

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DE PORTO ALEGRE – UFCSPA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA  
REABILITAÇÃO

Andressa Machado Moreira

**EFEITO DA INTERVENÇÃO AGUDA DA  
TERAPIA COM DIODO EMISSOR DE LUZ  
(LEDT - *LIGHT EMITTING DIODES*  
*THERAPY*) NA FUNÇÃO MUSCULAR E NA  
OXIGENAÇÃO TECIDUAL DO MÚSCULO  
QUADRÍCEPS DE INDIVÍDUOS DE MEIA  
IDADE**

Universidade Federal de Ciências da Saúde  
de Porto Alegre

Porto Alegre

2015

Andressa Machado Moreira

**Efeito da Intervenção Aguda da Terapia com Diodo Emissor de Luz (LEDT - *Light Emitting Diodes Therapy*) na Função Muscular e na Oxigenação Tecidual do Músculo Quadríceps de Indivíduos de Meia Idade**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Orientador: Dr. Pedro Dal Lago  
Co-orientador: Dr. Marlus Karsten

Porto Alegre  
2015

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus queridos pais, que sempre orientaram seus filhos ao estudo, acreditando que este seria o maior bem que nos deixariam.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente à Deus, por sempre guiar meu caminho.

Agradeço aos meus pais, Joel e Magda e aos meus irmãos, Anderson e Lauren, pela compreensão na ausência, pelo apoio constante e por sempre acreditar que este era o caminho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Dal Lago, que aceitou que eu participasse do seu grupo de pesquisa e mais tarde aceitou ser meu orientador, acreditando em mim, mesmo quando eu não acreditei.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Marlus Karsten, pela disponibilidade, pelos ensinamentos, pela paciência.

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram para que este trabalho fosse possível, à colega Me. Cíntia Laura Araújo Pereira, que foi incansável no aprendizado conjunto, nos momentos da coleta, nos momentos de análise dos dados e, além disso, por toda a sua generosidade e disponibilidade. Também agradeço à colega Dr. Viviane Elsner, por toda sua generosidade e troca de conhecimentos e à Dr. Anelize Sonza pelas valiosas colaborações finais.

À amiga e colega, Janaína Ferreira, pelo incentivo, por me apresentar ao grupo GPIC e pelas colaborações finais.

À aluna de iniciação científica, Betina Foscarini, que não mediu esforços para estar presente durante as coletas.

E não poderia faltar o agradecimento às minhas colegas de trabalho, Tatiana Rondinel, Camila Cargnin, Vanessa Bernardes e mais uma vez, Cíntia Laura. Sem vocês o mestrado não seria possível.

Finalmente, agradeço às amigas Angela Righi, Camila Priesnitz e Daniela Jahn, pelo apoio incondicional.

## RESUMO

### EFEITO DA INTERVENÇÃO AGUDA COM LEDT (LIGHT EMITTING DIODES THERAPY) NA FUNÇÃO MUSCULAR E NA OXIGENAÇÃO TECIDUAL DO MÚSCULO QUADRÍCEPS DE INDIVÍDUOS DE MEIA IDADE

**Introdução:** A fototerapia tem sido considerada uma importante estratégia para reduzir a fadiga muscular em indivíduos saudáveis através de equipamentos emissores da *Light Emitting Diodes Therapy* (LEDT). Estudos demonstraram que além de ser eficiente na redução da fadiga muscular, o LEDT pode atenuar a perda de força muscular após exercício intenso, diminuir os marcadores sanguíneos de lactato, creatina kinase, entre outros. **Objetivos:** Estudar o efeito da LEDT na função muscular e na oxigenação tecidual dos membros inferiores de indivíduos saudáveis. **Métodos:** 15 indivíduos saudáveis, sedentários, com média de idade  $50,4 \pm 8,4$  anos foram incluídos neste estudo clínico aleatorizado duplo-cego, placebo-controlado. Estes realizaram 2 sessões de um teste de fadiga muscular em um dinamômetro isocinético conjuntamente à avaliação da oxigenação tecidual por um espectrofotômetro de forma contínua. O protocolo avaliou o tempo de fadiga em três momentos (resistência isométrica) e os respectivos picos de torque após a aplicação da fototerapia ou placebo no quadríceps da coxa dominante. A contração voluntária máxima foi realizada antes (CVM-PRÉ) e depois (CVM-PÓS) do protocolo de fadiga. O tratamento com LEDT teve uma única aplicação com os seguintes parâmetros: manta de LEDT com 50 diodos distribuídos em uma área de  $612 \text{ cm}^2$ , comprimento de onda de 850 nm, potência de  $0,25 \text{ W/cm}^2$ , tempo de tratamento de 60 segundos, total de energia irradiada de 150 J aplicados diretamente sobre a pele. Foram analisados as CVM's, tempo de resistência isométrica (RI) e o índice de saturação tecidual durante a contração muscular isométrica após a intervenção. As comparações foram realizadas através da ANOVA de duas vias com post hoc de LSD ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** Não houve efeito da terapia com LEDT sobre a fadiga, contudo observou-se efeito nos diferentes tempos de realização do teste em ambos os grupos. Os resultados provenientes do espectrofotômetro não apresentaram diferença estatisticamente significativa. **Conclusão:** Os resultados obtidos sugerem que os parâmetros do protocolo utilizados não foram capazes de produzir efeito agudo sobre as funções musculares e oxigenação tecidual local. Futuramente mais estudos deverão ser realizados a fim continuar elucidando os parâmetros ideais na prevenção da queda de função muscular após exercício extenuante bem como pesquisar populações diferentes, ou seja, não saudáveis, no intuito de observar os efeitos da terapia com LEDT sobre a fadiga muscular.

**Palavras-chave:** LEDT; Fototerapia; Função Muscular; Fadiga, Oxigenação Tecidual

## ABSTRACT

### ACUTE EFFECTS OF LEDT (Light Emitting Diodes THERAPY) INTERVENTION ON QUADRICEPS MUSCLE FUNCTION AND TISSUE OXYGENATION IN HEALTHY SUBJECTS

**Introduction:** The low-intensity phototherapy has been considered an important strategy to reduce muscle fatigue in healthy individuals through Light Emitting Diodes Therapy (LEDT) emission equipment. Studies have shown that in addition to being effective in reducing muscle fatigue, LEDT can also mitigate the loss of muscle strength after intense exercise, lower blood lactate markers, creatine kinase, among others. **Objectives:** To study the effect of LEDT on lower limbs muscle function and tissue oxygenation in healthy subjects. **Methods:** 15 healthy participants, mean age of  $50.4 \pm 8.4$  years old, sedentary, were enrolled in this clinical double-blind, randomized, placebo-controlled study. They performed two sessions of a muscle fatigue protocol on an isokinetic dynamometer simultaneously to the continuous assessment of tissue oxygenation by a spectrophotometer. The protocol evaluated the time of fatigue at three different periods (isometric endurance) and its peak torque after application of phototherapy or placebo in the quadriceps of the dominant thigh. The maximum voluntary contraction was performed before (MVC-PRE) and after (MVC-POST) the fatigue protocol. Treatment with a single LEDT application had the following parameters: 50 LEDT mantle lamps distributed in an area of  $612\text{cm}^2$ , wavelength  $850\text{nm}$ , power of  $0.25\text{W}/\text{cm}^2$ , 60 seconds treatment time, total radiated energy of  $150\text{J}$  applied directly to the skin. The CVM's, isometric endurance time (IE) and the tissue saturation index for IR were analyzed after the intervention. Comparisons were performed by two-way ANOVA with post hoc LSD ( $p < 0.05$ ). **Results:** There was no effect of therapy LEDT on fatigue, however we observed effects in the different times of the test in both groups. The data from the spectrophotometer showed no significant results. **Conclusion:** The results suggest that the parameters were not able to produce acute effect on muscle function and local tissue oxygenation. Future studies should be conducted in order to continue elucidating the optimal parameters in the prevention of muscle function loss after strenuous exercise and so, it is necessary to study different populations, not only healthy subjects, in order to observe the effects of therapy with LEDT on muscle fatigue.

**Keywords:** LEDT; Phototherapy; Muscle function; Muscle Fatigue; Tissue Oxygenation,

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura A</b> – Representação típica de um sensor da extremidade da fibra óptica da NIRS .....	26
<b>Figura 1</b> – Parâmetros utilizados no protocolo de estudo .....	59
<b>Figura 2</b> – Manta de LEDT .....	60
<b>Figura 3</b> – Desenho do protocolo do estudo.....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Caracterização da amostra .....	62
<b>Tabela 2</b> – Desempenho muscular mensurado por dinamometria isocinética .....	63
<b>Tabela 3</b> – Valores médios da regressão linear para o TSI durante as fadigas e as recuperações .....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – análise de variância (Analysis of Variance)

ATP – Trifosfato de Adenosina

Ca<sup>2+</sup> - íon Cálcio

Citaa<sub>3</sub> – citocromo oxidase mitocondrial

CO<sub>2</sub> – dióxido de carbono

DPF – diferencial de PF (optical pathlength)

DPOC – doença pulmonar obstrutiva crônica

EMG – sinal eletromiográfico

H<sup>+</sup> - íon hidrogênio

Hb – hemoglobina

HHb – deoxihemoglobina

IV – infravermelho

LASER - Amplificação de luz por emissão estimulada de radiação (Light amplification by stimulated emission of radiation)

LBP - Laser de baixa potência

LED - Diodo emissor de luz (Light emitting diode)

LEDT - Terapia por diodo emissor de luz (*Light emitting diode therapy*)

LLLT - Terapia por laser de baixa potência (Low level laser therapy)

Mb – mioglobina

NIRS – espectroscopia no infravermelho próximo (near infrared spectroscopy)

O<sub>2</sub> – oxigênio

O<sub>2</sub>Hb – oxiemoglobina

PCR – fosfocreatina

Pi - fosfato inorgânico

RS – retículo sarcoplasmático

SNC – sistema nervoso central

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
<b>2.1 FADIGA</b> .....	14
2.1.1 Fadiga Central .....	15
2.1.2 Fadiga Periférica.....	16
2.1.3 Teoria do Governo Central .....	18
<b>2.2 FOTOTERAPIA</b> .....	19
2.2.1 Princípios Físicos.....	20
2.2.2 Classificação dos Emissores de LASER Segundo a Potência .....	20
2.2.3 Parâmetros de Tratamento .....	21
2.2.4 Evidências da Fototerapia na Função Muscular .....	24
<b>2.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY – NIRS)</b> .....	25
2.3.1 Conceito.....	25
2.3.2 Princípios técnicos .....	25
2.3.3 Parâmetros medidos pela NIRS.....	26
<b>2.4 DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA</b> .....	27
<b>3 REFERÊNCIAS</b> .....	29
<b>4 ARTIGO</b> .....	37
<b>5 CONCLUSÃO GERAL</b> .....	66
<b>ANEXOS</b> .....	67
<b>ANEXO I PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b> .....	68
<b>ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	70
<b>ANEXO III – Normas de formatação da Revista Brasileira de Fisioterapia</b> .....	72

# 1 INTRODUÇÃO

A fadiga muscular trata-se de um dos principais assuntos investigados na área da fisiologia do exercício, entretanto os mecanismos precisos relacionados à sua etiologia não se encontram plenamente elucidados (DAVIS, 1995; ASCENSÃO, 2003; T NOAKES, 2005; POWERS, 2009). Ela é denominada como a incapacidade do sistema neuromuscular em produzir e manter determinado nível de força ou potência muscular em um determinado período de tempo durante a realização do exercício (ENOKA & STUART, 1992). A fadiga muscular durante o exercício pode ter origem central (onde as causas encontram-se nas regiões corticais e sub-corticais do sistema nervoso central) bem como origem periférica (no sistema musculoesquelético) (ASCENSÃO, 2003). Mais recentemente surgiu a teoria do governo central, sugerida por Noakes (2005). Segundo este pesquisador, as alterações fisiológicas e biomecânicas que ocorrem na fadiga são controladas por um complexo sistema de integração. Sendo assim, as modificações nas intensidades dos exercícios ocorrem em resposta às variações metabólicas oriundas de dados como condições do ambiente e do estado físico do praticante.

Na última década, pesquisadores vem investigando o papel que a fototerapia, particularmente o LED (Light Emitting Diodes) e o LASER (Light amplification by stimulated emission of radiation), pode ter na prevenção da fadiga muscular periférica bem como na melhora da performance muscular. Estes estudos vêm acontecendo tanto na área experimental como na área clínica. Lopes-Martins et al (2006) concluíram que o LLLT, em doses de 0,5 e 1,0 J/cm<sup>2</sup> pode prevenir o desenvolvimento de fadiga muscular em ratos durante contrações tetânicas. Em 2008, Leal-Junior et al encontram melhora no desempenho muscular de atletas jovens após protocolo de fadiga em membros superiores com aplicação de LLLT (655 nm). Daí em diante surgiu uma série de estudos verificando que o LLLT foi capaz de diminuir os níveis Creatina Kinase (CK), acelerar a remoção de lactato sanguíneo e inibir a liberação da proteína c-reativa pós exercício (LEAL-JUNIOR et al., 2009b, LEAL-JUNIOR et al., 2009c, LEAL-JUNIOR et al., 2010) e também foi efetivo em atenuar o aumento de proteínas musculares séricas e a diminuição da força após um protocolo de exercícios com contrações do tipo excêntrica (BARONI et al., 2010a). Quando associado a um treino de força, verificou-se também que o LLLT pode aumentar a performance muscular

quando comparado à somente treino de força (FERRARESI et al., 2011). Esses mesmos pesquisadores (LEAL-JUNIOR et al., 2009a; LEAL-JUNIOR et al., 2009d; BARONI et al., 2010b) encontraram evidências semelhantes para o LEDT, como diminuição dos níveis de CK pós-exercício, diminuição dos níveis de lactato sanguíneo, diminuição da liberação de CK e proteína c-reativa bem como atraso no desenvolvimento da fadiga de membros superiores e membros inferiores de indivíduos saudáveis.

Alguns estudos (LEAL JUNIOR et al., 2009a; LEAL JUNIOR et al., 2009c; BARONI et al., 2010b; BORGES et al., 2014; MIRANDA et al., 2014) sugerem que o LED, apresentam efeitos terapêuticos sobre a função muscular, mais precisamente na redução da fadiga muscular bem como no tratamento de injúrias musculares (LEAL-JUNIOR et al., 2013). Na terapia baseada no LED, segundo esses estudos, a área irradiada é maior e a emissão de luz possui duplo comprimento de onda, embora o feixe de luz se apresente de maneira não coerente (FERRARESI et al., 2012). Tais evidências reforçam a premissa de que o potencial terapêutico desta modalidade não depende unicamente da fonte geradora de energia, mas sim da aplicação de parâmetros de tratamento adequados (ENWEMEKA, 2005).

A laserterapia de baixa frequência também apresentou evidências (BARONI et al., 2010a; FERRARESI et al., 2011; VIEIRA et al., 2012; TOMA et al., 2013) relacionadas a diminuição da fadiga muscular, aumento da força muscular quando associado ao treino de força. Também parece melhorar a resposta hipertrófica e ganho de força em um treinamento excêntrico, quando comparado ao grupo placebo (BARONI et al., 2015).

Entretanto, os parâmetros ideais de aplicação da terapia por diodo emissor de luz (LEDT), e da fototerapia como um todo, na prevenção e na já esperada diminuição do rendimento da função muscular após a realização de um exercício de alta intensidade ainda não são bem conhecidos. Salienta-se também que os estudos na área têm se focado principalmente em atletas e indivíduos saudáveis jovens. Sendo assim, nos questionamos se uma maior área de aplicação sobre a musculatura investigada em indivíduos de meia-idade teria uma melhor resposta na atenuação da fadiga. Também gostaríamos de verificar, pela primeira vez, qual o papel da LEDT quando aplicada de forma aguda, na saturação de oxigênio tecidual local.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho foi verificar se o LEDT aplicado sobre o músculo quadríceps poderia diminuir a fadiga e aumentar a oxigenação muscular em adultos saudáveis de meia idade.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar se o LEDT melhora o tempo de resistência isométrica do quadríceps femoral em um teste submáximo de fadiga;
- Verificar se o LEDT atenua a queda do pico de torque após o teste de fadiga;
- Verificar se o LEDT melhora o índice de oxigenação do tecido muscular do quadríceps femoral durante o teste de fadiga.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 FADIGA

Fadiga muscular é conceituada como a incapacidade do músculo esquelético em produzir e manter um determinado nível de força ou potência muscular em um determinado período de tempo durante a realização do exercício (ENOKA & STUART, 1992). Também podem ser consideradas manifestações de fadiga o declínio da força muscular gerada durante e após o exercício submáximo e máximo, a incapacidade de manter uma determinada intensidade de exercício no tempo, a diminuição da velocidade de contração e o aumento do tempo de relaxamento muscular. São reportadas ainda alterações de alguns parâmetros eletromiográficos (EMG) durante contrações musculares isométricas, isotônicas, máximas e submáximas, bem como variações das concentrações intra e extracelulares de alguns metabólitos e íons (MCKENNA, 1992; NEWSHOLME et al., 1992; ALLEN et al., 1995; BANGSBO et al., 1996; DAVIS, 1997; J, 1997; ASCENSÃO, 2003).

As causas da fadiga muscular durante o exercício são abordadas na literatura como tendo origem central ou periférica. A fadiga de origem central caracteriza-se como uma degradação progressiva da ativação muscular voluntária induzida pelo exercício englobando todos os fenômenos fisiológicos supra-espinhais capazes de induzir uma diminuição na excitação de motoneurônios (BOYAS & GUEVEL, 2011) já na fadiga de origem periférica, parece haver um decréscimo na força contrátil das fibras musculares junto a uma alteração nos mecanismos subjacentes à transmissão dos potencial de ação muscular (estes fenômenos ocorrem nas terminações nervosas e na junção neuromuscular (BOYAS & GUEVEL, 2011). Sendo assim, estas são variáveis e comumente específicas para o tipo de atividade física. Ainda existe uma teoria alternativa que busca as causas da fadiga, denominada de “Teoria do governo central”, onde as causas da fadiga estariam relacionadas às condições físicas do indivíduo bem como às condições do ambiente externo onde se encontra (T NOAKES, 2005).

### 2.1.1 Fadiga Central

A fadiga de origem central traduz-se numa falha voluntária ou involuntária na condução do impulso que promove uma redução do número de unidades motoras ativas e uma diminuição da frequência de disparo dos motoneurônios (ASCENSÃO, 2003). Entretanto, existem evidências tanto a favor (DAVIS, 1997; GANDEVIA, 2001; ASCENSÃO, 2003) como contra (MERTON, 1954) o conceito de “fadiga central”. Estudos clássicos (MERTON, 1954) não demonstraram diferença na produção de tensão quando uma contração máxima voluntária foi comparada a uma contração máxima estimulada eletricamente. Este estudo demonstrou que após o músculo estar fatigado por contrações voluntárias, a tensão não pode ser restaurada pela estimulação elétrica, sugerindo que o SNC não estava limitando o desempenho muscular e, portanto, a “periferia” seria o local da fadiga.

Entretanto, estudos mais recentes sugerem a existência de um feedback sensorial que inibe a taxa de descarga dos motoneurônios durante a fadiga, justificando a importância dos mecanismos centrais na manutenção de um determinado nível de força (DAVIS, 1997; GANDEVIA, 2001; ASCENSÃO, 2003). Esta inibição pode resultar de um mecanismo de feedback reflexo proveniente dos fusos neuromusculares e/ou dos órgãos tendinosos de Golgi, ou das terminações nervosas do tipo III e IV, que parecem ser sensíveis ao acúmulo de certos metabólitos a nível muscular durante o exercício (DAVIS, 1997; GANDEVIA, 2001). Segundo estudo de Garland & Kaufman (1995) as contrações musculares fatigantes em seres humanos são acompanhadas por uma queda no ritmo de descarga dos motoneurônios alfa. Esta associação entre o ritmo de descarga dos motoneurônios alfa e a geração de força pelo músculo esquelético foi denominada “sabedoria muscular”, admitindo-se que isto serviria para garantir que, durante a fadiga, o impulso neural central para os músculos esqueléticos seja equivalente ao que é necessário para gerar a força indispensável.

Há duas décadas foram realizados estudos que utilizaram estimulação magnética transcraniana, estes estudos forneceram evidências sobre o papel dos mecanismos do SNC na fadiga, essencialmente na diminuição da atividade cortical, na condução corticoespinhal do impulso nervoso, assim como na ativação de áreas cerebrais condizentes com uma maior produção de dopamina (DAVIS, 1997; TAYLOR et al., 2000; GANDEVIA, 2001). A dopamina, junto com a noradrenalina e a adrenalina,

é um tipo de catecolamina que atua como um neurotransmissor do SNC. Com relação à fadiga, este neurotransmissor está relacionado tanto com a inibição de uma determinada parte da sua produção, quanto no metabolismo da serotonina, tendo como consequência, o atraso no tempo de aparecimento da fadiga de origem central (MATOS, 2013).

Outras evidências (DAVIS, 1997; GANDEVIA, 2001; STRUDER et al., 2001; DAVIS et al., 2003) sugerem que a variação na síntese e liberação cerebral de outros neurotransmissores, geralmente associados a estados/fatores psicológicos podem ter influência na relação entre tempo de exercício até a exaustão.

### **2.1.2 Fadiga Periférica**

Ainda que existam controvérsias quanto à origem da fadiga, a maior parte dos estudos que é no sistema muscular periférico que fatores neurais, mecânicos ou energéticos podem comprometer o desenvolvimento de tensão muscular (POWERS, 2009).

A fadiga de origem periférica pode ser definida como o decréscimo no desempenho do músculo na atividade física, podendo ocorrer nas estruturas musculares contráteis. As causas podem ser citadas como depleção energética (redução de fosfocreatina e glicogênio), diminuição da liberação de  $Ca^{2+}$  pelo retículo sarcoplasmático (RS) e/ou incremento na concentração de lactato concomitante à queda de pH (ASCENSÃO, 2003; MATOS, 2013).

Segundo Sahlin e colaboradores (SAHLIN et al., 1998), a energia produzida com a utilização da fosfocreatina (PCR) é muito reduzida e limitada pela quantidade de PCR intramuscular. Estes autores ainda relatam que um dos maiores fatores causadores da fadiga em atividade de alta intensidade é o acúmulo de fosfato inorgânico (Pi) das reações químicas para ressintetizar o ATP. Entretanto, a relação causa-efeito entre a diminuição das concentrações de ATP e PCR musculares e a diminuição da força não é evidente, devido à falta de coincidência temporal entre, por exemplo, a ressíntese destes substratos e a recuperação da força (ROBERTS & SMITH, 1989; SAHLIN et al., 1998; ASCENSÃO, 2003; KENT-BRAUN, 2012). A quantidade de glicogênio muscular também pode interferir na ação muscular causando fadiga de origem periférica, quando há grande diminuição dos estoques de

glicogênio muscular durante as atividades de alta intensidade (MATOS, 2013). Outro estudo verificou que baixos níveis de glicogênio levam a alterações na relação excitação-contração, induzindo a fadiga (CHIN et al., 1997).

O efeito do suprimento da creatina fosfato nos processos de regulação do íon  $\text{Ca}^{2+}$  pelo retículo sarcoplasmático (RS) também tem sido estudado como um dos fatores responsáveis pela diminuição da capacidade de gerar força (DUKE & STEELE, 1999). A diminuição da liberação do  $\text{Ca}^{2+}$  pelo RS com conseqüente decréscimo na concentração intracelular e mioplasmática deste íon é, provavelmente um dos mecanismos intracelulares menos contestados pela literatura responsáveis pela fadiga. O RS tem como papel principal liberar e recaptar  $\text{Ca}^{2+}$  durante os sucessivos ciclos de contração-relaxamento, regulando assim os níveis de ativação do aparelho contrátil. Portanto, devido ao fato da funcionalidade do RS estar claramente associada tanto com os processos de contração, como os de relaxamento, alterações na capacidade de liberação/captação de  $\text{Ca}^{2+}$  são apontadas como fatores determinantes para o desenvolvimento de tensão pelas fibras musculares. Sendo assim, estas alterações nas propriedades funcionais do RS podem influenciar diretamente na fadiga muscular (WILLIAMS & KLUG, 1995; ORTENBLAD et al., 2000).

Outro fator geralmente discutido como agente causador da fadiga é a acidose metabólica induzida pelo exercício (especialmente a resultante de exercício de alta intensidade e curta duração) (ASCENSÃO, 2003). Devido a rápida dissociação do ácido láctico, ocorre um aumento das concentrações do íon hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) com conseqüente diminuição do pH, tornando o meio mais ácido. Contudo, apesar da fadiga ser muitas vezes associada ao decréscimo do pH, a literatura é controversa em relação a associação direta entre a diminuição do pH intracelular e a diminuição da força muscular, assim como da influência dos íons lactato e  $\text{H}^+$  por si na fadiga muscular (ROBERTS & SMITH, 1989; ASCENSÃO, 2003).

O acúmulo de lactato se deve ao fato de que atividades de alta intensidade, por períodos maiores de tempo, produzem piruvato (produto da degradação da glicose) de uma forma mais rápida do que as mitocôndrias conseguem utilizá-lo. Assim, nas contrações rápidas que não podem ser suportadas energeticamente pela glicólise e glicogenólise, são produzidas duas moléculas de ácido láctico extra por glicose consumida (SHULMAN, 2005). Segundo Posterino et al (POSTERINO et al., 2001) o

ácido láctico acumulado na porção intracelular, por si só, não é um fator determinante da fadiga muscular e as concentrações elevadas desse ácido não se relacionam com a diminuição na liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  do retículo sarcoplasmático durante a contração muscular. Os resultados das pesquisas realizadas por estes autores não indicam que exista uma correlação entre o acúmulo de lactato no músculo esquelético em atividades intensas com fadiga muscular. Também não existe comprovação bioquímica que demonstre que a produção de lactato cause acidose, sendo que o que ocorre durante atividades intensas, é o aumento da liberação de prótons, que irão causar a acidose (ROBERGS et al., 2004).

A acidose metabólica irá ocorrer no momento em que há um desequilíbrio na produção de  $\text{H}^+$  e a capacidade do corpo em tamponá-lo ou removê-lo. Esta acidose não está relacionada apenas a menor liberação de cálcio pelo RS observada em fibras musculares fatigadas, porém a diminuição da liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  pode estar relacionada a menores potenciais de ação na fibra muscular (BALOG & FITTS, 2001).

### **2.1.3 Teoria do Governo Central**

Essa é uma teoria alternativa, sugerida por Noakes (T NOAKES, 2005) devido à falta de evidências consistentes que representem a falência de qualquer dos principais sistemas/órgãos na exaustão de atletas saudáveis durante o exercício. Portanto, o exercício acaba antes de qualquer evidência de falha em qualquer sistema fisiológico, indo ao encontro das teorias previstas no modelo linear de fadiga relacionada às incapacidades dos sistemas fisiológicos. Segundo essa teoria, as alterações fisiológicas e biomecânicas ocorrem por meio de um complexo sistema de integração ao qual estão relacionados por feedbacks como condições físicas e meio onde o indivíduo se encontra. Sendo assim, modificações nas intensidades dos exercícios ocorrem em respostas às variações metabólicas oriundas de dados como condições do ambiente externo e do estado físico do praticante.

Portanto, o conceito de fadiga no modelo de Governo Central pode ser definido como uma percepção sensorial oriunda de complexas interações entre fatores fisiológicos, bioquímicos e metabólicos periféricos, que podem ou não se relacionar com mudanças na capacidade de gerar força muscular (ST CLAIR GIBSON & NOAKES, 2004; T NOAKES, 2005). Estes autores também relatam que a fadiga é um

sintoma limitador ou modulador de quão intenso está o exercício e não um estado físico, a função do governo central é integrar e otimizar o desempenho a fim de evitar falhas durante ou após o exercício. É importante ressaltar que esta teoria é aplicada a exercícios de média-longa duração, não explicando a fadiga em atividades de alta intensidade e curta duração.

## **2.2 FOTOTERAPIA**

Fototerapia é o termo comum e mais adequado de reconhecimento para fontes de luz monocromática ou polarizada e envolve o uso terapêutico da luz para o tratamento de várias condições patológicas assim como desordens músculo esqueléticas (ENWEMEKA, 2005; BORSA et al., 2013). Portanto, recomenda-se que os termos "terapia de luz" ou "fototerapia" sejam usados para descrever as intervenções não invasivas, a partir de luz terapêutica, como por exemplo, situações envolvendo irradiação cutânea e subcutânea para o reparo tecidual, acupuntura baseada em luz, e irradiação transcutânea para alívio da dor (ENWEMEKA, 2005). A fonte de luz monocromática mais antiga, tendo mais estudos científicos e com aplicações clínicas é o LASER (light amplification by stimulation emission of radiation), entretanto, outras fontes luminosas como o LED (light emitting diode) vem sendo desenvolvidas e estudadas (BARONI et al., 2010b).

Na literatura parece claro que os efeitos terapêuticos atribuídos a luz monocromática relacionam-se mais ao comprimento de onda, densidade de energia (ou fluência), densidade de potência, tipo de lesão e ao espectro de absorção dos fotorreceptores do que à fonte de luz (LASER, LED, ou outra fonte) (ENWEMEKA, 2005; HUANG et al., 2011; BORSA et al., 2013; LEAL-JUNIOR et al., 2013). Em outras palavras, a fonte não tem que ser um LASER, para produzir um efeito terapêutico, e sim uma fonte com doses adequadas de luz no comprimento de onda de 600-1000 nm, como os estudos recentes tem demonstrado (ENWEMEKA, 2005). Atualmente as fontes provenientes de diodos emissores de luz, cuja faixa de emissão encontra-se em uma grande região do espectro infravermelho (670-950 nm) vêm sendo utilizados e testados. A principal razão para a utilização das fontes de luz nesse espectro de infravermelho e infravermelho próximo é o fato de que a absorção e dispersão da luz nos tecidos é muito mais alta na região azul do espectro do que a vermelha, devido aos cromóforos principais (hemoglobina e melanina). Sendo assim, estes não absorvem luz na faixa espectral do infravermelho e infravermelho próximo podendo

esta penetrar profundamente nos tecidos vivos (VLADIMIROV et al., 2004; HUANG et al., 2009).

### **2.2.1 Princípios Físicos**

Sendo fototerapia o termo mais adequado, quando se fala em terapia através de luz (ENWEMEKA, 2005), esta revisão será baseada nos princípios físicos descritos para o LASER.

O LASER proporciona uma forma de emissão de radiação luminosa de características especiais onde a energia externa (elétrica, ótica, química) se transforma em energia luminosa. Portanto, trata-se de um complexo de ondas eletromagnéticas que apresentam características ou propriedades precisas:

2.2.1.1 Monocromaticidade – A luz produzida por um LASER é de cor única, portanto os fótons emitidos pela fonte emissora de luz se propagam no espaço com um mesmo comprimento de onda e, conseqüentemente, em uma mesma frequência (BAXTER, 1997; BARONI, 2010). Esta característica (comprimento de onda) é a considerada mais importante na fototerapia, já que determina quais biomoléculas absorverão a radiação incidente e por fim, a interação fotobiológica e seus efeitos terapêuticos específicos (BAXTER, 1997; LOW, 2001; BARONI, 2010).

2.2.1.2 Coerência – A luz emitida pelo LASER também apresenta a mesma fase, de modo que junto à colimação e a Monocromaticidade, as depressões e picos das ondas de luz emitidas se combinam perfeitamente no tempo e no espaço (BAXTER, 1997).

2.2.1.3 Polarização – no LASER, os feixes são paralelos, sem divergência e com elevada colimação, permitindo assim, seu direcionamento para um ponto determinado com mínima dispersão, possibilitando o foco em diâmetros muito pequenos sem perda da intensidade conforme sua distância (LOW, 2001).

### **2.2.2 Classificação dos Emissores de LASER Segundo a Potência**

Dentro da área médica, os LASERs são divididos como: LASER de alta potência (potência superior a 1 W) e LASER de baixa potência (potência inferior a 1 W). Os de alta potência são utilizados em cirurgias, devido ao seu efeito foto térmico

(cortes, carbonização, desnaturação de proteínas, entre outros) (CHAVANTES, 1990). Já os LASERs de baixa potência (denominados Low Level Laser Therapy – LLLT), também conhecidos como não-cirúrgicos são utilizados de forma terapêutica na aceleração ou regularização de processos fisiológicos através de efeitos atérmicos (BASFOR, 1995).

### **2.2.3 Parâmetros de Tratamento**

A dose terapêutica é reportada como a maior influência na cura tecidual e no desfecho clínico (BJORDAL & BAXTER, 2006; ENWEMEKA, 2009). Encontrar a dose terapêutica sem estimular pouco ou hiperestimular os tecidos alvo geralmente é o componente de maior dificuldade na prática clínica da fototerapia (BJORDAL & BAXTER, 2006). Pouco estímulo (dose baixa) produz nenhum ou mínimo efeito na função celular, estímulo moderado ou forte aumenta a função celular positivamente. Já um estímulo muito forte (overdosing) suprime ou inibe a função celular (HUANG et al., 2009).

Os principais parâmetros a serem controlados no tratamento com fototerapia são: (1) potência, (2) energia, (3) comprimento de onda, (4) densidade de potência, (5) densidade de energia, (6) área de irradiação, (7) modo de emissão (contínuo/pulsado), (8) método de aplicação (pontual/varredura).

2.2.3.1 Potência (Potência de Saída) – corresponde à quantidade de energia emitida em função do tempo (mensurada em Joule/segundo ou Watts). Pode ser apresentada também em mW (1 mW = 0,001 W). Normalmente é um parâmetro fixo e invariável nos aparelhos de LLLT (ENWEMEKA, 2009; HUANG et al., 2011).

$$\text{Potência (W)} = \text{Energia (J)} / \text{tempo (s)}$$

2.2.3.2 Energia (Dose) – é a quantidade de energia transferida ao tecido durante a aplicação da terapia e é um dos parâmetros que mais influência no sucesso do tratamento com LLLT. É expressa em Joules (J) (ENWEMEKA, 2009; HUANG et al., 2011).

$$\text{Energia (J)} = \text{Potência (W)} \times \text{tempo (s)}$$

A World Association for Laser Therapy (WALT) recomenda que estudos que envolvam seres humanos apresentem a dose utilizada em forma de energia por ponto

de aplicação (expressa em Joules) enquanto pesquisas com animais ou culturas celulares, a densidade de energia deve ser expressa em Joules por centímetro quadrado (J/cm<sup>2</sup>) (WORLD ASSOCIATION OF LASER, 2006).

2.2.3.3 Comprimento de onda – é um fator determinante para os efeitos fisiológicos produzidos pela LLLT. Devido a esta característica, determina quais os tipos de tecidos que irão absorver preferencialmente a radiação incidente, assim como a profundidade de penetração da mesma. Esta variável é expressa em nanômetros (nm) e difere entre duas fontes, conferindo-lhe características distintas. Quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência de vibração da partícula luminosa. Sendo assim, o comprimento de onda da luz terapêutica é um importante parâmetro e é determinante para os resultados do tratamento, devendo sempre ser especificado. Quando vários comprimentos de onda são utilizados (dispositivos multi diodo), detalhes da potência média de cada comprimento de onda da luz envolvida devem ser relatados (ENWEMEKA, 2009).

2.2.3.4 Densidade de potência (ou Intensidade, ou Irradiância) – é a potência por unidade de área do equipamento. Em outras palavras, é a potência de saída do equipamento por área de radiação efetiva do mesmo. É expressa em Watts por centímetro quadrado (W/cm<sup>2</sup>) ou miliwatts por centímetro quadrado (mW/cm<sup>2</sup>). Geralmente não ultrapassa 50 mW/cm<sup>2</sup> (ENWEMEKA, 2009; HUANG et al., 2011).

$$\text{Densidade de potência (W/cm}^2\text{)} = \text{Potência útil (W)} / \text{Área (cm}^2\text{)}$$

2.2.3.5 Densidade de energia (ou Fluência) – determina a quantidade total de energia transferida ao tecido pela área efetiva de radiação do equipamento. Este parâmetro é expresso em Joules por centímetro quadrado (J/cm<sup>2</sup>) (ENWEMEKA, 2009; HUANG et al., 2011).

$$\text{Densidade de energia (J/cm}^2\text{)} = [\text{Potência (W)} \times \text{tempo (s)}] / \text{Área (cm}^2\text{)}$$

2.2.3.6 Área de Irradiação – parâmetro expresso em centímetros quadrados (cm<sup>2</sup>) e corresponde à área de secção transversa do aplicador de fibra óptica, também conhecido como área de irradiação efetiva (quando utilizada a técnica de aplicação do equipamento em contato com a pele). O ângulo de incidência entre o equipamento e a superfície tecidual deve ser no mínimo, aproximadamente 90° (ENWEMEKA, 2009).

Os equipamentos empregados na terapia por LED (LEDT) possuem menor custo de fabricação e possuem maior área de irradiação do que os empregados na LLLT, pois possuem maior número de diodos que os de LASER (BORSA et al., 2013). A principal diferença entre as fontes de luz é que a energia luminosa gerada por fontes de LED aparentemente possui menor capacidade de manutenção da uniformidade do comprimento de onda dos fótons emitidos (ENWEMEKA, 2005).

As doses de foto estimulação ideais para a maioria dos tecidos humanos não são conhecidos, no entanto estudos realizados em laboratório (AMARAL et al., 2001; AIMBIRE et al., 2006; LOPES-MARTINS et al., 2006) permitiram perceber que os efeitos terapêuticos da fototerapia são dependentes da dose e operam dentro de uma janela terapêutica no tratamento de lesões músculo esqueléticas. Portanto, pode-se supor que exista uma dose-dependência no tratamento das mesmas condições patológicas nos seres humanos (BORSA et al., 2013). Pesquisadores realizaram uma revisão sistemática (BORSA et al., 2013) onde encontraram variação entre as doses de tratamento e os tipos de fonte emissora de luz nos estudos analisados. Houve uma tendência de dose mais elevada nos estudos que utilizaram um dispositivo de LED do que nos que utilizaram um diodo laser. Segundo aqueles pesquisadores, essa constatação faz sentido, já que a luz proveniente dos LEDs tem uma largura de banda maior, não coerente e é mais divergente da luz emitida a partir de diodos de laser. A fototerapia com LED resulta em maior reflexão e menos transmissão da luz através da pele quando gerada pelo LED. Portanto, uma dose mais elevada quando se utiliza terapia por LED pode compensar a reflexão e a divergência do feixe de luz.

Através de processos modulatórios (que na fototerapia são chamados de fotobiomodulação), acontecem mudanças nas funções bioquímicas e fisiológicas dos tecidos de uma maneira estimulatória ou inibitória influenciando assim a atividade celular (BORSA et al., 2013; LEAL-JUNIOR et al., 2013).

### 2.3.4 Evidências da Fototerapia na Função Muscular

O LLLT apresenta evidências (BARONI et al., 2010a; FERRARESI et al., 2011; VIEIRA et al., 2012; TOMA et al., 2013) relacionadas a diminuição da fadiga muscular, aumento da força muscular quando associado ao treino de força. Também parece melhorar a resposta hipertrófica e ganho de força em um treinamento excêntrico, quando comparado ao grupo controle (BARONI et al., 2015).

Entretanto, conforme relatado anteriormente, a fototerapia que contava com a terapia por LASER, passou a contar com outras fontes luminosas, como a terapia por LED (*Light Emitting Diodes*, ou diodos emissores de luz). Nos últimos anos, este tipo de terapia por luz vem sendo desenvolvida e suas propriedades terapêuticas testadas (LEAL JUNIOR et al., 2009c).

Vários pesquisadores (LEAL JUNIOR et al., 2009a; LEAL JUNIOR et al., 2009c; MIRANDA et al., 2014) sugerem que a LEDT apresenta efeitos terapêuticos bastante similares ao LASER, como retardar o desenvolvimento da fadiga periférica durante o exercício, diminuir os níveis de lactato sanguíneo pós-exercício e inibir a liberação de marcadores inflamatórios em indivíduos saudáveis, minimizar a fadiga muscular periférica e aumento do tempo da resistência isométrica em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), observando que nesta terapia a área irradiada é maior, onde a emissão de luz possui duplo comprimento de onda. Tais evidências reforçam a premissa de que o potencial terapêutico desta modalidade não depende unicamente da fonte geradora de energia, mas sim da aplicação de parâmetros de tratamento adequados (ENWEMEKA, 2005).

Leal Junior et al (2013) realizaram uma revisão sistemática com meta análise com ensaios clínicos randomizados realizados com fototerapia (LLLT e LED) e encontrou resultados consistentes e significativos a favor da fototerapia para os seguintes desfechos: tempo de contração até a exaustão, número de repetições, contração voluntária máxima pré e pós aplicação, pico de força e trabalho realizado. Estes resultados foram obtidos através de fontes geradoras de LASER ou LED com comprimentos de onda de 640, 655, 660, 808, 810, 830 e 850 nm, doses de 0,3 até 41,7 J por ponto ou local e potência de saída de 10 a 200 mW por spot (aplicador). Os achados mais importantes foram encontrados com potências de saída mais altas (100 mW a 200 mW) e doses entre 5 e 41,7 J por local irradiado.

A fototerapia sobre a função muscular é uma área de pesquisa que ainda precisa ser investigada pois os parâmetros ideais de aplicação ainda não são completamente conhecidos (LEAL JUNIOR et al., 2010; LEAL-JUNIOR et al., 2013).

### **2.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY – NIRS)**

No final da década de 1970, um grupo de pesquisadores (JOBSIS, 1977) reportou que os tecidos biológicos possuíam relativamente uma boa transparência para o espectro de luz na faixa próxima ao infravermelho (IV) (700-1300 nm). Nesta região, a hemoglobina [que possui dois componentes principais oxiemoglobina (O<sub>2</sub>Hb) e deoxihemoglobina (HHb)] mostra-se oxigênio-dependente na absorção da luz nesse comprimento de onda. Esse estudo é considerado pioneiro no uso da espectroscopia no IV-próximo na avaliação da oxigenação e metabolismo celular (LIMA, 2011).

#### **2.3.1 Conceito**

A espectroscopia no IV é um tipo de espectroscopia de absorção, que usa a região do IV-próximo do espectro eletromagnético da luz visível. Ela tem sido usada principalmente na investigação da oxigenação periférica tecidual de forma não invasiva e contínua.

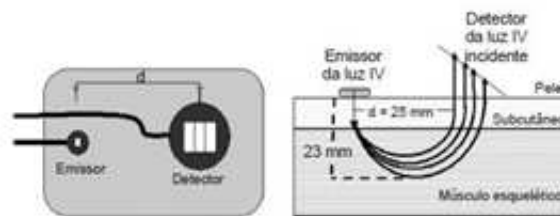
#### **2.3.2 Princípios técnicos**

O princípio de análise da NIRS consiste na aplicação do IV-próximo com diferentes comprimentos de onda. Devido às diferentes características de absorção e dispersão da luz, ele avalia de forma quantitativa e qualitativa os componentes moleculares de um tecido biológico. Uma vez que a luz atravessa o tecido, ela é absorvida por componentes teciduais (cromóforos), reduzindo a intensidade da luz incidente.

Para calcular as mudanças nos níveis de oxiemoglobina, deoxihemoglobina e hemoglobina total, a equação para dois ou mais comprimentos de onda pode ser aplicado de acordo com a lei de Lambert-Beer modificada (LIMA, 2011).

$$A = \sum \epsilon \cdot c \cdot d \cdot DPF$$

Onde  $A$  é a absorvância medida,  $d$  é a distância entre as fontes emissora e receptora de luz,  $\epsilon$  é o coeficiente de extinção (também conhecido como absorvidade molar),  $c$  é a concentração da substância,  $d$  é a distância entre as fontes emissora e receptora de luz, e o DPF é o diferencial do PF que significa o caminho que a luz percorre pelo tecido (conhecido como “optical pathlength” – PF). Este adquire uma forma curva (“banana shape”) e a distância percorrida pela luz é maior do que a distância entre o emissor e o receptor. Uma distância ( $d$ ) de 25 mm entre o emissor e o receptor (B), aproximadamente 95% do sinal detectado é proveniente de uma penetração tecidual de 23 mm; note a forma elíptica do caminho óptico (Figura A).



**Figura A: Representação típica de um sensor (A) da extremidade da fibra óptica da NIRS (“Banana Shape”) (adaptado de Lima, 2011).**

O poder de penetração do IV-próximo no tecido depende basicamente da  $d$ . A maioria dos sensores possui uma  $d$  de 2,5 a 3 cm, conferindo de um poder de penetração da luz no tecido de aproximadamente 2,0 a 2,5 cm. Deste modo, a luz IV-próximo atravessa a pele, subcutâneo, músculo e tecido ósseo, sendo os tecidos cerebral e muscular os dois órgãos de mais fácil acesso para a NIRS (LIMA, 2011).

### 2.3.3 Parâmetros medidos pela NIRS

As moléculas orgânicas relacionadas à oxigenação tecidual que mais absorvem o IV-próximo são principalmente a hemoglobina, mioglobina e o citocromo oxidase mitocondrial (citaa3) (LIMA, 2011). Os espectros de absorção desses três componentes diferem na região do IV-próximo, sendo que a deoxihemoglobina e a oxiemoglobina possuem pico de absorção a 760 nm e 920 nm respectivamente, enquanto a Citaa3 possui pico de absorção aproximadamente entre 800 e 865 nm (LIMA, 2011).

Os parâmetros avaliados pela NIRS podem ser calculados direta ou indiretamente e dependem do equipamento utilizado. A maioria dos aparelhos de NIRS utilizados fornece alterações das concentrações a partir de um valor basal numa unidade arbitrária e a saturação do oxigênio tecidual é o parâmetro direto de maior importância na prática clínica (BOUSHEL, 2001). Com aplicação de intervenções fisiológicas como manobras de oclusão arterial e venosa a fim de alterar a circulação no local da aferição, obtêm-se medidas indiretas, como por exemplo, o consumo de oxigênio local e fluxo sanguíneo (BOUSHEL et al., 2001; LIMA, 2011)

Muitos aspectos da fisiologia do músculo esquelético podem ser avaliados usando a NIRS (SOUTHERN et al., 2014), incluindo fluxo sanguíneo no músculo esquelético (DE BLASI et al., 1994; NIOKA et al., 2006), oxigenação durante o exercício (MCNEIL et al., 2006), o consumo de oxigênio músculo esquelético (DE BLASI et al., 1994; HAMAOKA et al., 2007; MALAGONI et al., 2010), capacidade oxidativa mitocondrial (HAMAOKA et al., 2007; BUCHHEIT et al., 2011; RYAN et al., 2013) e o fluxo cinético da hiperemia reativa (BELARDINELLI, 1998; CELIE et al., 2012).

#### **2.4 DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA**

No final dos anos 60, o termo “isocinético” foi proposto com a criação do primeiro dinamômetro isocinético (HISLOP & PERRINE, 1967), ocorrendo uma importante evolução nas medidas de performance muscular (DVIR, 2000) e a dinamometria isocinética foi introduzida na prática clínica e no exercício da ciência. A fisioterapia, em particular, beneficiou-se de forma significativa dessa tecnologia, que se tornou rapidamente a ferramenta de escolha em centenas de trabalhos de pesquisa, tornando-se a ferramenta “padrão ouro” na avaliação quantitativa do desempenho muscular no aspecto clínico (DVIR, 1995).

O propósito do teste isocinético inclui medidas objetivas da função muscular, acompanhamento de atletas, reavaliações sequenciais com possibilidade de formação de banco de dados normativos (ELLENBECKER & DAVIES, 2000). A dinamometria isocinética tem sido empregada para avaliar a performance de músculos estriados esqueléticos, cuja contração é voluntária, significando que além dos fatores fisiológicos e mecânicos, fatores psicológicos também estão envolvidos

(DVIR, 1995). Segundo Rondelli et al (2009), com um dinamômetro isocinético, é possível obter o torque desenvolvido em um ângulo de movimento e a duração da contração. Sendo assim, além do torque, é possível a obtenção da variável trabalho, que é resultante do produto da força pela velocidade e potência, que é o trabalho realizado por unidade de tempo.

Todos os sistemas isocinéticos são baseados no princípio de que o braço de alavanca se move a uma velocidade angular predeterminada por maior que seja a força no giro, ou momento, aplicada pelo usuário. Portanto se o usuário empurrar com mais força, isto é, o momento gerado pelo músculo é aumentado, tendendo a aumentar a velocidade angular, a máquina aumenta a resistência de forma correspondente e mantém assim, o movimento dentro da velocidade angular predeterminada (DVIR, 1995).

Os dinamômetros isocinéticos são instrumentos de medida que proporcionam aos clínicos informações quanto à dinâmica, isto é, movimento, performance mecânica dos grupos musculares. Entretanto, também são úteis para registro da performance estática (isométrica), mesmo este não sendo seu principal objetivo (DVIR, 1995).

Diversos estudos utilizaram esta ferramenta como método de avaliação das funções musculares bem como em testes de indução de fadiga muscular (BARONI et al., 2010b; SAHIN et al., 2011; VIEIRA et al., 2012).

### 3 REFERÊNCIAS

AIMBIRE, F., et al. Low-level laser therapy induces dose-dependent reduction of TNF $\alpha$  levels in acute inflammation. *Photomed Laser Surg*, v.24, n.1, p.33-7. Feb, 2006.

ALLEN, D. G., et al. Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Exp Physiol*, v.80, n.4, p.497-527. Jul, 1995.

AMARAL, A. C., et al. Dose-dependency of low-energy HeNe laser effect in regeneration of skeletal muscle in mice. *Lasers Med Sci*, v.16, n.1, p.44-51, 2001.

ASCENSÃO, A. M., J; OLIVEIRA, J.; DUARTE, J.; SOARES, J. Fisiologia da Fadiga Muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v.3, n.1, 2003.

BALOG, E. M. & R. H. FITTS. Effects of depolarization and low intracellular pH on charge movement currents of frog skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol* (1985), v.90, n.1, p.228-34. Jan, 2001.

BANGSBO, J., et al. Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *J Physiol*, v.495 ( Pt 2), p.587-96. Sep 1, 1996.

BARONI, B. M. Efeito da Fototerapia prévia ao exercício isocinético sobre a fadiga e o dano muscular. (Dissertação). Ciências do Movimento Humano Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, 2010. 81 p.

BARONI, B. M., et al. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*, v.110, n.4, p.789-96. Nov, 2010a.

BARONI, B. M., et al. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. *Photomed Laser Surg*, v.28, n.5, p.653-8. Oct, 2010b.

BARONI, B. M., et al. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol*, v.115, n.3, p.639-47. Mar, 2015.

BASFORD, J. R. Low intensity laser therapy: still not an established clinical tool. *Lasers Surg Med*, v.16, n.4, p.331-42, 1995.

BAXTER, G. D. *Therapeutic lasers: theory and practice*. USA: Churchill Livingstone. 1997. 259 p.

BELARDINELLI, R. Muscle oxygenation kinetics measured by near-infrared spectroscopy during recovery from exercise in chronic heart failure. *G Ital Cardiol*, v.28, n.8, p.866-72. Aug, 1998.

BJORDAL, J. M. & G. D. BAXTER. Ineffective dose and lack of laser output testing in laser shoulder and neck studies. *Photomed Laser Surg*, v.24, n.4, p.533-4; author reply 534. Aug, 2006.

BORGES, L. S., et al. Light-emitting diode phototherapy improves muscle recovery after a damaging exercise. *Lasers Med Sci*, v.29, n.3, p.1139-44. May, 2014.

BORSA, P. A., et al. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and postexercise recovery? A systematic review. *J Athl Train*, v.48, n.1, p.57-67. Jan-Feb, 2013.

BOUSHEL, R., et al. Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scand J Med Sci Sports*, v.11, n.4, p.213-22. Aug, 2001.

BOYAS, S. & A. GUEVEL. Neuromuscular fatigue in healthy muscle: underlying factors and adaptation mechanisms. *Ann Phys Rehabil Med*, v.54, n.2, p.88-108. Mar, 2011.

BUCHHEIT, M., et al. Reproducibility and sensitivity of muscle reoxygenation and oxygen uptake recovery kinetics following running exercise in the field. *Clin Physiol Funct Imaging*, v.31, n.5, p.337-46. Sep, 2011.

CELIE, B., et al. Reliability of near infrared spectroscopy (NIRS) for measuring forearm oxygenation during incremental handgrip exercise. *Eur J Appl Physiol*, v.112, n.6, p.2369-74. Jun, 2012.

CHAVANTES, M. C. J., A. D. . Aplicação do laser na área cardiovascular. Arq Bras Cardiol, v.54, n.1, p.63-68, 1990.

CHIN, E. R., et al. Role of intracellular calcium and metabolites in low-frequency fatigue of mouse skeletal muscle. Am J Physiol, v.272, n.2 Pt 1, p.C550-9. Feb, 1997.

DAVIS, J. M. Central and peripheral factors in fatigue. J Sports Sci, v.13 Spec No, p.S49-53. Summer, 1995.

DAVIS, J. M., et al. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, v.284, n.2, p.R399-404. Feb, 2003.

DAVIS, J. M. B., STEPHEN P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise, n.Volume 29(1), January 1997, pp 45-57, 1997.

DE BLASI, R. A., et al. Noninvasive measurement of forearm blood flow and oxygen consumption by near-infrared spectroscopy. J Appl Physiol (1985), v.76, n.3, p.1388-93. Mar, 1994.

DUKE, A. M. & D. S. STEELE. Effects of creatine phosphate on Ca<sup>2+</sup> regulation by the sarcoplasmic reticulum in mechanically skinned rat skeletal muscle fibres. J Physiol, v.517 ( Pt 2), p.447-58. Jun 1, 1999.

DVIR, Z. Isokinetics - Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications. Barueri - São Paulo - Brasil: Ed Manole. 1995

\_\_\_\_\_. Isokinetic muscles testing: Reflections on future venues. Hong Kong Physiotherapy Journal v.18. 2000, 2000.

ELLENBECKER, T. S. & G. J. DAVIES. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. J Athl Train, v.35, n.3, p.338-50. Jul, 2000.

ENOKA, R. M. & D. G. STUART. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* (1985), v.72, n.5, p.1631-48. May, 1992.

ENWEMEKA, C. S. Light is light. *Photomed Laser Surg*, v.23, n.2, p.159-60. Apr, 2005.

\_\_\_\_\_. Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief. *Photomed Laser Surg*, v.27, n.3, p.387-93. Jun, 2009.

FERRARESI, C., et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci*, v.26, n.3, p.349-58. May, 2011.

FERRARESI, C., et al. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics Lasers Med*, v.1, n.4, p.267-286. Nov 1, 2012.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*, v.81, n.4, p.1725-89. Oct, 2001.

HAMAOKA, T., et al. Near-infrared spectroscopy/imaging for monitoring muscle oxygenation and oxidative metabolism in healthy and diseased humans. *J Biomed Opt*, v.12, n.6, p.062105. Nov-Dec, 2007.

HISLOP, H. J. & J. J. PERRINE. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther*, v.47, n.2, p.114-7. Feb, 1967.

HUANG, Y. Y., et al. Biphasic dose response in low level light therapy. *Dose Response*, v.7, n.4, p.358-83, 2009.

HUANG, Y. Y., et al. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose Response*, v.9, n.4, p.602-18, 2011.

J, B. Physiology of muscle fatigue during intense exercise. *The clinical pharmacology of sport and exercise*, p.123-130, 1997.

KENT-BRAUN, J. A., FITTS, R. H. AND CHRISTIE, A. Skeletal Muscle Fatigue. *Comprehensive Physiology*, v.2, p.997–1044, 2012.

LEAL-JUNIOR, E. C., et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers Med Sci*. Nov 19, 2013.

LEAL JUNIOR, E. C., et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg*, v.27, n.4, p.617-23. Aug, 2009a.

LEAL JUNIOR, 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*, v.24, n.6, p.857-63. Nov, 2009b.

LEAL JUNIOR, E. C., et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg*, v.26, n.5, p.419-24. Oct, 2008.

LEAL JUNIOR, E. C., et al. Effect of low-level laser therapy (GaAs 904 nm) in skeletal muscle fatigue and biochemical markers of muscle damage in rats. *Eur J Appl Physiol*, v.108, n.6, p.1083-8. Apr, 2010.

LEAL JUNIOR, 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*, v.41, n.8, p.572-7. Oct, 2009c.

LEAL JUNIOR, E. C., et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci*, v.24, n.3, p.425-31. May, 2009d.

LIMA, A. B., J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Rev Bras Ter Intensiva*, v.23, n.3, p.341-351, 2011.

LOPES-MARTINS, R. A., et al. Effect of low-level laser (Ga-Al-As 655 nm) on skeletal muscle fatigue induced by electrical stimulation in rats. *J Appl Physiol*, v.101, n.1, p.283-8. Jul, 2006.

LOW, L. R., A. Eletroterapia Explicada: Princípios e Prática. Barueri: Manole, v.3 ed. 2001

MALAGONI, A. M., et al. Resting muscle oxygen consumption by near-infrared spectroscopy in peripheral arterial disease: A parameter to be considered in a clinical setting? *Angiology*, v.61, n.6, p.530-6. Aug, 2010.

MATOS, C. C. C., F. A. S. Fatigue: Physiological changes and conceptual models *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v.11, n.37, p.53-61, 2013.

MCKENNA, M. J. The roles of ionic processes in muscular fatigue during intense exercise. *Sports Med*, v.13, n.2, p.134-45. Feb, 1992.

MCNEIL, C. J., et al. Differential changes in muscle oxygenation between voluntary and stimulated isometric fatigue of human dorsiflexors. *J Appl Physiol* (1985), v.100, n.3, p.890-5. Mar, 2006.

MERTON, P. A. Voluntary strength and fatigue. *J Physiol*, v.123, n.3, p.553-64. Mar 29, 1954.

MIRANDA, E. F., et al. Acute effects of light emitting diodes therapy (LEDT) in muscle function during isometric exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: preliminary results of a randomized controlled trial. *Lasers Med Sci*, v.29, n.1, p.359-65. Jan, 2014.

NEWSHOLME, E. A., et al. Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *Br Med Bull*, v.48, n.3, p.477-95. Jul, 1992.

NIOKA, S., et al. A novel method to measure regional muscle blood flow continuously using NIRS kinetics information. *Dyn Med*, v.5, p.5, 2006.

ORTENBLAD, N., et al. Impaired sarcoplasmic reticulum Ca(2+) release rate after fatiguing stimulation in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985), v.89, n.1, p.210-7. Jul, 2000.

POSTERINO, G. S., et al. L(+)-lactate does not affect twitch and tetanic responses in mechanically skinned mammalian muscle fibres. *Pflugers Arch*, v.442, n.2, p.197-203. May, 2001.

POWERS, S. K. H., E, T. *Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. Brasil. 2009

ROBERGS, R. A., et al. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, v.287, n.3, p.R502-16. Sep, 2004.

ROBERTS, D. & D. J. SMITH. *Biochemical Aspects of Peripheral Muscle Fatigue*. *Sports Medicine*, v.7, n.2, p.125-138. 1989/02/01, 1989.

RONDELLI, R. R., et al. Methods for the assessment of peripheral muscle fatigue and its energy and metabolic determinants in COPD. *J Bras Pneumol*, v.35, n.11, p.1125-35. Nov, 2009.

RYAN, T. E., et al. A comparison of exercise type and intensity on the noninvasive assessment of skeletal muscle mitochondrial function using near-infrared spectroscopy. *J Appl Physiol* (1985), v.114, n.2, p.230-7. Jan 15, 2013.

SAHIN, N., et al. Muscular kinetics and fatigue evaluation of knee using by isokinetic dynamometer in patients with ankylosing spondylitis. *Acta Reumatol Port*, v.36, n.3, p.252-9. Jul-Sep, 2011.

SAHLIN, K., et al. Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiol Scand*, v.162, n.3, p.261-6. Mar, 1998.

SHULMAN, R. G. Glycogen turnover forms lactate during exercise. *Exerc Sport Sci Rev*, v.33, n.4, p.157-62. Oct, 2005.

SOUTHERN, W. M., et al. Reproducibility of near-infrared spectroscopy measurements of oxidative function and postexercise recovery kinetics in the medial gastrocnemius muscle. *Appl Physiol Nutr Metab*, v.39, n.5, p.521-9. May, 2014.

ST CLAIR GIBSON, A. & T. D. NOAKES. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *Br J Sports Med*, v.38, n.6, p.797-806. Dec, 2004.

STRUDER, H., et al. Serotonin: implications during exercise and training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v.33, n.5, p.S273, 2001.

T NOAKES, C. S., AND E LAMBERT. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. *Br J Sports Med.* , n.Feb 2005; 39(2), p. 120–124, 2005.

TAYLOR, J. L., et al. Supraspinal fatigue during intermittent maximal voluntary contractions of the human elbow flexors. *J Appl Physiol* (1985), v.89, n.1, p.305-13. Jul, 2000.

TOMA, R. L., et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci*, v.28, n.5, p.1375-82. Sep, 2013.

VIEIRA, W. H., et al. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*, v.27, n.2, p.497-504. Mar, 2012.

VLADIMIROV, Y. A., et al. Photobiological principles of therapeutic applications of laser radiation. *Biochemistry (Mosc)*, v.69, n.1, p.81-90. Jan, 2004.

WHO. Obesity status: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity., 1998.

WILLIAMS, J. H. & G. A. KLUG. Calcium exchange hypothesis of skeletal muscle fatigue: a brief review. *Muscle Nerve*, v.18, n.4, p.421-34. Apr, 1995.

WORLD ASSOCIATION OF LASER, T. Consensus agreement on the design and conduct of clinical studies with low-level laser therapy and light therapy for musculoskeletal pain and disorders. *Photomed Laser Surg*, v.24, n.6, p.761-2. Dec, 2006.

#### **4 ARTIGO**

Este artigo será submetido à Revista Brasileira de Fisioterapia.

**EFEITO DA TERAPIA COM DIODO EMISSOR DE LUZ (LIGHT EMITTING DIODE THERAPY - LEDT) NO DESEMPENHO E NA OXIGENAÇÃO DO MUSCULO QUADRÍCEPS EM INDIVÍDUOS DE MEIA IDADE**

**Título para as páginas do artigo** – Efeito agudo da LEDT na função muscular e na oxigenação tecidual do músculo quadríceps de indivíduos de meia idade.

Andressa Machado Moreira<sup>1</sup>, Cíntia Laura Pereira Araújo<sup>1</sup>, Viviane Rostirola Elsner<sup>2</sup>,

Anelize Sonza<sup>1</sup>, Marlus Karsten<sup>1</sup>, Pedro Dal Lago<sup>1</sup>

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup> Centro Universitário IPA, Porto Alegre, RS, Brasil

Autor para correspondência: Pedro Dal Lago

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (PPG-CR), Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Rua Sarmento Leite, 245, 90050-170, Porto Alegre, RS, Brasil,

e-mail: pdallago@ufcspa.edu.br

**Palavras-chave** – LEDT, Fototerapia, Função Muscular, Fadiga, Oxigenação Tecidual

**Keywords** - LEDT; Phototherapy; Muscle function; Muscle Fatigue; Tissue Oxygenation

## RESUMO

**Introdução:** A fototerapia, através da *Light Emitting Diode Therapy* (LEDT), tem sido considerada uma importante estratégia para reduzir a fadiga muscular em indivíduos saudáveis. **Objetivos:** Avaliar o efeito da LEDT no desempenho e na oxigenação do quadríceps de indivíduos saudáveis. **Métodos:** 15 indivíduos de meia-idade saudáveis, sedentários, média de idade de  $50,4 \pm 8,4$  anos foram incluídos neste estudo. Estes realizaram duas sessões de um teste de fadiga muscular realizado através de um dinamômetro isocinético, conjuntamente à avaliação da oxigenação tecidual, mensurada através de espectroscopia no infravermelho próximo. O protocolo avaliou o tempo de fadiga em três momentos e os respectivos picos de torque, após a aplicação da intervenção no músculo quadríceps. A contração voluntária máxima (CVM) foi realizada antes e depois do protocolo de fadiga. O tratamento com LEDT teve uma única aplicação, sendo os parâmetros: manta de LEDT com 50 lâmpadas distribuídas em  $612 \text{ cm}^2$ , comprimento de onda de 850 nm, total de energia irradiada de 150 J aplicados sobre a pele. Foram analisados as CVM's, tempo de resistência isométrica (RI) e o índice de saturação tecidual durante a RI após a intervenção. As comparações foram realizadas através da ANOVA de duas vias ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** Não foi observado efeito da terapia LEDT na fadiga, contudo observou-se efeito nos diferentes tempos de realização do teste em ambos os grupos. As variáveis obtidas através do espectrofotômetro não demonstraram diferença significativa. **Conclusão:** Os parâmetros utilizados do LEDT não foram capazes de produzir efeito agudo sobre as funções musculares e oxigenação tecidual local.

## ACUTE EFFECTS OF LEDT (Light Emitting Diodes THERAPY) INTERVENTION ON QUADRICEPS MUSCLE FUNCTION AND TISSUE OXYGENATION IN HEALTHY SUBJECTS

### ABSTRACT

**Introduction:** The low-intensity phototherapy has been considered an important strategy to reduce muscle fatigue in healthy individuals through Light Emitting Diodes Therapy (LEDT) emission equipment. Studies have shown that in addition to being effective in reducing muscle fatigue, LEDT can also mitigate the loss of muscle strength after intense exercise, lower blood lactate markers, creatine kinase, among others.

**Objectives:** To study the effect of LEDT on lower limbs muscle function and tissue oxygenation in healthy subjects. **Methods:** 15 healthy participants, mean age of  $50.4 \pm 8.4$  years old, sedentary, were enrolled in this clinical double-blind, randomized, placebo-controlled study. They performed two sessions of a muscle fatigue protocol on an isokinetic dynamometer simultaneously to the continuous assessment of tissue oxygenation by a spectrophotometer. The protocol evaluated the time of fatigue at three different periods (isometric endurance) and its peak torque after application of phototherapy or placebo in the quadriceps of the dominant thigh. The maximum voluntary contraction was performed before (MVC-PRE) and after (MVC-POST) the fatigue protocol. Treatment with a single LEDT application had the following parameters: 50 LEDT mantle lamps distributed in an area of  $612\text{cm}^2$ , wavelength 850nm, power of  $0.25\text{W}/\text{cm}^2$ , 60 seconds treatment time, total radiated energy of 150J applied directly to the skin. The CVM's, isometric endurance time (IE) and the tissue saturation index for IR were analyzed after the intervention. Comparisons were performed by two-way ANOVA with post hoc LSD ( $p < 0.05$ ). **Results:** There was no effect of therapy LEDT on fatigue, however we observed effects in the different times of the test in both groups. The data from the spectrophotometer showed no significant results. **Conclusion:** The results suggest that the parameters were not able to produce acute effect on muscle function and local tissue oxygenation. Future studies should be conducted in order to continue elucidating the optimal parameters in the prevention of muscle function loss after strenuous exercise and so, it is necessary to study different populations, not only healthy subjects, in order to observe the effects of therapy with LEDT on muscle fatigue.

**Keywords** - LEDT; Phototherapy; Muscle function; Muscle Fatigue; Tissue Oxygenation

- A fototerapia, neste estudo representada pelo LEDT, aplicada em uma grande área do músculo quadríceps de indivíduos de meia-idade, não demonstrou diferença significativa quanto ao Pico de Torque antes e depois do protocolo de fadiga, quando comparado ao grupo placebo.
- O LEDT, aplicado em uma grande área do músculo quadríceps de indivíduos saudáveis de meia-idade, não demonstrou diferença significativa em relação ao tempo de resistência isométrica quando comparado ao grupo placebo.
- O LEDT, aplicado em uma grande área do músculo quadríceps de indivíduos saudáveis de meia-idade, não demonstrou diferença significativa à saturação da oxigenação tecidual local, quando comparado ao grupo placebo.
- Tendo em vista a importância das pesquisas na área da fototerapia e sua aplicação clínica na prevenção e tratamento de lesões musculoesqueléticas, este estudo vem contribuir com esta área de conhecimento em busca de quais parâmetros de aplicação mais adequados.

## INTRODUÇÃO

A fototerapia, através de processos fotobiomoduladores, pode promover mudanças nas funções bioquímicas e fisiológicas dos tecidos de maneira estimulatória ou inibitória influenciando assim a atividade celular<sup>1, 2</sup>. A fototerapia que antes contava com a terapia por LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), passou a contar com outras fontes luminosas, como o LEDT (*Light Emitting Diodes Therapy*). Este tipo de fototerapia vem sendo desenvolvido e suas propriedades terapêuticas testadas<sup>3,4,5,6</sup> na última década. Diferentes estudos sugerem que o LEDT apresenta efeitos terapêuticos bastante similares ao LASER, como retardar o desenvolvimento da fadiga periférica durante o exercício<sup>3</sup>, diminuir os níveis de lactato sanguíneo pós-exercício e inibir a liberação de marcadores inflamatórios em indivíduos saudáveis<sup>4,5</sup>, minimizar a fadiga muscular periférica e aumentar o tempo da resistência isométrica em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)<sup>6</sup>. Deve-se observar que nestes estudos a área irradiada foi maior e a emissão de luz possuía duplo comprimento de onda (cluster possuindo diodos com 660 e 850 nm). Tais evidências reforçam a premissa de que o potencial terapêutico desta modalidade não depende unicamente da fonte geradora de energia, mas sim da aplicação de parâmetros de tratamento adequados<sup>7</sup>.

Os avanços no conhecimento sobre os mecanismos envolvidos no desenvolvimento da fadiga muscular têm aumentado nos últimos anos<sup>8</sup>. Neste sentido, podem ser consideradas manifestações de fadiga o declínio da força muscular gerada durante e após o exercício submáximo e máximo, a incapacidade de manter uma determinada intensidade de exercício no tempo, a diminuição da velocidade de contração e o aumento no tempo de relaxamento muscular. São citados ainda alterações de alguns parâmetros eletromiográficos (EMG) durante contrações

musculares isométricas, isotônicas, máximas e submáximas, bem como variações das concentrações intra e extracelulares de alguns metabólitos e íons<sup>9,10,11,12,13,14</sup>. A partir destes novos conhecimentos, e da necessidade do entendimento dos efeitos da fototerapia sobre a modulação da fadiga muscular esquelética, este tema tornou-se um assunto importante na área da reabilitação. Ainda que vários estudos<sup>3,4,5,6,15,16,17</sup> tenham testado diferentes formas de aplicação da fototerapia na fadiga musculoesquelética, seus efeitos não são completamente conhecidos<sup>2</sup> e também não se conhece completamente se a área de aplicação sobre o tecido muscular, influencia os efeitos da fototerapia sobre a fadiga.

Existem estudos<sup>18,19,20,21</sup> que analisaram a função muscular do quadríceps sob a ótica da oxigenação tecidual muscular. Parâmetros como consumo de oxigênio, volume sanguíneo, concentrações de oxiemoglobina e deoxihemoglobina, bem como a saturação de oxigênio vem sendo elucidadas através da Espectroscopia no Infravermelho Próximo (Near Infrared Spectroscopy - NIRS). Este é um método não invasivo que tem demonstrado ser uma importante ferramenta para analisar os parâmetros descritos acima de forma contínua nos tecidos musculares in vivo. Entretanto, não é do nosso conhecimento nenhum estudo que tenha analisado a oxigenação tecidual logo após a aplicação aguda da fototerapia sobre o tecido muscular. Tendo em vista que o aumento da circulação sanguínea local bem como o aumento da síntese mitocondrial de ATP (gerando aumento da demanda de O<sub>2</sub>) são efeitos observados da fototerapia sobre a fadiga muscular, este estudo teve como objetivo analisar o efeito agudo do LEDT na função muscular quando uma grande área do músculo quadríceps foi irradiada pela fototerapia, e, além disso, testar o efeito da fototerapia na oxigenação muscular durante um protocolo de fadiga.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *1 Desenho do Estudo*

Todos os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (parecer número 566.062, CAEE: 14717513.9.0000.5345) (Anexo I).

O presente estudo tratou-se de um ensaio clínico aleatorizado, duplo-cego, placebo-controlado. Os sujeitos foram submetidos tanto à terapia LEDT quanto ao procedimento placebo e realizaram os processos de avaliação descritos a seguir.

### *2 Participantes*

A amostra foi composta inicialmente por 17 indivíduos de ambos os sexos, saudáveis, sedentários por no mínimo três meses anteriores à inclusão no estudo, entre 40 e 79 anos e não tabagistas. Estes também apresentavam nível cognitivo adequado para a realização dos procedimentos de avaliação, estar de acordo com os procedimentos de pesquisa do estudo e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Foram excluídos do estudo aqueles voluntários que possuíam diagnóstico clínico de doença cardiopulmonar e neuromusculoesquelética, apresentassem doenças vasculares encefálicas ou psiquiátricas. Além disso, os participantes não poderiam estar em terapia medicamentosa a base de anti-inflamatórios esteroidais ou não esteroidais e apresentar limitações para a realização das atividades físicas propostas. Também foram excluídos os indivíduos que não aderiram ao cronograma de atividades propostas no estudo. Dois voluntários foram excluídos por se encaixarem nos critérios de exclusão (asma e limitação para uso do isocinético na terceira avaliação). Assim, 15 participantes foram avaliados (8 mulheres e 7 homens).

Os participantes realizaram três visitas ao laboratório, sendo a primeira para receber as orientações, realizar a familiarização do protocolo de fadiga e também fazer as medidas antropométricas. Nos outros encontros os participantes realizaram somente o protocolo de fadiga com a aplicação do LEDT ou placebo.

A ordem de aplicação da intervenção foi sorteada por um terceiro pesquisador que não participou da realização do teste de fadiga e aplicação da intervenção (Figura 2).

### *3 Procedimentos*

#### *Medidas Antropométricas*

A massa corporal (em kg) dos participantes foi mensurada através de uma balança (Welmy, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) com carga máxima de 150 kg. Um estadiômetro acoplado a mesma foi utilizado para medir a estatura.

A perimetria da coxa dominante foi realizada por meio de uma fita métrica. Os indivíduos foram posicionados em pé em um banco com 40 cm de altura a fim de ser localizado o ponto médio entre o trocânter maior e o ponto mais alto da borda lateral da cabeça da tíbia.

A dobra cutânea da coxa foi determinada através de um plicômetro (Cescorf, Porto Alegre, Brasil) e foi considerado o ponto médio entre a prega inguinal e a borda superior da patela. O sujeito deveria estar sentado, com a perna relaxada e estendida.

#### *Protocolo para Aplicação do Diodo Emissor de Luz (Light Emitting Diode Therapy - LEDT)*

Os parâmetros que utilizamos na LEDT neste estudo estão disponíveis no quadro 1. O equipamento utilizado em nosso estudo é um protótipo, construído pela

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde são ajustados o tempo de tratamento e se a terapia está ativa ou não. O cluster é constituído de uma manta, com área de 612 cm<sup>2</sup> e 50 lâmpadas da LEDT distribuídas neste espaço (Figura 1).

Os procedimentos da avaliação inicial foram repetidos nas duas etapas seguintes. Estas etapas correspondem aos tipos de intervenção previamente aleatorizados para cada indivíduo. A intervenção aconteceu no intervalo entre a avaliação do pico de torque e a indução da fadiga (descritas a seguir). De forma aleatória, os indivíduos foram submetidos tanto a LEDT quanto ao placebo que assim descritas:

Na intervenção placebo, uma manta com 50 LEDs (Fig. 1) foi posicionada na parte anterior da coxa dominante por 60 segundos com o equipamento desligado. Quando os sujeitos receberam a LEDT, o posicionamento da manta era o mesmo, porém o sujeito recebeu uma dose de 3 J por diodo em um tempo de 60 segundos (energia total entregue no grupo muscular de 150J ao final dos 60 segundos).

Os sujeitos e o avaliador foram cegados para este procedimento. Um avaliador auxiliar fez a seleção da intervenção de acordo com o sorteio. Entre as etapas do protocolo houve um intervalo mínimo de 2 dias e máximo de 7 dias e as coletas foram realizadas sempre no mesmo turno observando o ciclo circadiano.

#### *Protocolo para Avaliação de Força e Resistência do Quadríceps*

Para avaliação de força máxima e resistência do quadríceps, foi utilizado um dinamômetro isocinético (Biodex System 4, EUA). Os sujeitos iniciaram a avaliação com um aquecimento dos membros inferiores em um ciclo ergômetro durante 5 minutos com carga mínima e cadência de 50-60 rpm.

Cada indivíduo foi posicionado no dinamômetro de acordo com o indicado no manual para realização de testes de flexão e extensão do joelho. Este posicionamento consta em sentar-se na cadeira do Biodex com um ângulo de 85° entre tronco e quadril. O joelho deve estar posicionado em 90° de flexão. Faixas de sustentação cruzam o peito, a cintura pélvica e coxa do membro dominante de cada indivíduo. O eixo articular de rotação do joelho foi posicionado junto ao eixo de rotação do equipamento, e a braçadeira deste fixada dois centímetros acima do tornozelo. Os sujeitos foram monitorados de forma contínua quanto a frequência cardíaca e sensação de cansaço muscular.

Antes de iniciar o protocolo, os sujeitos realizaram familiarização no equipamento, sendo orientados a realizar uma força submáxima de extensão de joelho em isometria.

Na sequência, os voluntários foram avaliados quanto ao pico de torque através da contração voluntária máxima (CVM) (“força máxima”) e o tempo de resistência à fadiga (“força resistente”) do membro inferior dominante. Inicialmente, afim de definir a CVM-Pré teste de fadiga, os indivíduos realizaram quatro CVM, com duração de cinco segundos e intervalo de dois minutos entre cada repetição. Como critério de reprodutibilidade da CVM foi adotada uma diferença máxima de 10% em pelo menos três repetições. Para avaliação da resistência a fadiga, cada indivíduo foi instruído a sustentar uma contração muscular a 60% de seu pico de torque da CVM-pré durante o máximo tempo que conseguisse; após dez segundos de descanso, o indivíduo realizou nova CVM (CVM-Pós) por cinco segundos. O protocolo de fadiga foi realizado três vezes, com intervalo de três minutos entre cada repetição. O critério para interrupção do teste foi o indivíduo não conseguir manter a contração muscular à 60% da CVM-pré por mais de dois segundos (Fig. 2)

### *Protocolo para Avaliação da Oxigenação Tecidual*

Utilizando o espectrômetro Oxymon MKIII (Artinis Medical, Holanda), o índice de saturação tecidual (tissue saturation index – TSI) foi medido continuamente no músculo quadríceps durante o protocolo de avaliação de força e resistência do mesmo. O optodo foi fixado à pele com fita adesiva e coberto com tecido preto sobre terço proximal do ventre muscular do vasto lateral do quadríceps com objetivo de não interferir na aplicação da LEDT. O ponto de fixação do optodo foi marcado com caneta cirúrgica, permanente por dois dias, a fim de assegurar o reposicionamento nas avaliações futuras. Depois de obtidos os dados, foi realizado a partir do software Oxysoft o cálculo da regressão linear das curvas do TSI no momento das fadigas e das recuperações do protocolo realizado pelos voluntários com o intuito de analisar a velocidade da resposta de dessaturação e ressaturação respectivamente.

### *4 Análise Estatística*

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição Shapiro-Wilk. Aqueles que atenderam à normalidade, tiveram as diferenças entre as intervenções verificadas por meio da análise da variância (ANOVA) de dois fatores (ANOVA two-way) seguida do post-hoc de LSD, sendo considerado significativo um  $p < 0,05$ . Já para os dados que apresentaram distribuição não-paramétrica, foi utilizado o teste de Mann-Whitney e Friedman. Para realizar a comparação entre as terapias nos valores basais do torque máximo (CVM Pré) foi realizado o teste t- de Student pareado.

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta a caracterização dos 15 indivíduos avaliados, sendo composto por 7 homens com média de idade de 47,6 e 8 mulheres com média de idade de 52,9.

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) para os valores basais da CVM Pré entre o tratamento LEDT [206,9 (70,5) Nm] e placebo [207,3 (73,2) Nm], indicando similaridade nas condições basais previamente ao tratamento.

Para os parâmetros avaliados através da dinamometria, a ANOVA de dois fatores com medidas repetidas mostrou efeito do tempo para todas as variáveis estudadas ( $p < 0,05$ ). No entanto, a análise estatística não mostrou efeito da terapia para qualquer das variáveis ( $p > 0,05$ ). Houve interação entre tempo e terapia somente para a variável Fadiga ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

Das variáveis avaliadas através da espectroscopia (NIRS), nenhuma apresentou diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os protocolos. Dois sujeitos tiveram que ser excluídos da amostra pois a medida foi realizada incorretamente totalizando uma amostra com 13 indivíduos (Tabela 3).

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram que não houve diferença estatisticamente significativa quando se comparou a LEDT com o Placebo. Um estudo publicado em 2014<sup>6</sup> avaliou o efeito agudo do LEDT sobre a resistência isométrica de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica através de eletromiografia. Em uma única aplicação realizada anteriormente ao protocolo de fadiga, com duplo comprimento de onda (600 e 850 nm) e com energia total entregue ao grupo muscular

quadríceps femoral de 125,1 J demonstrou-se um aumento significativo no tempo de resistência isométrica ( $53 \pm 5$  s) do LEDT em relação ao placebo ( $30 \pm 4$  s). Este mesmo estudo, observou uma atenuação na queda da frequência mediana quando aplicado o LEDT, através do mesmo teste de resistência. As diferenças entre os resultados aqui apresentados e o estudo anteriormente citado nos faz levar em consideração o fato de nosso estudo ser com indivíduos “saudáveis” de meia-idade, sedentários, com índice de massa corporal acima de 25, faixa de sobrepeso, segundo os pontos de corte da Organização Mundial de Saúde (WHO, 1998), diferente do estudo de Miranda et al (6), realizado em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, e portanto com diferentes condições basais.

Para as variáveis relacionadas ao pico de torque (CVM, CVM% e diferença entre o pico de torque em cada um dos tempos e o pico de torque pré fadiga -  $\Delta Tq$ ) nosso estudo demonstrou não haver diferença significativa entre o momento LEDT e placebo. Baroni et al<sup>3</sup> compararam uma única intervenção LEDT com o placebo, realizados previamente a um teste de performance muscular em indivíduos saudáveis, fisicamente ativos, com faixa etária entre 18 e 35 anos. Estes observaram uma atenuação na queda natural do pico de torque do músculo quadríceps após o exercício de alta intensidade quando a intervenção foi aplicada. O protocolo utilizado neste estudo utilizou medidas volitivas, porém avaliadas de maneira isocinética. Já Leal Junior et al<sup>5</sup>, também realizaram uma única intervenção previamente ao teste de exaustão muscular, porém no músculo bíceps braquial de atletas do sexo masculino, onde o cluster do equipamento possuía duplo comprimento de onda (660 e 850 nm) e com energia total entregue ao músculo de 41,7 J. Os autores concluíram que o local de irradiação somado ao duplo comprimento de onda do equipamento e aos parâmetros ajustados foram capazes de atrasar o desenvolvimento da fadiga

periférica durante o exercício, diminuir os níveis de lactato sanguíneo e inibir o lançamento de biomarcadores inflamatórios. Em outro ensaio clínico, Leal Junior et al<sup>4</sup> compararam LEDT, LLLT (Low Level Laser Therapy) e placebo aplicados também previamente ao exercício, porém no músculo quadríceps femoral de atletas de vôlei do sexo masculino. Desta vez, os autores utilizaram dois pontos de aplicação em cada grupo muscular, totalizando uma energia de 83,4 J (os outros parâmetros para LEDT seguiram os mesmos do estudo anterior) quando a intervenção foi LEDT. Seus resultados não demonstraram diferença significativa entre os grupos para o pico de potência e para a média de potência, concluindo que o protocolo de fototerapia utilizado por eles não melhorou a performance dos atletas, entretanto o LEDT foi capaz de diminuir os níveis de creatina kinase (CK) pós-exercício, que é um marcador bioquímico para dano celular.

Todas as variáveis medidas pelo dinamômetro isocinético apresentaram diferença quando se comparou os tempos (momento 1, 2 e 3) dentro do mesmo protocolo. Essa seria uma situação esperada e demonstra que nosso protocolo produziu fadiga. Uma revisão sistemática realizada recentemente por Leal Junior et al<sup>2</sup> encontrou resultados consistentes e significativos a favor da fototerapia (LEDT e LLLT) para tempo de contração até a exaustão, número de repetições, 1 RM, contração voluntária máxima, pico de força e trabalho realizado. Os significados mais importantes segundo os autores, foram encontrados com potências de saída mais altas (100 mW a 200 mW) e doses entre 5 e 41,7 J por local irradiado. Nosso estudo utilizou um único comprimento de onda (850 nm, diferente dos outros estudos onde o cluster possui lâmpadas vermelhas e infravermelhas), com dose total empregada no local de 150 J e a potência de saída de 50 mW. Talvez a dose mais alta justifique não termos encontrado resultados significativos nas variáveis que avaliaram função

muscular com aplicação do LEDT. Realmente conforme relatado por Huang et al<sup>25</sup>, uma overdose resultaria em inibição ou supressão da função celular. No presente estudo não verificamos piora da função muscular nas variáveis estudadas. Desta forma a dose empregada parece não trazer prejuízo no desempenho muscular, apenas não mostrou efeito.

Segundo Ferraresi et al<sup>26</sup>, o número de pontos irradiados ou área de aplicação parece ser um importante fator para a efetividade na aplicação, sendo que o grupo muscular deve ser irradiado na maior área possível assim como ter a melhor distribuição de energia aplicada sobre a pele<sup>27,28</sup>. Em nosso trabalho a área de aplicação foi a maior já utilizada no nosso conhecimento (uma manta com 50 diodos que cobria praticamente toda a área anterior da coxa). Ferraresi et al<sup>26</sup> ainda inferem que para efeitos agudos da fototerapia sobre a fadiga muscular a energia total entregue ao grupo muscular deve ser aumentada, bem como potência e densidade de potência. Entretanto, a dosimetria e o tempo de aplicação da fototerapia sobre os músculos ainda se encontram em estudo <sup>1,3,4,5,6,15,16,17,26,27,28,29,30</sup> e ainda não há consenso sobre os melhores parâmetros para utilizar LEDT e/ou LLLT.

Até o momento, desconhecemos estudos que tenham observado a influência da LEDT na oxigenação tecidual muscular avaliada por um espectrofotômetro durante um protocolo de fadiga. Em nosso estudo, medimos o índice de saturação tecidual durante um protocolo de tempo de resistência máxima em uma contração do tipo isométrica correspondente à 60% do valor da CVM prévia. Neste tempo, tanto para a terapia quanto para o placebo houve uma dessaturação, não havendo diferença significativa entre ambas. Ao analisarmos se a LEDT seria capaz de reduzir a velocidade da já esperada dessaturação da oxigenação tecidual muscular durante o momento de contração isométrica e/ou ser capaz de aumentar a velocidade de

ressaturação no momento onde há a recuperação (curva ascendente), não encontramos diferença significativa quando comparamos a intervenção e o placebo.

Quaresima et al<sup>18</sup> reportaram pela primeira vez o mapeamento do fluxo sanguíneo e a saturação de oxigênio muscular no quadríceps humano imediatamente após uma contração voluntária isométrica máxima e, como esperado, o fluxo sanguíneo após o exercício foi significativamente aumentado quando comparado aos seus valores basais. Estes autores sugerem ainda que durante curtas CVM's, os valores medidos para a saturação de oxigênio no vasto lateral do músculo quadríceps refletem predominantemente (pelo menos 80%) a média ponderada da saturação de oxigênio da hemoglobina arteriolar, capilar e venular. O restante pode ser atribuído à contribuição da saturação de oxigênio da mioglobina. Um outro estudo<sup>19</sup> comparou o índice de saturação tecidual do músculo quadríceps em duas velocidades angulares diferentes no dinamômetro isocinético e concluiu que em uma velocidade angular mais baixa, o TSI também era mais baixo, ou seja, nessa situação houve uma maior dessaturação. Um outro estudo<sup>20</sup> comparou se havia diferença entre os tipos de contração muscular (concêntrica e excêntrica) relacionados também ao índice de saturação tecidual muscular. Eles verificaram que a contração do tipo excêntrica no músculo quadríceps produziu uma maior dessaturação, de forma contínua até o final do exercício, enquanto a extensão concêntrica do joelho teve uma queda inicial da oxigenação e em seguida (20% do tempo total do teste) iniciou a reoxigenação de forma contínua até o final. Relacionando nossos dados e as vias metabólicas utilizadas pelo organismo para o suprimento energético durante o protocolo chegamos à conclusão que devido ao tempo máximo de resistência desenvolvida pelos voluntários (menor que 52 segundos), a via metabólica solicitada é a anaeróbia láctica<sup>31</sup> não sendo necessário, portanto, um aporte de oxigênio inicial e sendo esta talvez uma

das justificativas do comportamento do TSI nas curvas de fadiga e recuperação durante o protocolo de estudo.

## **CONCLUSÃO**

Conclui-se que os parâmetros utilizados na aplicação da LEDT neste estudo não produziram efeito agudo na diminuição da fadiga muscular periférica e melhora da oxigenação tecidual. Entendemos como limitação em nosso estudo o fato de termos utilizado somente uma dose na aplicação aguda da manta de LED. Sendo assim, como perspectivas futuras sugerimos que nos próximos estudos sejam realizados protocolos onde se analise doses diferentes na intervenção.

## REFERÊNCIAS

1. Borsa PA, Larkin KA, True JM. Does phototherapy enhance skeletal muscle contractile function and post exercise recovery? A systematic review. *Journal of athletic training*. 2013 Jan-Feb;48(1):57-67.
2. Leal-Junior EC, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho PD, Dal Corso S, Bjordal JM. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. *Lasers in medical science*. 2013 Nov 19.
3. Baroni BM, Leal Junior EC, Geremia JM, Diefenthaler F, Vaz MA. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. *Photomedicine and laser surgery*. 2010 Oct;28(5):653-8.
4. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Rossi RP, Grosselli D, et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomedicine and laser surgery*. 2009 Aug;27(4):617-23.
5. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Rossi RP, De Marchi T, Baroni BM, de Godoi V, et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. *Lasers in surgery and medicine*. 2009 Oct;41(8):572-7.
6. Miranda EF, Leal-Junior EC, Marchetti PH, Dal Corso S. Acute effects of light emitting diodes therapy (LEDT) in muscle function during isometric exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: preliminary results of a randomized controlled trial. *Lasers in medical science*. 2014 Jan;29(1):359-65.
7. Enwemeka CS. Light is light. *Photomedicine and laser surgery*. 2005 Apr;23(2):159-60.
8. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* (1985). 1992 May;72(5):1631-48.
9. McKenna MJ. The roles of ionic processes in muscular fatigue during intense exercise. *Sports medicine*. 1992 Feb;13(2):134-45.

10. Newsholme EA, Blomstrand E, Ekblom B. Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *British medical bulletin*. 1992 Jul;48(3):477-95.
11. Allen DG, Lannergren J, Westerblad H. Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental physiology*. 1995 Jul;80(4):497-527.
12. Bangsbo J, Madsen K, Kiens B, Richter EA. Effect of muscle acidity on muscle metabolism and fatigue during intense exercise in man. *The Journal of physiology*. 1996 Sep 1;495 ( Pt 2):587-96.
13. DAVIS JMB, STEPHEN P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1997 (Volume 29(1), January 1997, pp 45-57).
14. Ascensão AM, J; Oliveira, J.; Duarte, J.; Soares, J. Fisiologia da Fadiga Muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. 2003;3(1).
15. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS, 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*. 2009 Nov;24(6):857-63.
16. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Dalan F, Ferrari M, Sbabo FM, Generosi RA, et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomedicine and laser surgery*. 2008 Oct;26(5):419-24.
17. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Vanin AA, Baroni BM, Grosselli D, De Marchi T, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers in medical science*. 2009 May;24(3):425-31.
18. Quaresima V, Ferrari M, Franceschini MA, Hoimes ML, Fantini S. Spatial distribution of vastus lateralis blood flow and oxyhemoglobin saturation measured at the end of isometric quadriceps contraction by multichannel near-infrared spectroscopy. *Journal of biomedical optics*. 2004 Mar-Apr;9(2):413-20.

19. Esaki K, Hamaoka T, Radegran G, Boushel R, Hansen J, Katsumura T, et al. Association between regional quadriceps oxygenation and blood oxygen saturation during normoxic one-legged dynamic knee extension. *European journal of applied physiology*. 2005 Oct;95(4):361-70.
20. Denis R, Bringard A, Perrey S. Vastus lateralis oxygenation dynamics during maximal fatiguing concentric and eccentric isokinetic muscle actions. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2011 Apr;21(2):276-82.
21. Denis R, Wilkinson J, De Vito G. Influence of angular velocity on vastus lateralis and rectus femoris oxygenation dynamics during knee extension exercises. *Clinical physiology and functional imaging*. 2011 Sep;31(5):352-7.
22. Drouin JM, Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*. 2004 Jan;91(1):22-9.
23. Boushel R, Langberg H, Olesen J, Gonzales-Alonzo J, Bulow J, Kjaer M. Monitoring tissue oxygen availability with near infrared spectroscopy (NIRS) in health and disease. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2001 Aug;11(4):213-22.
24. Lima AB, J. Espectroscopia no infravermelho próximo para a monitorização da perfusão tecidual. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2011;23(3):341-51.
25. Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose-response : a publication of International Hormesis Society*. 2011;9(4):602-18.
26. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics & lasers in medicine*. 2012 Nov 1;1(4):267-86.
27. Ferraresi C, de Brito Oliveira T, de Oliveira Zafalon L, de Menezes Reiff RB, Baldissera V, de Andrade Perez SE, et al. Effects of low level laser therapy (808 nm)

on physical strength training in humans. *Lasers in medical science*. 2011 May;26(3):349-58.

28. Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers in medical science*. 2012 Mar;27(2):497-504.

29. Baroni BM, Leal Junior EC, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *European journal of applied physiology*. 2010 Nov;110(4):789-96.

30. Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, de Oliveira AS, Buck I, et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers in medical science*. 2013 Sep;28(5):1375-82.

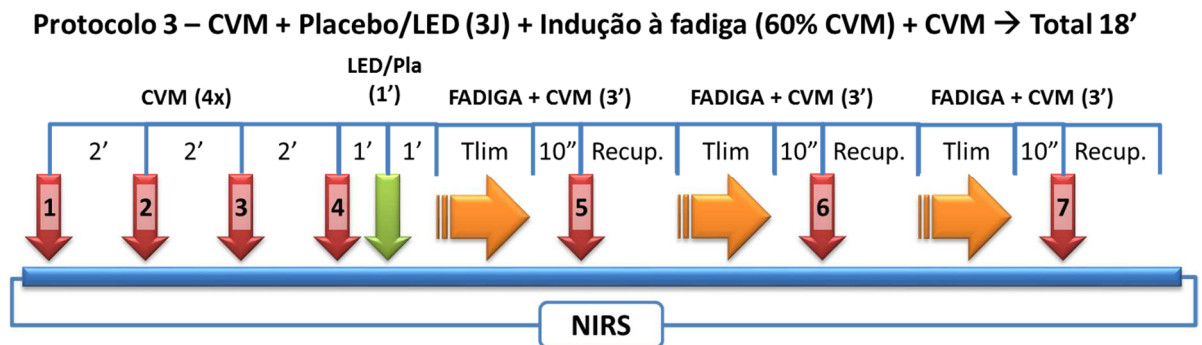
Quadro 1 – Parâmetros utilizados no protocolo de estudo

<b>Número de LEDs do cluster Multi-diodo</b>	50
<b>Distância entre cada LED</b>	3 cm
<b>Tamanho do cluster</b>	34x18 cm
<b>Comprimento de Onda</b>	850nm (diodos infravermelhos de GaAlAs)
<b>Frequência</b>	Saída contínua
<b>Potência de Saída (por LED)</b>	50mW
<b>Potência total de saída</b>	2,5 W
<b>Área (por LED)</b>	0,2 cm <sup>2</sup>
<b>Densidade de Potência (por LED)</b>	0,25 W/cm <sup>2</sup>
<b>Tempo de tratamento</b>	60 s
<b>Energia Total (por LED)</b>	3,0 J
<b>Densidade de energia (por LED)</b>	15 J/cm <sup>2</sup>
<b>Nº de pontos de irradiação por grupo muscular</b>	1 (foi aplicado um ponto contendo 50 LEDs)
<b>Grupo muscular irradiado</b>	Quadríceps femoral
<b>Total de energia entregue no grupo muscular</b>	150 J
<b>Modo de aplicação</b>	Modo estacionário

**FIGURA 1** – manta de LEDT (50 diodos infravermelho)



**FIGURA 2** – Desenho do protocolo de estudo



Onde: CVM – contração voluntária máxima; Tlim – Tempo limite de contração isométrica; Recup – Tempo de recuperação até o próximo Tlim.

**TABELA 1 - Caracterização da amostra**

	<b>Média</b>	<b>DP</b>
<b>Idade (anos)</b>	50,4	8,4
<b>Estatura (m)</b>	1,66	0,11
<b>Massa Corporal (Kg)</b>	80,4	19,7
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	28,9	4,7

**TABELA 2 – Desempenho muscular**

Variáveis	Placebo			LEDT		
	1	2	3	1	2	3
<b>CVM Pré (Nm)</b>	207,3 ± 73,2			206,9 ± 70,5		
<b>CVM Pós (Nm)</b>	178,4±72,5	170,7±64,5	165,3±58,9	172,8±64,2	164,0±61,3	160,5±55,3
<b>Fadiga (s)</b>	50,6±16,5 <sup>a</sup>	41,0±10,2 <sup>a,*</sup>	33,3±7,8 <sup>a</sup>	51,9±18,8 <sup>b</sup>	36,2±9,4 <sup>b,*</sup>	33,7±9,3 <sup>b</sup>
<b>CVM %</b>	84,2±7,0	81,4±6,2	80,1±7,7	82,4±6,7	78,1±7,7	77,2±7,8
<b>Δ Tq (Nm)</b>	28,6±13,0	36,3±15,9	41,8±21,7	33,9±15,2	42,7±21,1	46,2±23,8
<b>Trabalho (Nm x s)</b>	6377,0±2885,4	5081,6±2162,0	4117,0±1618,4	6403,3±2719,3	4537,6±1953,8	4171,8±1677,8

Trabalho representado pela área sob a curva torque x tempo; ΔTq – diferença entre o pico de torque em cada um dos tempos e o pico de torque pré fadiga; CVM % - valor percentual correspondente às CVM pós protocolo de fadiga em relação à CVM pré-teste.

*a: placebo: 1 vs 2, 1 vs 3 e 2 vs 3 (p < 0,05);*

*b: LEDT: 1 vs 2 e 1 vs 3 (p < 0,05)*

*\*: Placebo 2 vs LEDT 2 (mesmo tempo, porém diferentes terapias).*

**TABELA 3** - Valores médios da regressão linear para o TSI durante as fadigas e as recuperações.

Variáveis	Placebo			LEDT		
	Média ± EP			Média ± EP		
Tempos	1	2	3	1	2	3
<b>Fad Q<sub>a</sub></b>	64,2±3,3	64,0±3,3	64,3±3,2	66,7±3,3	66,0±3,5	65,0±4,0
<b>Fad Q<sub>b</sub></b>	-0,6±0,1	-0,5±0,1	-0,6±0,1	-0,6 ± 0,1	-0,6±0,1	-1,3±0,7
<b>Rec P<sub>a</sub></b>	57,6±3,4	58,2±3,3	56,4±3,3	59,9±2,6	59,0±3,1	59,0±2,4
<b>Rec P<sub>b</sub></b>	0,1±0,02	0,1±0,02	0,1±0,03	0,1±0,04	0,1±0,03	0,2±0,04

As variáveis representam os valores médios da regressão linear para o índice de saturação tecidual (TSI – tissue saturation index). Fad Q<sub>a</sub> e Q<sub>b</sub> representam a velocidade da dessaturação de oxigênio durante o tempo de resistência isométrica, onde “a” demonstra o ponto de intersecção com a reta e o “b” o ângulo com o eixo x, neste caso o tempo. Rec P<sub>a</sub> e P<sub>b</sub> representam a velocidade de ressaturação após o término da resistência isométrica (com “a” e “b” tendo os mesmos significados anteriores).

## 5 CONCLUSÃO GERAL

Ao término deste estudo podemos concluir que ainda são necessárias pesquisas a fim de elucidar quais os melhores parâmetros a ser empregados, uma vez que se sabe que o LEDT aparenta ser eficaz na prevenção da fadiga muscular e na melhora da função muscular em outras situações. Ainda que este estudo não tenha evidenciado diferença significativa com os parâmetros utilizados em nosso protocolo, é importante ressaltar que a terapia por LEDT deve continuar a ser pesquisada, pois apresentou evidências positivas em outros estudos e sendo o seu baixo custo um importante fator a ser considerado.

É importante salientar também que a fototerapia pode ser um forte aliado na prevenção da fadiga muscular de pacientes com doenças sistêmicas, como a DPOC. Já existem estudos na área experimental buscando evidências da LEDT na função muscular em modelos experimentais de insuficiência cardíaca. Entretanto, mais estudos são necessários, afim de aprofundar o conhecimento atual sobre qual é o efeito da fototerapia de baixa intensidade na função muscular tanto de indivíduos saudáveis como em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica e insuficiência cardíaca.

## **ANEXOS**

# ANEXO I PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE		UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE PORTO ALEGRE	
<b>PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP</b>			

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DO EFEITO DA FOTOTERAPIA DE BAIXA POTÊNCIA NA FUNÇÃO MUSCULAR E NA OXIGENAÇÃO TECIDUAL PERIFÉRICA EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA DE GRAU MODERADO

**Pesquisador:** Pedro Dal Lago

**Área Temática:** Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País; Novos procedimentos terapêuticos invasivos;

**Versão:** 4

**CAAE:** 14717513.9.0000.5345

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

**Patrocinador Principal:** Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 566.062

**Data da Relatoria:** 20/03/2014

### Apresentação do Projeto:

A síndrome de insuficiência cardíaca congestiva (IC) tem se tornado um preocupante problema de saúde pública para a maioria dos países, alcançando um altíssimo impacto socioeconômico. Intervenções não farmacológicas capazes de melhorar o quadro clínico destes pacientes são alvo de estudo(s) e pesquisa (s) atualmente. A fototerapia como terapêutica na prevenção da fadiga muscular através de equipamentos emissores da

Light Emitting Diodes Therapy (LEDT) tem sido utilizados em indivíduos saudáveis. Objetivos: Estudar o efeito da LEDT na função muscular e na oxigenação tecidual dos membros inferiores de pacientes com Insuficiência Cardíaca. Métodos: trata-se de um estudo clínico aleatorizado duplocego, incluindo dois grupos: um grupo controle, com indivíduos saudáveis, pareados por idade e sexo ao grupo ICC, onde estarão alocados pacientes adultos com quadro estável de ICC, classe II ou III segundo a NYHA. Estes serão avaliados quanto sua função muscular e oxigenação tecidual nos membros inferiores pré e pós intervenção aguda com LEDT. As avaliações serão realizadas através de um dinamômetro isocinético e espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). Serão analisados a concentração de oxiemoglobina e deoxiemoglobina, concentração total de hemoglobina, torque muscular e índice

cidual dos

to, foi erroneamente enviado ao CONEP  
13, o CONEP enviou parecer devolvendo o  
a. Assim, o CEP recebe este projeto e o

<b>Endereço:</b> Rua Sarmento Leite ,245	<b>CEP:</b> 90.050-170
<b>Bairro:</b>	<b>Município:</b> PORTO ALEGRE
<b>UF:</b> RS	<b>E-mail:</b> cep@ufcspa.edu.br
<b>Telefone:</b> (513)303-8804	

Página 01 de 03

<b>Endereço:</b> Rua Sarmento Leite ,245	<b>CEP:</b> 90.050-170
<b>Bairro:</b>	<b>Município:</b> PORTO ALEGRE
<b>UF:</b> RS	<b>E-mail:</b> cep@ufcspa.edu.br
<b>Telefone:</b> (513)303-8804	

Página 02 de 03

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE DE  
PORTO ALEGRE



Continuação do Parecer: 566.062

PORTO ALEGRE, 24 de Março de 2014

---

**Assinador por:**  
**José Geraldo Vernet Taborda**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rua Sarmiento Leite ,245

**Bairro:**

**CEP:** 90.050-170

**UF:** RS

**Município:** PORTO ALEGRE

**Telefone:** (513)303 -8804

**E-mail:** cep@ufcspa.edu.br

## **ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr (a) está sendo convidado a participar de um estudo que tem por objetivo avaliar a ação da fototerapia (terapia baseada em aplicação de luz) na redução da fadiga muscular de pacientes com Insuficiência Cardíaca. O título do estudo é "**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA FOTOTERAPIA DE BAIXA POTÊNCIA NA FUNÇÃO MUSCULAR E NA OXIGENAÇÃO TECIDUAL PERIFÉRICA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**" e será conduzido no Laboratório de Fisioterapia da Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA).

A sua participação na pesquisa iniciará após a leitura, o esclarecimento de possíveis dúvidas e do seu consentimento livre e esclarecido por escrito. A assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será em duas vias, permanecendo uma delas com o participante.

Você será informado sobre os procedimentos e resultados da participação na pesquisa e receberá esclarecimento sobre as dúvidas que possam surgir dela.

### **1. Dados Coletados:**

As informações coletadas na pesquisa permanecerão no anonimato. Apenas a pesquisadora ou alguém autorizado por ela terá acesso aos dados de identificação.

### **2. Assistência durante o estudo:**

Durante a pesquisa os participantes receberão acompanhamento da pesquisadora ou de alguém da sua equipe na realização das avaliações, aplicações de fototerapia e assistência no caso de alguma lesão decorrente da participação na pesquisa.

### **Fases do Estudo:**

A participação na pesquisa envolverá três fases: entrevista, avaliação e três sessões de fototerapia.

**ENTREVISTA:** nesta etapa coletaremos seus dados de identificação e algumas informações referentes ao seu estado de saúde.

**AVALIAÇÃO:** constará da realização de um teste de força dos músculos e resistência à fadiga da sua perna dominante em um equipamento de avaliação chamado dinamômetro isocinético.

**SESSÕES DE FOTOTERAPIA:** Esta terapia ocorre através da aplicação de um tipo específico de luz terapêutica nos tecidos do corpo humano. Neste estudo, esta luz será aplicada sobre a coxa do membro dominante juntamente com a realização de testes de força muscular e de resistência à fadiga. Serão realizados três encontros para a aplicação de fototerapia com diferentes intensidades de luz terapêutica.

O tempo necessário para a realização deste estudo é de aproximadamente 60 minutos a cada encontro. Serão realizados, no total cinco encontros. Estes serão agendados previamente conforme a sua disponibilidade e a dos pesquisadores.

### **3. Benefícios e Riscos:**

Os possíveis benefícios deste estudo são a diminuição do cansaço nos membros inferiores (pernas) assim como a melhora da circulação sanguínea periférica. Já os eventuais riscos são os inerentes à contração muscular contra resistência, como aumento da frequência cardíaca, aumento da pressão arterial e sinal de cansaço após a realização do protocolo de estudo.

Está garantida a plena assistência ao paciente pelos pesquisadores responsáveis, caso haja necessidade.

#### 4. **Decisão quanto à participação:**

A participação na pesquisa será voluntária. Concordando ou recusando em participar, não serão obtidas vantagens ou desvantagens no atendimento e tratamento no serviço de saúde no qual os pacientes são atendidos. Ninguém será obrigado a responder a todas as perguntas e realizar todas as avaliações e exercícios, podendo interromper ou cancelá-los a qualquer momento. A participação em todos os procedimentos da pesquisa não implicará no pagamento de qualquer taxa.

Necessitando quaisquer esclarecimentos sobre a pesquisa ou querendo cancelar a participação nela, o participante poderá entrar em contato direto com a Fisioterapeuta pesquisadora Andressa Moreira ou pelo número do seu telefone celular: (51) 9162-2102.

Eu \_\_\_\_\_, recebi as informações sobre os objetivos da pesquisa de forma clara e concordo em participar do estudo.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Contato (telefone): (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

Nome da pesquisadora: Andressa Moreira

Nome do pesquisador responsável: Pedro Dal Ago

Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa da UFCSPA – (51) 3303-8804

Participante Responsável	Pesquisador	Pesquisador

## ANEXO III – Normas de formatação da Revista Brasileira de Fisioterapia



ISSN 1413-3555 *versão impressa*  
ISSN 1809-9246 *versão online*

### INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Escopo e política](#)
- [Forma e apresentação do manuscrito](#)
- [Submissão eletrônica](#)
- [Processo de revisão](#)
- [Áreas do conhecimento](#)

#### Escopo e política

O Brazilian Journal of Physical Therapy (BJPT) publica artigos originais de pesquisa, revisões e comunicações breves, cujo objeto básico de estudo refere-se ao campo de atuação profissional da Fisioterapia e Reabilitação, veiculando estudos clínicos, básicos ou aplicados sobre avaliação, prevenção e tratamento das disfunções de movimento.

O conselho editorial do BJPT compromete-se a publicar investigação científica de excelência, de diferentes áreas do conhecimento.

O BJPT segue os princípios da ética na publicação contidos no código de conduta do Committee on Publication Ethics ([COPE](#)).

O BJPT publica os seguintes tipos de estudo, cujos conteúdos devem manter vinculação direta com o escopo e com as áreas descritas pela revista:

a) Estudos experimentais: estudos que investigam efeito(s) de uma ou mais intervenções em desfechos diretamente vinculados ao escopo e às áreas do BJPT.

A Organização Mundial de Saúde define ensaio clínico como "qualquer estudo que aloca prospectivamente participante ou grupos de seres humanos em uma ou mais intervenções relacionadas à saúde para avaliar efeito(s) em desfecho(s) em saúde". Ensaios clínicos incluem estudos experimentais de caso único, séries de casos, ensaios controlados não aleatorizados e ensaios controlados aleatorizados. Estudos do tipo ensaio controlado aleatorizado (ECA) devem seguir as recomendações de formatação do CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials), que estão disponíveis em <http://www.consort-statement.org/consort-statement/overview0/>.

O CONSORT checklist e Statement Flow Diagram, disponíveis em <http://www.consortstatement.org/downloads/translations> deverão ser preenchidos e submetidos juntamente com o manuscrito.

Os ensaios clínicos deverão informar registro que satisfaça o Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas, ex. <http://clinicaltrials.gov/> e/ou <http://anzctr.org.au/>. A lista completa de todos os registros de ensaios clínicos pode ser encontrada no seguinte endereço:

<http://www.who.int/ictrp/network/primary/en/index.html>

b) Estudos observacionais: estudos que investigam relação(ões) entre variáveis de interesse relacionadas ao escopo e às áreas do BJPT, sem manipulação direta (ex: intervenção). Estudos observacionais incluem estudos transversais, de coorte e caso-controle.

c) Estudos qualitativos: estudos cujo foco refere-se à compreensão das necessidades, motivações e comportamentos humanos. O objeto de um estudo qualitativo é pautado pela análise aprofundada de uma unidade ou temática, o que inclui opiniões, atitudes, motivações e padrões de comportamento sem quantificação. Estudos qualitativos incluem pesquisa documental e estudo etnográfico.

d) Estudos de revisão de sistemática: estudos que realizam análise e/ou síntese da literatura de tema relacionado ao escopo e às áreas do BJPT. Manuscritos de revisão sistemática que incluem metanálise terão prioridade em relação aos demais estudos de revisão sistemática. Aqueles manuscritos que apresentam quantidade insuficiente de artigos e/ou artigos de baixa qualidade selecionados na seção de método e que não apresentam conclusão assertiva e válida sobre o tema não serão considerados para a análise de revisão por pares. Os autores deverão utilizar o guideline PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) para a formatação de Artigos de Revisão Sistemática. Esse guideline está disponível em: <http://prisma-statement.org/statement.htm> e deverá ser preenchido e submetido juntamente com o manuscrito. Sugere-se que potenciais autores consultem o artigo Mancini MC, Cardoso JR, Sampaio RF, Costa LCM, Cabral CMN, Costa LOP. Tutorial for writing systematic reviews for the Brazilian Journal of Physical Therapy (BJPT). Braz J Phys Ther. 2014 Nov-Dec; 18(6):471-480. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0077>.

e) Estudos de tradução e adaptação transcultural de questionários ou roteiros de avaliação: estudos direcionados a traduzir e adaptar para línguas e culturas distintas a versão original de instrumentos de avaliação existentes. Os autores deverão utilizar o check-list ([Anexo](#)) para a formatação desse tipo de artigo, seguindo também as demais recomendações das normas do BJPT. Respostas ao check-list deverão ser submetidas juntamente com o manuscrito. É igualmente necessário que os autores incluam uma autorização dos autores do instrumento original, objeto da tradução e/ou adaptação transcultural na submissão.

f) Estudos metodológicos: estudos centrados no desenvolvimento e/ou avaliação das propriedades e características clinimétricas de instrumentos de avaliação. Aos autores, sugere-se utilizar os Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) para a formatação de artigos metodológicos, seguindo também as demais recomendações das normas do BJPT. OBS: Estudos que relatam resultados eletromiográficos devem seguir também o Standards for Reporting EMG

---

Data, recomendados pela ISEK - International Society of Electrophysiology and Kinesiology ([http://www.isek-online.org/standards\\_emg.html](http://www.isek-online.org/standards_emg.html)).

#### **Aspectos éticos e legais**

A submissão do manuscrito ao BJPT implica que o trabalho não tenha sido submetido simultaneamente a outro periódico. Os artigos publicados no BJPT são de acesso aberto e distribuídos sob os termos do Creative Commons Attribution Non-Commercial License ([http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt\\_BR](http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt_BR)), que permite livre uso não comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original esteja devidamente mantida. A reprodução de parte(s) de um manuscrito, mesmo que parcial, incluindo tradução para outro idioma, necessitará de autorização prévia do editor.

Os autores devem citar os créditos correspondentes. Ideias, dados ou frases de outros autores, sem as devidas citações e que sugiram indícios de plágio, estarão sujeitas às sanções conforme código de conduta do COPE.

Quando parte do material tiver sido apresentada em uma comunicação preliminar, em simpósio, congresso etc., deve ser citada a referência da apresentação como nota de rodapé na página de título.

O uso de iniciais, nomes ou números de registros hospitalares dos pacientes devem ser evitados. Um paciente não poderá ser identificado por fotografias, exceto com consentimento expreso, por escrito, acompanhando o trabalho original no momento da submissão.

Estudos realizados em humanos devem estar de acordo com os padrões éticos estabelecidos pelo Committee on Publication Ethics (COPE) e aprovados por um Comitê de Ética Institucional. Para os experimentos em animais, devem-se considerar as diretrizes internacionais (por exemplo, a do Committee for Research and Ethical Issues of the International Association for the Study of Pain, publicada em PAIN, 16:109-110, 1983).

Reserva-se ao BJPT o direito de não publicar trabalhos que não obedecem às normas legais e éticas estabelecidas para pesquisas em seres humanos e experimentos em animais.

#### **Critérios de autoria**

O BJPT recebe, para submissão, manuscritos com até seis (6) autores. A política de autoria do BJPT pauta-se nas diretrizes para a autoria do Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas, exigidas para Manuscritos Submetidos a Periódicos Biomédicos ([www.icmje.org](http://www.icmje.org)), as quais afirmam que "a autoria deve ser baseada em 1) contribuições substanciais para a concepção e desenho ou aquisição de dados ou análise e interpretação dos dados; 2) redação do artigo ou revisão crítica do conteúdo intelectual e 3) aprovação final da versão a ser publicada." As condições 1, 2 e 3 deverão ser contempladas simultaneamente. Aquisição de financiamento, coleta de dados e/ou análise de dados ou supervisão geral do grupo de pesquisa, por si só, não justificam autoria e deverão ser reconhecidas nos agradecimentos.

Os editores poderão analisar, em caso de excepcionalidade,

---

solicitação para submissão de manuscrito que exceda seis ( 6) autores. Os critérios para a análise incluem o tipo de estudo, potencial para citação, qualidade e complexidade metodológica, entre outros. Nesses casos excepcionais, a contribuição de cada autor deve ser explicitada ao final do texto, após os agradecimentos e logo antes das referências, conforme orientações do "International Committee of Medical Journal Editors" e das "Diretrizes" para integridade na atividade científica, amplamente divulgadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (<http://www.cnpq.br/web/quest/diretrizes>).

Os conceitos contidos nos manuscritos são de responsabilidade exclusiva dos autores. Todo material publicado torna-se propriedade do BJPT, que passa a reservar os direitos autorais. Portanto, nenhum material publicado no BJPT poderá ser reproduzido sem a permissão, por escrito, dos editores. Todos os autores de artigos submetidos deverão assinar um termo de transferência de direitos autorais, que entrará em vigor a partir da data de aceite do trabalho.

## **Forma e apresentação do manuscrito**

### **Manuscritos originais**

O BJPT considera a submissão de manuscritos originais com até 3.500 palavras (excluindo-se página de título, resumo, referências, tabelas, figuras e legendas). Informações contidas em anexo(s) serão computadas no número de palavras permitidas.

O manuscrito deve ser escrito preferencialmente em inglês. Quando a qualidade da redação em inglês comprometer a análise e a avaliação do conteúdo do manuscrito, os autores serão informados.

Recomenda-se que os manuscritos submetidos/traduzidos para o inglês venham acompanhados de certificação de revisão por serviço profissional de editing and proofreading. Tal certificação deverá ser anexada à submissão. Sugerem-se os seguintes serviços abaixo, não excluindo outros:

- American Journal Experts (<http://www.journalexperts.com>);
- Scribendi ([www.scribendi.com](http://www.scribendi.com));
- Nature Publishing Groups Language Editing (<https://languageediting.nature.com/login>).

Antes do corpo do texto do manuscrito (i.e., antes da introdução), deve-se incluir uma página de título e identificação, palavras-chave, o abstract/resumo e citar os pontos-chave do estudo. No final do manuscrito, devem-se inserir as referências, tabelas, figuras e anexos (se houver).

### **Título e identificação**

O título do manuscrito não deve ultrapassar 25 palavras e deve apresentar o máximo de informações sobre o trabalho. Preferencialmente, os termos utilizados no título não devem constar da lista de palavras-chave.

A página de identificação do manuscrito deve conter os seguintes dados: Título completo e título resumido: com até 45 caracteres,

---

para fins de legenda nas páginas impressas;

**Autores:** nome e sobrenome de cada autor em letras maiúsculas, sem titulação, seguidos por número sobrescrito (expoente), identificando a afiliação institucional/vínculo (unidade/instituição/cidade/ estado/ país). Para mais de um autor, separar por vírgula;

**Autor de correspondência:** indicar o nome, endereço completo, e-mail e telefone do autor de correspondência, o qual está autorizado a aprovar as revisões editoriais e complementar demais informações necessárias ao processo;

**Palavras-chave:** termos de indexação ou palavras-chave (máximo seis) em português e em inglês

#### **Abstract/Resumo**

Uma exposição concisa, que não exceda 250 palavras em um único parágrafo, em português (resumo) e em inglês (abstract), deve ser escrita e colocada logo após a página de título.

Referências, notas de rodapé e abreviações não definidas não devem ser usadas no resumo/abstract. O resumo e o abstract devem ser apresentados em formato estruturado.

#### **Pontos-chave (Bullet points)**

Em uma folha separada, o manuscrito deve identificar de três a cinco frases que capturem a essência do tema investigado e as principais conclusões do artigo. Cada ponto-chave deve ser redigido de forma resumida e deve informar as principais contribuições do estudo para a literatura atual, bem como as suas implicações clínicas (i.e., como os resultados podem impactar a prática clínica ou investigação científica na área de Fisioterapia e Reabilitação). Esses pontos deverão ser apresentados em uma caixa de texto (i.e., box) no início do artigo, após o abstract. Cada um dos pontos-chave deve ter, no máximo, 80 caracteres, incluindo espaços, por itens.

#### **Introdução**

Deve-se informar sobre o objeto investigado devidamente problematizado, explicitar as relações com outros estudos da área e apresentar justificativa que sustente a necessidade do desenvolvimento do estudo, além de especificar o(s) objetivo(s) do estudo e hipótese(s), caso se aplique.

#### **Método**

Consiste em descrever o desenho metodológico do estudo e apresentar uma descrição clara e detalhada dos participantes do estudo, dos procedimentos de coleta, transformação/redução e análise dos dados de forma a possibilitar reprodutibilidade do estudo. Para ensaios clínicos, o processo de seleção e alocação dos participantes do estudo deverá estar organizado em fluxograma, contendo o número de participantes em cada etapa, bem como as características principais (ver modelo do fluxograma CONSORT).

Quando pertinente ao tipo de estudo, deve-se apresentar o cálculo amostral utilizado para investigação do(s) efeito(s). Todas as informações necessárias para a justificativa do tamanho amostral utilizado no estudo devem constar do texto de forma clara.

---

Devem ser descritas as variáveis dependentes e independentes; deve-se informar se os pressupostos paramétricos foram atendidos; especificar o programa computacional usado na análise dos dados e o nível de significância adotado no estudo e especificar os testes estatísticos aplicados e sua finalidade.

### **Resultados**

Devem ser apresentados de forma breve e concisa. Resultados pertinentes devem ser reportados utilizando texto e/ou tabelas e/ou figuras. Não se devem duplicar os dados constantes em tabelas e figuras no texto do manuscrito.

Os resultados devem ser apresentados por meio de medidas de tendência e variabilidade (por ex: média (DP), evitar média±DP) em gráficos ou tabelas autoexplicativas; apresentar medidas da magnitude (por ex: tamanho do efeito) e/ou precisão das estimativas (por ex: intervalos de confiança); relatar o poder de testes estatísticos não significantes.

### **Discussão**

O objetivo da discussão é interpretar os resultados e relacioná-los aos conhecimentos já existentes e disponíveis na literatura, principalmente àqueles que foram indicados na introdução. Novas descobertas devem ser enfatizadas com a devida cautela. Os dados apresentados no método e/ou nos resultados não devem ser repetidos. Limitações do estudo, implicações e aplicação clínica para as áreas de Fisioterapia e Reabilitação deverão ser explicitadas.

### **Referências**

O número recomendado é de 30 referências, exceto para estudos de revisão da literatura. Deve-se evitar que sejam utilizadas referências que não sejam acessíveis internacionalmente, como teses e monografias, resultados e trabalhos não publicados e comunicação pessoal. As referências devem ser organizadas em sequência numérica de acordo com a ordem em que forem mencionadas pela primeira vez no texto, seguindo os Requisitos Uniformizados para Manuscritos Submetidos a Jornais Biomédicos, elaborados pelo Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas – ICMJE.

Os títulos de periódicos devem ser escritos de forma abreviada, de acordo com a List of Journals do Index Medicus. As citações das referências devem ser mencionadas no texto em números sobrescritos (expoente), sem datas. A exatidão das informações das referências constantes no manuscrito e sua correta citação no texto são de responsabilidade do(s) autor(es).

Exemplos:

[http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html).

### **Tabelas, Figuras e Anexos.**

As tabelas e figuras são limitadas a cinco (5) no total. Os anexos serão computados no número de palavras permitidas no manuscrito. Em caso de tabelas, figuras e anexos já publicados, os autores deverão apresentar documento de permissão assinado pelo autor ou editores no momento da submissão.

---



Para artigos submetidos em língua portuguesa, a(s) versão(ões) em inglês da(s) tabela(s), figura(s) e anexo(s) e suas respectivas legendas deverão ser anexadas no sistema como documento suplementar.

**-Tabelas:** devem incluir apenas os dados imprescindíveis, evitando-se tabelas muito longas (máximo permitido: uma página, tamanho A4, em espaçamento duplo), devem ser numeradas, consecutivamente, com algarismos arábicos e apresentadas no final do texto. Não se recomendam tabelas pequenas que possam ser descritas no texto. Alguns resultados simples são mais bem apresentados em uma frase e não em uma tabela.

**-Figuras:** devem ser citadas e numeradas, consecutivamente, em algarismos arábicos na ordem em que aparecem no texto. Informações constantes nas figuras não devem repetir dados descritos em tabela(s) ou no texto do manuscrito. O título e a(s) legenda(s) devem tornar as tabelas e figuras compreensíveis, sem necessidade de consulta ao texto. Todas as legendas devem ser digitadas em espaço duplo, e todos os símbolos e abreviações devem ser explicados. Letras em caixa-alta (A, B, C etc.) devem ser usadas para identificar as partes individuais de figuras múltiplas.

Se possível, todos os símbolos devem aparecer nas legendas; entretanto símbolos para identificação de curvas em um gráfico podem ser incluídos no corpo de uma figura, desde que não dificulte a análise dos dados. As figuras coloridas serão publicadas apenas na versão on-line. Em relação à arte final, todas as figuras devem estar em alta resolução ou em sua versão original. Figuras de baixa qualidade não serão aceitas e podem resultar em atrasos no processo de revisão e publicação.

**-Agradecimentos:** devem incluir declarações de contribuições importantes, especificando sua natureza. Os autores são responsáveis pela obtenção da autorização das pessoas/instituições nomeadas nos agradecimentos.

**Comunicações breves ou short communication**

O BJPT publicará um short communication por número (até seis por ano), e a sua formatação é semelhante à do artigo original, com 1200 palavras, até duas figuras, uma tabela e dez referências bibliográficas.

**Submissão eletrônica**

A submissão dos manuscritos, os quais devem ser preferencialmente em inglês, deverá ser efetuada por via eletrônica no site <http://www.scielo.br/rbfis>. Os manuscritos redigidos em português serão analisados e, se foram selecionados para publicação, a tradução para o inglês da versão corrigida será de responsabilidade dos autores.

---

A versão traduzida deverá ser enviada no prazo máximo de dez dias com certificação e será submetida ao Editor Internacional e revisor sob responsabilidade do BJPT. Os trabalhos aprovados serão publicados apenas na língua inglesa a partir do volume 19.1(2015).

É de responsabilidade dos autores a eliminação de todas as informações (exceto na página do título e identificação) que possam identificar a origem ou autoria do artigo.

Ao submeter um manuscrito para publicação, os autores devem inserir como documento suplementar no sistema, além dos arquivos requeridos nas instruções acima, a Carta de encaminhamento do material, a Declaração de responsabilidade de conflitos de interesse e a Declaração de transferência de direitos autorais assinadas por todos os autores.

### **Processo de revisão**

Os manuscritos submetidos que atenderem às normas estabelecidas e que se apresentarem em conformidade com a política editorial do BJPT serão encaminhados para os editores de área, que farão a avaliação inicial do manuscrito e enviarão ao editor chefe a recomendação ou não de encaminhamento para revisão por pares. Os critérios utilizados para análise inicial do editor de área incluem: originalidade, pertinência, relevância clínica e métodos. Os manuscritos que não apresentarem mérito ou não se enquadrarem na política editorial serão rejeitados na fase de pré-análise, mesmo quando o texto e a qualidade metodológica estiverem adequados. Dessa forma, o manuscrito poderá ser rejeitado com base apenas na recomendação do editor de área, sem necessidade de novas avaliações, não cabendo, nesses casos, recurso ou reconsideração. Os manuscritos selecionados na pré-análise serão submetidos à avaliação de especialistas, que trabalharão de forma independente. Os avaliadores permanecerão anônimos aos autores, assim como os autores não serão identificados pelos avaliadores. Os editores coordenarão as informações entre os autores e avaliadores, cabendo-lhes a decisão final sobre quais artigos serão publicados com base nas recomendações feitas pelos avaliadores e editores de área. Quando aceitos para publicação, os artigos estarão sujeitos a pequenas correções ou modificações que não alterem o estilo do autor. Quando recusados, os artigos serão acompanhados de justificativa do editor. Após publicação do artigo ou processo de revisão encerrado, os arquivos e documentação referentes ao processo de revisão serão eliminados.

### **Áreas do conhecimento**

1. Fisiologia, Cinesiologia e Biomecânica; 2. Cinesioterapia/recursos terapêuticos; 3. Desenvolvimento, aprendizagem, controle e comportamento motor; 4. Ensino, Ética, Deontologia e História da Fisioterapia; 5. Avaliação, prevenção e tratamento das disfunções cardiovasculares e respiratórias; 6. Avaliação, prevenção e tratamento das disfunções do envelhecimento; 7. Avaliação, prevenção e tratamento das disfunções musculoesqueléticas; 8. Avaliação, prevenção e

---

tratamento das disfunções neurológicas; 9. Avaliação, prevenção e tratamento nas condições da saúde da mulher; 10. Ergonomia/Saúde no trabalho.

[\[Home\]](#) [\[Sobre esta revista\]](#) [\[Corpo editorial\]](#) [\[Assinaturas\]](#)



Todo o conteúdo do periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)

**Rod. Washington Luís, Km 235  
13565-905, São Carlos, SP, Brasil  
Tel./Fax: +55 16 3351 8755**



[contato@rbf-bjpt.org.br](mailto:contato@rbf-bjpt.org.br)