exemplo, podemos citar crioterapia, massagens, hidroterapia, alongamento, e eletroestimulação. Outros trabalhos citam a fototerapia como sendo uma das alternativas para recuperação muscular. Leal Jr. et al. (2009a; 2009b) demonstram através desta ferramenta terapêutica uma redução dos níveis de fadiga muscular. Paolillo et al. (2011) em um estudo para a fotobioestimulação por LED's em mulheres submetidas a uma rotina de exercícios em esteira revelam que a fototerapia aumenta a força e diminui a fadiga muscular.

Para que haja o efeito fototerápico é necessário que a luz seja absorvida pelo tecido biológico, sendo que essa absorção da luz depende da densidade de cromóforos presentes na região tratada e da capacidade deste cromóforo em absorver a radiação incidente. Uma vez absorvida, a radiação induz o processo fotoquímico induzindo alterações nos processos metabólicos.

A energia luminosa depositada sobre o tecido biológico pode influenciar positivamente a atividade celular e o gradiente iônico transmembrana (Karu et al. 2001). Sulewski (2000) também evidencia que a interação da luz com o tecido biológico produz efeitos, anti-inflamatório, analgésico e indutor da reparação tecidual. De acordo com Camargo et al. (2012) recentemente alguns autores observaram que a terapia LED (Light Emitting Diode) pode induzir alterações nos processos metabólicos teciduais no nível do sistema músculo esquelético.

A fototerapia vem sendo utilizada por mais de 30 anos, sendo que mais de 90% dos trabalhos relatam efeitos positivos nos voluntários tratados (Henriques, 2008). Coombes & McNaughton (2000) relatou que os possíveis efeitos da fototerapia na prevenção de danos musculares, oxidativos ou não, gerados por exercícios complexos nos encaminham para um novo patamar de aplicação do laser de baixa potência, que vem sendo utilizado no momento, como forma de reabilitação. A diminuição e a

prevenção das lesões musculares induzidas pelo exercício físico poderá contribuir para os atletas de alto rendimento, podendo minimizar o tempo de repouso e de recuperação muscular após a prática esportiva.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema do metabolismo anaeróbico láctico

Para a execução de um exercício físico é necessária a produção de energia por meio da fragmentação da adenosina trifosfato (ATP), fonte para a contração muscular. Dentre os mecanismos principais para a produção dessa energia, existe o sistema do metabólico anaeróbico láctico, que utiliza da glicólise gerando aumento da produção de lactato (Tabataet al. 1997).

No sistema metabólico anaeróbico láctico, o produto final é o lactato, que advém da decomposição da molécula da glicose utilizada para a produção da ATP, sendo esse um sistema primitivo que ocorre pela ausência de quantidade suficiente de oxigênio para que o sistema aeróbico funcione. De acordo com Franchini et al. (2003), sustentam que nos exercícios com durabilidade curta, de trinta a noventa segundos, tais como corridas de tiro, natação, futebol, tênis, o metabolismo anaeróbico láctico é o meio primordialmente usada para produção de energia, e não há período suficiente para uma nova síntese de ATP pelas vias aeróbicas nesses curtos intervalos de treino, tornando esses tipos de exercícios dependente da via anaeróbica láctica.

2.2 Ácidoláctico

Pereira&Souza(2004), afirmam que parte do ácido láctico presente nos fluidos corporais está dissociado em íons de H^+ , devido a este fato, o ácido láctico passa a ser chamado de “lactato” e a maioria dos efeitos do ácido láctico no desenvolvimento da fadiga muscular resulta do aumento da concentração de íons H^+ que ocasiona a diminuição do pH (Roberts e Smith, 1989).

Ao fazer a relação entre o ácido láctico e a fadiga muscular, é importante salientar que o ácido láctico é um subproduto da glicólise anaeróbia. O ácido láctico não é

responsável pela fadiga muscular em todos os tipos de exercício físico, mas pode ser observado em exercícios de alta intensidade e de curta duração, como por exemplo, as sessões de agachamentos propostas no presente estudo.

A produção do ácido láctico por se tratar de um sistema anaeróbio produz grandes quantidades de energia em curtos períodos de tempo, utilizada no processo metabólico (McArrdle, 1998). Esse processo permite no curto prazo a ressíntese das moléculas de ATP possibilitando que a energia possa ser gerada rápida e continuamente garantindo que o exercício de alta intensidade possa ter continuidade. De acordo com Franchini et al. (2003) nos exercícios de curta duração (30 à 90s) tais como corridas de tiro, natação, futebol, tênis, o metabolismo anaeróbico láctico é o meio primordial usado para a produção de energia. Não há período de tempo suficiente para a produção necessária de ATP pelas vias aeróbicas, tornando esse tipo de exercício dependente da via anaeróbica láctica.

O lactato é removido do sangue e metabolizado pelo fígado após sair do músculo e passar pela corrente sanguínea. Crewther et al. (2006) e Rahimiet al. (2010) atribuem ao lactato diferentes funções relacionadas com o eixo endócrino do hormônio do crescimento, com o reequilíbrio da homeostase energética e, ainda, estimula os processos anabólicos em diversos tecidos, todos com expressiva importância no segmento esportivo.

2.3 Exercício resistido e agachamento

Fleck & Kraemer (2014) apontam que exercícios resistidos, como o agachamento, possuem a capacidade de desenvolver força, potência, hipertrofia e resistência muscular, atingindo os objetivos individuais para cada tipo de treinamento. O exercício resistido de via glicolítica extenuante como agachamento, provoca alterações metabólicas importantes do tipo acidose e hemoconcentração, que envolvem compostos como hematócrito, osmolaridade, hemoglobina, albumina, pH, lactato, amônia, além de hormônios e neurotransmissores. Segundo McCaw & Melrose (1999) no movimento de agachamento, o centro de gravidade se desloca posteriormente ao eixo do joelho, aumentando o torque flexor, sendo que os isquiotibiais promovem uma estabilização no

joelho mediante uma tração posterior na tíbia para contrapor a força anterior imposta pelo quadríceps.

2.4 LEDterapia

O laser difere do LED devido às suas características específicas, como a monocromaticidade, coerência e colimação (Schawlow, 1995). No caso da monocromaticidade os lasers dependendo da sua configuração de cavidade podem apresentar valores de largura de linha bastante estreitos, da ordem de 0,1 nm, característica essa, importante para aplicações na área de espectroscopia. Os LED's apesar de monocromáticos apresentam largura de faixa maior que os lasers, neste caso da ordem de 40nm, favorecendo a absorção de energia por diferentes estruturas moleculares.

A luz coerente é aquela formada por ondas de mesma frequência e direção que mantêm uma relação de fase constante entre si. No caso do laser, conforme Low & Reed (2001), as ondas emitidas são sincronizadas no tempo e no espaço, caracterizando alta coerência, enquanto que no caso de LED's essa coerência é menor. A colimação é obtida pela unidirecionalidade do feixe, neste caso o laser apresenta alto poder de colimação, produzindo feixes de pequeno diâmetro, enquanto o LED apresenta grande ângulo de divergência, favorecendo a irradiação de grandes áreas (Kitchen e Barzin, 1998). Enwemeka (2009) argumenta que as características podem ser altamente indicadas para aplicações na área da saúde, como por exemplo, o fato de que os LED's podem ser aplicados em áreas de grande extensão sobre o corpo, com tempo de irradiação muito menor que os lasers, caso deste presente trabalho.

A fotobioestimulação a partir do uso da radiação laser ou LED atende à parâmetros de intensidade, classificando o procedimento como sendo de alta ou baixa potência. Para o caso dos lasers estes são classificados em dois grupos segundo Chavantes & Jatene (1990): Laser de alta potência (superior a 1W) os quais são usados para finalidades cirúrgicas como cortes, carbonização ou desnaturação de proteínas através de efeito fototérmico, e os Lasers de baixa potência (inferiores a 1 W), utilizados para reparação tecidual, alívio de dor e a obtenção de efeitos anti-inflamatórios. No presente trabalho realizado com LED's utilizamos essa mesma definição.

2.4.1 Efeito fotoquímico

O efeito fotoquímico está associado a excitação de fluoróforos endógenos presentes nos tecidos biológicos após absorver energia fornecida por fótons. A mitocôndria é a organela celular responsável pela síntese de ATP e outras funções metabólicas vitais. Neste caso, o citocromo c oxidase é o cromóforo responsável pela fotoativação mitocondrial (Huang et al, 2011), capaz de gerar um excedente de ATP, otimizando assim o metabolismo celular.

O efeito fotoquímico normalmente ocorre com baixa densidade de potência e longo tempo de exposição, induzindo assim a bioestimulação que depende também da energia total entregue e do comprimento de onda da radiação de excitação. A irradiação tecidual *in vivo* é normalmente realizada com radiação emitida na região do vermelho-infravermelho (630-950nm), com densidade de energia típica da ordem de 4J/cm². No caso de experimentos *in vitro* a densidade de energia típica situa-se entre 0,1 e 1J/cm². Os lasers mais utilizados neste caso são o HeNe (632,8nm) e os semicondutores da família do arseneto de gálio-alumínio (GaAsAl) operando na faixa entre 630-950nm, com potência típica entre 5 e 100mW. Mais recentemente os LED's vem ganhando notoriedade nesta área principalmente nos casos onde a área irradiada é maior, como é o caso do presente trabalho.

3. OBJETIVO

Avaliar o efeito da radiação LED no vermelho sobre o lactato sanguíneo em voluntários submetidos ao exercício resistido do grupamento muscular do quadríceps.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Aprovação ética

A presente pesquisa foi submetida e aprovada na Comissão de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Anhembi Morumbi (UAM), sob o parecer nº: 2.510.470 e sob o CAAE nº: 79389917.6.0000.5492.

O termo de aprovação deste projeto de pesquisa esta no Anexo 1.

Tipo de pesquisa

A pesquisa será delineada no formato deensaio clínico randomizado.

Crítérios de inclusão

Foram inclusos na presente pesquisa os voluntáriosdo sexo masculino, praticantes de triátlon amador, com frequência de execução das atividades detrês sessões semanais.

Crítérios de exclusão

Foram excluídos do estudo os praticantes de musculação e exercícios resistidos, portadores de hipertensão, qualquer indivíduo com histórico de lesão musculoesquelética, doenças cardíacas ou outras doenças relacionadas ao sistema cardiovascular.

Amostra

Foram inclusos no estudo 11 voluntários saudáveis, do sexo masculino, com idade média de $38,2 \pm 4,1$ anos. Todos os voluntários integram os três grupos submetidos ao estudo em diferentes momentos, a saber:

- grupo Controle - G1 (n=11)
- grupo Calor - G2 (n=11)
- grupo Irrradiado - G3 (n=11).

Todos os voluntários dos grupos G1, G2 e G3 foram submetidos ao exercício resistido de contração isométrica voltada para o grupamento muscular do quadríceps. Os voluntários dos três grupos foram submetidos às 3 sessões de agachamento em isometria com duração de 60 s cada uma, com intervalo de 30 s entre elas, totalizando 240 s.

No grupo G1 os voluntários foram submetidos apenas ao exercício físico de agachamento isométrico durante 240 s.

No grupo G2, durante os exercícios de agachamento, os voluntários foram submetidos à radiação térmica emitida pelos LED's no mesmo período de 240 s. Neste caso para irradiar o músculo apenas com energia térmica a radiação óptica foi bloqueada, para isso a face dos LED's foi posicionada de maneira que a radiação não atingisse o tecido biológico.

No grupo G3 durante os exercícios de agachamento isométricos, os voluntários foram irradiados durante 240 s ininterruptamente com radiação no comprimento de onda de 650 nm (vermelho) por 80 dispositivos ópticos do tipo LED's (China). A potência óptica total utilizada foi de 80 mW ao longo do quadríceps (32cm x 9cm), perfazendo uma área total de 288 cm², e uma densidade de energia total de 66,4 mJ/cm². A tabela 1 apresenta os parâmetros ópticos do experimento.

Tabela 1 Parâmetros ópticos do experimento.

Modo de irradiação	Contínuo
Números de LED's	80
Potência de cada LED	1 mW
Potência total dos LED's	80 mW
Tempo de irradiação	240 s
Comprimento de onda	650 nm
Área total irradiada	288 cm ²
Densidade total de energia	66,4mJ/cm ²

Para o monitoramento da temperatura foi utilizado uma câmara termográfica de alta sensibilidade (FLIR, 650SC, Suécia) capaz de evidenciar que o posicionamento dos LED's não interferiu em diferenças de temperatura na região tecidual irradiada, conforme Figura 1. Após os registros fotográficos foi observado que os LED's alcançaram temperaturas iguais quando comparado ao grupo calor versus o irradiado.

**Figura 1** Imagem termográfica de voluntário submetido ao exercício de agachamento.

Os testes dos grupos G1, G2 e G3 foram realizados com intervalo de 48 horas entre eles. Os LED's foram dispostos e mantidos ao longo do quadríceps com auxílio de uma bermuda térmica, conforme Figura 2. Nas sessões de agachamento o ângulo de flexão dos joelhos foi de 90° e para manter tal condição os participantes utilizaram um apoio vertical nas costas.



Figura 2 Voluntário submetido ao exercício de agachamento e irradiação LED.

As amostras de sangue para a análise do lactato foram coletadas após assepsia no segundo dedo do braço dominante. Os participantes foram submetidos ao teste de lactato 60 segundos pré-sessões de agachamento e 60 segundos após a finalização de todas as 3 sessões. Foram utilizadas lancetas macias (Accu-Chek Clix, Roche Diagnostics, EUA) para a coleta do sangue, sendo as amostras analisadas imediatamente através de um analisador portátil de lactato (AccutrendPlus, Roche Diagnostics, EUA). Para manter a privacidade dos voluntários durante os testes, estes foram realizados em uma sala privada especialmente voltada para esse fim.

5. RESULTADOS

No presente trabalho os resultados evidenciaram que o grupo irradiado (G3) apresentou maior índice de lactato no sangue em relação ao grupo controle (G1) e ao grupo calor (G2).

Os valores médios e os respectivos desvios padrões foram observados através da análise estatística, obtido através do teste ANOVA, com pós-teste de Tukey-Kramer, para testar se houve diferença estatisticamente significativa nos resultados de índice de lactato sanguíneo entre as três fases do estudo (controle, calor e irradiação). O nível de significância foi de $p < 0,05$. Os resultados desse trabalho, apresentados na Figura 3, apresentam a variação do volume de lactatos entre os três grupos, revelando um significativo aumento de lactato na corrente sanguínea dos indivíduos quando irradiados pelos LEDs, nos permitindo inferir que o grupo irradiado teve um comportamento diferente aos grupos controle e calor.

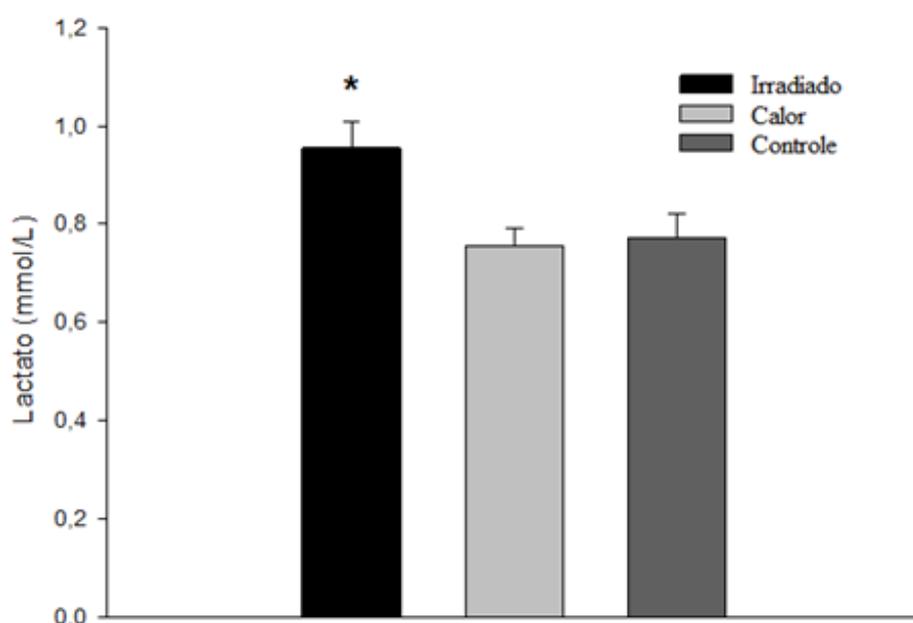


Figura 3 Variação dos volumes de lactato (mmol/L) entre os grupos irradiado, calor e controle.

6. DISCUSSÃO

No presente trabalho, observamos que oLED's emitindo luz na região vermelha (650 nm) do espectro eletromagnético induziu uma alteração do volume do lactato sanguíneo se comparada ao grupo controle e grupo calor. No nosso experimento os voluntários foram submetidos a irradiação durante o exercício de agachamento isométrico. Trabalhos anteriores ao nosso, utilizaram a fototerapia após o exercício resistido e observaram também que ocorreram alterações nos volumes de lactato sanguíneo.

Diferentemente dos primeiros trabalhos clínicos esses resultados nos leva a interpretação de que a fototerapia induziu uma vasodilatação do sistema arterial intramuscular, permitindo que o lactato alcançasse mais rapidamente a corrente sanguínea. Neves et al. (2014), apontam resultados clínicos de trabalhos anteriores evidenciando que atletas submetidos à fototerapia apresentavam algum retardo no processo de fadiga muscular, levando à conclusão precipitada de que a fototerapia seria capaz de reduzir a produção de lactato. Segundo Lopes-Martins et al. (2006), diferentes trabalhos mostram resultados controversos sobre o efeito da fototerapia em relação as concentrações de lactato sanguíneo.

Na literatura científica já se sabe que a TLBI aplicada na musculatura promove modificações bioquímicas, diminuições dos níveis de ácido láctico sanguíneo (Baroni et al. 2010) e aumenta o tempo precedente à fadiga muscular (Frare e Nicolau, 2008). Em estudo clínico, Ferraresi et al. (2011), aplicaram a fototerapia imediatamente após o treinamento de força em jovens e constataram acelerada recuperação de microlesões musculares pós-exercício com aumento da expressão de genes relacionados a biogênese mitocondrial, síntese protéica (mTOR) e angiogênese tecidual.

Trabalhos utilizando fototerapia sobre o tecido humano mostram que existe uma grande interação sobre estruturas celulares e intracelulares como a hemoglobina e a mitocôndria (Huang et al. 2011). No tecido humano isso acontece em uma “janela óptica” entre 650-1200 nm. Nesta faixa atingem-se mais precisamente as mitocôndrias

estimulando a citocromo c oxidase (Huang et al. 2011). Este estudo corrobora nossa pesquisa por utilizar um comprimento de onda similar ao do presente estudo, podendo assim fundamentar que a radiação entre 650nm é capaz de estimular o sistema circulatório local gerando vasodilatação.

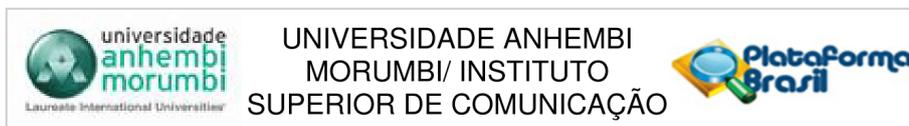
Trabalhos anteriores bem fundamentados utilizaram comprimentos de onda próximos a 650nm para estudos relacionados ao tecido biológico, isso pode ter sido um fator que levou ao acréscimo de lactato na corrente sanguínea do grupo irradiado no presente estudo que seguiu a linha desses outros estudos. Em um trabalho correlato a este, constatou que a aplicação da TLBI no músculo do quadríceps pré exercício de agachamento isométrico em 90° contribuiu para a diminuição da concentração de lactato sanguíneo pós-exercício (Ferraresi et al. 2011).

Acredita-se que este comportamento evidenciado seja possível através da perfusão sanguínea, influenciada pela TLBI. Ainda nesse estudo, foi utilizado um comprimento de onda de 808 nm, no modo de frequência contínua, com 100 mW de potência, área do spot de 0,03 cm², com densidade de potência de 3,18 W/cm² e densidade de energia por ponto de 4,77 J/cm², ofertando à musculatura uma energia total de 120 J.

7. CONCLUSÃO

A fototerapia utilizando LED emitindo luz na região do vermelho (650 nm), aplicado em voluntários submetidos ao exercício resistido de contração isométrica voltada para o grupamento muscular do quadríceps, demonstrou alteração sobre o lactato sanguíneo. Não podemos afirmar se este comportamento é benéfico ou maléfico ao organismo, mas podemos concluir que a luz LED promoveu alterações nos níveis de lactato na corrente sanguínea.

ANEXO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

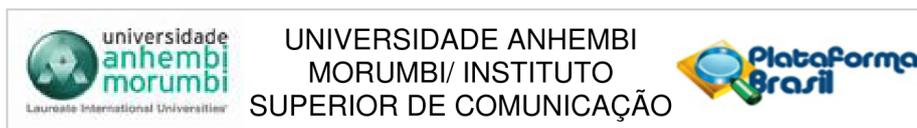
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**Título da Pesquisa:** EFEITO DA RADIAÇÃO VISÍVEL (LED) SOBRE O LACTATO SANGUÍNEO**Pesquisador:** CLAYTON GOMES DA SILVA**Área Temática:****Versão:** 2**CAAE:** 79389917.6.0000.5492**Instituição Proponente:** Universidade Anhembi Morumbi/ Instituto Superior de Comunicação**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio**DADOS DO PARECER****Número do Parecer:** 2.510.470**Apresentação do Projeto:**

A fadiga muscular está associada com muitos fatores, um deles é o acúmulo elevado de lactato intramuscular, a proposta desse trabalho é observar o comportamento da radiação visível (LED) sobre o lactato sanguíneo. Essa pesquisa será um ensaio clínico randomizado, onde serão avaliados quinze (11) indivíduos do sexo masculino, brancos, em uma faixa etária entre 30 e 50 anos de idade. Foram incluídos no estudo 11 voluntários treinados, sendo que todos eles integram três grupos em diferentes momentos: grupo controle - G1 (n=11); grupo Calor - G2 (n=11) e - Grupo Irradiado G3 (n=11). Todos os indivíduos serão submetidos ao exercício resistido de contração isométrica voltada para o grupamento muscular do quadríceps. No G1 os voluntários serão apenas submetidos aos exercícios físicos. No grupo G2 durante os exercícios os voluntários serão irradiados ao longo do quadríceps com 80 LED's emitindo radiação com comprimento de onda de 650 nm e potência individual de 1mW, totalizando 80 mW com objetivo de observar o comportamento do lactato sanguíneo sob ação da radiação LED no vermelho.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar o comportamento do lactato sanguíneo sob ação da radiação LED no vermelho.

Endereço: Rua Casa do Ator, 294 - 7º andar - Unidade 5
Bairro: Vila Olímpia **CEP:** 04.546-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3847-3033 **Fax:** (11)3847-3232 **E-mail:** ctores@anhembi.br



Continuação do Parecer: 2.510.470

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Não há riscos relevantes ao voluntário uma vez que os testes de lactacidemia serão realizados por profissionais habilitados em local apropriado utilizando materiais descartáveis.

Benefícios:

A contribuição com a área acadêmica afim ajudar entender mais sobre os efeitos do led na interação com tecido biológico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

É um projeto com condições de realização, claramente definido em termos metodológicos e logísticos, caracterizando exequibilidade na proposta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão adequados e contemplam as exigências da resolução 466/12.

Recomendações:

Sem recomendações.

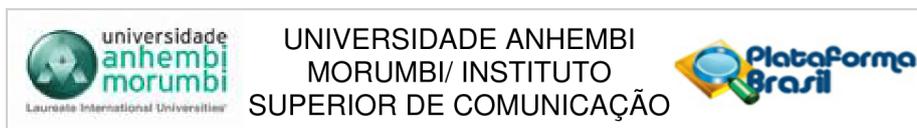
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.
7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011 CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Endereço: Rua Casa do Ator, 294 - 7º andar - Unidade 5
Bairro: Vila Olímpia **CEP:** 04.546-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3847-3033 **Fax:** (11)3847-3232 **E-mail:** ctorres@anhemi.br



Continuação do Parecer: 2.510.470

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1002044.pdf	22/02/2018 11:22:15		Aceito
Folha de Rosto	folhaderostocep.pdf	05/01/2018 12:56:55	CLAYTON GOMES DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	25/09/2017 11:15:14	CLAYTON GOMES DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	texto.docx	25/09/2017 11:04:59	CLAYTON GOMES DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 23 de Fevereiro de 2018

Assinado por:
CARLOS ROCHA OLIVEIRA
(Coordenador)

Endereço: Rua Casa do Ator, 294 - 7º andar - Unidade 5
Bairro: Vila Olímpia **CEP:** 04.546-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3847-3033 **Fax:** (11)3847-3232 **E-mail:** ctorres@anhembi.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baroni, B. M. et al. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*, 2010; 110(4):789-96.
- Camargo, M. Z. et al. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. *Lasers Med Sci*, 2012; 27(5):1051-58.
- Chavantes, M. C.; Jatene, A. D. Aplicação do laser na área cardiovascular. *Arq. Bras. Cardiol*, 1990; 54:63-68.
- Coombes, J.S.; McNaughton, L.R. Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2000; 40(3):240-46.
- Crewther, B. et al. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports Med*, 2006; 36(3):215-38.
- Enwemeka, C. S. Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. *Photomed Laser Surg*, 2009; 27(3):387-93.
- Ernesto, C. et al. Ácido láctico: fato ou ficção? *Revista Digital Vida & Saúde*, 2003; 02:10
- Ferraresi et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci.*, 2011; 26(3):349-358
- Fleck, S. J.; Kraemer, W. J. **Designing resistance training programs**. 4 ed. Champaign, IL. Human Kinetics, 2014.
- Franchini, E. et al. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J Sports Med Phys Fitness*, 2003; 43(4):424-31.
- Frare, J. C.; Nicolau, R. A. Análise clínica do efeito da fotobiomodulação laser (GaAs -904 nm) sobre a disfunção temporomandibular. *Rev Bras Fisioter*, 2008; 12(1): 37-42.
- Henriques, A. C. G. A laserterapia na odontologia: propriedades, indicações e aspectos atuais. *Odontologia Clín. Científ*, 2008; 7(3):197-200.
- Huang, Y. Y. et al. Biphasic dose response in low level light therapy – An update. *Dose Response*, 2011; 9(4):602-18.
- Juel, C. et al. Effect of high-intensity intermittent training on lactate and H⁺ release from human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 2004; 286(2):E245-51.
- Kakihata, M. et al. Influência do laser de baixa potência no salto vertical em indivíduos sedentários. *Einstein*, 2015; 13(1):41-46.
- Karu, T. et al. Changes in absorbance of monolayer of living cells induced by laser radiation at 633, 670, and 820 nm. *Journal of Quantum Electronics*, 2001; 7(6):982-88.

- Kelley, K. M. et al. Lactate metabolism in resting and contracting canine skeletal muscle with elevated lactate concentration. *J Appl Physiol* (1985), 2002; 93(3):865-72.
- Kitchen, S.S.; Bazin, S. **Eletroterapia de Clayton**. 10^a ed. São Paulo: Manole. 350p., 1998.
- Leal Jr. E. C. et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci*, 2009a; 24(3):857-63.
- Leal Jr. E. C. 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 Surg Med*, 2009b; 41(8):572-77.
- Leal Jr. et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy (LLLT) on exercise induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg*, 2008; 26:419-24.
- Lopes-Martins, R. A. et al. Effect of lowlevel laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol* (1985), 2006; 101(1):283-88.
- Low, L.; Reed, A. **Eletroterapia explicada: princípios e prática**. 3^a ed. Barueri: Manole. 484p., 2001.
- Martin, N. A. et al. The comparative effects of sports massage, active recovery, and rest in promoting blood lactate clearance after supramaximal leg exercise. *J Athl Train*, 1998; 33(1):30-35.
- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. **Fisiologia do Exercício, Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. 4^a ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 1998.
- McCaw, S. T.; Melrose, D. R. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. *Med Sci Sports Exerc*, 1999; 31(3):428-36.
- Merletti, R.; Lo Conte, R. L. Surface EMG Signal Processing During Isometric Contractions. *J Eletromyogr Kinesiol*. 1997; 7:241-50.
- Neves, M F. et al. **Efeito imediato do laser de baixa intensidade sobre o músculo espástico fadigado: estudo de caso**. Em XXIV CBEB – Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, p. 1337-40, 2014.
- Paolillo, F. R. et al. Effect of infrared-led illumination applied during high-intensity treadmill training in post-menopausal women. *Photomed Laser Surg*, 2011; 29(9):639-45.
- Pereira, B.; Souza Jr., T. P. **Metabolismo celular e exercício físico. Aspectos bioquímicos e nutricionais**. São Paulo: Editora Phorte, 2004.
- Rahimi, R. et al. Acute IGF-1, cortisol and creatine kinase responses to very short rest intervals between sets during resistance exercise to failure in men. *World Appl Sci J*, 2010; 8(10):1287-93.
- Robergs, R. **Exercise physiology, exercise, performance, and clinical applications**. WBC: McGraw-Hill, p.546-63, 2004.
- Roberts, D.; Smith, D. Biochemical aspects of peripheral muscle fatigue - a review. *Sports Med*, 1989; 7(2):125-38.

- Schawlow, A.L. Principles of lasers. *J. Clin. Laser Med.Surg*, 1995; 13(3):127-30.
- Sulewski, J. G. Historicalsurveyof laser dentistry. *Dent Clin North Am*, 2000; 44(4):717-52.
- Tabata, I. et al. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 1997;29(3):390-95.