

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CENTRO DE DESPORTOS

MONIQUE VARGAS

**EFEITO DA BIOFOTOMODULAÇÃO NO VOLUME TOTAL DO TREINAMENTO
RESISTIDO:
Um estudo randomizado, duplo-cego e controlado com placebo**

Florianópolis,
2018

Monique Vargas

**EFEITO DA BIOFOTOMODULAÇÃO NO VOLUME TOTAL DO TREINAMENTO
RESISTIDO**

Um estudo randomizado, duplo-cego e controlado com placebo

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Educação Física - Bacharelado do Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Educação Física.

Orientadora: Dr.^aCintia de la Rocha Freitas

Coorientador: Me. Lucas Bet da Rosa Orssatto

Florianópolis,

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Vargas, Monique
EFEITO DA BIOFOTOMODULAÇÃO NO VOLUME TOTAL DO
TREINAMENTO RESISTIDO : Um estudo randomizado, duplo-cego
e controlado com placebo / Monique Vargas ; orientador,
Cintia de la Rocha Freitas, coorientador, Lucas Bet da
Rosa Orssatto, 2018.
41 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Desportos, Graduação em Educação Física, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Educação Física. 2. Terapia a laser de baixo nível. 3.
Fadiga muscular. 4. Volume de exercício . 5. Treinamento de
força. I. Freitas, Cintia de la Rocha. II. Orssatto, Lucas
Bet da Rosa . III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Educação Física. IV. Título.

Monique Vargas

**EFEITO DA BIOFOTOMODULAÇÃO NO VOLUME TOTAL DO
TREINAMENTO RESISTIDO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Educação Física” e aprovado em sua forma final pelo Centro de Desportos da Universidade Federal de Santa Catarina, com a nota 10,0

Florianópolis, 21 de junho de 2018.

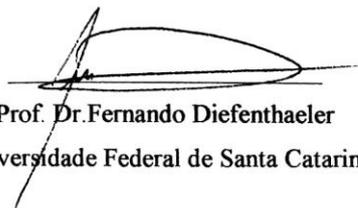
Banca Examinadora:



Prof.^a, Dr.^a Cintia de la Rocha Freitas
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Me. Lucas Bet da Rosa Orssatto
Coorientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Fernando Diefenthaler
Universidade Federal de Santa Catarina



Bel. Mariane Eichendorf da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao Lucas Bet da Rosa Orssatto por aceitar ser meu coorientador, pela confiança, paciência na orientação, incentivo e apoio total que foram essenciais e tornaram possível a conclusão desta monografia, caso o contrário nada disso seria possível, e pela oportunidade que me foi dada e que me proporcionou grande aprendizado na área. A minha orientadora Cintia de la Rocha Freitas, por todo o suporte que me deu no pouco tempo que lhe coube, e por todas as suas correções e incentivos. Ao Mateus Rossato que se disponibilizou a me ajudar na melhor compreensão do tema, nas coletas e análise de dados, que desejei a sua participação na banca examinadora deste trabalho, e que foi de extrema importância na elaboração do mesmo. Ao professor Fernando Diefenthaler que estava sempre acompanhando todas as etapas do projeto, dando sugestões e contribuindo com o desenvolvimento desse estudo.

Agradecer as minhas “amigas” Raul Vilain, Caroline Bento, Lais Peixoto e Marcela Ferrarini que me acompanharam durante toda a minha graduação e tornaram desses 4 anos muito mais divertidos e alegres!

Agradeço aos voluntários que se disponibilizaram a participar do estudo, e aos meus amigos que também participaram do estudo, Maria Laureana, Bruna Pagliosa, Taynan Zucco, Cheila Roeder, Mariane Eichendorf, e minha irmã Tamiris, e de meus amigos de curso, Luiz Eduardo Schvambach, Lays Matias, Luana Palácio, Anna Volpato, e a todos que de certa forma diretamente ou indiretamente também contribuíram, meu MUITO OBRIGADA!

Ao meu pai e minha mãe, Moacir e Claudia pelo amor, incentivo e pelo apoio incondicional. E ao meu namorado Gustavo pelo carinho e apoio constante em toda minha vida acadêmica e nesses 6 anos.

RESUMO

O treinamento de força é capaz de aumentar a força, massa muscular, resistência muscular localizada, potência, força explosiva e, em consequência, melhorar desempenho esportivo, qualidade de vida e combater a diversas patologias. O volume de treinamento (i.e. número de séries e número de repetições) é uma variável de grande importância para as adaptações desse tipo de treinamento. O principal limitante do volume é a fadiga muscular, a qual ocorre durante a atividade muscular intensa e / ou prolongada. Agentes eletrofísicos, como terapia a laser de baixo nível e terapia de diodos emissores de luz (i.e. biofotomodulação) têm sido usadas com sucesso para diminuir a fadiga muscular em experiências e ensaios clínicos. A resistência à fadiga muscular pode ser aumentada com a biofotomodulação aplicada antes da sessão de treinamento ou exercícios intensos. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo analisar o efeito da biofotomodulação no volume total de uma sessão de treinamento resistido. Métodos: a amostra foi composta por 14 participantes jovens adultos, do sexo feminino e masculino com idade entre 18 a 40 anos com experiência mínima de 6 meses com o treinamento resistido e ter experiência prévia com o exercício flexão plantar em pé. Foram realizados 3 encontros com os participantes e sete dias de intervalo entre encontros. No primeiro encontro, foi realizada antropometria, familiarização com o uso do metrônomo e teste de 12 repetições máximas. Nas duas visitas seguintes, foram realizadas as sessões de treinamento: 6 séries com repetições até a falha concêntrica, com a carga determinada no teste de 12 repetições máximas e 2 min de intervalo. Em uma destas sessões, foi realizada aplicação da biofotomodulação no sujeito e na outra foi realizada a aplicação do placebo (i.e. modelo cruzado). Foi comparado o volume de repetições em cada série e volume total de treinamento entre situações biofotomodulação e placebo. Resultados: Os participantes do estudo apresentam médias semelhantes nas duas situações (biofotomodulação e placebo) nas variáveis de: volume de repetições, escala de Esforço, escala de Desconforto e escala de Desconforto para dor muscular tardia. Os resultados sugerem que a biofotomodulação não foi eficaz em aumentar o volume de treinamento, em reduzir a fadiga muscular e o desconforto durante e após o treinamento resistido. Em conclusão, contrariando as hipóteses do presente estudo de que a situação biofotomodulação pudesse atenuar a fadiga muscular e o desconforto relacionado à dor muscular tardia, os resultados indicaram não haver diferença entre a situação com biofotomodulação e com placebo nas variáveis investigadas.

Palavras-chave: Terapia a laser de baixo nível. Treinamento de força. Volume de exercício. Fadiga muscular. Laser terapia.

ABSTRACT

Strength training is able to increase strength, muscle mass, resistance strength, power, explosive strength and supporting condition, quality of life and to avoid different pathologies. The training volume (for example, number of sets and number of repetitions) is a variable of great importance for the adaptations of this type of training. The main limitation of volume is muscle fatigue, a physical activity during heavy and / or prolonged musculature. Electrophysical agents such as low-level laser therapy and light-emitting diode therapy (ie biophotomodulation) have been successfully used to decrease muscle fatigue in clinical trials and experiments. Resistance to muscle fatigue can be increased with a biophotomodulation of action applied before the training session or intense exercise. Thus, the present study aims to analyse the effect of biophotomodulation on the total volume of a resistance training session. Methods: The study was carried out by 14 young adult male and female participants aged 18 to 40 years with a minimum of 6 months prior training with resistance training and familiarized with ankle plantar flexion exercise. There were 3 meetings with participants and 7 days between meetings. In the first meeting, anthropometry, familiarization with the use of the metronome and a test of 12 maximal repetitions were performed. The following sessions were performed as training sessions: 6 sets with repetitions until a concentric effort, with a determined weight without test of 12 maximum repetitions and 2 min of interval. In one of the sessions, the biophotomodulation was applied and in the other placebo model (eg, cross-over) was used. The volume of repetitions and the volume of work in each of the sessions were compared between the biophotomodulation and placebo occurrences. Results: Subjects presented similar mean in the variables of: volume of repetitions, Stress scale, Discomfort scale and Discomfort scale for late muscle pain in both situations (biophotomodulation and placebo). The results suggest that biophotometry was not effective in increasing training volume, reducing muscle fatigue and discomfort during and after resistance training. In conclusion, contrary to the hypotheses of the present study that the biophotomodulation situation could attenuate muscular fatigue and discomfort related to late muscle pain, the results indicated that there was no difference between the situation with biophotomodulation and placebo in the investigated variables.

Keywords: Low level laser therapy. Strength training. Exercise volume. Muscular fatigue. Laser therapy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aparelho “panturrilha vertical”	25
Figura 2 - Aplicação do laser.....	26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 TREINAMENTO DE FORÇA.....	14
2.1.1 Volume de treinamento.....	15
2.2 FADIGA MUSCULAR.....	17
2.3 BIOFOTOMODULAÇÃO.....	19
3. MÉTODOS.....	22
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	22
3.2 ASPECTOS ÉTICOS.....	22
3.3 LOCAL.....	22
3.4 PARTICIPANTES.....	22
3.4 DESENHO EXPERIMENTAL.....	23
3.5 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS.....	23
3.5.1 Antropometria	23
3.5.2 Teste de 12 repetições máximas.....	24
3.5.3 Biofotomodulação.....	25
3.5.4 Sessão de treinamento.....	26
3.5.5 Percepção subjetiva de esforço.....	27
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
4. RESULTADOS.....	28
5. DISCUSSÃO	32
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICE.....	42

1. INTRODUÇÃO

O treinamento resistido ou treinamento de força se tornou uma das formas de exercício mais populares para a melhora da aptidão física e condicionamento físico da população em geral (FLECK, 2017). Esse tipo de treinamento é utilizado objetivando aumento da performance neuromuscular, por meio do aumento da massa (i.e. hipertrofia muscular), resistência, força (e.g. máxima e explosiva) e potência muscular de crianças, jovens, adultos e idosos, saudáveis e não saudáveis, atletas e não atletas. Além dos benefícios para a performance atlética, recentemente, o treinamento resistido também vem sendo muito usado para melhoria da saúde, como na redução e controle do peso corporal (RATAMESS, 2009; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009), controle da glicemia em diabéticos, do perfil lipídico, redução da hipertensão arterial sistêmica e redução da dislipidemia em idosos (FLECK, 2017).

Para atingir os objetivos desejados, a prescrição desse tipo de treinamento envolve a manipulação de diversas variáveis, como velocidade das ações musculares (i.e., concêntrica e excêntrica), intensidade (carga de treinamento), esforço (percepção subjetiva), intervalo de recuperação entre séries e exercícios, seleção e ordem dos exercícios, frequência semanal e volume (i.e., número de séries e repetições) (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009; BIRD, 2005; RATAMESS, 2009). Esta última variável citada, o volume, é de extrema importância e deve ser levado em consideração para a elaboração de programas de treinamento resistido. Existe uma relação entre volumes mais altos de treinamento e resultados de treinamento na diminuição do percentual de gordura, hipertrofia, aumento de massa magra e desempenho motor de jovens e idosos (FLECK, 2017; SCHOENFELD, 2016; PETERSON, 2011). Além do mais, alguns autores acreditam que o volume é a variável mais importante do treinamento resistido para hipertrofia muscular e para prevenção ou tratamento de doenças crônicas, como a diabetes, doenças cardiovasculares e osteopatia (FIGUEIREDO; SALLES; TRAJANO, 2017).

O principal limitante do volume do treinamento é a fadiga muscular, a qual ocorre durante a atividade muscular intensa e/ou prolongada (LEAL-JUNIOR, 2013). A fadiga se define pela sensação de cansaço, uma redução física do esforço, ou a falha de algum sistema fisiológico específico (MOREIRA, 2008). É importante estudar a fadiga como um mecanismo de defesa que é ativado antes que ocorra algum agravamento de

determinadas funções orgânicas e celulares, prevenindo lesões celulares e lesões esportivas (SANTOS, 2003). Contudo, existem dificuldades ao investigar a fadiga e isso se deve a sua natureza multifatorial (KIRKENDALL, 2000). A origem e extensão da fadiga muscular dependem da especificidade do exercício, tipo de fibra muscular e o nível de aptidão física individual (FITTS, 1994).

Dessa maneira, diferentes estratégias ergogênicas vêm sendo investigadas com o intuito de atenuar a fadiga, melhorar a performance em treinamento resistido e, por consequência, otimizar as respectivas adaptações fisiológicas (MOREIRA, 2008). Dentre elas, podemos destacar a suplementação de creatina (VANDENBERGHE et al., 1997), beta-alanina (HOFFMAN et al., 2008) e cafeína (GREEN et al., 2007). Recentemente nesta perspectiva, alguns estudos têm investigado a biofotomodulação (e.g. agentes eletro físicos, como: terapia a laser de baixo nível e terapia de emissores de luz) como um promissor, não invasivo, causador do atraso no desenvolvimento da fadiga muscular e na prevenção contra lesões musculares. Anteriormente, a biofotomodulação vinha sendo utilizada apenas no tratamento de lesões musculares (BIBIKOVA, 1993). Atualmente, o foco da pesquisa foi expandido para incluir o desenvolvimento tardio da fadiga muscular e prevenção de lesão muscular. Com isso, a biofotomodulação parece induzir efeitos fotoquímicos nas células através da absorção de luz (HUANG YY, 2009; LIN F, 2010). Estudos recentes têm encontrado resultados positivos em atenuar a fadiga em ratos (FERRARESI et al., 2015) e em humanos para atividades predominantemente aeróbias de ciclistas competitivos (LANFERDINI et al., 2017), corredores (DELLAGRANA et al., 2018) e em atividade que envolve contração isométrica (ROSSATO et al., 2016) e em séries repetidas no dinamômetro isocinético (VIEIRA et al., 2014).

Apesar de evidências apontarem atraso da fadiga em atividades aeróbias (ROSSATO et al., 2016; DELLAGRANA et al., 2018; VIEIRA et al., 2014) e neuromusculares em situações laboratoriais (ROSSATO et al., 2016; VIEIRA et al., 2014), pouco se sabe se tais adaptações se reproduzem na prática clínica do treinamento resistido. Portanto, com esse trabalho será possível avaliar se a biofotomodulação é capaz de acarretar em aumento do volume total do treinamento pelo atraso da fadiga muscular.

1.1. JUSTIFICATIVA

A fadiga muscular é frequentemente descrita como a atividade gradual induzida pela diminuição da função contrátil e, assim, implica na redução da capacidade de geração de força (LEAL-JUNIOR, 2013). Vários fatores, como o tipo e a intensidade do exercício, os grupos musculares envolvidos e o meio bioquímico afetam o desenvolvimento da fadiga muscular (WEIR, 2006), a idade e o sexo também determinam a capacidade de contrair o sistema músculo esquelético de suportar o desenvolvimento da fadiga. (HURLEY BF, 1995; SZUBSKI C, 2007)

Nas atividades de vida diária e no esporte, a fadiga muscular apresenta-se muitas vezes como limitante do desempenho humano e causadora de lesões em diversos níveis do sistema musculoesquelético (SILVA, 2007). Apesar dos mecanismos da fadiga já ser estudada em humanos há mais de um século (GIBSON; EDWARDS, 1985), ainda é pouco entendida, sendo considerada como uma falha para manter um nível desejado de desempenho ou trabalho durante uma atividade repetitiva ou sustentada (MANNION; DOLAN, 1996)

A biofotomodulação foi investigada no tratamento de lesões musculares. (BIBIKOVA A, 1993). Desse modo, a biofotomodulação parece influenciar a atividade celular por estimulação ou inibição de funções químicas e fisiológicas (HUANG YY, 2009; LIN F, 2010). Estudos recentes têm encontrado resultados positivos em reduzir a fadiga em ratos (FERRARESI et al., 2015) e em humanos para atividades de resistência de força (ROSSATO et al., 2016) e aeróbia (LANFERDINI et al., 2017; DELLAGRANA et al., 2018).

Em estudos mostrando os efeitos de diferentes doses do laser sobre o desempenho aeróbio dos ciclistas em testes de tempo para exaustão, a biofotomodulação aumentou o tempo de exaustão em ciclistas competitivos, sugerindo essa intervenção como um possível agente ergogênico não farmacológico no ciclismo (LANFERDINI et al., 2017). Para o treinamento resistido, estudos mostraram maior resistência à fadiga muscular quando a biofotomodulação é aplicada antes e durante os intervalos de descanso de séries de exercícios intensos (VIEIRA et al., 2014).

Dessa forma, a biofotomodulação utilizada para o desempenho aeróbio apresentou aumento do tempo de exaustão dos atletas e para o treinamento resistido apresentou um maior número de repetições e um menor índice de fadiga. Logo, a biofotomodulação

parece ser um promissor, não invasivo, causador do atraso da fadiga muscular, auxiliando na prevenção contra lesões musculares, cicatrização e recuperação do tecido muscular, melhorando a performance em treinamento resistido e otimizando as respectivas adaptações fisiológicas, promovendo, assim, uma melhor aderência ao treinamento tanto em atletas como não atletas.

1.2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

Analisar o efeito da biofotomodulação no volume total de uma sessão de treinamento resistido.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Comparar o volume de repetições totais em uma sessão treino com a aplicação da biofotomodulação em comparação à aplicação do placebo;
- Verificar a recuperação nos intervalos entre séries em sessão de treino resistido com aplicação da biofotomodulação e com aplicação do placebo.

1.3 HIPÓTESES

H1: Os sujeitos serão capazes de realizar um maior número de repetições durante a sessão de treino em que houver aplicação da biofotomodulação em comparação ao placebo.

H2: Os sujeitos serão capazes de ter uma maior recuperação nos intervalos entre séries com aplicação da biofotomodulação em comparação ao placebo e por consequência realizarão mais repetições na série subsequente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura foi dividida em três tópicos, sendo estes: 2.1 Treinamento de força, 2.2 Fadiga muscular, 2.3 Biofotomodulação. E ainda, para melhor compreensão do tópico 2.1, este contemplou o subtópico 2.1.1 Volume de treinamento.

2.1. TREINAMENTO DE FORÇA

O crescente número de salas de treinamento de força em academias, escolas e universidades, comprova a popularidade dessa forma de condicionamento físico (FLECK, 2017). O treinamento de força é uma atividade na qual uma determinada resistência é vencida, podendo ser essa resistência em aparelhos, barras livres, halteres, anilhas e o próprio peso corporal (AZEVEDO, 2012). O treinamento de força é definido por movimentos sistematizados para um objetivo específico e contração muscular esquelética que demanda energia para o movimento da resistência a ser vencida (FAZOLIN, 2016). Estes exercícios são realizados em séries e repetições de movimento organizadas por diferentes variáveis que devem ser estabelecidas de acordo com o objetivo proposto (FLECK, 2017).

Devido às diferentes variáveis que são encontradas para a prescrição de um programa de treinamento de força, diferentes resultados podem ser alcançados como, hipertrofia muscular, força muscular, potência muscular, resistência muscular, alteração da composição corporal e redução do percentual de gordura (SIMÃO; POLITO; MONTEIRO, 2008). Um trabalho de força é efetivo na manutenção da massa magra, sendo assim é preferível o treino resistido ao treino aeróbico, pois além de conservar a massa magra, gera a hipertrofia muscular, eleva a taxa metabólica, preserva a função imune, e aumenta a performance nas tarefas diárias de mulheres de todas as idades (GRAVES; FRANKLIN, 2006). Nos últimos anos, tem-se observado que um dos objetivos mais apresentados por alunos praticantes de atividade física orientada é a diminuição do percentual de gordura. Levando em conta esse aspecto, percebe-se a importância do treinamento de força como agente do processo de emagrecimento (PERAÇA, 2008).

A Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte recomenda a prática de treinamento de força para manutenção da força muscular, massa muscular e massa óssea.

Indica-se que os programas de exercício físico devem ser compostos por exercícios de força e que indivíduos treinados apresentam menor risco de apresentar doenças (CARVALHO et al., 1996). O treinamento de força é essencial em sessões de treinamento, e é considerado seguro para indivíduos saudáveis, atletas ou portadores de doenças crônicas (AZEVEDO, 2007). Pode ser indicado para diferentes grupos etários, assim como para indivíduos com diferentes necessidades especiais, como hipertensos, diabéticos e osteoporóticos (CAMPOS, 2000).

A força muscular aumenta após um programa de treinamento com pesos, tanto em homens quanto em mulheres, e em percentuais, o ganho das mulheres é igual ou superior aos homens, devido ao nível de força inicial nas mulheres ser mais baixo (MATA, 2011). Graves e Franklin (2006) esclarecem que o aumento de força nas fases iniciais de um treinamento de força se deve predominantemente às alterações neurais (i.e. primeiras oito semanas) e posteriormente às adaptações hipertróficas. Entretanto, tais adaptações ocorrem concomitantemente em diferentes magnitudes.

As adaptações orgânicas a esse tipo de treinamento estão fortemente ligadas às variáveis do exercício durante a execução de um padrão de movimento com carga progressiva, que além de contribuir para melhora no desempenho físico, na técnica esportiva, no treinamento, na prevenção de lesões ou reabilitação (MARCHETTI et al., 2007), também contribui para adaptações fisiológicas no combate a doenças crônicas degenerativas (FLECK, 2017). O treinamento de força, segundo Wilmore e Costill (2001), deve ser o mais específico possível em relação ao público que irá trabalhar, respeitando a individualidade de cada indivíduo no processo de adaptação.

No treinamento de força, as adaptações são decorrentes da massa muscular solicitada, da porcentagem da força máxima voluntária utilizada e do tempo de sustentação da contração (AMORETTI; BRION, 2001). O volume total de um exercício de resistência é determinado multiplicando-se o número de repetições por carga (FILHO, 2013). Embora sejam necessárias novas investigações, evidências sugerem que o volume total possa determinar aumentos da força muscular e resistência em adultos mais jovens e mais velhos (GALVÃO; TAFFE, 2005; ROBBINS et al., 2012).

2.1.1 Volume de treinamento

Para muitos autores, o treinamento de força tem sido um ótimo aliado para desenvolver uma melhor qualidade de vida e também para combater diversas patologias (FLECK; KRAEMER, 2006; ACSM, 2002; WINETT; CARPINELLI, 2001). Muitas são as variáveis que compõem o treinamento de força, como o volume (i.e. número de séries e número de repetições), frequência, tempo de intervalo entre séries e exercícios, velocidade de execução das repetições, tipos de ação muscular (i.e. concêntrica, excêntrica e isométrica) e intensidade (SIMÃO et al., 2007).

O volume de treinamento é influenciado pela frequência (número de sessões de treinamento por semana, mês e ano), a duração da sessão de treinamento, o número de séries, o número de repetições e o número de exercícios realizados (FLECK, 2017). O volume deve ser levado em consideração para a elaboração de programas de treinamento resistido, pois existe uma relação entre volumes mais altos de treinamento e resultados de treinamento na diminuição do percentual de gordura, hipertrofia, aumento de massa magra e desempenho motor (FLECK, 2017; SCHOENFELD, 2016).

Volumes maiores de treinamento também podem resultar em perdas mais lentas dos ganhos de força obtidos após a interrupção do treinamento (HATHER; TESCH et al., 1992). Ganhos de força são influenciados pelo volume total do treinamento. Meta-análises demonstraram que programas de treinamento que usam múltiplas séries de um exercício resultam em aumentos maiores de força do que programas com uma única série (PETERSON et al., 2004; RHEA et al., 2003; WOLFE; COLE, 2004). Aumentar a quantidade de séries é apenas uma forma de aumentar o volume, que também é influenciado por outras variáveis do treinamento como sua frequência. A realização de nove exercícios durante seis semanas de treino para 3 vezes por semana, 2 séries de 10 repetições (10RM) ou 2 vezes por semana com 3 séries de 10RM resulta no mesmo volume total de treino. A única diferença é a frequência do treino. Conclui-se que o volume total de treino tem grande importância para resultar em ganhos máximos de força (CANDOW; BURKE, 2007).

O principal limitante do volume do treinamento é a fadiga muscular, a qual ocorre durante a atividade muscular pesada e / ou prolongada (LEAL-JUNIOR, 2013), e define-se pela sensação de cansaço, uma redução física do esforço, ou a falha de algum sistema fisiológico específico (MOREIRA, 2008).

2.2 FADIGA MUSCULAR

Fadiga pode ser definida como a redução da capacidade funcional (HOLLMANN; HETTINGER, 1989) e de gerar tensão muscular (MC ARDLE, 1998) ou declínio no desempenho do músculo (GIANNESINII et al., 2003), gerando uma deterioração progressiva da performance, ou uma incapacidade na manutenção da produção de potência ou força durante contrações musculares repetidas (GIBSON; EDWARDS, 1985). A fadiga tem sido igualmente sugerida como um mecanismo de proteção contra possíveis efeitos deletérios da integridade da fibra muscular esquelética (WILLIAMS, 1995). Para alguns autores, os músculos que são usados intensivamente mostram um declínio progressivo no desempenho e os mesmos podem ser completamente recuperados após um período de descanso (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008).

A fadiga muscular é um recurso vital para a função fisiológica do corpo humano, uma vez que previne a queda excessiva de trifosfato de adenosina (ATP), que poderia causar o estado de rigor muscular ou danos musculares irreversíveis (VOLLESTAD; SEJERRSTED, 1988).

As principais dificuldades, ao investigar a fadiga, devem-se à natureza multifatorial e da sua complexidade (MCARDLE, 1994; KIRKENDALL, 2000). A origem e extensão da fadiga muscular dependem da especificidade do exercício, tipo, intensidade e duração (POWERS; HOWLEY, 2006), do tipo de fibra muscular e o nível de aptidão física individual (FITTS, 1994). A Idade e sexo também determinam a capacidade de suportar o desenvolvimento da fadiga (HURLEY, 1995; SZUBSKI, 2007).

Alterações nas concentrações de cálcio, fosfato e hidrogênio no interior da fibra muscular, bem como a diminuição de ATP disponível na célula durante a contração podem ser responsáveis pela alteração do mecanismo de pontes cruzadas que são projeções dos filamentos de miosina fundamentais para a contração do músculo (KRONBAUER, 2013; DAMIANI, 2002). O cálcio, por exemplo, deve ser retirado do mioplasma e desligar-se da troponina para a liberação das pontes cruzadas, mecanismo que fica prejudicado durante a fadiga (WESTERBLAND; LÄNERGREN; ALLEN, 1997).

A fadiga muscular induzida pelo exercício é dependente da capacidade de manutenção da força, a qual é influenciada por fatores centrais e periféricos (SILVA, 2015). A mudança na produção da força é resultado de uma alteração no processo

excitação – contração – relaxamento e, de acordo com esta relação, à fadiga é dividida em central e periférica. A fadiga central é considerada quando afeta a parte nervosa da contração muscular e a periférica quando apresenta uma deterioração dos processos bioquímicos e contráteis do músculo (SANTOS, 2003). Ou seja, a fadiga muscular em contrações voluntárias, os músculos são ativados, iniciando no córtex motor que conduz a excitação através da medula espinhal até os neurônios motores, estes por sua vez, transmitem a ação potencial para a junção neuromuscular e ao músculo. Dessa forma, os processos no córtex e na medula espinhal são definidos como centrais, quanto os processos nos nervos periféricos, na junção neuromuscular e nos músculos, são definidos como periféricos (MOSSO; ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008).

Em estudo comparativo entre estímulos de fadiga (contrações concêntricas eletricamente estimuladas) e de dano muscular (estimulação elétrica durante alongamento muscular), Choi e Widrick (2009) encontraram queda na potência muscular de fibras isoladas após fadiga, após lesão e após estímulos de fadiga e lesão. Porém, a redução do desempenho foi maior após estímulo de lesão e lesão associada à fadiga. Com isso, a fadiga local por acúmulo de metabólitos não teve influência tão grande no desempenho. O desempenho foi testado ao longo de 30 minutos após a aplicação dos protocolos; após 5 minutos de recuperação os músculos submetidos apenas ao protocolo de fadiga voltaram ao normal, com desempenho semelhante ao grupo controle, enquanto que os músculos submetidos a protocolos de lesão, ou lesão e fadiga, mantiveram o seu desempenho inferior (KRONBAUER, 2013).

Recentemente, estudos têm discutido a influência da fadiga em adaptações neuromusculares decorrentes do treinamento resistido (NOBREGA, 2016; SCHOENFELD 2016; DRINKWATER, 2005). O treinamento que conduz à falha concêntrica (incapacidade de completar uma repetição em toda a amplitude de movimento devido à fadiga) tem sido relacionado ao aumento da ativação das unidades motoras (DRINKWATER, 2005; ROONEY, 1994) e ao alto estresse mecânico (GOLDSPINK, 1992). Alguns estudos sugerem que esse tipo de treinamento favorece adaptações hipertróficas e de resistência muscular localizada (IZQUIERDO, 2005). Entretanto, quando realizada até a falha concêntrica, há ocorrência de maior fadiga do sistema nervoso central, comprometendo o volume de repetições das séries subsequentes (WILLARDSON, 2006; JAMBASSI 2013).

Quando o objetivo é aumento de força e potência, alguns estudos concluem que o treinamento até a falha concêntrica pode não ser necessário para ganhos de força ótimos (NOBREGA, 2016; IZQUIERDO, 2005). Isto porque a fadiga reduz a força que um músculo pode gerar e a fadiga central compromete o desempenho neural em séries repetidas (FOLLAND, 2002; KRAMER, 1997; SANBORN, 2000). Parece que a escolha do número de repetições com uma determinada carga pode afetar a extensão do dano muscular e subsequente diminuição na velocidade e na produção da força (IZQUIERDO, 2005).

2.3 BIOFOTOMODULAÇÃO

Agentes eletrofísicos, como terapia a laser de baixo nível e terapia de diodos emissores de luz (i.e. biofotomodulação) (MESTER, 1968), foram amplamente investigados no tratamento de lesões musculares (BIBIKOVA, 1993). A biofotomodulação teve origem na fototerapia, que envolve o uso terapêutico da luz para tratar diversas condições patológicas e lesões musculoesqueléticas. Pesquisas que abordam a capacidade da terapia de luz para modular processos fisiológicos associados a lesões e cicatrização produziram resultados promissores. A capacidade da terapia de luz para modular processos fisiológicos, induzir alterações bioquímicas no tecido relacionados a lesões e cicatrização associados à fototerapia são frequentemente chamados de biofotomodulação, que envolve o uso da luz para induzir alterações bioquímicas no tecido de maneira estimulatória ou inibitória (KARU, 1999).

Além disso, recentemente, a biofotomodulação tem sido usada com sucesso para diminuir a fadiga muscular em experiências e ensaios clínicos (FERRARESI, 2012; BORSA, 2013). A resistência à fadiga muscular pode ser aumentada com a biofotomodulação, se aplicado antes da sessão de treinamento (pré-condicionamento muscular) ou após exercícios intensos (recuperação muscular), aumentando as repetições máximas (VIEIRA et al., 2014).

A biofotomodulação ocorre por meio da aplicação de luz monocromática ou de uma faixa estreita nos tecidos e pode influenciar a atividade celular por estimulação ou inibição de funções químicas e fisiológicas (ERNESTO, 2013). O efeito da biofotomodulação é influenciada pelo comprimento de onda, densidade de energia, densidade de potência, tipo de lesão e da absorção do fotorreceptor (HUANG, 2009;

KARU 1987). No estudo pioneiro em animais sobre fadiga muscular e fototerapia, Lopes et al. (2006) observaram um possível efeito protetor de fototerapia contra danos musculares e no desenvolvimento da fadiga em ratos. Desde a primeira descoberta do laser no dano muscular e no desenvolvimento de fadiga em ratos por Lopes et al. (2006), vários estudos foram publicados investigando seus efeitos sobre o desempenho do exercício e pós-exercício na recuperação. A grande quantidade de estudos mostrou resultados positivos e consistentes de biofotomodulação no atraso da fadiga muscular, principalmente quando o tratamento pré-exercício é desempenhado (ERNESTO, 2013).

A grande maioria dos estudos com laser mostram resultados positivos se aplicado por pelo menos 30 segundos de irradiação. Isso parece ser fundamental para obter efeitos positivos da fototerapia. Sugeriu-se que a fototerapia tenha um padrão de dose-resposta. Isso significa que baixas doses de energia não produzem efeito, doses de energia intermediárias levam a efeito estimulador e altas doses levam à inibição de atividade celular (HUANG, 2009).

Estudos anteriores envolvendo a terapia de luz e o desempenho muscular aplicaram apenas um número de pontos de irradiação nos músculos (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; LEAL-JUNIOR et al, 2013). No entanto, se a ideia é melhorar o desempenho de todo o grupo muscular, o número de pontos de irradiação deve abranger toda a área muscular envolvida nesse exercício específico (FERRARESI et al, 2011; FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; FERRARESI; PARIZOTTO, 2013). Portanto, o número de pontos de irradiação parece ser um parâmetro importante para cobrir efetivamente o grupo muscular (GORGEY, 2008; VIEIRA, 2012; VINCK, 2006; LEAL JUNIOR, 2011) e os pontos de irradiação devem ser projetados para cobrir a maior área e distribuir melhor a energia aplicada nos músculos (FERRARESI, 2011; VIEIRA, 2012).

Ainda não há consenso sobre como todos os parâmetros de radiação do infravermelho, como o comprimento de onda, o óptico saída, tempo de tratamento, energia, densidade de energia, potência, densidade e o número de pontos de radiação devem ser otimizados para aumentar o desempenho muscular no exercício (FERRARESI, 2015).

Alguns autores sugeriram que o laser associado ao treinamento físico pode reduzir fadiga muscular (LEAL-JUNIOR, 2013; VIEIRA, 2012; FERRARESI, 2011). Duas revisões sistemáticas recentes (BORSA, 2013; LEAL-JUNIOR, 2015) concluíram que a

fototerapia é capaz de melhorar o desempenho muscular e acelerar a recuperação no exercício e no pós-exercício. Os resultados promissores sobre a atenuação da fadiga e dos danos musculares induzidos pelo exercício foram mostrados em experimentos com animais (LOPES-MARTINS, 2006; ALMEIDA, 2011) e ensaios clínicos (ANTONIALLI, 2014; VIEIRA, 2012; LANFERDINI, 2017).

Um estudo de Lanferdini et al. (2017) investigou os efeitos de diferentes doses do laser sobre o desempenho aeróbio dos ciclistas em testes de tempo para exaustão. Antes de cada teste, diferentes dosagens do laser ou placebo foram aplicadas no músculo quadríceps bilateralmente (135, 270 e 405 Joules). Em conclusão, o laser aumentou o tempo de exaustão em ciclistas competitivos, sugerindo essa intervenção como um possível agente ergogênico não farmacológico no ciclismo. Entre as diferentes doses, o laser com dose de 135J parece promover os melhores efeitos.

Para o treinamento resistido, Vieira et al. (2014) investigaram se o laser de baixa intensidade (LLLT) pode fornecer resistência à fadiga através de repetições máximas com um dinamômetro isocinético, e diminuir o índice de fadiga eletromiográfica. Os sujeitos foram submetidos a duas intervenções: laser ativo e placebo laser (placebo) com aplicações antes do exercício e durante os intervalos entre séries. Quando receberam aplicação do laser, apresentou maior número de repetições máximas (52%) com um menor índice de fadiga eletromiográfica para o vasto medial e reto femoral. Esses resultados sugerem uma maior resistência à fadiga muscular quando o laser é aplicado antes e durante os intervalos de descanso de séries de exercícios intensos.

Dessa forma, o laser utilizado para o desempenho aeróbio apresentou aumento do tempo de exaustão dos atletas e para o treinamento resistido também apresentou valores favoráveis, mostrando um maior número de repetições e um menor índice de fadiga.

3. MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

O estudo é classificado como aplicado, pois é o tipo de pesquisa com objetivo de produzir conhecimentos científicos para aplicação prática voltada para a solução de problemas. De acordo com a natureza, o estudo é caracterizado como experimental, na qual, o pesquisador participa ativamente na condução do fenômeno, processo ou do fato avaliado (FONTELLES et al., 2009).

Quanto a forma de abordagem a pesquisa, é de caráter quantitativo, pois trabalha com variáveis expressas sob a forma de dados numéricos, classificada como pesquisa analítica uma vez que procura explicar a relação entre a causa e o efeito (MARCONI, 2001; 2005). Quanto aos objetivos, é uma pesquisa explicativa, pois tem por objetivo central explicar os fatores determinantes para a ocorrência de um fenômeno (SILVA, 2001; 2004)

De acordo com os procedimentos para a coleta dos dados, a pesquisa classifica-se como laboratorial, a qual é desenvolvida em um ambiente controlado e os instrumentos para a coleta específicos e de precisão (FONTELLES et al., 2009).

3.2 ASPECTOS ÉTICOS

O presente estudo foi desenvolvido com a aprovação do comitê de ética de pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (CAAE: 61599116.1.0000.0121). Durante a primeira visita, os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A).

3.3 LOCAL

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mais precisamente no Laboratório de Biomecânica (Biomec) e na sala de condicionamento físico do Centro de Desportos.

3.4 PARTICIPANTES

A divulgação do estudo ocorreu por meio de redes sociais e a seleção dos participantes por meio de entrevista para verificar se atenderiam aos critérios de inclusão. Dezoito voluntários disponibilizaram-se para participar do presente estudo, entretanto a amostra final foi composta por 14 participantes, jovens adultos, do sexo feminino e masculino. As características dos participantes estão descritas na tabela 1, no tópico dos resultados.

Foi adotado como critérios de inclusão, participantes com idade entre 18 a 40 anos e experiência mínima de 6 meses com o treinamento resistido e ter experiência prévia com o exercício utilizado no estudo. Foram excluídos os participantes que apresentaram algum problema musculoesquelético no membro inferior que pudesse prejudicar na execução do exercício, bem como desconforto muscular que impedisse a realização do movimento padronizado inicialmente durante o procedimento experimental. Os participantes receberam algumas recomendações como: não treinar panturrilha nos dias que antecedessem os testes (72h de recuperação), não realizar exercícios no dia anterior aos testes e procurar manter uma rotina alimentar semelhante nos dias em que foram realizados testes.

3.5 DESENHO EXPERIMENTAL

Os participantes realizaram 3 visitas ao laboratório, sendo que foi padronizado um intervalo de sete dias entre encontros. No primeiro dia, foram realizadas a antropometria, familiarização ao uso do metrônomo e por fim, a realização do teste de 12 repetições máximas (12-RM). Nas duas outras visitas, foram realizadas as sessões de treinamento. Em uma destas sessões, foi realizada a aplicação do laser no sujeito e na outra, a aplicação do placebo, ordem que foi organizada de maneira randômica anteriormente às sessões de treinamento.

3.6 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.6.1. Antropometria

Na avaliação antropométrica, para a coleta da massa corporal foi utilizada uma balança (Soehnle, Nassau, Alemanha). Como padronização, o peso do corpo deveria

distribuir-se entre os dois pés, ombros descontraídos e braços soltos lateralmente, mantendo a cabeça ereta. Para a estatura, utilizou-se um estadiômetro (Soehnle, Nassau, Alemanha). As coletas foram padronizadas com o participante posicionado descalço e com a cabeça livre de adereços, no centro do equipamento.

Para aferição das dobras cutâneas da panturrilha medial foi utilizado um compasso de dobras (Cescorf, Porto Alegre, Brasil). A medida foi realizada no ponto interno de maior circunferência da perna, com sujeito na posição sentada, com o quadril e o joelho flexionados em um ângulo de 90° e a planta do pé estava em contato com o solo. O perímetro foi feito com uma fita métrica (Cescorf, Porto Alegre, Brasil), no mesmo ponto (de maior circunferência da perna).

3.6.2. Teste de 12 repetições máximas

Para o teste de 12-RM, foi utilizado o aparelho Panturrilha vertical (Riggheto, Freestyle, Brasil – Figura 1) e realizado de maneira unilateral. Já que os indivíduos possuíam experiência com treinamento resistido, a carga utilizada como ponto de partida foi estimada por eles mesmos. Desta estimativa, os percentuais desejados de 12-RM foram calculados. Cada sujeito executou um aquecimento específico no aparelho Panturrilha vertical com aproximadamente 50% do 12-RM. Após 3 minutos, os sujeitos eram orientados a realizar o máximo de repetições possíveis com a carga escolhida, utilizando a cadência de 2 s na fase concêntrica e 2 s na excêntrica. Se 13 repetições fossem completadas, o teste era interrompido e o peso aumentado para a próxima tentativa. Caso 11 ou menos repetições fossem completadas, a carga era diminuída para a próxima tentativa. Esse processo foi repetido até que a capacidade máxima de levantamento para 12 repetições máximas fosse atingido. Os participantes tiveram até 3 tentativas por membro (direito e esquerdo), e o intervalo de recuperação entre as tentativas foi de 5 min (BROWN, 2003). As tentativas foram alternadas entre membros esquerdo e direito, sendo que o inicial foi determinado de maneira randomizada.

Figura 1 - Aparelho “Panturrilha vertical”

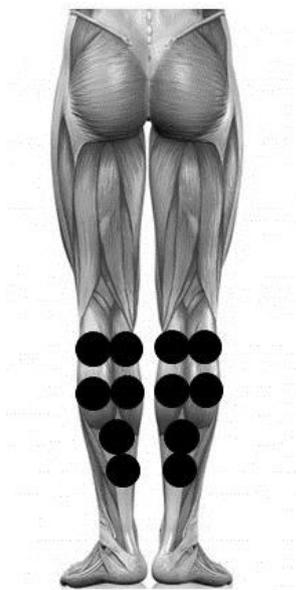


Fonte: Acervo do autor

3.6.3. Biofotomodulação

A aplicação da biofotomodulação foi realizada com um equipamento com diodos de laser e LEDs (ChatanoogaGroup, GuildfordSurrey, Reino Unido). Em uma das visitas, era aplicada a biofotomodulação e em outra o placebo, de maneira randomizada, sendo que apenas o pesquisador responsável pela aplicação estava ciente do que havia sido aplicado. Dessa maneira, em nenhum dos dois momentos, o sujeito e os pesquisadores responsáveis pela aplicação da sessão de treinamento sabiam qual havia sido a intervenção. O placebo foi realizado com os mesmos procedimentos e tempo de contato do equipamento com a pele, no entanto, o mesmo permaneceu desligado. A aplicação da biofotomodulação foi feita em uma das panturrilhas e na outra sessão de treinamento foi realizada a aplicação do placebo na outra panturrilha, sempre na mesma panturrilha em que o treinamento foi realizado. A aplicação foi realizada em quatro pontos do gastrocnêmio e 2 pontos no sóleo (figura 2). Foi adotado um tempo de aplicação de 60 s com uma energia total de 60 J por ponto.

Figura 2 - Aplicação do laser.



Fonte: Adaptado de: iStockbygettyimages, Disponível em:

<http://www.istockphoto.com/br/foto/m%C3%BAsculo-da-panturrilha-masculin-gastrocn%C3%AAmio-plantar-anatomia-muscular-gm531791848-93951167>

3.6.4. Sessão de treinamento

Após a aplicação do laser ou do placebo nas visitas 2 e 3, cada sujeito foi encaminhado para sala de condicionamento físico do Centro de Desportos (CDS). Inicialmente foi realizado um aquecimento específico, bilateral, no próprio aparelho (12 repetições, 100% 12-RM unilateral). Dois minutos após o aquecimento, foi iniciada a sessão de treinamento unilateral. Esta foi composta por 6 series de repetições máximas realizadas até a falha concêntrica, com a intensidade relativa a 100% da determinada previamente no teste de 12 repetições máximas da primeira visita. Após o término de cada série, o sujeito respondia às escalas de percepção subjetiva de esforço (PSE) e percepção subjetiva de desconforto (PSD) (STEELE et al. 2017). Os intervalos de recuperação entre as séries foram de 2 min. A cadência do exercício foi de 2 s durante a ação concêntrica e 2 s para a ação excêntrica, controladas pelo metrônomo. O número de repetições após cada série e o volume de repetições totais de cada sessão de treinamento foi utilizada para análise final.

A escolha do exercício unilateral foi baseada em resultados de um estudo piloto realizado anteriormente à coleta de dados. Neste estudo, foi verificada uma grande influência do treinamento e do efeito protetor de uma sessão para outra, aumentando o volume total realizado, independentemente da aplicação do laser. Este fator poderia ser um viés nos resultados obtidos e confundir os achados do estudo. Desta maneira, a realização do exercício de maneira unilateral reduz a influência do efeito do treinamento sobre o volume de treino final.

3.6.5. Percepção subjetiva de esforço

Foi utilizada uma escala de Esforço, para avaliar o esforço percebido e uma escala de Desconforto, para avaliar o desconforto percebido nas sessões de treinamento (STEELE et al., 2017). Estas escalas variam de 0 (sem esforço e sem desconforto) até 10 (esforço máximo e desconforto máximo). Os sujeitos responderam as escalas após cada uma das séries durante o treinamento. A escala de desconforto foi utilizada também nos dias posteriores à sessão de treinamento até 120h após o exercício, para assim, avaliar a variável desconforto relacionado à dor muscular tardia durante atividades como caminhar, alongar, ficar na ponta do pé e subir escadas.

3.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Estatística descritiva (média e desvio padrão) foi utilizada para apresentação das características dos voluntários (idade, massa corporal, estatura, perímetro e dobra cutânea da perna) e apresentação dos valores de base no teste de 12-RM. O teste estatístico ANOVA *two-way* para medidas repetidas [situação (biofotomodulação ou placebo) x tempo (séries realizadas)] foi utilizado. Em caso de observação de interação, o *post hoc* de Bonferroni foi aplicado. Foi adotado um p-valor de 0,05. O software estatístico SPSS 22.0 foi utilizado para todas as análises.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DOS PARTICIPANTES

As características dos participantes do estudo estão descritas na tabela 1. Não foram detectadas diferenças entre o perímetro dobra cutânea e carga do teste de RM entre as pernas direita e esquerda ($p>0,05$).

Tabela 1. Características dos Participantes do Estudo.

Variáveis	Média ± DP	Máximo	Mínimo
Idade (anos)	28,0 ± 5,6	40,0	20,0
Estatura (m)	1,72 ± 0,12	1,92	1,56
Massa corporal (kg)	72,9 ± 18,0	105	47,5
Perímetro perna direita (cm)	37,8 ± 3,3	45,5	33,0
Perímetro perna esquerda (cm)	37,6 ± 3,3	45,0	32,5
Dobra cutânea perna direita (mm)	17,8 ± 7,7	26,0	6,0
Dobra cutânea perna esquerda (mm)	18,2 ± 8,3	28,0	6,0
12-RM perna direita (kg)	84,2 ± 23,3	125,0	52,5
12-RM perna esquerda (kg)	84,1 ± 23,0	125,0	52,5

Legenda. Média ± desvio padrão (DP) e valores máximos e mínimos das características dos participantes. 12-RM. 12 Repetições Máximas.

4.2 VOLUME DE REPETIÇÕES

Não foi observada interação (situação x tempo) ($p>0,05$) para a variável volume de repetições. Foi observado apenas efeito do tempo, o que significa que as médias de repetições decrescem após cada série de maneira semelhante entre situações biofotomodulação e placebo ($p<0,05$). Adicionalmente, não foi detectada diferença entre o volume total de repetições realizadas na sessão de treinamento para as situações biofotomodulação e placebo ($p>0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Volume de repetições para situação Biofotomodulação e do Placebo.

Série	Biofotomodulação	Placebo
1	13,0 ± 2,1 a	12,7 ± 2,7 a
2	10,8 ± 1,9 b	11,0 ± 2,2 b
3	9,3 ± 2,1 c	9,2 ± 2,7 c
4	7,9 ± 2,0 d	8,0 ± 2,5 d
5	7,2 ± 2,0 e	7,2 ± 2,0 e
6	6,9 ± 1,9 f	6,4 ± 2,1 f
Total	55,3	54,7

Legenda. Média ± desvio padrão do volume de repetições da situação (Biofotomodulação e Placebo). Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente.

4.3 ESCALA DE ESFORÇO PARA VOLUME DE REPETIÇÕES

Não foi observada interação (situação x tempo), efeito da situação ou do tempo para a escala de esforço no decorrer das séries ($p > 0,05$). Os participantes apresentaram médias semelhantes nas duas situações no decorrer de todas as séries realizadas ($p > 0,05$) (tabela 3). As médias próximas dos valores máximos e o pequeno desvio padrão indicam um nível de esforço máximo em todas as séries realizadas (Tabela 3).

Tabela 3. Escala de Esforço para volume de repetições para situação Biofotomodulação (PBMT) e do Placebo.

Série	Biofotomodulação	Placebo
1	9,7 ± 0,5	9,8 ± 0,3
2	10,0 ± 0,0	10,0 ± 0,0
3	10,0 ± 0,0	10,0 ± 0,0
4	9,9 ± 0,2	9,9 ± 0,2
5	10,0 ± 0,0	9,9 ± 0,2
6	10,0 ± 0,0	9,9 ± 0,2

Legenda. Média ± desvio padrão da escala de esforço para o volume de repetições da situação (Biofotomodulação e Placebo).

4.4 ESCALA DE DESCONFORTO PARA VOLUME DE REPETIÇÕES

Não foi observada interação (situação x tempo) e efeito do grupo para a escala de desconforto ($p>0.05$). Foi observado efeito do tempo ($p<0.05$), o que significa que as médias de desconforto aumentam após a segunda série. Os participantes apresentam médias semelhantes nas duas situações (tabela 4). Não foram observadas diferenças entre as situações placebo e biofotomodulação em todas as séries do treinamento ($p>0,05$). As elevadas médias observadas indicam um alto desconforto inerente ao treinamento de força realizado (Tabela 4).

Tabela 4. Escala de Desconforto para volume de repetições para situação Biofotomodulação e do Placebo.

Série	Biofotomodulação	Placebo
1	7,3 ± 2,3 a	7,5 ± 2,5 a
2	8,4 ± 1,7 b	8,2 ± 1,8 b
3	8,5 ± 2,5 ab	8,5 ± 1,6 ab
4	8,9 ± 1,3 b	8,6 ± 1,6 b
5	9,1 ± 1,2 b	8,6 ± 1,6 b
6	9,1 ± 1,3 b	8,5 ± 1,8 b

Legenda. Média ± desvio padrão da escala de desconforto para o volume de repetições da situação (Biofotomodulação e Placebo). Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente.

4.5 ESCALA DE DESCONFORTO PARA DOR MUSCULAR TARDIA

Não foi observada interação (situação x tempo) e efeito do grupo para a variável desconforto para dor muscular tardia ($p>0,05$). Foi observado efeito do tempo, o que indica redução da dor muscular tardia após 96 e 120 h ($p<0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Escala de Desconforto para Dor Muscular Tardia.

Escala Desconforto	Biofotomodulação	Placebo
24h	4,1 ± 2,8 a	3,5 ± 2,2 a
48h	4,0 ± 2,5 a	3,5 ± 2,4 a
72h	3,2 ± 2,5 a	2,6 ± 2,1 a
96h	1,7 ± 2,4 b	1,9 ± 2,0 b
120h	0,8 ± 1,9 c	0,9 ± 1,2 c

Legenda. Média ± desvio padrão da escala de desconforto para dor muscular tardia para o volume de repetições da situação (Biofotomodulação e Placebo). Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente.

5. DISCUSSÃO

Esse estudo é o primeiro que se propôs a avaliar o uso da biofotomodulação com o objetivo de atenuar a fadiga durante o treinamento resistido realizado para os flexores plantares. Os principais achados do presente estudo indicam que a biofotomodulação não foi eficaz em aumentar o volume de treinamento e em reduzir o desconforto durante e após o treinamento resistido. Os resultados contrariam o que era esperado pelas hipóteses iniciais baseada em estudos prévios que mostram sua eficiência.

Os fatores importantes relacionados à biofotomodulação que discutiremos a seguir incluem o volume de repetições, escala de Esforço para volume de repetições, escala de Desconforto na sessão de treinamento e escala de Desconforto para dor muscular tardia. O volume de repetições em cada série para situação, biofotomodulação e placebo, decresceram ao longo das séries, condição essa que já é esperada na sessão de treinamento, quando realizada até a falha concêntrica (ORSSATTO et al., 2018). Ao decorrer da sessão de treinamento, o volume executado torna-se menor devido à fadiga, indicado pelo decréscimo da quantidade de repetições possíveis realizadas com uma intensidade específica. Dessa forma, é natural que a quantidade de repetições reduza de forma significativa em séries sucessivas de um exercício, em especial quando realizado até a falha concêntrica (FLECK, 2017).

Esta fadiga ocorre de maneira exacerbada nesse tipo de treinamento devido ao elevado acúmulo de íons H⁺ e redução do conteúdo de ATP intramuscular, o que requer maiores intervalos de recuperação (e.g., >5 min) entre séries para recuperação total (WILLARDSON, 2007). Era esperado que a utilização da biofotomodulação pudesse atenuar esta fadiga durante as séries do treinamento resistido, resultando em um maior volume de repetições. Entretanto, os participantes apresentam médias de repetições semelhantes nas duas situações (i.e., biofotomodulação vs. placebo), em todas as seis séries realizadas, rejeitando a hipótese de que os sujeitos seriam capazes de realizar um maior número de repetições durante a sessão de treino com a aplicação da biofotomodulação em comparação ao placebo.

A diminuição na função muscular associada à fadiga se dá por alterações metabólicas, como depleção de substratos (falta de ATP e glicogênio), estresse oxidativo, hipóxia tecidual e acidificação sanguínea (ALLEN, 2008). Pesquisadores também indicaram que doses específicas de fototerapia reduzem os níveis de lactato e

biomarcadores inflamatórios após exercícios físicos vigorosos em membros superiores e inferiores (LEAL JUNIOR, 2010; LOPES-MARTINS, 2006). Com base nesses achados, pode-se inferir que a fototerapia também proporciona um efeito profilático ao tecido, limitando o dano celular induzido pelo exercício podendo melhorar a recuperação da força muscular e a função pós-exercício. Seguindo este raciocínio e contrariando os achados do presente estudo, outros mostram que a resistência à fadiga muscular pode ser aumentada com a biofotomodulação, se aplicada antes da sessão de treinamento.

No estudo de Borsa et al. (2013), para avaliar a capacidade da biofotomodulação (neste caso com lasers e diodos emissores de luz (LED), a fim de melhorar a função contrátil do músculo esquelético, reduzir a fadiga muscular induzida pelo exercício e facilitar a recuperação pós-exercício, os resultados mostraram que a exposição do músculo esquelético ao laser de diodo único e de múltiplos diodos, ou à terapia com LED multidiodo, demonstrou afetar positivamente o desempenho físico, atrasando o início da fadiga, reduzindo a resposta à fadiga, melhorando a recuperação pós-exercício e protegendo as células dos danos induzidos pelo exercício. Com isso, a fototerapia administrada antes do exercício resistido consistentemente mostrou proporcionar benefícios ergogênicos e profiláticos ao músculo esquelético.

Vieira et al. (2014) investigaram de que maneira a biofotomodulação aplicada por meio do laser de baixa intensidade (LLLT) pode fornecer resistência à fadiga através de repetições máximas (RM) com um dinamômetro isocinético, e diminuir o índice de fadiga medida por meio do sinal eletromiográfico. Este foi um estudo randomizado, duplo-cego, cruzado com placebo. Sete homens jovens (21 ± 3 anos de idade), clinicamente saudáveis, foram alocados em dois grupos: laser (LLLT) e placebo (Placebo). As avaliações iniciais e finais registraram o torque de 20 repetições máximas de flexão-extensões concêntricas de joelho usando um dinamômetro isocinético a $60^\circ/\text{s}$. Foi realizada a aplicação da biofotomodulação (LLLT; 808 nm, 100 mW, 4 J) ou placebo aos músculos do quadríceps femoral entre as séries, e após a última série deste exercício. Após 1 semana, todos os voluntários foram trocados entre os grupos e, em seguida, todas as avaliações foram repetidas. Os resultados sugerem um aumento da resistência à fadiga muscular quando a biofotomodulação é aplicada durante os intervalos de descanso e após a última série de exercícios intensos.

No presente estudo, a escala PSE para situação biofotomodulação e placebo apresentou médias semelhantes nas duas situações no decorrer de todas as séries

realizadas. Essa escala tem como objetivo principal saber se o participante realizou o máximo de esforço possível para realizar o máximo de repetições possíveis voluntariamente. Ou seja, ao responder 10, significa que o voluntário percebia ser impossível realizar ao menos uma repetição a mais na respectiva série. Como as médias de ambos os grupos foram 10 (ou próximas a isso) em ambas as situações, isto significa que os participantes foram até a falha concêntrica ou muito próxima dela em todas as séries.

Já para a escala PSD, que avalia a percepção de desconforto, foi observado um aumento das médias ao longo das séries, condição que já é esperada na sessão de treinamento realizada até a falha concêntrica (DAVIES et al., 2016). A acidose intramuscular é tida como um dos sinalizadores neurais indutores do processo de fadiga neuromuscular. Portanto, quanto maior a acidose, menor o recrutamento de unidades motoras (MATSUURA, 2006). O maior acúmulo de metabólitos (e.g., H⁺) em séries subsequentes pode acarretar neste aumento de desconforto observado em ambas situações. Considerando que os participantes apresentaram médias semelhantes nas duas situações avaliadas, foi rejeitada, assim, a hipótese de que os sujeitos sentiriam menor desconforto com aplicação da biofotomodulação, em comparação ao placebo e, por consequência, realizariam mais repetições na série subsequente. No entanto, apesar do resultado obtido, estudos mostram que a fototerapia aplicada antes de um exercício resistido melhora a depuração do lactato sanguíneo imediatamente após o exercício. Também foi consistentemente demonstrado que fornece um efeito protetor para o músculo esquelético, reduzindo os níveis plasmáticos de CK e PCR pós-exercício (BORSA, 2013). Dessa maneira, no presente estudo, a biofotomodulação não foi efetiva em reduzir o desconforto muscular decorrente do treinamento resistido realizado até a falha concêntrica em flexores plantares.

A escala PSD relacionada à dor muscular tardia apresentou valores elevados nas primeiras 72h após a sessão de treinamento, decrescendo em 96 e 120 h após a sessão. Tricoli et al. (2001) e Clarkson et al. (2002) afirmam que a dor muscular de início tardio é caracterizada por ser uma sensação de desconforto e/ou dor na musculatura esquelética que, juntamente com a diminuição da capacidade de gerar trabalho, podem ocorrer após o exercício, sendo intensificada de 24 a 72 horas. Era esperado que a situação biofotomodulação pudesse atenuar o desconforto relacionado à dor muscular tardia, tendo

em vista que estudos prévios demonstraram efeito positivo (BARONI et al., 2016). Entretanto, os participantes apresentaram médias semelhantes nas duas situações.

No estudo de Baroni et al. (2016) foi investigado o efeito da biofotomodulação (LLLT) antes ou após o exercício pliométrico sobre marcadores de lesão do músculo quadríceps. Este estudo, caracterizado por ser randomizado, duplo-cego, controlado por placebo foi realizado com 24 homens saudáveis, 12 no grupo de tratamento pré-exercício e 12 no grupo de tratamento pós-exercício. Placebo e biofotomodulação (LLLT; 810 nm, 200 mW por diodo, 6 J por diodo, 240 J por perna) foram aplicados aleatoriamente nos músculos extensores direito ou esquerdo de cada voluntário, antes ou após um protocolo de exercício pliométrico. A intensidade de eco muscular (imagens ultrassonográficas), dor (escala visual analógica - EVA) e comprometimento da força (contração voluntária máxima - CVM) foram avaliados no início do estudo, 24, 48 e 72 horas após o exercício. As pernas tratadas com biofotomodulação, antes ou após o exercício, apresentaram incrementos significativamente menores de intensidade de eco (valores até 1%) em comparação com os tratamentos com placebo (aumentaram até 7%). Em conclusão, biofotomodulação aplicada antes ou após o exercício pliométrico reduz a resposta da intensidade do eco muscular e, possivelmente, atenua a dor muscular. Esses resultados positivos não foram observados no comprometimento da força. Apesar de os autores terem verificado redução do dano muscular após biofotomodulação em uma sessão de treinamento com saltos, o desconforto muscular tardio foi semelhante à situação placebo. No presente estudo, não foram observadas diferenças na PSD relacionada à dor muscular tardia entre as duas situações, indicando que a biofotomodulação não foi efetiva em atenuar o desconforto nos dias subsequentes à sessão de treinamento de força.

O presente estudo apresenta pontos positivos e limitações. Apesar da comparação entre diferentes pernas (esquerda vs. direita) poder ser considerada uma limitação, este método foi utilizado para evitar um possível efeito do treinamento após sessões seguidas. Adicionalmente, este tipo de treinamento é caracterizado por acarretar micro lesões musculares, e por consequência, ocorreria um efeito protetor que diminuiria o nível de micro lesões da sessão seguinte, além de aumentar o volume de treinamento e reduzir o desconforto após as sessões subsequentes. Pode-se ressaltar que os participantes desse estudo apresentaram médias semelhantes entre o perímetro, dobra e carga do teste de RM entre os membros direito e esquerdo, com isso apresentam simetria entre as variáveis. Outra limitação foi o método de avaliação do padrão e amplitude de movimento durante

o exercício na sessão de treinamento, o qual foi controlado de maneira subjetiva pelos pesquisadores. Entretanto, os avaliadores têm larga experiência com treinamento resistido, possibilitando uma avaliação adequada para identificar quando o movimento perdeu seu padrão de movimento correto e a amplitude de movimento reduziu a ponto de ser determinado o momento em que ocorreu a falha concêntrica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo mostram que a biofotomodulação aplicada imediatamente antes de uma sessão de treinamento resistido para flexores plantares, não foi eficaz em aumentar o volume total de repetições em séries subsequentes e totais e em reduzir o desconforto durante e após a sessão de treinamento em jovens treinados. Apesar de muitos estudos terem apontado a efetividade da biofotomodulação em melhorar o desempenho muscular, reduzir a fadiga muscular durante os exercícios e beneficiar a reparação muscular, os parâmetros da biofotomodulação, grupo muscular e população selecionados para o presente trabalho não foram eficazes em aumentar o volume de treinamento. Sugere-se a necessidade de estudos adicionais para investigar as aplicações possíveis da biofotomodulação muscular, compreendendo diferentes doses (J), momentos de aplicação, grupos musculares e populações.

REFERÊNCIAS

- ANICETO, Rodrigo Ramalho et al. Efeitos agudos de diferentes métodos de treinamento com pesos sobre o gasto energético em homens treinados. **Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício e do Esporte**, v. 19, p.181-185, mai/jun 2013.
- ASCENSÃO, António et al. 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, p.108-123, mar. 2003.
- AZEVEDO, M.G et al. Correlação entre volume total e marcadores de dano muscular após os exercícios excêntricos com diferentes intensidades no efeito protetor da carga. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**. Vol. 6. n. 35. p.455-464. 2012.
- BARONI, Bruno Manfredini et al. Effects of low-level laser therapy applied before or after plyometric exercise on muscle damage markers: randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Lasers In Medical Science**, p. 1-8. set. 2016.
- BIBIKOVA A, Oron U. Promotion of muscle regeneration in the toad (*Bufo viridis*) gastrocnemius muscle by low-energy laser irradiation. **The Anatomical Record**, p. 374–380. 1993
- BIRD, S. P.; TARPENNING, K. M.; MARINO, F. E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, [s.i.], v. 10, n. 35, p.841-851, 2005.
- BORSA, Paul et al. Does Phototherapy Enhance Skeletal Muscle Contractile Function and Postexercise Recovery? A Systematic Review. **Journal Of Athletic Training**, p. 57-67. fev. 2013.
- CAMPOS, M.A. Musculação: Diabéticos, Osteoporóticos, Idosos, Crianças e Obesos. Rio de Janeiro. **Sprint**, p. 133-169, 2000.
- CARVALHO, T et al. Posição Oficial da Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte: atividade física e saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 2. n. 4. 1996.
- DAVIES, Tim et al. Effect of Training Leading to Repetition Failure on Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, p. 487-502. abr. 2016.
- DELLAGRANA, Rodolfo A. et al. Photobiomodulation therapy on physiological and performance parameters during running tests: dose–response effects. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, p. 1-9. jan. 2018.
- FIGUEIREDO, V. C.; SALLES, B. F.; TRAJANO, G. S. Volume for Muscle

- Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. **Sports Medicine**, [s.l.], p.1-7, 11 out. 2017.
- FITTS, R.H. Mecanismos de fadiga muscular. In: Prova de esforço e prescrição de exercício. **American College of Sports Medicine**, p. 73-79, 1994.
- FLECK, Esteven J.. **Fundamentos do treinamento de força muscular**, 4. ed. São Paulo: Artmed, 2017.
- FERRARESI, Cleber et al. Time response of increases in ATP and muscle resistance to fatigue after low-level laser (light) therapy (LLLT) in mice. **Lasers In Medical Science**, v.6, n.7, p. 1259-1267. maio 2015.
- FONTELLES, Mauro José et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revistas Científicas em Ciências da Saúde**, v.5, n. 14, p.1-8, ago. 2009.
- GIBSON, H.; EDWARDS, R. H. T. Muscular exercise and fatigue. **Sports Medicine**, v.2, n.2, p.120-132, 1985.
- GRAVES, J.E.; FRANKLIN, B.A. Treinamento Resistido na Saúde e Reabilitação. **Revinter**, p.135-141, 2006.
- GREEN, J. Matt et al. Effects of Caffeine on Repetitions to Failure and Ratings of Perceived Exertion during Resistance Training. **Human Kinetics Journals**, p. 250-259. set. 2007.
- HUANG YY. Biphasic dose response in low level light therapy. **Dose Response**, p. 358–383, 2009.
- HURLEY, BF. Age, gender, and muscular strength. **The Journal Of Gerontology, Series A: Biological Sciences And Medical Sciences**, p.41-44, nov. 1995.
- JAMBASSI FILHO, José C. et al. Effect of Different Rest Intervals, between Sets, on Muscle Performance during Leg Press Exercise, in Trained Older Women. **Journal Of Sports Science And Medicine**, p. 138-143. mar. 2013.
- KIRKENDALL, D.T. Fatigue from voluntary motor activity. In: **Exercise and sport science**. Lippincott Williams & Wilkins, p.97-104, 2000.
- KRONBAUER, Gláucia Andreza. Estruturas elásticas e fadiga muscular. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Florianópolis, v. 34, n. 2, p.503-520, jun. 2013.
- LANFERDINI, Fábio J et al. Low-Level Laser Therapy Improves Performance and Reduces Fatigue in Competitive Cyclists. **International Journal Of Sports Physiology And Performance**, p. 1-17. abr. 2017.
- LEAL-JUNIOR, Ernesto Cesar Pinto. 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**, p. 2-16. nov. 2013.

LEAL JUNIOR, Ernesto Cesar Pinto 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**, p. 572-577. out. 2009.

MANNION, A. F.; DOLAN, P. Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group. **European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology**, v.74, n.5, p.411-419, 1996.

MOREIRA, Pedro Vieira Sarmet. Bases neurais e metabólicas da fadiga durante o exercício. **BioscienceJournal**, p. 81-90. jan. 2008.

NACLERIO, Fernando et al. Control of Resistance Training Intensity by the Omni Perceived Exertion Scale. **JournalOfStrengthAndConditioningResearch**, v.8, n.7, p. 1879-1888. jul. 2011.

NÓBREGA, Sanmy R.. Is Resistance Training to Muscular Failure Necessary? **Frontiers In Physiology**, v.7, n.10, p. 1-4. jan. 2016.

ORSSATTO, L. B. DA R. et al. Influence of strength training intensity on subsequent recovery in elderly. **Experimental Gerontology**, v. 106, p. 232–239, 2018.

PETERSON, Mark D.. Influence of Resistance Exercise on Lean Body Mass in Aging Adults: A Meta-Analysis. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, p. 249-258. fev. 2011.

R.HOFFMAN, Jay et al. Short-duration β -alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. **Nutrition Research**, p. 31-35. jan. 2008.

RATAMESS, N.A. et al. American College of Sports Medicine position stand: progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.41, n.3, p.687-708, 2009.

ROSSATO, Mateus et al. Efeito da fototerapia pré-exercício aplicada com diferentes tamanhos de sonda de cluster na fadiga muscular do flexor de cotovelo. **Lasers In Medical Science**, p. 1237-1244. jun. 2016.

SANTOS, Maria Gisele dos. Bases metabólicas da fadiga muscular aguda. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 11, n. 9, p.7-12, jan. 2003.

SCHLICKMANN, Jardel. Etiologia da fadiga muscular e ação dos alcaloides. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 6, n. 31, p.12-24, fev. 2012.

SCHOENFELD, Brad J.. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. **Journal Of Sports Sciences**, p. 1-10. jul. 2016.

SCHOENFELD, Brad J.. The dose–response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: are there really still any doubts? **Journal Of Sports Sciences**, p. 1-3. nov. 2016.

SILVA, Sarah Regina Dias da. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Motriz**, v. 13, p.225-235, set. 2007.

SIMÃO, R.; POLITO, M.; MONTEIRO, W. Efeito de diferentes intervalos de recuperação em um programa de treinamento de força para indivíduos treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Vol. 14. n. 4. 2008.

STEELE, James et al. Differentiation between perceived effort and discomfort during resistance training in older adults: Reliability of trainee ratings of effort and discomfort, and reliability and validity of trainer ratings of trainee effort Differentiation between perceived effort. **Journal Of Trainology**, p. 1-8. dez. 2017.

SZUBSKI, C. Neuromuscular fatigue during sustained contractions performed in shortterm hypoxia. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, p.948-954, jun. 2007.

VANDENBERGHE, K. et al. Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. **Journal Of Applied Physiology**, p. 2055-2063. dez. 1997.

VIEIRA, Brito et al. Use of low-level laser therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. **Photomedicine Laser Surgery**, p. 678-685. dez. 2014.

WEIR JP. et al. Is fatigue all in your head? A critical review of the central governor model. **British Journal of Sports Medicine**, p. 573–586, 2006.

WILLARDSON, Jeffrey M.. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, v.4, n.12, p. 400-403. fev. 2006.

APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) tem como objetivo esclarecer sobre o estudo que você está sendo convidado a participar. Você deve ler e compreender o conteúdo. Posteriormente, caso decida participar e tenha compreendido o conteúdo, você deverá assinar o termo. Sua participação é voluntária e poderá desistir em qualquer momento, sem que isso lhe traga prejuízo ou penalidades, basta entrar em contato com os pesquisadores responsáveis.

Tenho o prazer em convidá-lo (a) a participar como voluntário da minha pesquisa intitulada “EFEITO DA BIOFOTOMODULAÇÃO NO VOLUME TOTAL DO TREINAMENTO RESISTIDO”. O objetivo desse estudo é analisar o efeito da biofotomodulação no volume total de uma sessão de treinamento resistido. Com sua adesão ao estudo, a pesquisa exigirá de você três visitas na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mais precisamente no Laboratório de Biomecânica (Biomec) e na sala de condicionamento físico do Centro de Desportos (cada uma terá duração de aproximadamente 1 hora). Na primeira visita, serão realizadas as seguintes avaliações: medidas antropométricas (Estatura, Massa Corporal, Perímetro e Dobras) familiarização com o uso do metrônomo e realização do teste de 12 repetições máximas, utilizando o aparelho Panturrilha vertical. A segunda e a terceira visita serão realizadas as sessões de treinamento, composta por 6 series de repetições máximas com a intensidade determinada previamente no teste de 12 repetições máximas, o intervalo de recuperação entre séries será de 2 min. Você irá responder também a duas escalas sobre sua percepção de esforço. Em uma destas sessões, será realizada a aplicação da biofotomodulação no sujeito em uma das panturrilhas (ChatanoogaGroup, GuildfordSurrey, Reino Unido). E na outra será

realizada a aplicação do placebo (equipamento mimetiza a biofotomodulação, porém no modo desligado) na outra panturrilha. A aplicação será realizada em quatro pontos do gastrocnêmio e 2 pontos sóleo. Após a aplicação, você será encaminhado para sala de condicionamento físico na qual dará início a sessão de treinamento.

Por se tratar de procedimentos não invasivos, os riscos serão mínimos, tantos para integridade física e moral. Contudo, sua participação poderá gerar o aparecimento de dor muscular tardia após os testes. Sua privacidade será mantida durante toda a pesquisa. Os participantes terão garantia de plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer momento da pesquisa, sem penalização alguma e garantia do sigilo e da privacidade durante todas as fases da pesquisa.

Florianópolis _____, de _____ de 2018.

Nome Participante

Assinatura do Participante

Nome Pesquisador Responsável

Assinatura pesquisador Responsável

Eu, _____, RG _____,

Aceito participar da pesquisa: **“EFEITO DA BIOFOTOMODULAÇÃO NO VOLUME TOTAL DO TREINAMENTO RESISTIDO”**, conforme fui anteriormente informada. Tenho conhecimento que os resultados deste estudo serão trabalhados exclusivamente pela equipe de pesquisadores e que minha identidade não será revelada.