UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM
BIOENGENHARIA – ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS /
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO / INSTITUTO DE
QUÍMICA DE SÃO CARLOS

THIAGO GOMES FIGUEIRA

**Efeitos fisiológicos do treinamento unipodal em cicloergômetro com e sem
irradiação LED**

São Carlos

2017

THIAGO GOMES FIGUEIRA

**Efeitos fisiológicos do treinamento unipodal em cicloergômetro com e sem
irradiação LED**

Versão Corrigida

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação Interunidades em Bioengenharia – Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Bioengenharia

Sob orientação excepcional da Coordenação do Programa de Pós Graduação Interunidades Bioengenharia.

São Carlos

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

F475e Figueira, Thiago Gomes
Efeitos fisiológicos do treinamento unipodal em
cicloergômetro com e sem irradiação LED / Thiago Gomes
Figueira; orientador Orientação Excepcional da
Coordenação do Programa de Pós Graduação Interunidades
Bioengenharia . São Carlos, 2017.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Bioengenharia e Área de Concentração
em Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos;
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de
Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo,
2017.

1. Terapia LED. 2. Pedalada unipodal. 3. Limiar
anaeróbio. 4. Ergoespirometria. 5. VO2. 6. Eficiência
aeróbia. 7. Creatina quinase. I. Título.

Universidade de São Paulo

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia

Escola de Engenharia de São Carlos

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

Instituto de Química de São Carlos

FOLHA DE APROVAÇÃO

THIAGO GOMES FIGUEIRA

Título: "Efeitos fisiológicos do treinamento unipodal em cicloergômetro com e sem irradiação LED"

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS -
GRADUAÇÃO INTERUNIDADES EM BIOENGENHARIA -
EESC/FMRP/IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Data da defesa: 01/12/2017

Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques (Orientador Excepcional)	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto- FMRP/USP
Assinatura:	Resultado: <i>APROVADO</i>
Prof. Dr. Jarbas Caiado de Castro Neto	Instituto de Física de São Carlos-IFSC/USP
Assinatura:	Resultado: <i>Aprovado</i>
Prof. Dr. José Marques Novo Junior	Universidade Federal de São Carlos-UFSCar
Assinatura:	Resultado: <i>Aprovado</i>
Profa. Dra. Juliana Martuscelli da Silva Prado	Centro Universitário do Norte Paulista
Assinatura:	Resultado: <i>APROVADO</i>
Prof. Dr. Nivaldo Antonio Parizzoto	Universidade Federal de São Carlos-UFSCar
Assinatura:	Resultado: <i>APROVADO</i>

Homologado em: ____/____/____

DEDICATÓRIA

À Minha Avó Therezinha (*In Memoriam*)

Que mesmo sem estudo, sempre foi motivadora para nunca parar de estudar.

Aos meus pais, Priosqui e Pi

Pelo amor incondicional destinado aos filhos...

Pela ajuda e motivação para alcançar os objetivos escolhidos...

Pela paciência e compreensão nos momentos de ausência.

À Jaque...

Pelo amor, companheirismo e motivação. Você é a principal causa para a conquista desse objetivo. Eu te amo!!!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela glória concedida e momentos de iluminação nas horas difíceis.

Ao meu irmão Rafael e cunhada Kellyane, pela compreensão da ausência, e estímulo para alcançar meus objetivos.

Aos meus cunhados e concunhados Ju, Rê, Jane, Newtinho, Junior, Jukinha e sobrinhos Tathi, Pedro, Talitha, Maria Eduarda e Giovani, por toda a torcida pelo meu sucesso, e pela compreensão nas ausências.

Ao meu sogro, Edson Crusca, pela confiança e estímulo nessa etapa de minha vida.

Aos meus amigos, dona Regina e senhor Luis, por tanto carinho e atenção.

Ao Professor Dr. Nivaldo Antonio Parizotto pela contribuição intelectual e empréstimo do equipamento que possibilitou a elaboração desse trabalho.

À técnica do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos, Tatiana, pela valiosa ajuda em meu trabalho e pela amizade construída.

Ao Professor Dr. Cássio Mascarenhas Robert Pires, pela ajuda na elaboração do trabalho e empréstimo do Reflotron.

À Professora Dra. Ana Maria de Guzzi Plépis pela ajuda no momento de dificuldade que encontrei durante a execução desse trabalho.

Aos meus amigos de laboratório Rodrigo Ferro Magosso, João Paulo Costa de Carli, José Campanholli Neto, Luísa Cedin, Jeferson Teixeira, Júlio Conceição, Anabelle e Paulo pela amizade construída e ajuda no andamento da pesquisa.

Aos meus amigos Uziel, Rafaela, Flávio Shimizu e Natiely pela ajuda no trabalho e compreensão nas ausências.

Aos Professores integrantes da Banca de Qualificação, Nivaldo Parizotto e Alessandro Zagatto pelas críticas e sugestões em meu trabalho.

À Secretária do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia, Márcia, pela paciência e ajuda.

Ao Departamento de Ciências Fisiológicas pela oportunidade de realização dessa pesquisa

Ao Professor Dr. Vilmar Baldissera, pelos ensinamentos passados.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da USP, pela oportunidade nesta importante etapa de minha vida acadêmica.

À CAPES, pelo apoio financeiro durante a realização da pesquisa.

Aos voluntários da pesquisa, sem eles nada disso seria realizado.

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram para que o projeto se tornasse possível.

Muito Obrigado!!!

RESUMO

FIGUEIRA, Thiago Gomes. **Efeitos fisiológicos do treinamento unipodal em cicloergômetro com e sem irradiação LED**. 2017. 150 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós Graduação Interunidades Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

A melhora na capacidade física e/ou reserva funcional de um indivíduo deve-se, entre outros, a um treinamento sistemático e bem padronizado. O exercício aeróbico é uma modalidade frequentemente empregada em um programa de treinamento, especialmente naqueles com objetivo de melhora do condicionamento físico. Contudo atualmente, o uso da fototerapia tem ganhado espaço no que tange ao aumento de desempenho de atletas. Baseado nisso o objetivo deste estudo foi verificar o efeito do treinamento unipodal, terapia LED e treinamento associado à terapia LED sobre parâmetros ergoespirométricos de performance (VO_{2max} , AT e RCT) e na concentração sanguínea de creatina quinase. Para esse estudo participaram 24 voluntários do sexo masculino, os quais foram submetidos a uma avaliação pré-intervenção, foram submetidos a um período de oito semanas de treinamento em cicloergômetro com irradiação LED ou placebo. Após esse período foram submetidos a uma nova avaliação, pós-treino. Para a aplicação da terapia LED, foi utilizado um arranjo contendo 50 LEDs com comprimento de onda de 850 nm e aplicado por 60 segundos após cada sessão de treino. Os voluntários foram separados nos seguintes grupos experimentais: Não Treinados e LED desligado (Grupo NTLD), Não Treinados e LED ligado (Grupo NTLL), Treinados e LED desligado (Grupo TLD), Treinados e LED ligado (Grupo TLL). A perna que recebeu a intervenção foi eleita por sorteio e foi chamada de perna ativa (A) e a perna contralateral, chamada de controle (C). Durante o teste em exercício crescente, até a fadiga, foram quantificadas as variáveis ergoespirométricas, ventilação (V_e), consumo de oxigênio (VO_2), equivalente ventilatório de oxigênio ($EqVO_2$), também foi coletada amostra de sangue para dosagem da lactacidemia e foi mensurada a concentração da enzima creatina quinase (CK). Como resultados das respostas agudas frente ao ato de pedalar com uma perna notou-se que a pedalada unipodal apresentou menor valor de intensidade, VO_2 , V_e , lactacidemia e maior incremento de CK, quando comparada com a pedalada bipodal (convencional). Ao se concluir as oito semanas de treinamento notou-se que a perna ativa na pedalada unipodal apresentou melhoras nas variáveis mensuradas nos grupos TLL, NTLL e algumas no TLD. Também foi encontrada melhora para a perna controle, em algumas variáveis, dos grupos que receberam a terapia LED. Com esse estudo conclui-se que o treinamento unipodal é capaz de melhorar parâmetros como intensidade, ventilação, consumo de oxigênio, eficiência aeróbia, e ainda minimiza os danos musculares induzido pelo exercício no membro que efetuou o treinamento. A terapia LED é capaz de promover as mesmas melhoras em intensidades, consumo de oxigênio e eficiência aeróbia que o treinamento proporcionou, contudo em magnitudes diferentes, ainda é capaz de proporcionar efeito protetor contra lesão muscular induzida pelo exercício. A terapia LED associada ao treinamento potencializa os efeitos conseguidos com cada um isoladamente.

Palavras-chave: Terapia LED. Pedalada unipodal. Limiar anaeróbio. Ergoespirometria, VO_2 . Eficiência aeróbia. Creatina Quinase.

ABSTRACT

FIGUEIRA, Thiago Gomes. **Physiological effects of one-legged cycling with and without LED therapy**. 2017. 150 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós Graduação Interunidades Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.

The improvement in physical capacity and/or functional reserve is due to, among other factors, a systematic and organized training program. Aerobic exercise is a frequently used modality in a training program, especially among those who aim to improve physical fitness. However phototherapy has currently gained space in regard to improving the performance of athletes. Based on this information, the purpose of the study was to verify the effect of one-legged cycling, LED therapy and their association on ergospirometric parameters of performance ($\text{VO}_{2\text{max}}$, AT and RCT) and on blood concentration of CK. 24 male subjects volunteered for the study and were submitted to a pre-intervention evaluation and an 8-week period of one-legged cycling with LED therapy or placebo. After the intervention period subjects were submitted to a second evaluation. An arrangement containing 50 LEDs and a wavelength of 850nm was applied during 60 seconds after each training session. Volunteers were divided into the following experimental groups: untrained and LED off (ULO_f), untrained and LED on (ULO_n), trained and LED off (TLO_f) and trained and LED on (TLO_n). The leg that received the intervention (training and/or LED therapy) was selected randomly and named active leg (A) and the contralateral limb was named control (C). During the incremental exercise test to volitional failure the ergospirometric variables ventilation (V_e), oxygen uptake (VO_2) and oxygen ventilatory equivalent (EqVO_2) were measured and blood samples were collected after each stage for lactate and before and 24 hours after the test for the analysis of blood CK. Acute responses from the pre-intervention evaluation showed that the intensity of one-legged cycling led to lower intensity, VO_2 , V_e , blood lactate and higher increase in blood CK compared to traditional cycling (two-legged). After the 8 weeks of intervention, the active leg showed improvements in the measured variables for the TLO_n, ULO_n and TLO_f groups and, in some of the variables for the groups that received LED therapy. With these data we conclude that one-legged cycling is capable of increasing parameters such as intensity, ventilation, oxygen uptake, aerobic efficiency and minimizes the blood CK responses to exercise in the exercised limb. The association between exercise and Led therapy potentiates the effects achieved with either of the interventions.

Key words: LED therapy. One-legged cycling. Anaerobic threshold. Ergospirometry. VO_2 . Aerobic efficiency. Creatine kinase.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fixação do pé do voluntário junto ao pedal do cicloergômetro.....	57
Figura 2 - Voluntário preparado para sessão de avaliação da pedalada com uma perna	58
Figura 3 - Linha do tempo do desenho experimental	60
Figura 4 - Arranjo flexível de LED	61
Figura 5 - Gráfico da intensidade máxima para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle, pedalada bipodal e soma das duas pedaladas unipodais. * diferença estatística das demais.	63
Figura 6 - Gráfico da intensidade no limiar anaeróbio (AT) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística das demais.	64
Figura 7 - Gráfico da intensidade no limiar de compensação respiratória (RCT) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística das demais.	65
Figura 8 - Gráfico da ventilação máxima para a perna ativa, perna controle e duas pernas. * diferença estatística entre as demais.	65
Figura 9 - Gráfico da ventilação na intensidade do AT, para a perna ativa, perna controle e duas pernas. * diferença estatística entre as demais.	66
Figura 10 - Gráfico do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística das demais.	67
Figura 11 - Gráfico do consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio (VO_{2AT}) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.	67
Figura 12 - Gráfico do consumo de oxigênio na intensidade do limiar de compensação respiratória (VO_{2RCT}) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais.	68
Figura 13 - Gráfico do equivalente de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio, para pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.	69
Figura 14 - Gráfico da eficiência aeróbia na intensidade máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.	69
Figura 15 - Gráfico da eficiência aeróbia na intensidade do limiar anaeróbio para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.	70

Figura 16 - Gráfico da eficiência aeróbia na intensidade máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.	70
Figura 17 - Comparativo da eficiência aeróbia para as pedaladas unipodais e bipodal, na intensidade do AT, do RCT e máxima. * diferença estatística em relação ao AT e ao RCT da bipodal	71
Figura 18 - Gráfico da variação da concentração sanguínea de creatina quinase (CK), para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais	72
Figura 19 - Gráfico da variação da concentração da enzima creatina quinase (CK) no sangue, corrigida por Watt pedalado. * diferença significativa entre as demais	72
Figura 20 - Lactacidemia na intensidade do limiar anaeróbio para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal.	73
Figura 21 - Lactacidemia na intensidade do limiar de compensação respiratória para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais	74
Figura 22 - Lactacidemia na intensidade máxima para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais	74
Figura 23 - Potência anaeróbia na intensidade máxima (lactacidemia/Intensidade) para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais	75
Figura 24 - Gráficos da intensidade máxima atingida (W), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLD. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	77
Figura 25 - Gráficos da intensidade (W) do limiar anaeróbio (AT), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLD. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	79
Figura 26 - Gráficos da intensidade (W) do limiar de compensação respiratória (RCT), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLD. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção	80
Figura 27: Gráficos da ventilação (l/min) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	83
Figura 28: Gráfico da ventilação (l/min) no AT, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL.	84
Figura 29: Gráficos do consumo máximo de oxigênio (l/min), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	86
Figura 30: Gráficos do consumo de oxigênio (l/min) na intensidade do limiar anaeróbio, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção	88

Figura 31: Gráficos do consumo de oxigênio (l/min) na intensidade do limiar de compensação respiratória, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	90
Figura 32: Gráficos da eficiência aeróbia (ml/minW) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.....	94
Figura 33: Gráficos da eficiência aeróbia (ml/minW) na intensidade do limiar anaeróbio, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.....	96
Figura 34: Gráficos da eficiência aeróbia (ml/minW) na intensidade do limiar de compensação respiratória, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção	97
Figura 35: Gráficos da variação da concentração de creatina quinase (U/l) pré e pós intervenção, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós intervenção.....	100
Figura 36: Gráficos da relação da concentração de creatina quinase pela intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	102
Figura 37: Gráficos da lactacidemia (mmol/l) na intensidade do AT, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	104
Figura 38: Gráficos da lactacidemia (mmol/l) no RCT, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	105
Figura 39: Gráficos da lactacidemia (mmol/l) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	106
Figura 40: Gráficos da eficiência anaeróbia láctica (mmol/IW), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela com dados descritivos dos voluntários	55
Tabela 2 - Intensidade (W) do limiar anaeróbio, limiar de compensação respiratória e máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	81
Tabela 3 - Ventilação (l/min) na intensidade do limiar anaeróbio e máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.....	85
Tabela 4 - Consumo de oxigênio (l/min) nas diferentes intensidades, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	91
Tabela 5 - Equivalente de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	92
Tabela 6 - Eficiência aeróbia (ml/minW) nas diferentes intensidades, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	98
Tabela 7 - Variação da concentração de creatina quinase (U/l), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	101
Tabela 8: Concentração de creatina quinase por Watt pedalado, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	102
Tabela 9 - Lactacidemia (mmol/l) na intensidade do limiar anaeróbio, limiar de compensação respiratória e intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.	107
Tabela 10 - Eficiência anaeróbia láctica (mmol/lW) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e <i>d</i> ao tamanho do efeito de Cohen.....	109

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	27
1.1 Prólogo	27
1.2 Efeitos Fisiológicos Gerais do Treinamento	29
1.3 Papel do LED Como Auxiliar no Treinamento	35
1.4 Fadiga e Dano Muscular no Exercício	40
1.5 Ergoespirometria Como Ferramenta de Avaliação e Prescrição de Treinamento	42
1.6 Respostas da Lactacidemia ao Treinamento e Terapia LED	48
1.7 Controle Experimental Pelo Placebo	50
2 OBJETIVOS	53
2.1 Objetivo Geral	53
2.2 Objetivos Específicos	53
3 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.1 Caracterização da Amostra	55
3.2 Procedimento Experimental	55
3.3 Avaliação Pré e Pós Condição Experimental	56
3.4 Ergoespirometria	57
3.5 Lactacidemia	58
3.6 Creatina Quinase	59
3.7 Treinamento	59
3.8 Terapia LED	60
3.9 Análise dos Resultados	61
3.10 Análise Estatística	62

4. RESULTADOS	63
4.1 Respostas Agudas – Pré-Intervenção.....	63
4.1.1 Intensidade	63
4.1.2 Ventilação	65
4.1.3 Consumo de Oxigênio	66
4.1.4 Equivalente de Oxigênio no AT	68
4.1.5 Eficiência Aeróbia	69
4.1.6 Concentração Sanguínea de Creatina Quinase	71
4.1.7 Lactacidemia e Eficiência Anaeróbia Lática.	73
4.2 Efeito Crônico – Pré versus Pós-Intervenção.....	75
4.2.1 Intensidade	75
4.2.2 Ventilação	82
4.2.3 Consumo de Oxigênio	85
4.2.4 Equivalentes de Oxigênio no AT	91
4.2.5 Eficiência Aeróbia	92
4.2.6 Concentração Sanguínea de Creatina Quinase	99
4.2.7 Lactacidemia e Eficiência Anaeróbia Lática	103
5. DISCUSSÃO	111
5.1 Respostas Agudas	111
5.2 Respostas crônicas	118
6. CONCLUSÃO.....	131
REFERÊNCIAS	133
ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	143
ANEXO B – Parecer de aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar	147
ANEXO C – Artigo publicado no Journal Exercise Physiology Online referente à parte dos resultados obtidos com esse trabalho	151

1. INTRODUÇÃO

1.1 Prólogo

A melhora na capacidade física e/ou reserva funcional de um indivíduo deve-se, entre outros fatores, a um treinamento sistemático e bem padronizado. O exercício aeróbico é uma modalidade frequentemente empregada em um programa de treinamento, especialmente naqueles com objetivo de melhora do condicionamento físico. Os exercícios aeróbicos (correr, remar, pedalar, nadar, entre outros) realizados de forma regular possibilitam a redução dos riscos de doenças cardiovasculares, redução dos níveis de colesterol total, dos níveis de triglicerídeos e também aumento da capacidade física do indivíduo (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

Ao executar um treinamento o organismo sofre adaptações funcionais frente ao estímulo sofrido. Essas adaptações tangem no sentido de aumento da capacidade de desempenho da tarefa proposta e algumas delas são melhora do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), aumento da potência de trabalho, aumento do trabalho total e aumento do tempo de exaustão, entre outras (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

Ainda, com um treinamento sistemático, consegue-se a melhora de algumas enzimas chave do metabolismo ao qual está sendo treinado (aeróbico ou anaeróbico) e melhora na concentração de ATP (Trifosfato de Adenosina) e CP (fosfocreatina) no músculo treinado. Também estão relacionadas com o treinamento as modificações morfológicas musculares, como a modificação dos tipos de fibras (BUCCI et al., 2005).

Fatores genéticos não estão descartados ao analisar a melhora no desempenho de um grupo de atletas quando comparados com outro grupo. Estudos com 14 pares de gêmeos monozigotos relacionaram as melhoras no desempenho com fatores genéticos (SIMONEAU et al., 1986). Os autores observaram diferenças interindividuais na resposta ao treinamento para todas as variáveis, entretanto, as correlações intrassujeito indicaram que a resposta das atividades de creatina quinase, lactatodesidrogenase, fosfotruoquinase e malatodesidrogenase foi semelhante dentro dos pares de gêmeos monozigotos. Embora o papel da hereditariedade pareça ausente para as mudanças nas proporções do tipo de fibra e na capacidade anaeróbica alática, os resultados encontrados pelos autores sugerem que a resposta da capacidade anaeróbia láctica e da maioria das atividades enzimáticas ao treinamento intermitente de alta intensidade é significativamente determinada pelo genótipo (SIMONEAU et al., 1986).

Tendo em vista a importância da capacidade cardiorrespiratória, faz-se necessária a sua avaliação. A ergoespirometria é um teste de reserva funcional não invasivo, que permite a avaliação da capacidade cardiorrespiratória do indivíduo. Esse teste é realizado em um ergômetro para que consiga mensurar em grandeza física o nível de esforço que o voluntário está executando e em conjunto são analisadas variáveis como consumo de oxigênio (VO_2), ventilação (Ve), produção de dióxido de carbono (VCO_2), e estas permitem avaliar a condição física do voluntário. A ergoespirometria possibilita, também, expandir e aprofundar o conhecimento das condições cardiorrespiratórias de indivíduos saudáveis, atletas, obesos, cardiopatas e pneumopatas, especialmente quando há a necessidade de avaliar com precisão os parâmetros ventilatórios (YAZBEK JR et al., 1998; BARROS-NETO; TEBEXRENI; TAMBEIRO, 2001; SILVA; TORRES, 2002).

Para a execução do teste ergoespirométrico é necessário que se escolha com atenção o tipo de ergômetro a ser utilizado. De modo geral, em testes ergoespirométricos realizados em esteira, os avaliados apresentam um $\text{VO}_{2\text{max}}$ de 5% a 20% maior do que testes realizados em cicloergômetro, esses valores são referentes à maior massa muscular envolvida na atividade e também ao gesto motor do exercício. Porém para se avaliar ciclistas ou voluntários que tenham algum impedimento de realização em esteira o cicloergômetro é uma excelente alternativa (MCKAY; BANISTER, 1976; MYERS et al., 1991; CORNELIS; BUYS, 2016).

Estratégias de treinamento para melhorar a aptidão física e desempenho competitivo têm aumentado exponencialmente em todas as modalidades desportivas. Evidentemente que o tipo, volume, frequência e intensidade do treinamento realizado pelo atleta são fatores influentes na melhoria do desempenho, contudo, apesar de uma infinidade de pesquisas científicas, a investigação do treinamento de alta intensidade e treinamento voltado para ganhos específicos, com a finalidade de melhorar o desempenho no ciclismo, ainda não foram totalmente otimizadas. Como resultado, treinadores e pesquisadores continuam a se basear, algumas vezes, em evidências anedóticas com variadas tentativas de explorar as estratégias de treinamento mais eficazes para maximizar as adaptações cardiovasculares e musculoesqueléticas para a melhora no desempenho, um exemplo disso é o modelo de treinamento com uma perna, para ciclistas (SILVA JUNIOR et al., 2008; ABBISS et al., 2011; COSTA et al., 2014).

O treinamento contralateral, também chamado de treinamento cruzado é a utilização de uma atividade motora em um membro para efeito de mudanças no membro contralateral. Este efeito de treinamento já foi divulgado amplamente na literatura com evidências de que o treinamento de força em um membro produz aumentos modestos na força contralateral.

Contudo, esse tipo de treinamento também permite avaliar determinada intervenção utilizando o membro contralateral como um controle, pois com essa modalidade minimiza-se fatores individuais que estão inerentes em um desenho experimental o qual se compara indivíduos diferentes (LEE; GANDEVIA; CARROLL, 2009; KIM; CHA; FELL, 2011).

Além do treinamento sistemático, diversos recursos, farmacológicos ou não, têm sido utilizados como estratégia para maximizar o desempenho no esporte ou como controle dos danos musculares a fim de prevenir e/ou tratar este fenômeno. Exemplos desse tipo de estratégias não farmacológicas são crioterapia, ultrassom terapêutico, massagens, alongamentos, e até mesmo o uso da fototerapia.

Os benefícios da terapia LED (*light emitting diode*) são bem descritos na literatura no que tange à diminuição de inflamação tecidual, melhora na vascularização dos tecidos e alívio de dores (KARU, 1988; ANTONIALLI et al., 2014; FERRARESI et al., 2015a). Baseado nestas evidências diversos estudos surgiram para investigar o uso dessa terapia com o intuito de melhorar a performance de atletas, pois ela pode aumentar o aporte sanguíneo aos músculos irradiados, minimizar lesão muscular causada pelo exercício e melhorar a capacidade do músculo irradiado em captar oxigênio e aumento da atividade de enzimas “chaves” das vias de produção de ATP. Porém existem diferenças individuais que não podem ser alteradas levando a pensar se essa genética pode ou não influenciar os resultados dos trabalhos (FERRARESI et al., 2015a).

Diante desses fatos, surgiu a necessidade de desenvolver um desenho experimental envolvendo um comparativo intra-sujeito, ou seja, o indivíduo é seu próprio controle. Com esse desenho experimental diferenças como aporte nutricional, genética, atividades de vida diária e fatores psicossociais são minimizadas por se tratar do mesmo indivíduo.

1.2 Efeitos Fisiológicos Gerais do Treinamento

O exercício físico praticado de forma regular é um importante fator para contribuir na redução dos índices de morbimortalidade cardiovascular e outras causas (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003). Treinamento de endurance leva a melhorias no perfil metabólico e na capacidade oxidativa dos músculos esqueléticos. Tais melhorias estão associadas não só com o desempenho atlético aprimorado, mas também com menor risco de desenvolvimento de doenças crônicas (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003). O tipo de treinamento, volume, frequência e intensidade realizada pelo atleta são fatores chave que influenciam na melhoria do desempenho no exercício (HAWLEY; STEPTO, 2001).

Os efeitos da intensidade e duração do trabalho sobre a resposta circulatória, ventilatória e metabólica ao exercício apresentam uma relação bem-ordenada entre a taxa de trabalho e as fontes de energia oxidativa. O tempo para o equilíbrio no consumo de oxigênio (VO_2) é dependente da intensidade do exercício. Em intensidades leves a moderadas, o metabolismo anaeróbio é nulo ou uma parte muito pequena desse fornecimento energético, enquanto em intensidades altas o mecanismo piruvato-lactato é o principal credor (WASSERMAN; VAN KESSEL; BURTON, 1967).

A frequência cardíaca durante o exercício está relacionada com a intensidade dele, conforme aumenta-se a intensidade do esforço, aumenta-se a frequência cardíaca. O consumo de oxigênio possui o mesmo comportamento de se elevar conforme se eleva a intensidade do esforço físico. Então existe uma relação entre o aumento do consumo de oxigênio e da frequência cardíaca. Em um exercício de carga constante, a frequência cardíaca aumenta em paralelo ao aumento do VO_2 e tende a se estabilizar quando o mesmo atinge seu equilíbrio (WASSERMAN; VAN KESSEL; BURTON, 1967). Portanto, a habilidade de um indivíduo em captar, transportar e metabolizar o oxigênio de forma eficaz é o que influencia na sua capacidade de desempenho aeróbio durante um exercício físico intenso e prolongado (TURNER, 2010).

Embora o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$) não seja uma indicação completa do melhor desempenho, seja o indivíduo atleta, ativos ou sedentários, é claramente uma das características principais que determinam o desempenho no esporte (DI PRAMPERO, 2003). Cada passo da cascata de oxigênio do ambiente até a mitocôndria é uma restrição potencial do $\text{VO}_{2\text{max}}$. Se a fosforilação oxidativa é limitada pela disponibilidade de oxigênio mitocondrial, que é determinada pela rapidez com que o oxigênio pode ser entregue à célula muscular, está presente uma limitação na oferta. Da mesma forma, se a disponibilidade de oxigênio na mitocôndria atinge a utilização pela fosforilação oxidativa, o sistema é limitado pela demanda (MORTENSEN et al., 2005).

À partir da transição do repouso para o exercício máximo, o sistema cardiovascular e pulmonar deve ajustar-se ao aumento da demanda metabólica, garantindo a entrega de oxigênio (O_2) e substratos para todas as células do corpo, especialmente aos miócitos. O sistema cardiovascular responde ao exercício de intensidade crescente até uma certa potência aeróbia máxima ($\text{VO}_{2\text{max}}$) (MORTENSEN et al., 2005). O sistema cardiovascular é capaz de acomodar um aumento na demanda de O_2 do sistema músculo-esquelético, aumentando a distribuição sistêmica de O_2 para a contração da massa muscular esquelética, ao mesmo tempo em que aumenta a pressão de perfusão (TURNER, 2010). No entanto, quando já não é

capaz de responder deste modo, pode ser considerada uma limitação ao sistema cardiovascular que conduz a uma limitação do desempenho máximo do exercício (DI PRAMPERO, 2003).

O componente morfológico muscular também está relacionado com o desempenho do indivíduo, e este inclui: tipo de fibra do músculo ativo no exercício, atividade enzimática oxidativa e glicolítica, densidade capilar e recrutamento neuromuscular (HAWLEY; STEPTO, 2001).

No ciclismo de endurance, por exemplo, uma alta proporção de fibras de tipo I no músculo vasto lateral, um dos mais ativos no ato de pedalar, está associada a um menor custo de oxigênio submáximo durante o ato de pedalar. Como as fibras do tipo I também possuem uma densidade capilar e um potencial oxidativo superior às fibras do tipo II, estes fatores podem influenciar a eficiência do movimento (HAWLEY; STEPTO, 2001).

Estudos mostram que pequenas melhorias na eficiência muscular do ciclismo têm o potencial de resultar em grandes melhorias no desempenho. Por exemplo, para um ciclista de 70 kg que pode sustentar uma potência de 400 W por 1 hora, um aumento de 1% na eficiência bruta resultaria em uma melhora de 48 segundos em 40km de prova contra o relógio (JEUKENDRUP; CRAIG; HAWLEY, 2000).

Além da importância de uma alta proporção de fibras de tipo I nos músculos ativos no ciclismo de endurance, o papel das fibras de tipo IIa para o desempenho bem-sucedido desta atividade não deve ser esquecido. A fibra do tipo IIa tem um potencial oxidativo semelhante ao da fibra do tipo I e em intensidades de competição tem uma maior capacidade de geração de força (HAWLEY; STEPTO, 2001).

A atividade de determinadas enzimas oxidativas do músculo esquelético (citrato sintase) já foi relatada como sendo mais elevada em um grupo de ciclistas elite quando comparado com ciclistas “bons” (COYLE et al., 1991), contudo, outros estudos descobriram que a atividade enzimática não se correlaciona bem com a capacidade de ciclismo (WESTON et al., 1997). Assim, fatores diferentes da capacidade oxidativa muscular são importantes para o sucesso do desempenho do ciclismo. Um desses fatores pode ser a densidade capilar muscular, pois uma alta densidade aumentaria a perfusão muscular, reduzindo a distância de difusão e facilitando a remoção de lactato do músculo (HAWLEY; STEPTO, 2001).

As demandas musculares e metabólicas do treinamento intenso e intervalado em 7 ciclistas (amadores) de endurance bem treinados foram estudadas por Stepto et al. (2001) no qual estes indivíduos executaram um treino de 8 repetições de 5 minutos de trabalho à aproximadamente 80% do $VO_{2máx}$ com 60 segundos de recuperação. Foram analisadas

biópsias musculares do músculo vasto lateral imediatamente antes e após a sessão de treinamento, com intuito de quantificar a concentração de glicogênio muscular, e também foram analisadas as trocas gasosas e amostras de sangue venoso em intervalos regulares ao longo do exercício para quantificar a utilização dos substratos energéticos durante o exercício. Ao comparar esses dados com ciclistas profissionais verificaram-se que a taxa de trabalho absoluta foi 7% maior nos ciclistas amadores, porém a observação mais notável foi nas pequenas perturbações do equilíbrio ácido-base nos ciclistas profissionais. Com taxas de trabalho absoluto elevadas, o nível de lactato no sangue foi 20% menor e o nível de lactato muscular 34% menor nos ciclistas profissionais do que dos ciclistas amadores bem treinados, mostrando que ciclistas profissionais conseguem manter um maior tempo em atividade regulando melhor o equilíbrio ácido-base. Contudo o pH muscular foi semelhante, indicando que o treinamento regular dos profissionais proporcionou uma melhor regulação do equilíbrio ácido-base (STEPTO et al., 2001).

O treinamento utilizando a pedalada com uma perna pode aumentar as adaptações periféricas do músculo esquelético em maior extensão do que a pedalada com duas pernas (tradicional) (ABBISS et al., 2011). Abbiss et al. (2011) notaram uma maior concentração de GLUT-4 e uma maior atividade mitocondrial na pedalada com uma perna, quando comparado com duas pernas. Eles concluem que o treinamento com uma perna melhora atividade mitocondrial e melhora a oferta de glicose aos músculos ativos (ABBISS et al., 2011).

Uma alternativa para sobrecarregar a capacidade metabólica é através de um exercício restrito à massas musculares menores. Portanto o ciclismo com um modelo de pedalada com uma perna de cada vez, reduz a massa muscular exercitada e ao reduzir, permite maior parte do fornecimento de sangue oxigenado para os músculos apenas de uma perna. Na pedalada unipodal, tal aumento da disponibilidade de oxigênio deve permitir uma maior produção de trabalho em cada perna, uma vez que proporciona uma maior oferta de oxigênio para as mitocôndrias dos músculos ativos e causando um aumento na capacidade respiratória (THOMAS, 2011). Portanto, o ciclismo de uma perna pode permitir maiores adaptações mitocondriais do músculo periférico do que o ciclismo de duas pernas (KLAUSEN et al., 1982).

Embora a pedalada unipodal permita melhoras metabólicas para os músculos ativos, a biomecânica do ciclismo unipodal impõe limitações no volume e na intensidade do exercício (THOMAS, 2011). Especificamente, durante o ciclismo normal de duas pernas, as forças gravitacionais e inerciais que agem em cada perna são essencialmente equilibradas pelo membro contralateral. Inversamente, o ciclismo de uma única perna realizado removendo uma

perna do pedal, e com isso a perna ativa deve fazer o movimento tanto de empurrar quanto de puxar, sem contar com o auxílio do outro membro como na pedalada tradicional. Com uma perna descansando, as forças não são mais equilibradas pelo membro contralateral causando um movimento desequilibrado. Esta abordagem de pedalada unipodal requer flexão de perna ativa para levantar a perna através do ciclo de pedal. Os músculos que flexionam a perna são relativamente pequenos e mais fatigáveis, o que pode limitar a duração do ciclismo de perna única (THOMAS; MARTIN, 2009).

No entanto, se a ciclagem de uma única perna pudesse ser realizada com biomecânica que se aproximasse do ciclo bilateral normal, então teoricamente o volume total e a intensidade do treinamento físico poderiam ser aumentados e maiores adaptações periféricas poderiam ser realizadas. Para isso, Thomas (2011) utilizou-se de um sistema de contrapeso que permite que o ciclismo unipodal seja realizado com biomecânica que geralmente se aproxima do ciclismo bipodal. Quando se efetua um treinamento unipodal, usando um contrapeso no pedal da perna inativa no exercício, a intensidade atingida é mais da metade do que da pedalada com as duas pernas (ABBISS et al., 2011).

Em um estudo, ao serem comparadas amostras de biópsia do músculo vasto lateral dos indivíduos que treinaram em pedalada bipodal e unipodal, foi observado um aumento nas sub-unidades de proteína como AMPK-fosforilada, que é uma enzima que ativa vias que geram o aumento de ATP (trifosfato de adenosina), para ambos os grupos. No entanto, o aumento das subunidades de citocromo c oxidase II e IV e da concentração de proteína GLUT-4 foi maior após pedalada unipodal, quando comparada com a bipodal. As melhorias, induzidas pelo treinamento no VO_{2max} e desempenho no teste de tempo, foram semelhantes após ambas as intervenções (BURGOMASTER et al., 2008).

O ponto em questão na pedalada unipodal é na diferença na musculatura envolvida no ato. A diferença mais proeminente é devido ao fator inercial ausente da perna contralateral (assumindo que esta perna não fornece ação ativa durante o ato de pedalar), levando a um maior trabalho dos músculos flexores de quadril, flexores do joelho e dorsiflexores de tornozelo. Esta maior ativação poderia então levar a torques flexores maiores durante o ciclismo unipodal (BINI; JACQUES; VAZ, 2016).

A maioria dos estudos usando um modelo de pedalada unipodal foi realizado para comparar os resultados da pedalada bipodal (DAVIES; SARGEANT, 1974; BURGOMASTER et al., 2008; THOMAS; MARTIN, 2009; ABBISS et al., 2011). Esses autores usaram uma perna em comparação com duas pernas para medir mecanismos

fisiológicos tais como pressão arterial, consumo de oxigênio, produção de lactato entre outros, ou comparar adaptações de treinamento.

Thomas; Martin (2009) observaram que todos os valores medidos foram significativamente maiores para ciclagem de uma única perna dada a captação de oxigênio e potencia pico nos pedais. Deve-se notar que todas as medições foram feitas com a mesma carga de trabalho, seja usando uma ou duas pernas durante o ciclo.

No início dos anos 70, Gleser, (1973) e Davies; Sargeant (1974) estavam especificamente interessados em avaliar hemodinâmica e hiper/hipóxia (com 45% de oxigênio e 12% de oxigênio, respectivamente) no exercício. Para isso os autores desenvolveram um modelo de pedalada unipodal, com intuito de poder comparar com a pedalada bipodal, o qual proporcionou comparar o treinamento e as diferenças metabólicas em ambas as pernas. Esses estudos utilizaram as mesmas cargas de trabalho entre os ensaios de ciclagem bipodal e unipodal. Ambos os estudos avaliaram os componentes metabólicos e relataram que apenas cerca de 70% da potência aeróbia poderia ser atingida, enquanto consumiam relativamente mais oxigênio (GLESER, 1973; DAVIES; SARGEANT, 1974).

Os autores sugeriram contraposição de opiniões no que tange a limitação da potência aeróbia, Gleser, (1973) atribuiu o menor $VO_{2máx}$ às limitações da capacidade periférica, enquanto Davies; Sargeant, (1974) atribuíram as limitações ao débito cardíaco ou capacidade central.

As opiniões conflitantes levaram a estudos que avaliaram diferenças no consumo de oxigênio, taxa de ventilação, frequência cardíaca e débito cardíaco. Os métodos variaram entre os investigadores para as cargas de trabalho administradas a partir da utilização de uma porcentagem do consumo de oxigênio de perna única e de perna dupla, de uma frequência cardíaca estabelecida ou de uma potência definida. Nenhum dos estudos avaliou os possíveis efeitos das diferenças na biomecânica entre a pedalada bipodal e unipodal. Os resultados obtidos pelos pesquisadores foram semelhantes, à medida que todos concordaram haver uma capacidade de regulação periférica no consumo de oxigênio na pedalada com uma única perna (DAVIES; SARGEANT, 1975; KLAUSEN et al., 1982; OGITA et al., 2000). Embora o treino de uma perna possa aumentar a capacidade em consumir oxigênio adicional nesse membro e com isso produzir trabalho adicional, quando combinado com o membro contralateral (ciclismo com duas pernas) quase nenhuma mudança global no consumo de oxigênio foi observada (THOMAS, 2011).

Em geral, conclui-se que, no caso de ciclagem de uma única perna, não existem limitações de entrega central de oxigênio, e a disponibilidade adicional de fluxo sanguíneo,

oxigênio e subprodutos metabólicos permitem a regulação da capacidade respiratória. Mas no ciclismo de dupla perna pode haver um fator limitante central, que quando o treinamento de uma única perna ocorreu não foi capaz de fornecer fluxo sanguíneo suficiente, oxigênio e subprodutos metabólicos. O VO_{2max} observado para pedalada unipodal foi de aproximadamente 80-85% daquele para pedalada bipodal (SARGEANT; DAVIES, 1977; THOMAS, 2011). Todos sugerem a necessidade de mais pesquisas a serem realizadas para esclarecer com mais detalhes o débito cardíaco, o fluxo sanguíneo e as respostas metabólicas no ciclismo de perna única e dupla (THOMAS, 2011).

1.3 Papel do LED Como Auxiliar no Treinamento

Fototerapia é definida como a intervenção que utiliza energia oriunda de fontes luminosas com o objetivo terapêutico, sendo na maioria dos estudos provenientes do laser e LED (ENWEMEKA, 2005). O termo laser é um acrônimo para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que significa amplificação da luz por emissão estimulada da radiação. O termo LED é um acrônimo para *Light-Emitting Diode*, ou seja diodo emissor de luz (BAGNATO, 2008).

Os benefícios da utilização de LEDs e/ou lasers de baixa potência para tratamento de dor, tendinopatias e cicatrização de tecidos foram investigadas por vários anos, com intuito de minimizar quadros algícos, diminuir inflamações e acelerar o processo de reparação tecidual (KARU, 1988; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013; FELISMINO et al., 2014; FERRARESI et al., 2015a, 2015b).

Existe uma classificação dentro de um espectro eletromagnético, onde uma grande variabilidade de carga energética dos fótons determina a existência da quantidade de radiações. Os lasers terapêuticos ou de baixa intensidade, encontram-se em uma faixa de espectro variando entre o visível e o infravermelho. Para tratar de tecidos biológicos foi estabelecido o intervalo espectral conhecido como, “janela terapêutica”, nas quais os comprimentos de ondas estão entre 630 a 980 nm (nanômetros) (HUANG et al., 2009).

Os equipamentos de laser apresentam vários parâmetros, sendo eles: a potência óptica útil, o comprimento de onda, a densidade de potência (ou irradiância), a fluência (densidade de energia ou dosimetria), o tipo de feixe e a frequência do tratamento (HUANG et al., 2011)

Potência óptica útil (P) é a energia emitida em um segundo, cuja unidade é expressa em Watts (W) ou em miliWatts (mW). Os lasers terapêuticos comumente operam com potências de saída inferiores a 1 W (BAXTER, 2003).

O comprimento de onda (λ) é determinado pela distância entre dois picos ou dois vales de cada onda, assim sendo, é a distância percorrida por um ciclo, e a unidade que o representa é uma fração de metros, expressa em nanômetros (nm). Este parâmetro determina quais biomoléculas absorverão a radiação, que o torna fator determinante dos efeitos fisiológicos (KARU, 1988)

Densidade de potência consiste na potencia de saída da luz por unidade de área de irradiação, normalmente expressa em mW/cm^2 ou W/cm^2 . Esse parâmetro geralmente é mantido em nível mais intenso quando se utiliza a técnica de tratamento por contato, tendo em vista a ocorrência de maior concentração de fótons por unidade de área quando comparada ao uso sem contato com tecido alvo (KITCHEN; PARTRIDGE, 1991).

Fluência é a energia total transmitida por um feixe laser por unidade de área e expressada em J/cm^2 . Para calcular a fluência utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{Fluência (J/cm}^2\text{)} = \frac{\text{potência (W)} \times \text{tempo (s)}}{\text{área de irradiação (cm}^2\text{)}}$$

Para a laserterapia a fluência ideal ainda permanece controversa. As faixas usuais vão de 1 a $10 \text{ J}/\text{cm}^2$, mas doses tão baixas quanto $0,5 \text{ J}/\text{cm}^2$ e altas como $32 \text{ J}/\text{cm}^2$ apresentam eficácia (HUANG et al., 2009).

O citocromo c oxidase (Complexo IV da cadeia respiratória mitocondrial) é o fotorreceptor primário da fotoestimulação e essa propriedade pode diferenciar suas ações. A fotobiomodulação ativa a cadeia respiratória após a absorção da luz no citocromo c oxidase, aumentando a transferência de elétrons e o metabolismo oxidativo da mitocôndria, o que aumenta a geração de espécies reativas de oxigênio, tornando moléculas sinalizadoras para promover a comunicação entre mitocôndria, citosol e núcleos (SILVEIRA et al., 2009; BORSA; LARKIN; TRUE, 2013).

As reações primárias das moléculas fotorreceptoras levam às respostas fotobiológicas a nível celular (mitocôndria) através de cascatas das reações homeostáticas e bioquímicas, como as mudanças no estado redox, aceleração na transferência de elétrons, o aumento da produção de superóxido e geração de oxigênio molecular (SILVEIRA et al., 2009).

Para que ocorram as reações das moléculas fotorreceptoras, inicialmente as células absorvem os fótons, que catalizam as reações para a formação de adenosina trifosfatos (ATP), que será utilizada nos processos metabólicos, síntese de ácido desoxirribonucléico (DNA), ácido ribonucléico (RNA), proteínas e enzimas necessárias para o reparo ou regeneração dos componentes celulares, acelerar mitose ou proliferação celular e restaurar a homeostasia (SILVEIRA; STRECK; PINHO, 2007).

Na sequência, inicia-se uma cascata de reações bioquímicas e/ou biofísicas no citoplasma e na membrana celular, onde os mecanismos secundários de ação correspondem à transdução do fotossinal e a amplificação ao núcleo celular, esses mecanismos podem acontecer minutos ou horas após a irradiação e parecem ser regulado pelo estado redox intracelular (estado óxido-redutivo da célula) (SILVEIRA; STRECK; PINHO, 2007).

O laser tem melhores efeitos sobre órgãos com desordem funcional ou lesão tecidual. No caso de uma baixa concentração de oxigênio e queda do pH, levando a alteração do estado redox celular, ocorrerá influência na resposta biológica a irradiação (TUNER; HODE, 1999).

O efeito do laser em curto prazo pode ser observado em poucos segundos ou minutos após a irradiação. Entre eles, estão a fotoestimulação da taxa respiratória e a síntese de ATP. Os efeitos em longo prazo são observados por horas ou dias após o término da irradiação. Os principais efeitos fisiológicos são: efeito antiinflamatório, efeito analgésico e efeito cicatrizante (KARU, 1988).

A fotoestimulação causada pela irradiação por LEDs ou lasers de baixa potência promove aumento da taxa de proliferação de células, o aumento da taxa de produção de fibroblastos e da síntese de colágenos, aumento da taxa de síntese de RNA e DNA, síntese de ATP, aumento da vascularização e variações na condução nervosa (SIQUEIRA et al., 2009).

A coerência do laser se perde assim que a luz ultrapassa os primeiros estratos da pele, ficando a cargo do comprimento de onda e da dose os efeitos biológicos obtidos. Baseado nesses dados, diversos estudos constataram que a terapia LED (Light Emitting Diode) pode gerar modificação em processos metabólicos teciduais do sistema musculoesquelético com efeito análogo ao da terapia com laser quanto ao estímulo da microcirculação e aumento da atividade muscular (KELENCZ et al., 2010; PAOLILLO et al., 2011; CAMARGO et al., 2012).

A laserterapia e a terapia LED têm sido utilizadas para promover uma melhora no desempenho muscular quando aplicada nos músculos imediatamente antes ou após o exercício intenso. Essas terapias são capazes de estimular o metabolismo mitocondrial promovendo um

fornecimento de energia mais elevado nas células, especialmente nas células musculares esqueléticas (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

Como o metabolismo mitocondrial é afetado pela terapia de luz, espera-se que a cinética do consumo de oxigênio (VO_2) seja igualmente afetada, pois, para a biossíntese oxidativa de ATP, as mitocôndrias utilizam o oxigênio como um receptor final de hidrogênio na cadeia de transporte de elétrons e, com isso, ocorra melhora na metabolização do oxigênio para essa via de ressíntese de ATP (FERRARESI et al., 2015b)

Os agentes eletrofísicos, como a laserterapia de baixa intensidade e terapia de diodo emissor de luz, têm sido investigados no tratamento de lesões musculares. Mais recentemente, o foco da pesquisa foi expandido para incluir atraso no desenvolvimento da fadiga muscular e prevenção de lesões musculares. Em resumo, essas terapias induzem efeitos fotoquímicos em células, através da absorção da luz por fotorreceptores. Este fenômeno é descrito como "fotobioestimulação" ou "fotobiomodulação" (HUANG et al., 2009).

A fotobiomodulação ocorre através da aplicação de luz monocromática ou de banda estreita nos tecidos e pode influenciar a atividade celular por estimulação ou inibição de funções químicas e fisiológicas. A magnitude do efeito de fotobiomodulação é influenciada pelo comprimento de onda, densidade de energia (ou fluência), densidade de potência, tipo de lesão e espectro de absorção do fotorreceptor (LEAL-JUNIOR et al., 2015).

Conforme um estudo de metanálise, o qual foi investigado o efeito da fototerapia para melhora do desempenho desportivo, constatou-se que de 13 estudos analisados, 10 reportaram melhora no desempenho quando aplicada a fototerapia e 3 apresentaram efeito neutro da fototerapia. Dentre os achados, estão que quando se aplicada antes do exercício aumentou o tempo até a exaustão dos voluntários e também o número de repetições que os mesmos puderam fazer em exercício resistido para biceps braquial. Além disso, os melhores resultados foram encontrados com comprimentos de onda vermelho ou infravermelho, com potências variando entre 50 e 200 miliwatts (mW) e doses entre 5 e 6 J (Joules) por ponto (LEAL-JUNIOR et al., 2015).

A fototerapia LED proporciona bons resultados em reduzir a dor muscular tardia (pós-exercício), induzir o reparo tecidual e prevenir lesão muscular induzida pelo exercício. Terapia LED usando de diodo com comprimentos de ondas de 660 nm a 850 nm diminuiu significativamente lactato sanguíneo, creatina quinase e proteína C reativa depois de um teste de exercício até a fadiga, indicando que ele tem um efeito protetor contra lesão induzida pelo exercício (CAMARGO et al., 2012).

Terapia laser de baixa intensidade aplicada em doses de 1 J a 3J com comprimento de onda de 660 nanômetros (nm) e 1 J, 3 J e 10 J com comprimento de onda de 905 nm, aplicando pré-exercício, proporcionaram bons resultados na melhora do desempenho atrasando o tempo de fadiga muscular (SANTOS et al., 2014).

Estudo realizado com 18 participantes do sexo masculino objetivando verificar as respostas do consumo de oxigênio constatou que a aplicação prévia da terapia laser de baixa intensidade promoveu um aumento no consumo de oxigênio quando comparado com o grupo placebo. Esse aumento é atribuído à maior extração do oxigênio pelos músculos ativos no exercício, quando esse foi estimulado pela fototerapia (SILVA ALVES et al., 2014).

A fototerapia, no comprimento de onda infravermelho próximo, parece modular o estresse oxidativo e prevenir danos musculares se aplicado antes de exercícios intensos. A concentração de creatina quinase (CK) no sangue estava menor quando comparado com o placebo, e a alanina foi quantificada na urina para mostrar a função de depuração renal dos aminoácidos liberados dos músculos danificados. O aumento da quantidade de alanina na urina após exercício de alta intensidade sugere que ocorreram danos musculares, porém no LED efetivo, as quantidades de alanina na urina foram menores do que no placebo, sugerindo um efeito protetor do LED contra danos musculares (FERRARESI et al., 2015b).

Em um estudo que objetivou-se verificar os efeitos da terapia LED após um exercício de alta intensidade, usou-se como protocolo de exercício o teste de Wingate e analisou-se a concentração de lactato, a potência pico atingida no teste e o índice de fadiga. Como resultados não foi observado diferença entre o grupo tratado e o placebo (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013).

Em estudo realizado com corredor de elite, foi aplicada a terapia LED 5 minutos antes do exercício, com comprimento de onda infravermelho próximo e, como resultados, constataram que houve uma melhora na cinética do consumo de oxigênio, diminuição dos danos musculares, fadiga e disfunção renal durante o exercício de corrida realizado em esteira (FERRARESI et al., 2015b).

Em um ensaio clínico com mulheres, analisou-se o efeito do laser na capacidade aeróbia das mesmas. Não foi possível verificar uma ação benéfica do laser no aumento da capacidade aeróbia, que apesar de se saber da eficácia do laser no aumento da taxa respiratória mitocondrial e da quantidade de energia livre disponibilizada pelos fotorreceptores mitocondriais, os dados sugerem que possíveis respostas bioquímicas locais proporcionadas pela terapia laser não desencadearam manifestações sistêmicas. Além disso, destaca-se a dosimetria utilizada, que pode não ter provocado o efeito desejado devido ter

ficado aquém do necessário (VIEIRA et al., 2008). Os autores ainda sugerem que mais estudos devem ser realizados para ajustes de dosimetria e também do tipo de fototerapia utilizada.

1.4 Fadiga e Dano Muscular no Exercício

O termo fadiga refere-se a qualquer perda, induzida pelo exercício, da capacidade de um músculo ou grupo muscular em exercer força. Este fenômeno pode ser devido a alterações na excitabilidade da via motora tanto central quanto periférico (COCO et al., 2014). Especificamente, a fadiga central resulta em uma falha do sistema nervoso central para excitar e conduzir aos motoneurônios, enquanto a fadiga periférica resulta em uma falha do músculo para responder à excitação neural. O desenvolvimento de fadiga central, estimado pelas alterações na ativação muscular voluntária avaliada através de estimulação do nervo motor e/ou estimulação do córtex motor, é tradicionalmente avaliado durante uma contração isométrica máxima do grupo muscular em exercício. Do mesmo modo, a fadiga muscular periférica induzida pelo exercício é frequentemente quantificada através da mudança pré e pós-exercício na resposta de força frente à estimulação elétrica direta do motoneurônio. Juntas, as avaliações da fadiga central e periférica no grupo muscular exercitado podem fornecer uma visão das mudanças associadas na função neuromuscular voluntária (ELMER et al., 2013).

Os componentes da fadiga do músculo esquelético incluem aumento da temperatura central, alterações na regulação dos controles aferentes e eferentes, mudanças na excitabilidade do córtex motor e aumento de citocinas plasmáticas. Os componentes periféricos incluem aumento de potássio (K^+) extracelular e, conseqüentemente, falha na excitabilidade das células musculares, aumento do fosfato inorgânico (P_i), diminuição dos níveis de adenosina trifosfato (ATP) e aumento dos níveis de adenosina difosfato (ADP), aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e diminuição do fluxo sanguíneo. Outros aspectos, como o tipo de exercício, os grupos musculares envolvidos, a intensidade do exercício, o ambiente, entre outros, também podem levar ao desenvolvimento da fadiga (SANTOS et al., 2014).

As proteínas de transporte de íons musculares afetam as trocas de Na^+ , K^+ , H^+ , Cl^- e lactato através do sarcolema durante o exercício e são contribuintes para o desenvolvimento da fadiga em diferentes intensidades de exercício (GUNNARSSON et al., 2013). A alta concentração de 2,3 difosfoglicerato está associada ao aparecimento de fadiga crônica, e

quando sua concentração permanece alterada ela pode estar associada a variações de sintomas cognitivos e distúrbios do sono. Baseado nisso o 2,3 difosfoglicerato é também, um importante biomarcador para fadiga muscular (RICHARDS et al., 2000).

Em um exercício aeróbio de alta intensidade com uma perna em cicloergômetro, encontrou-se que mesmo com uma considerável fadiga na perna ipsilateral, os participantes permaneceram capazes de gerar a mesma potência de pedalada de referência com a perna contralateral descansada, mostrando que a fadiga induzida por pedalada unipodal de alta intensidade não prejudica a função neuromuscular voluntária máxima nos músculos do membro que não efetuou o treinamento (ELMER et al., 2013). O Acúmulo de K⁺ extracelular está diretamente ligado à fadiga durante um exercício intenso e fatores como treinamento sistemático podem aumentar a eficiência da bomba sódio-potássio e minimizar essa fadiga (GUNNARSSON et al., 2013).

A percepção da fadiga é comum em muitos estados de doença, entretanto, os mecanismos da sensação de fadiga muscular ainda exigem debates. Os estimuladores musculares endógenos para essa sensação são uma combinação de prótons, lactato e ATP. Ao se aplicar no interstício muscular essa combinação, em concentrações condizentes com a situação de exercício moderado a intenso, voluntários relataram sensação de fadiga e em concentrações ainda maiores relataram sensação de dor. Concluíram com esse estudo que concentrações elevadas dessa combinação ativam receptores que sinalizam as sensações de dor e fadiga muscular (POLLAK et al., 2014).

Devido à grande variabilidade das características musculares entre indivíduos, é difícil determinar um limiar preciso de fadiga (AL-MULLA; SEPULVEDA; COLLEY, 2011). Um exercício muito intenso além de levar à fadiga pode, também, promover a gênese de microlesões musculares. Os possíveis sinais e sintomas da lesão muscular podem ser: dor muscular tardia (DMT), aumento de proteínas musculares no sangue, tais como mioglobinas séricas e creatina quinase (CK), inflamação muscular e perda de força (UCHIDA et al., 2009).

Alguns marcadores indiretos podem indicar a magnitude do dano muscular. Um exemplo é o aumento dos níveis de algumas enzimas musculares no sangue (VIEIRA et al., 2006). A enzima creatina quinase tem sido usada como um "padrão ouro" para medir danos musculares após exercício intenso e frequentemente está relacionado ao estresse oxidativo mais elevado (FERRARESI et al., 2015b). Os picos na concentração sanguínea de CK ocorrem entre 24 e 48 h e se prolongam até 72 h após a lesão muscular (MOUGIOS, 2007), mais comumente encontrados com 24 horas pós-exercício intenso (FERRARESI et al., 2015a). Além disso, uma queda na força muscular também é relatada como um importante

indicador clínico de lesão muscular induzida por exercício (WARREN; LOWE; ARMSTRONG, 1999).

Son et al., (2015) quantificaram os biomarcadores que indicam danos musculares (CK) durante uma ultra-maratona e constataram que seu aumento foi muito mais pronunciado durante a segunda metade (100-200 km) da prova e tiveram picos até 24 horas após o seu término.

Como forma de prevenir a fadiga e o dano muscular, a fototerapia LED é eficaz para reduzir a inflamação muscular e lesão de fibras após exercício intenso, estando seu efeito relacionado à ação anti-inflamatória e à preservação da integridade da membrana celular muscular. (CAMARGO et al., 2012).

Um estudo com jogadores de voleibol, visando avaliar a resposta da concentração da enzima CK no sangue frente à aplicação da terapia LED antes de cada jogo, foi realizado acompanhando 4 jogos de um campeonato oficial, nos quais a concentração de CK era mensurada 1 hora antes da competição e 24 horas após os jogos. Os autores concluíram que a terapia LED minimizou os danos musculares provocados pela competição e com isso evitou o aumento da concentração dessa enzima (FERRARESI et al., 2015a).

O conjunto destes estudos (CAMARGO et al., 2012; FERRARESI et al., 2015a, 2015b; SON et al., 2015) demonstra que o pico da concentração sanguínea de CK ocorre, em geral, em 24 horas após o exercício e que a terapia LED parece ser eficaz como estratégia aguda de redução dos níveis sanguíneos de CK. Entretanto a literatura não mostra se a terapia LED é capaz de promover este efeito protetor cronicamente.

1.5 Ergoespirometria Como Ferramenta de Avaliação e Prescrição de Treinamento

Uma das funções dos sistemas cardiovascular e pulmonar é contribuir com o processo de respiração celular dos tecidos, entre eles o muscular, tanto em repouso quanto em exercício. Uma das maneiras de avaliar os sistemas respiratório, cardiovascular e muscular é por meio da análise das variáveis ergoespirométricas e sua resposta em relação à intensidade do exercício (DATTA; NORMANDIN; ZUWALLACK, 2015).

O teste de esforço físico ou teste ergométrico é um procedimento não invasivo, que permite obter diagnósticos e prognósticos, bem como avaliar a capacidade aeróbia para exercícios dinâmicos e a reserva funcional de um indivíduo. Em um teste ergométrico em que são avaliados de maneira direta o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2), com o auxílio de um analisador de gases, é denominado ergoespirometria

(CORNELIS; BUYS, 2016). A ergoespirometria, por ser mais completa, infere a integridade dos sistemas respiratório, cardiovascular e muscular e ainda suas adaptações após um período de treinamento físico ou outras intervenções sobre estes sistemas (WASSERMAN et al., 2005).

A vasta utilização da ergoespirometria está, entre outros, na determinação da capacidade funcional e potência aeróbia, pela determinação do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), do limiar anaeróbio (AT) e do limiar de compensação respiratória (RCT). Diante disso, a ergoespirometria proporciona a avaliação de atletas, indivíduos fisicamente ativos, sedentários, cardiopatas, pneumopatas, entre outros (SHIMIZU et al., 1991; BARROS-NETO; TEBEXRENI; TAMBEIRO, 2001).

Existe uma relação bem ordenada entre trabalho muscular e a fonte de energia oxidativa. Em intensidades baixas a moderadas, o metabolismo aeróbio é capaz de suprir a demanda energética do exercício. A partir de uma determinada intensidade do exercício físico, o metabolismo aeróbio é suplementado pelo metabolismo anaeróbio láctico para atender a demanda de energia exigida, resultando em um aumento abrupto na concentração de lactato no sangue (WASSERMAN; VAN KESSEL; BURTON, 1967). Este momento indica o limiar anaeróbio (AT), definido como o momento em relação à intensidade do esforço físico ou consumo de oxigênio, quando a produção de energia é suplementada pelo metabolismo anaeróbio láctico, aumentando de forma significativa a concentração de lactato no sangue.

Portanto, durante um teste ergoespirométrico crescente, em intensidades de esforço acima do AT, o lactato produzido pelos músculos ativos é transportado para a corrente sanguínea. Nesta condição, ocorrem as reações de equilíbrio ácido-base, onde o lactato é tamponado pelo bicarbonato de sódio (WASSERMAN et al., 1973; SHIMIZU et al., 1991).

O ácido carbônico, resultante do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato de sódio, posteriormente se dissocia em água e dióxido de carbono (CO_2). Devido à natureza de produção deste CO_2 ser o tamponamento do ácido láctico, ele é denominado de CO_2 metabólico (WASSERMAN; COX; SIETSEMA, 2014).

O esforço realizado acima do AT resulta no aumento progressivo da quantidade de lactato produzido nos músculos e lançado na corrente sanguínea. Desta maneira, a concentração plasmática de bicarbonato decai no mesmo ritmo em que a lactacidemia aumenta. A partir deste ponto, a acidose metabólica provocada pelo exercício é acentuada e o sistema respiratório atua na regulação da pressão parcial de CO_2 arterial (pCO_2), por meio de uma hiperventilação, como mecanismo de compensação, que é refletido nos parâmetros ergoespirométricos durante a avaliação (DEKERLE et al., 2003). Porém, durante a

ergoespirometria, a intensidade do esforço físico é incrementada com o passar do tempo, desta forma é exigida maior participação do metabolismo anaeróbio láctico e, como consequência, maior produção de lactato. Este será tamponado na corrente sanguínea pelo bicarbonato de sódio resultando uma maior concentração de CO_2 . Esse CO_2 (metabólico) soma-se ao CO_2 respiratório e é eliminado pela respiração através de um aumento abrupto da ventilação. A partir do momento que ocorre espoliação do bicarbonato e este não mais tampona o lactato, ocorre um segundo aumento da ventilação com intuito de eliminar ainda mais CO_2 para tentar corrigir a acidose metabólica instaurada. Assim, ocorre o segundo limiar metabólico, denominado limiar de compensação respiratória (RCT), definido como o ponto do esforço até onde o sistema respiratório consegue corrigir a acidose metabólica induzida pelo exercício (BROXTERMAN et al., 2015).

Para a interpretação adequada de um teste ergoespirométrico é necessário que se avalie os parâmetros ventilatórios e metabólicos, que são mensurados em um período de tempo determinado ou a cada ciclo respiratório. Dentre os principais parâmetros envolvidos estão: Ventilação (V), VO_2 , VCO_2 , quociente respiratório (QR) e equivalentes ventilatórios de oxigênio e dióxido de carbono (EqVO_2 e EqVCO_2) (DATTA; NORMANDIN; ZUWALLACK, 2015).

Com o objetivo de avaliar a aptidão cardiorrespiratória de atletas submetidos à reconstrução de ligamento cruzado anterior, Olivier et al. (2010) introduziram, durante o tempo de reabilitação, o treinamento aeróbio com uma perna em cicloergômetro (70% da frequência cardíaca máxima). Após 6 semanas de treinamento, não houve diferença entre o grupo que treinou e o que somente recebeu o processo de reabilitação. Em seus achados foi relatado que não houve diferença estatística no consumo máximo de oxigênio, limiar anaeróbio e limiar de compensação respiratório entre os grupos avaliados (OLIVIER et al., 2010).

O exercício físico impõe adaptações fisiológicas ao sistema cardiovascular e que, em função de uma crescente demanda de oxigênio, ocorrem ajustes cardiovasculares, como aumento do débito cardíaco e da diferença arteriovenosa de oxigênio. A caracterização de índices que consigam mensurar a aptidão física, como o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{max}}$) e o limiar anaeróbio (AT), trouxeram benefícios tanto na área da pesquisa quanto na área clínica. A ergoespirometria é uma excelente ferramenta que permite mensurar esses índices, entre outros (BARROS-NETO; TEBEXRENI; TAMBEIRO, 2001).

Após 12 semanas de treinamento de cicloergômetro em intensidade relativa ao limiar anaeróbio de mulheres sobrepesadas, determinada por ergoespirometria, notou-se o aumento

do consumo máximo de oxigênio e que o AT e o RCT tiveram um deslocamento à direita em relação à intensidade do esforço, mostrando que esses limiares estavam presentes em intensidades maiores. Este aumento nas intensidades correspondentes ao AT e ao RCT ainda foi acompanhado por redução na massa corporal e diminuição dos níveis de triglicerídeos. (BOTERO et al., 2014).

O consumo de oxigênio é a mais importante variável da avaliação da condição aeróbia e da reserva funcional do indivíduo (PORT; KWAKKEL; WITTINK, 2015). Esse parâmetro mostra a capacidade do organismo em captar, transportar e utilizar o oxigênio para a síntese de trifosfato de adenosina (ATP) de forma aeróbia. O ATP é uma molécula rica em energia utilizada nos processos fisiológicos do organismo, entre eles, na contração muscular (MARZZOCO, A.; TORRES, 1999).

Olivier et al. (2009) analisaram o limiar anaeróbio, limiar de compensação respiratória e consumo máximo de oxigênio de voluntários antes e após 6 semanas de treinamento aeróbio (70% a 85% da frequência cardíaca máxima) com uma perna. Os autores constataram um aumento nas 3 variáveis mensuradas quando comparado antes e depois do treinamento.

Asahara et al. (2016) realizaram um estudo de pedalada com uma perna onde os voluntários iniciavam o exercício de forma arbitrária ou através de um comando verbal imediato. O intuito do trabalho foi analisar a resposta do sistema nervoso central frente ao início de um exercício. Os indivíduos que iniciaram o exercício de forma livre, antes de seu início, aumentaram rapidamente ventilação e frequência cardíaca. Seus achados mostram que o sistema nervoso central faz os devidos ajustes antes do início do exercício, quando os voluntários sabem o momento de início do exercício.

Menz et al. (2016) compararam em seu estudo, os valores do EqVO_2 pré e pós-treinamento com uma perna em cicloergometro. Os autores quantificaram o valor do EqVO_2 em dois momentos do exercício, na intensidade de 100 W durante 4 minutos e na intensidade de 150 W também durante 4 minutos, portanto segundo eles em intensidades submáximas. Seus achados mostram que pré-treinamento a média dos valores do EqVO_2 foi de 23 e pós-treinamento foi de 25. Os autores não analisaram os valores dos equivalentes com as duas pernas. Também não houve um comparativo do EqVO_2 entre uma perna e duas pernas (MENZ et al., 2016).

Os equivalentes respiratórios de oxigênio e dióxido de carbono (EqVO_2 e EqVCO_2) representam o volume de ar que deve ser ventilado para consumir 1 litro de oxigênio ou produzir 1 litro de dióxido de carbono, respectivamente. Os valores de normalidade

permanecem em torno de 30 litros de ar ventilado para 1 litro de O_2 consumido e de 35 litros de ar ventilado para a produção de 1 litro de CO_2 . Durante um exercício crescente, as relações V/VO_2 e V/VCO_2 diminuem progressivamente, devido à ação dos músculos esqueléticos respiratórios que promovem um aumento da área de ventilação e hematose. Essa diminuição infere a diminuição da área de espaço morto fisiológico e consequentemente aumento da área de trocas gasosas nos pulmões (SILVA; TORRES, 2002; CORNELIS; BUYS, 2016).

Cornelis; Buys (2016) em seu estudo compararam os valores do $EqVO_2$ no repouso, no limiar anaeróbio e na intensidade máxima, em diferentes ergômetros (cicloergômetro horizontal, vertical e esteira rolante). Os valores encontrados para cicloergômetro horizontal foram de 32 no repouso, 22 no AT e 33 na intensidade máxima. Para cicloergômetro vertical (tradicional) os valores encontrados foram 32 no repouso, 21 no AT e 34 na intensidade máxima. Em esteira rolante os valores encontrados foram 34 no repouso, 24 no AT e 34 na intensidade máxima. Os resultados mostram que o comportamento do $EqVO_2$ é similar para os 3 tipos de ergômetro (CORNELIS; BUYS, 2016). Contudo, não é conhecido se o comportamento dessa variável ergoespirométrica também é similar quando se compara a pedalada unipodal e bipodal.

Com intuito de verificar a potência aeróbica máxima da pedalada com duas pernas após treinamento unipodal, Swensen; Howley (1993) analisaram o consumo de oxigênio, a ventilação e a frequência cardíaca máxima em 3 situações distintas, após treinamento com uma perna, após treinamento com duas pernas e sem treinamento. O consumo de oxigênio pré-treino para o grupo controle era de 2,94 l/min, para o grupo que iria treinar com as duas pernas era de 2,98 l/min e para o grupo que iria treinar com uma perna era de 2,89 l/min. Após 4 semanas de treino, durante 30 minutos por dia (duas pernas) e 15 minutos por dia (uma perna) com a mesma intensidade para ambos (75% da frequência cardíaca máxima), os resultados foram 2,97 l/min para o grupo controle, 3,37 l/min para o grupo que treinou com as duas pernas e 3,34 l/min para o grupo que treinou com uma perna (SWENSEN; HOWLEY, 1993). Não houve diferença significativa na ventilação máxima entre os grupos examinados pelos autores.

Swensen e Howley (1993) verificaram em seu estudo que o treinamento unipodal e bipodal promoveram aumentos similares na potência máxima da pedalada bipodal. Os autores relatam que esses achados podem ser explicados devido à intensidade de exercício de cada membro, pois ao treinarem com as duas pernas a potência média de treino foi de 200 W, enquanto que ao pedalam com apenas uma perna a potência média foi acima de 150 W. Outros estudos são necessários para elucidar as mudanças fisiológicas subjacentes que

permitiram que ambos os modos de treinamento produzissem aumentos similares na potência aeróbica de duas pernas (SWENSEN; HOWLEY, 1993).

Ogita et al., (2000) quantificaram o consumo máximo de oxigênio e a ventilação máxima em exercícios com uma e duas pernas em voluntários homens saudáveis e praticantes de exercício físico regularmente. O $VO_{2máx}$ para o exercício com uma perna foi de 3,84 l/min e para duas pernas foi de 4,73 l/min, já a ventilação máxima obtida com o teste foi de 132 l/min para uma perna e 153 l/min para duas pernas. Em intensidades máximas, o consumo de oxigênio foi maior para as duas pernas devido à maior massa muscular envolvida, o $VO_{2máx}$ para uma perna ficou a 80% do valor do exercício com as duas pernas (OGITA et al., 2000).

Contudo, em intensidades submáximas, o consumo de oxigênio para o exercício com uma perna foi maior que o exercício com duas pernas. Esses achados sugerem que na intensidade de 70% do $VO_{2máx}$ das duas pernas, para exercício com uma perna a demanda metabólica foi maior, explicando o motivo do maior consumo de oxigênio (OGITA et al., 2000). Os autores não analisaram o consumo de oxigênio em intensidades submáximas relativas à intensidade máxima de uma perna.

Com o objetivo de estudar as respostas fisiológicas do treinamento em adultos com idade média de 55 anos, foi analisada, através de ergoespirometria, sessões de treinamento com uma e duas pernas em cicloergômetro. O ciclismo unipodal resultou em maior consumo de oxigênio nos membros inferiores quando comparado com o bipodal, para a mesma intensidade absoluta. Porém, neste estudo, ao executarem a pedalada unipodal, usou-se um contrapeso, o que facilita o ato de pedalar com uma perna, pois promove o balanço entre os lados do pedal (GORDON et al., 2016).

O consumo de oxigênio de voluntários pedalando com uma perna, sem contrapeso, é menor do que quando os voluntários pedalam com as duas pernas (tradicional). O consumo máximo de oxigênio da pedalada unipodal fica a aproximadamente 70% do consumo máximo de oxigênio da pedalada bipodal (FIGUEIRA et al., 2016).

A pedalada unipodal permite uma maior capacidade de exercitar musculatura específica e, portanto, fornece um estímulo maior para adaptações metabólicas e vasculares quando comparado ao ciclismo de duas pernas (tradicional) (MCDANIEL et al., 2016). Com objetivo de investigar e comparar as respostas sobre o consumo de oxigênio, frequência cardíaca, QR e fluxo sanguíneo femoral na pedalada bipodal e unipodal, em 3 cargas distintas (25W, 50W e 75W). McDaniel et al. (2016) constataram que o consumo de oxigênio foi semelhante para ambas as situações (pedalada unipodal e bipodal) nas intensidades de 25W e 50W, porém na intensidade de 75W o consumo de oxigênio foi 14% maior na pedalada

unipodal, Não houve diferença entre a frequência cardíaca nas duas condições de pedalada. O fluxo sanguíneo femoral foi maior na pedalada com uma perna nas intensidades de 50W e 75W, porém não houve diferença na intensidade de 25W. O QR foi maior na pedalada com uma perna quando comparada com as duas pernas, nas 3 intensidades estudadas (MCDANIEL et al., 2016). Contudo no presente estudo não houve relativização das cargas para a pedalada unipodal e bipodal, inferindo que ainda há muito a ser estudado quanto às diferenças metabólicas presentes na pedalada com uma e duas pernas.

Ferraresi et al. (2015b) analisaram a cinética do consumo de O_2 , o tempo limite de exercício e déficit de oxigênio de um corredor de elite, eles observaram que a aplicação do LED efetivo melhorou todos os aspectos analisados. Foi executado um teste ergoespirométrico em esteira, com protocolo incremental. Com base no teste foram determinados os limiares metabólicos pela ventilação e após a determinação desses limiares foi determinada a intensidade de trabalho em 95% do VO_2 na intensidade do limiar de compensação respiratória. Após 3 testes (LED placebo 1, LED placebo 2, e LED efetivo) na intensidade determinada e em teste até a exaustão voluntária, com uma semana de intervalo entre um teste e outro, foram analisados os resultados obtidos. Constataram que após aplicação do LED efetivo houve uma melhora no tempo limite de exercício, houve uma diminuição do componente rápido do consumo de O_2 e uma diminuição do déficit de O_2 (FERRARESI et al., 2015b).

1.6 Respostas da Lactacidemia ao Treinamento e Terapia LED

O aumento da lactacidemia, a fadiga e o aumento das trocas gasosas estão bem relacionados. Com o aumento da concentração de lactato sanguíneo, a partir de uma determinada carga de trabalho, em um exercício incremental, ocorre um aumento da ventilação de forma não linear, esse aumento ocorre devido ao tamponamento dos íons hidrogênio do lactato pelo bicarbonato e consequentemente um aumento na produção de CO_2 , o que explica o aumento súbito da ventilação (SHIMIZU et al., 1991).

Um exercício de alta intensidade resulta em um acúmulo de lactato que contribui para a fadiga neuromuscular periférica. Uma estratégia para a remoção desse lactato é a recuperação ativa após o exercício, pois, mantendo o fluxo sanguíneo para os músculos fatigados e aumentando a utilização aeróbia do lactato pelos tecidos não afetados ajudam a remoção mais rápida (WHITE; WELLS, 2015).

O acúmulo de lactato no sangue está associado ao desenvolvimento de fadiga muscular e relacionado de forma negativa com o desempenho no exercício. Em níveis moderados de acúmulo de lactato (3 a 5 mmol/l) Hoff et al. (2016) observaram que a economia de corrida foi significativamente diminuída. Os autores concluíram que em concentrações moderadas de lactato a economia de corrida e a velocidade máxima estavam prejudicadas, enfatizando a importância de evitar intensidades acima do limiar de lactato nas primeiras três partes de uma competição predominantemente aeróbia (HOFF et al., 2016).

O incremento da lactacidemia foi avaliado em um teste onde a pedalada com uma perna foi executado, sendo uma das pernas já em treinamento e a contralateral descansada. A média de incremento de lactato para as pernas ipsilateral e contralateral foram semelhantes, porém a potência da perna descansada não foi afetada pela fadiga do membro que efetuou o treinamento. Neste estudo o incremento de lactato para a pedalada com as duas pernas não foi mensurado, o que não possibilita saber se a pedalada com as duas pernas promove uma maior concentração de lactato sanguíneo (ELMER et al., 2013).

Thomas (2011) focou sua pesquisa para a determinação de diferenças fisiológicas gerais na captação de oxigênio e produção de lactato entre pedalada unipodal e bipodal. O autor observou que todos os valores medidos foram significativamente maiores para ciclagem de uma única perna quando comparado com duas pernas (THOMAS, 2011), porém os resultados obtidos com esse estudo foram verificados com um contrapeso no lado contralateral do pedal enquanto os indivíduos pedalavam com uma perna. A presença do contrapeso no lado oposto possibilita uma maior facilidade na pedalada unipodal quando comparado com a pedalada bipodal sem contrapeso no lado contralateral (BINI et al., 2015).

Com intuito de verificar se a terapia LED aplicada diretamente após a conclusão de um exercício de alta intensidade iria melhorar a depuração do lactato, foi quantificada essa concentração antes e após os exercícios em dois grupos (efetivo e placebo), porém não foi observada diferença significativa quando comparado o grupo efetivo com o grupo placebo (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013). Já estudo de Leal Junior et al. (2011) realizado com atletas jovens de futsal, encontrou uma maior queda na concentração de lactato sanguíneo após a intervenção com a terapia LED. Essas diferenças de resultados podem estar associadas à intensidade da terapia LED e/ou tipo de atividade executada.

As razões para o aumento da remoção de lactato sanguíneo e redução das lesões musculares após a terapia laser de baixa intensidade ainda são incertas. Uma possível explicação é que os efeitos da terapia ocorrem transformando a energia luminosa em energia química e propaga seus efeitos para os tecidos de áreas circundantes. A energia absorvida

pode atuar de duas maneiras: a) estimulando a liberação de substâncias autacoides (histamina, serotonina e bradicinina) e b) modificando as reações enzimáticas normais, tanto no sentido de excitação como inibição (GULSOY et al., 2006).

Ferraresi et al. (2015b) ao analisarem os níveis de lactato no sangue, constataram que esses níveis, quando normalizado pelo tempo de exercício realizado, foram mais baixos após a terapia LED efetivo, sugerindo uma maior remoção de lactato ou uma menor produção, possivelmente pela inibição da lactato desidrogenase (LDH) ou aumento da oxidação do lactato (Ciclo de Cori). No entanto, se a fototerapia melhorar a vasodilatação e a microcirculação, conseqüentemente, fornece uma melhor remoção de lactato (FERRARESI et al., 2015b). Contudo ao analisarem a urina dos voluntários os mesmos autores relataram que a concentração de lactato também estava diminuída na urina, concluindo assim que a diminuição da concentração do lactato está mais relacionada com a sua reconversão (Ciclo de Cori) do que com o *clearance* conforme relatado por DeMarch et al. (2012).

Estudos mostram que a terapia LED proporciona alterações fisiológicas no que tange a fadiga, danos musculares e desempenho, porém existem ainda resultados com magnitudes de melhoras distintas e ainda resultados controversos na literatura. Devido a isso, parâmetros ótimos de aplicação e padrões de dose-resposta ainda precisam ser identificados em outros estudos, com desenho experimental bem controlado.

1.7 Controle Experimental Pelo Placebo

Durante o exercício em cicloergômetro ou ciclismo, os efeitos cruzados da fadiga podem ser delineados usando um modelo de ciclagem de única perna. Ou seja, executa-se uma atividade de alta intensidade de pedalada com uma perna com intuito de gerar uma fadiga na perna de trabalho e conseqüentemente avaliar o efeito dessa fadiga na perna ipsilateral e contralateral (ELMER et al., 2013). A avaliação do efeito da fadiga é realizada executando um teste incremental na perna ipsilateral fatigada e na perna contralateral descansada, com isso possibilita examinar o impacto funcional da fadiga induzida pelo exercício, assim como os potenciais efeitos cruzados da fadiga. Por exemplo, neste modelo se a potência máxima foi reduzida na perna contralateral descansada, isto indicaria um efeito de cruzamento da fadiga. Inversamente, se a potência máxima foi mantida na perna contralateral descansada, isso indicaria que a fadiga era específica para os músculos exercidos da perna ipsilateral (ELMER et al., 2013). Os efeitos cruzados do treinamento, no qual ao se treinar um membro o outro sofrerá essa influência, ainda possui muito a ser discutido.

Thomas (2011), ao focar sua pesquisa na determinação de diferenças fisiológicas gerais no consumo de oxigênio e produção de lactato entre pedalada unipodal e bipodal, observou que tanto o consumo de oxigênio quanto a produção de lactato foram significativamente maiores para a pedalada unipodal quando comparados com a pedalada bipodal, na mesma intensidade absoluta, contudo não foi apresentada a influência do treinamento em um membro sobre o outro ou sobre os dois membros em conjunto.

Existem diferentes metodologias de estudos analisando o efeito de uma determinada intervenção, seja ela medicamentosa ou outras terapias que possam influenciar a resposta do avaliado, como uso de fototerapia, fonoterapia entre outras, que não apresentam sensação aparente ao mesmo (ELKIS; GATTAZ, 2000).

Devido à influência que a terapia utilizada pode exercer no psicológico do avaliado, existe a necessidade de estudos com placebo devido ao fato de que as taxas de resposta ao placebo são muito altas, especialmente em psiquiatria. Por exemplo, na depressão maior a resposta ao placebo pode ser da ordem de 65% e na esquizofrenia crônica pode variar de 20% a 50% (QUITKIN, 1999). No esporte, esteróides anabólicos têm sido usados há anos por atletas na esperança de melhorarem seus desempenhos. Pesquisas relacionadas à área constataram que o efeito placebo proporciona efeitos psicológicos positivos importantes, como aumento de força muscular e aumento da capacidade aeróbia (MOURA, 1984).

Moura, (1984) relata que o efeito placebo perdura por pouco tempo, o que apenas estudos de curto prazo apresentam esses resultados mais significantes. Com a finalidade de minimizar esses efeitos psicológicos, o placebo e duplo-cego (nem avaliador e nem avaliado sabem a que se referem) é a melhor forma de se conduzir essa pesquisa.

Esses achados elevados de efeito placebo são devido à fatores como efeito estatístico da regressão média, efeitos que não são específicos ao tratamento, além da expectativa do avaliador e avaliado quanto à intervenção recebida (ELKIS; GATTAZ, 2000).

A justificativa de se empregar o placebo quando existe um tratamento padrão eficaz é de grande dificuldade. Contudo, para uma nova intervenção, o tratamento experimental deve ser comparado com um controle, e se o resultado experimental for melhor ou pior que controle, a análise mostra-se clara. A grande dificuldade surge quando, ao final, o resultado experimental mostra que é igual ao controle, levando a entender que ambos são eficazes ou ineficazes. Para evitar tal problema é necessária a adoção de um terceiro grupo, o placebo (QUITKIN, 1999).

Ferraresi et al.(2015a) em seu estudo utilizaram a terapia LED efetivo e placebo para garantir a fidedignidade dos dados. Nem o indivíduo nem os avaliadores sabiam se o

LED era efetivo ou placebo durante a coleta e análise de dados. Um botão oculto para placebo ou efetivo no dispositivo foi empregado para garantir o procedimento duplo-cego. Este botão foi trocado anteriormente sem o conhecimento do avaliador ou do voluntário. Além disso, este botão foi mudado para " on " (efetivo) ou " off " (Placebo) por um único pesquisador que apenas participou do procedimento de randomização e da aplicação LED, não tendo acesso à coleta e análise de dados. Esses cuidados foram tomados, pois existia a possibilidade dos avaliadores serem tendenciosos ao analisar os dados, ou o voluntário se empenhar mais nos testes, sabendo que aquela situação poderia melhorar seu desempenho.

As diferenças individuais, tais como genótipo, modificações de estilo de vida, atividade física e dieta podem alterar estudos relacionados a exercícios. O efeito desses fatores pode ser minimizado através de um desenho experimental intra-sujeito onde cada indivíduo possa ser o seu próprio controle, conforme descrito por Allison et al. (2013) que propôs um desenho experimental unilateral, onde uma perna realizava exercício e a contralateral era seu controle. Desse modo os autores garantiram um maior poder estatístico do que de estudos que comparam a evolução entre os indivíduos.

Ainda existem divergências entre a efetividade da fototerapia como intensificador do desempenho no exercício, pois Vieira et al. (2008) não verificaram melhora na capacidade aeróbia de seus voluntários, já Ferraresi et al. (2015b) observaram grande melhora na cinética do consumo de oxigênio no voluntário de sua pesquisa, porém este estudo com um único voluntário.

Mais trabalhos com um controle experimental detalhado, visando minimizar características individuais, com um número maior de voluntários e com controle placebo bem aplicado, devem ser realizados.

Diante dos fatos dos diversos benefícios potenciais da fototerapia, bem como dos benefícios promovidos pela atividade física, há a necessidade de estudos mais aprofundados envolvendo esses assuntos. Como existe diferenças individuais que não podem ser alteradas, surgiu à necessidade de realizar um desenho experimental envolvendo um comparativo intra-sujeito.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito do treinamento unipodal, terapia LED e treinamento associado à terapia LED sobre parâmetros ergoespirométricos, de performance ($\text{VO}_{2\text{max}}$, AT e RCT) e sobre o dano muscular induzido pelo exercício.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar agudamente intensidade máxima, intensidade do AT e do RCT dos indivíduos pedalando com uma e duas pernas.
- Comparar agudamente o VO_2 , Ve , eficiência aeróbia, nas intensidades de AT, RCT e máxima e do EqVO_2 no AT dos indivíduos pedalando com uma e duas pernas.
- Verificar a concentração de lactato nas 3 intensidades com os indivíduos pedalando com uma e duas pernas.
- Comparar resposta da CK à pedalada unipodal e bipodal.
- Comparar o efeito do treinamento, terapia LED e associação de treino com terapia LED sobre a intensidade máxima, AT e RCT da perna ativa no treinamento, perna controle e duas pernas.
- Comparar o efeito do treinamento, terapia LED e associação de treino com terapia LED no VO_2 , Ve e eficiência aeróbia, nas intensidades de AT, RCT e máxima e do EqVO_2 no AT dos indivíduos pedalando com uma e duas pernas.
- Comparar o efeito do treinamento, terapia LED e associação de treino com terapia LED na concentração de lactato no AT, RCT e intensidade máxima da perna ativa, controle e duas pernas.
- Comparar o efeito do treinamento, terapia LED e associação de treino com terapia LED sobre a resposta de CK à pedalada unipodal e bipodal.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Amostra

Para este estudo participaram 24 voluntários saudáveis do sexo masculino, fisicamente ativos (Tabela 1). Estes indivíduos são caracterizados como aqueles que praticam atividade física recreacional, no mínimo, uma vez por semana. Os voluntários participantes desta pesquisa foram recrutados mediante cartazes e panfletos distribuídos na Universidade, bem como em toda mídia gratuita disponível.

Tabela 1 – Tabela com dados descritivos dos voluntários

PARÂMETROS	VALORES (MÉDIA $\pm$ DESVIO PADRÃO)
Idade (anos)	26,67 $\pm$ 5,51
Altura (metros)	1,76 $\pm$ 0,05
Peso (kg)	79,03 $\pm$ 10,94
IMC (kg/m²)	25,56 $\pm$ 3,36

Fonte: Arquivo próprio.

3.2 Procedimento Experimental

Na primeira visita ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFSCar os voluntários passaram por uma entrevista com o pesquisador e foram informados sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos e os grupos experimentais. Após receberem todas as informações sobre os procedimentos a serem realizados, bem como o funcionamento dos equipamentos, todos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido sobre o conhecimento prévio, os benefícios e os possíveis riscos do projeto (Anexo A). O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, sob parecer nº 1.218.462 (Anexo B).

Todos os voluntários aptos para a realização desta pesquisa fizeram uma ou duas sessões de exercício em cicloergômetro de frenagem eletromagnética, pedalando com uma e duas pernas, para se adaptarem ao gesto motor. A quantidade de sessões foi determinada pela necessidade individual. Todos os participantes do estudo foram familiarizados em até duas sessões. Após adaptação, os voluntários entraram em um sorteio para definir em qual grupo experimental eles seriam alocados.

Os voluntários desta pesquisa foram submetidos a uma avaliação pré-treino (descrita adiante), e após foram submetidos a um período de oito semanas de treinamento em cicloergômetro com irradiação LED ou placebo, após cada sessão de treino. Após esse período foram submetidos a uma nova avaliação, pós-treino. Após quatro semanas de treino foi realizada nova ergoespirometria com a finalidade de ajustar a carga de treinamento.

Os participantes da pesquisa foram separados aleatoriamente, em número de 6 indivíduos, nos seguintes grupos experimentais: Não Treinados e LED desligado (Grupo NTLD), Não Treinados e LED ligado (Grupo NTLL), Treinados e LED desligado (Grupo TLD), Treinados e LED ligado (Grupo TLL). Assim, garantiu-se o comparativo intra e intervolutário.

Nos voluntários do grupo treinamento (TLD/TLL) a aplicação do LED e/ou sua simulação (placebo) foi executada no membro sorteado para realizar o treinamento. Nos voluntários pertencentes ao grupo que não treinou (NTLD/NTLL) foi eleito um membro para aplicação do LED ou sua simulação. A perna que recebeu a intervenção foi eleita por sorteio, após a realização dos testes pré, e foi chamada de perna ativa (A). A perna contralateral, ou seja, que não recebeu intervenção alguma, foi chamada de controle (C).

3.3 Avaliação Pré e Pós Condição Experimental

Após a adaptação do ato de pedalar com uma e duas pernas, todos os voluntários foram submetidos a uma avaliação funcional de exercício crescente e máximo em cicloergômetro marca Ergo-Fit, de frenagem eletromagnética, até à fadiga. As cargas no cicloergômetro foram aumentadas de 10 em 10 Watts quando pedalando com uma perna e de 20 em 20 Watts quando pedalando com as duas pernas, a cada 2 minutos até a exaustão voluntária, iniciando em 10 W para o exercício com uma perna e 20 W quando pedalagem com as duas pernas. Os voluntários pedalaram com a perna esquerda, direita e ambas em dias diferentes, sendo a ordem aleatória e com 48 horas de repouso entre cada sessão de avaliação inicial.

Na avaliação com o indivíduo pedalando com uma perna, aquela que não participou do ato de pedalar ficou apoiada sobre uma plataforma de madeira e este pedal do cicloergômetro foi retirado. O pé participante da pedalada foi atado no pedal para que este exerça com melhor efetividade o gesto de empurrar e puxar o pedal durante a avaliação, bem como durante os treinos, conforme ilustrado na figura 01.

Figura 1 - Fixação do pé do voluntário junto ao pedal do cicloergômetro

Fonte: Arquivo próprio.

3.4 Ergoespirometria

Durante o teste em exercício crescente até a fadiga, pré e pós-treinamento, foi realizada ergoespirometria e foram quantificadas as variáveis ergoespirométricas ventilação (V_e), consumo de oxigênio (VO_2), equivalente ventilatório de oxigênio ($EqVO_2$) e produção de dióxido de carbono (VCO_2).

Após a realização da ergoespirometria foi identificada a carga correspondente ao limiar anaeróbio (AT), ao consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e ao limiar de compensação respiratória (RCT), para cada perna e para as duas. Foi estabelecido como consumo máximo de oxigênio, o maior valor na última intensidade do teste crescente, não diferenciando se o término foi em platô ou em pico. A intensidade do AT foi determinada por meio dos dados ventilatórios de VCO_2 , V_e e $EqVO_2$, plotados em um gráfico cuja abscissa foi a intensidade da carga de trabalho. O ponto determinado dessas intensidades foi a carga correspondente à quebra da linearidade das curvas do VCO_2 e V_e e o ponto imediatamente antes do início do aumento do equivalente de O_2 . Esses dados foram analisados por dois avaliadores independentes para confirmação do ponto em questão. Em caso de divergência entre os avaliadores, um terceiro avaliador foi solicitado.

Para avaliação ergoespirométrica foi utilizado analisador de gases VO_{2000} - Medic Graphics® e os dados foram registrados em um computador utilizando o *software Aerograph*. Os valores respiratórios foram registrados pelo *software* a cada 20 segundos perfazendo a média dos valores respiratórios obtidos neste intervalo de tempo (Figura 02).

Figura 2 - Voluntário preparado para sessão de avaliação da pedalada com uma perna

Fonte: Arquivo próprio.

O analisador de gases foi calibrado duas vezes, antes de cada teste, com amostra de ar ambiental, conforme instrução do manual do fabricante do equipamento. Antes do início do registro dos dados o voluntário foi instruído a respirar normalmente até que os parâmetros apresentem valores de normalidade em repouso. Após normalização dos valores, iniciaram-se os registros dos dados durante dois minutos com o voluntário em repouso para fins de comparação com os valores em atividade. Concluídos os dois seguintes minutos de repouso o participante iniciou o teste. Para a padronização dos valores das intensidades, optou-se por incrementá-las a cada 20 W para o teste com as duas pernas e em 10 W para teste com uma perna, facilitando a visualização gráfica quando comparadas. Para todos os testes foi utilizado Pneumotacógrafo de fluxo médio.

3.5 Lactacidemia

Ainda nestas sessões de avaliação funcional, foram coletadas amostras de sangue do lobo da orelha dos voluntários nos últimos 15 segundos de cada carga no exercício crescente.

Primeiramente realizou-se uma assepsia local, com álcool 70% e algodão, posteriormente fez-se uma punção no lobulo da orelha com uma lanceta estéril. O sangue foi coletado com capilar estéril, devidamente calibrado em 25 μ L, conforme padrão do Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFSCar.

As amostras contendo 25 μ L de sangue foram alocadas em tubos Ependorf contendo 50 μ L de fluoreto de sódio a 1% e posteriormente foram armazenadas em freezer até sua mensuração. O sangue foi misturado ao fluoreto de sódio para que ocorra a hemólise e a

inibição da enzima enolase, fazendo com que os valores de lactato contido na amostra não se alterem. As medidas foram feitas em lactímetro eletroenzimático YSI modelo 1500 Sport – Yellow Springs Instruments do Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos.

3.6 Creatina Quinase

Como parte da avaliação desta pesquisa, foi mensurada a concentração da enzima creatina quinase (CK) no sangue do avaliado, antes do início de cada teste e 24 horas após o teste crescente, como marcador indireto do nível de lesão muscular nos diferentes modos de pedalar (uma ou duas pernas). Para expressar os resultados foi apresentada a diferença da CK final com a inicial (ΔCK).

Para mensurar os níveis de CK do participante foi coletada uma amostra de 30 μL de sangue da polpa digital, este sangue foi transferido imediatamente a uma tira reativa específica, esta inserida no equipamento Reflotron[®] e aguardou-se 180 segundos para o término da análise pelo equipamento.

Foi instruído aos participantes da pesquisa para que não fizessem nenhuma atividade física intensa nas 48 horas antes e 24 horas após os testes crescentes, para que os resultados dos níveis de creatina quinase não sofressem influência de outras atividades.

3.7 Treinamento

No Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos, os voluntários dos grupos TLD e TLL, depois de avaliados (pré-teste), foram submetidos a 32 sessões de treino (aproximadamente 8 semanas), divididas em 4 dias na semana. Os voluntários treinaram pedalando em cicloergômetro de frenagem eletromagnética com uma perna. Para o treinamento, a perna foi escolhida por sorteio, e esta foi treinada durante 15 minutos por dia. A intensidade de treino foi na carga relativa ao limiar anaeróbio (pedalando com perna relacionada) encontrada durante a sessão de avaliação.

Durante as sessões de treino, o pé da perna ativa foi atado ao pedal do cicloergômetro, de modo a garantir um melhor gesto de empurrar e puxar o pedal no ato de pedalar (Figura 1). Ainda, durante a sessão de treino, foram questionados ao voluntário, a cada 5 minutos, os níveis de cansaço e dor no membro ativo. Para quantificar esses níveis de

cansaço e dor, usou-se a escala de percepção subjetiva de esforço de BORG (6-20).

Os integrantes do grupo TLD e TLL receberam aplicação de LED imediatamente após cada sessão de treinamento, porém, para aqueles do grupo TLD o LED estava desligado. Os integrantes de todos os grupos não souberam se o LED estava ligado ou desligado (estudo cego).

Os integrantes dos grupos NTLL e NTLD compareceram ao laboratório para receber ou não a aplicação da luz, porém, não fizeram sessões de treino. Os integrantes de todos os grupos não souberam se o LED estava ligado ou desligado (estudo cego).

Os voluntários do grupo TLL e TLD, por volta da 16ª sessão, foram submetidos a uma nova avaliação ergoespirométrica, com a finalidade de ajuste da carga de treino. Essa avaliação foi realizada somente na perna ativa e não foram coletadas amostras de sangue. Os dados obtidos nesta sessão foram utilizados somente para determinar um novo limiar anaeróbio para ajustar carga de treino do participante.

Após as 32 sessões, todos os voluntários foram reavaliados (pós-teste), repetindo ergoespirometria, lactacidemia e concentração de CK, conforme descritas inicialmente (Figura 03).

Figura 3 - Linha do tempo do desenho experimental

Fonte: Arquivo próprio.

3.8 Terapia LED

Para este estudo usou-se um arranjo flexível de LEDs de 34x18 cm contendo 50 LEDs, com comprimento de 850 nm, faixa do infravermelho, especialmente construído para pesquisa pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Universidade de São Paulo, Brasil (USP). Cada LED tem uma área de 0,2 cm² e uma potência óptica de 75 mW. A potência total usada foi de 3750 mW, uma energia total aplicada de 225 J e uma fluência por diodo de 22,5 J/cm², sobre a região anterior da coxa da perna ativa, durante 60 segundos

(Figura 04). A manta possui um botão oculto para controle de efetivo e placebo, de modo que o voluntário não saiba se estava ou não recebendo a irradiação.

Figura 4 - Arranjo flexível de LED

Fonte: Arquivo próprio.

Os parâmetros da terapia LED foram mensurados e calibrados usando um medidor de potência óptica PM100D Thorlabs® equipado com um sensor modelo S130C (FERRARESI et al., 2015b).

3.9 Análise dos Resultados

Os resultados das análises realizadas com os praticantes pedalando com uma perna foram comparados entre si (perna ativa e controle) e também foram comparados quando a atividade realizada com ambas as pernas (pedalada bipodal). As pernas A (ativa) e C (controle) foram comparadas entre si antes e depois do período de intervenção.

Foram analisadas de forma aguda as intensidades (máxima, de AT e de RCT) atingidas com o indivíduo pedalando com uma e duas pernas, o consumo de oxigênio nas três intensidades e também a eficiência aeróbia das três formas de pedalada (perna ativa, perna controle e duas pernas). Também analisou-se a resposta da creatina quinase na pedalada unipodal e bipodal e o valor incrementado de CK por Watt pedalado. A lactacidemia foi analisada na intensidade máxima e foi calculada a eficiência anaeróbia láctica na pedalada

bipodal e unipodal, dividindo a concentração máxima de lactato pela intensidade máxima atingida (mmol/IW).

Para o cálculo da eficiência aeróbia dividiu-se o valor do consumo de oxigênio pela intensidade atingida (máxima, AT e RCT) e os valores foram expressos em ml/minW, demonstrando o quanto de O₂ foi consumido por Watt pedalado.

Os grupos NTLD e NTLL foram analisados e comparados entre si, para verificar se somente o LED altera o desempenho dos indivíduos quando comparado pré e pós-teste.

Os grupos TLD e TLL foram analisados e comparados intragrupo, onde no grupo TLD verificou-se o efeito do treinamento de uma perna sobre a outra bem como, o efeito sistêmico do treinamento com uma perna. Já o grupo TLL foi analisado e comparado, para verificar o efeito do LED e do treinamento no membro treinado, comparando-o com o membro não treinado. Também foi analisado o efeito sistêmico do LED e do treinamento no participante.

Também foram comparados os grupos TLD e TLL entre si, com a finalidade de verificar se o LED quando associado ao exercício físico, promove melhor desempenho do que quando não se aplica o LED.

Os grupos TLD e NTLD foram avaliados e comparados entre si e também comparados perna ativa e perna controle na intervenção. Essa comparação verificou o efeito somente do treinamento nesses indivíduos, com base nos dados obtidos nos testes pré-intervenção e pós-intervenção.

3.10 Análise Estatística

Os parâmetros estudados e as características dos voluntários estão expressos em média e desvio padrão. Para essa análise foi utilizado o test t-Student pareado e Anova com *post-hoc* de Tukey. O nível de significância aceito foi de 5% ($p < 0,05$). Para o comparativo intergrupo foi utilizado o cálculo do tamanho do efeito (*Effect Size*) de Cohen (*d* de Cohen), no qual este sugere que um efeito de 0,2 a 0,3 é pequeno, de 0,4 a 0,7 é médio e de 0,8 acima é grande (ESPÍRITO-SANTO; DANIEL, 2015). Para as análises estatísticas foi utilizado o *software* SigmaPlot 11.0.

4. RESULTADOS

Os resultados foram analisados em média e desvio padrão de todas as variáveis e estão apresentados em respostas agudas e respostas frente às diferentes intervenções. Nas respostas agudas foram analisados todos os indivíduos sem separação por grupo e nas respostas crônicas os resultados foram separados por grupo experimental.

4.1 Respostas Agudas – Pré-Intervenção

Inicialmente, foram analisadas as respostas agudas frente ao ato de pedalar com uma e duas pernas, de todos os voluntários da pesquisa.

4.1.1 Intensidade

A média da intensidade máxima atingida pelos voluntários, quando pedalar com as duas pernas, foi de $224,17 \pm 39,99$ W, para a perna ativa (eleita para receber a intervenção) foi de $86,67 \pm 37,73$ W e para a perna controle $88,33 \pm 39,85$ W, ou seja, a intensidade máxima atingida com a perna ativa ficou a 38,66% das duas pernas e a intensidade máxima da perna controle ficou a 39,41% das duas pernas (Figura 5). No ato de pedalar com as duas pernas, a intensidade máxima foi estatisticamente superior ao ato de pedalar com uma perna ($p < 0,001$).

Figura 5 - Gráfico da intensidade máxima para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle, pedalada bipodal e soma das duas pedaladas unipodais. * diferença estatística das demais.

Fonte: Arquivo próprio.

Mesmo quando somadas as intensidades das pedaladas unipodais, ainda assim o ato de pedalar com as duas pernas apresenta uma intensidade máxima estatisticamente maior ($p<0,001$). Não houve diferença estatística entre a pedalada com a perna ativa e a perna controle na situação inicial.

Para a intensidade no limiar anaeróbio, determinada pela ergoespirometria, o valor médio para a pedalada com as duas pernas foi de $135,00 \pm 35,02$ W, para a perna ativa foi de $50,83 \pm 25,52$ W e para a perna controle foi de $51,25 \pm 25,76$ W (Figura 6). O limiar anaeróbio das duas pernas foi maior do que para a perna ativa e perna controle ($p<0,001$).

Figura 6 - Gráfico da intensidade no limiar anaeróbio (AT) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística das demais.

Fonte: Arquivo próprio.

A intensidade média do RCT, dos indivíduos pedalando com as duas pernas, foi de $194,17 \pm 38,89$ W, para a pedalada com a perna ativa foi de $75,83 \pm 35,86$ W e para a perna controle foi de $76,67 \pm 37,03$ W. A pedalada bipodal apresentou diferença estatisticamente significativa ($p<0,001$) quando comparada com a pedalada unipodal, tanto para a perna ativa quanto para a controle (Figura 7). Não houve diferença estatisticamente significativa entre a pedalada com a perna ativa e a perna controle.

Figura 7 - Gráfico da intensidade no limiar de compensação respiratória (RCT) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística das demais.

Fonte: arquivo próprio

4.1.2 Ventilação

A média dos valores da ventilação máxima atingida pelos voluntários, na pedalada bipodal foram $99,12 \pm 15,72$ l/min, na pedalada unipodal com a perna ativa foram $61,43 \pm 17,99$ l/min e na pedalada unipodal com a perna controle foram $65,31 \pm 18,53$ l/min (Figura 8).

Figura 8 - Gráfico da ventilação máxima para a perna ativa, perna controle e duas pernas. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

Na pedalada bipodal a ventilação máxima foi estatisticamente superior à pedalada unipodal, tanto para a perna ativa ($p < 0,001$) quanto para a perna controle ($p < 0,001$). Não

houve diferença estatística entre as pedaladas unipodais ($p=0,723$).

Na intensidade do limiar anaeróbio (AT), a ventilação máxima para a pedalada bipodal foi $35,64 \pm 8,17$ l/min, para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $27,35 \pm 5,91$ l/min e para a pedalada unipodal com a perna controle foi $27,09 \pm 6,82$ l/min (Figura 9). A ventilação na intensidade do AT para a pedalada bipodal foi estatisticamente superior à pedalada unipodal com a perna ativa ($p<0,001$) e à pedalada unipodal com a perna controle ($p<0,001$). Não houve diferença estatística entre às pedaladas unipodais (ativa e controle) ($p=0,991$).

Figura 9 - Gráfico da ventilação na intensidade do AT, para a perna ativa, perna controle e duas pernas. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

4.1.3 Consumo de Oxigênio

O valor do $VO_{2máx}$ atingido pelos voluntários, quando pedalaram com as duas pernas, foi de $3,40 \pm 0,62$ l/min, o consumo máximo de oxigênio para a perna ativa foi de $2,19 \pm 0,64$ l/min e o $VO_{2máx}$ para a perna controle foi de $2,21 \pm 0,68$ l/min, ou seja, o consumo máximo de oxigênio para a pedalada com a perna ativa ficou a 64,40% da pedalada com as duas pernas e a pedalada com a perna controle ficou a 64,87% (Figura 10). O $VO_{2máx}$ da pedalada com as duas pernas foi estatisticamente maior do que na pedalada unipodal ($p<0,001$). Não houve diferença estatística na pedalada com a perna ativa quando comparada com a perna controle.

Figura 10 - Gráfico do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística da demais.

Fonte: Arquivo próprio.

O consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbico (VO_{2AT}) de cada modo de pedalada foi de $1,84 \pm 0,52$ l/min para a pedalada bipodal, o que corresponde a 54,10% do máximo, $1,24 \pm 0,32$ l/min para a perna ativa, o que corresponde a 56,68% do máximo e $1,26 \pm 0,35$ l/min para a perna controle, o que corresponde a 57,05% do máximo (Figura 11). O consumo de oxigênio no limiar anaeróbico para a pedalada com as duas pernas foi maior, quando comparado com a perna ativa e perna controle ($p < 0,001$). Não houve diferença estatística entre perna ativa e perna controle ($p = 0,988$).

Figura 11 - Gráfico do consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbico (VO_{2AT}) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

O consumo de oxigênio na intensidade do RCT (VO_{2RCT}) foi de $2,73 \pm 0,62$ l/min

para a pedalada com as duas pernas, o que corresponde a 80,37% do máximo, $1,84 \pm 0,55$ l/min para a perna ativa, o que corresponde a 84,14% do máximo e $1,81 \pm 0,57$ l/min para a pedalada com a perna controle, o que corresponde a 82,14% do máximo (Figura 12). O VO_{2RCT} , na pedalada bipodal, foi estatisticamente maior quando comparado com a pedalada unipodal com a perna ativa ($p < 0,001$) e com a pedalada unipodal com a perna controle ($p < 0,001$). Não houve diferença significativa entre as pedaladas unipodais com a perna ativa e controle ($p = 0,982$).

Figura 12 - Gráfico do consumo de oxigênio na intensidade do limiar de compensação respiratória (VO_{2RCT}) para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

4.1.4 Equivalente de Oxigênio no AT

A média dos valores do equivalente do oxigênio, na intensidade do limiar anaeróbio, dos indivíduos pedalando com as duas pernas foi de $20,02 \pm 2,42$, para os indivíduos pedalando com a perna ativa foi de $22,68 \pm 2,91$ e para a pedalada com a perna controle foi de $22,19 \pm 2,70$ (Figura 13). O $EqVO_2$, no limiar anaeróbio, na pedalada com as duas pernas foi estatisticamente menor do que na pedalada unipodal, tanto ativa quanto controle ($p < 0,001$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre o $EqVO_2$ da perna ativa e controle.

Figura 13 - Gráfico do equivalente de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio, para pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

4.1.5 Eficiência Aeróbia

O consumo de oxigênio por Watt pedalado (eficiência aeróbia), na intensidade máxima da pedalada com as duas pernas foi de $15,22 \pm 1,47$ ml/minW, já para a pedalada com a perna ativa foi de $28,68 \pm 10,48$ ml/minW e para a pedalada com a perna controle foi de $28,68 \pm 11,19$ ml/minW (Figura 14). A pedalada com as duas pernas foi estatisticamente mais eficiente do que a pedalada unipodal ($p < 0,001$). Não houve diferença estatística entre a pedalada com a perna ativa e controle ($p = 1,00$).

Figura 14 - Gráfico da eficiência aeróbia na intensidade máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio

A eficiência aeróbia calculada na intensidade do limiar anaeróbio e os resultados obtidos para a pedalada com as duas pernas foram $13,56 \pm 1,27$ ml/minW, para a pedalada com a perna ativa foi de $30,31 \pm 15,69$ ml/minW e para a perna controle foi de $30,33 \pm 14,08$ ml/minW (Figura 15).

Para a pedalada com as duas pernas a eficiência aeróbia no AT é maior do que para a pedalada unipodal ($p < 0,001$). Não houve diferença estatística quando comparado perna ativa e perna controle, no quesito eficiência mecânica ($p = 1,00$).

Figura 15 - Gráfico da eficiência aeróbia na intensidade do limiar anaeróbio para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

Figura 16 - Gráfico da eficiência aeróbia na intensidade máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio.

A eficiência aeróbia na intensidade do RCT (Figura 16), para a pedalada com as duas pernas foi de $13,66 \pm 1,40$ ml/minW, para a pedalada com a perna ativa foi $26,74 \pm 10,02$

ml/minW e para a pedalada com a perna controle foi de $27,11 \pm 11,48$ ml/minW (Figura 16). A eficiência aeróbia foi maior para a pedalada com as duas pernas, quando comparada com a perna ativa ($p < 0,001$) e com a perna controle ($p < 0,001$). Não houve diferença estatística entre as pedaladas unipodais ($p = 0,989$).

Para a pedalada com as duas pernas a eficiência aeróbia no AT e RCT foram semelhantes não havendo diferença significativa entre elas ($p = 0,966$), contudo entre o AT e a intensidade máxima houve diferença significativa ($p < 0,001$) e também houve diferença significativa entre RCT e intensidade máxima ($p < 0,001$).

Os valores da eficiência aeróbia no limiar anaeróbio, no RCT e na intensidade máxima foram semelhantes para a perna ativa ($p = 0,607$) e controle ($p = 0,665$), não havendo diferença significativa entre elas (Figura 17).

Figura 17 - Comparativo da eficiência aeróbia para as pedaladas unipodais e bipodal, na intensidade do AT, do RCT e máxima. * diferença estatística em relação ao AT e ao RCT da bipodal

Fonte: Arquivo próprio.

4.1.6 Concentração Sanguínea de Creatina Quinase

O aumento da concentração da enzima creatina quinase 24 horas após o teste incremental (ΔCK) foi de $0,58 \pm 168,47$ U/l para a pedalada com as duas pernas, $141,62 \pm 239,66$ U/l para a pedalada com a perna ativa e $91,16 \pm 103,19$ U/l para a perna controle. No ato de pedalar com as duas pernas houve um menor aumento da concentração de CK quando comparado com a perna ativa ($p = 0,024$) e perna controle ($p = 0,027$). Não houve diferença estatística no aumento da concentração de CK na pedalada com a perna ativa e controle ($p = 0,160$) (Figura 18).

Figura 18 - Gráfico da variação da concentração sanguínea de creatina quinase (CK), para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais

Fonte: Arquivo próprio.

Ao relacionar a ΔCK pela intensidade máxima pedalada ($\Delta CK/W$), os resultados obtidos foram $0,02 \pm 0,68 \Delta CK/W$ para a pedalada com as duas pernas, $2,71 \pm 7,25 \Delta CK/W$ para a pedalada com a perna ativa e $1,10 \pm 1,15 \Delta CK/W$ para a pedalada com a perna controle (Figura 19).

Figura 19 - Gráfico da variação da concentração da enzima creatina quinase (CK) no sangue, corrigida por Watt pedalado. * diferença significativa entre as demais

Fonte: Arquivo próprio.

Os resultados mostram que houve diferença estatisticamente significativa entre o incremento de CK por Watts pedalado para a pedalada bipodal quando comparado com as pedaladas unipodais, tanto para a perna ativa ($p < 0,001$) quanto para a perna controle ($p < 0,001$). Não houve diferença significativa entre a pedalada com a perna ativa e controle.

4.1.7 Lactacidemia e Eficiência Anaeróbia Lática.

Os valores da lactacidemia de repouso dos indivíduos foram de $1,01 \pm 0,42$ mmol/l para a perna ativa, $1,11 \pm 0,18$ mmol/l para a perna controle e $1,11 \pm 0,29$ mmol/l para duas pernas. Não houve diferença significativa nos valores de lactacidemia em repouso nas três situações analisadas.

Na intensidade do limiar anaeróbio os valores da concentração de lactato dos voluntários nas diferentes situações de pedalada, apresentaram-se como $2,99 \pm 0,65$ mmol/l para a perna ativa, $3,39 \pm 0,51$ mmol/l para a perna controle e $3,45 \pm 1,30$ mmol/l para duas pernas. Esses resultados mostram que não houve diferença na produção de lactato nos diferentes modos de pedalada, até a intensidade do limiar anaeróbio (Figura 20).

Figura 20 - Lactacidemia na intensidade do limiar anaeróbio para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal.

Fonte: Arquivo próprio.

Na intensidade do limiar de compensação respiratória o valor da lactacidemia para a perna ativa foi de $4,61 \pm 1,48$ mmol/l, para a perna controle foi de $4,83 \pm 0,96$ mmol/l e para a pedalada com as duas pernas foi de $6,36 \pm 0,58$ mmol/l (Figura 21). O resultado da lactacidemia para a pedalada com as duas pernas foi maior quando comparado com as pedaladas unipodais, tanto para a perna ativa quanto para a perna controle ($p < 0,001$). Não houve diferença significativa entre a perna ativa e controle ($p = 0,766$).

Figura 21 - Lactacidemia na intensidade do limiar de compensação respiratória para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença estatística entre as demais.

Fonte: Arquivo próprio

Na intensidade máxima o valor da lactacidemia para a perna ativa foi de $5,44 \pm 1,21$ mmol/l, para a perna controle foi de $5,52 \pm 1,63$ mmol/l e para a pedalada com as duas pernas foi de $8,54 \pm 0,35$ mmol/l (Figura 22).

Figura 22 - Lactacidemia na intensidade máxima para a pedalada unipodal com a perna ativa, com a perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais

Fonte: Arquivo próprio.

Esses resultados mostram que houve diferença estatística entre a pedalada com a perna ativa quando comparada com a pedalada com as duas pernas ($p=0,013$), também houve diferença na lactacidemia da perna controle quando comparada com as duas pernas ($p=0,015$), porém não houve diferença significativa entre as pedaladas unipodais ($p=0,990$).

Ao analisar a concentração de lactato no sangue e a intensidade máxima atingida calculou-se a eficiência anaeróbia láctica dividindo o valor da lactacidemia pela intensidade máxima e foi estabelecido como unidade de medida mmol/IW.

Na intensidade máxima do exercício a eficiência anaeróbia láctica foi de $0,06 \pm 0,03$ mmol/IW para a pedalada com a perna ativa, $0,06 \pm 0,04$ mmol/IW para a pedalada com a perna controle e $0,04 \pm 0,01$ mmol/IW para a pedalada com as duas pernas (Figura 23). Os resultados mostram que houve uma diferença significativa entre as pedaladas unipodais quando comparada com a pedalada com as duas pernas ($p < 0,01$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as pedaladas com a perna ativa e controle ($p = 0,99$).

Figura 23 - Potência anaeróbia na intensidade máxima (lactacidemia/Intensidade) para a pedalada unipodal com a perna ativa, perna controle e pedalada bipodal. * diferença significativa entre as demais

Fonte: Arquivo próprio.

4.2 Efeito Crônico – Pré versus Pós-Intervenção

Para se analisar o efeito da intervenção da pesquisa analisaram-se os grupos isoladamente (pré e pós-intervenção) e também se fez a comparação entre grupos.

4.2.1 Intensidade

Para o grupo NTL D ($n=6$), a média da intensidade máxima atingida com a perna ativa pré-intervenção (sem treinamento e LED desligado) foi de $66,67 \pm 29,44$ W e pós-intervenção foi de $66,67 \pm 34,45$ W. Para a perna controle a intensidade máxima atingida foi de $68,33 \pm 34,30$ W pré-intervenção e $66,67 \pm 34,45$ W pós-intervenção. Para a pedalada

bipodal a média da intensidade máxima atingida pré-intervenção foi de $210 \pm 20,98$ W e pós-intervenção foi de $210 \pm 20,49$ W (Figura 24). Baseado nos resultados, não houve melhora para a pedalada unipodal com a perna ativa, houve uma diminuição de 2% para a perna controle e que não houve alteração para a pedalada bipodal. Esses resultados mostram que não houve diferença significativa entre situação pré e pós-intervenção para a perna ativa ($p=0,500$; $d=0$), perna controle ($p=0,396$; $d=0,04$) e duas pernas ($p=0,500$; $d=0$).

Para o grupo TLD ($n=6$), a média da intensidade máxima atingida com a perna ativa, pré-intervenção (treinamento e LED desligado) foi de $100 \pm 41,95$ W e pós-intervenção foi de $128,33 \pm 19,41$ W. Para a perna controle, pré-intervenção foi de $101,67 \pm 38,69$ W e pós-intervenção foi de $110 \pm 32,86$ W. Para a pedalada com as duas pernas a média da intensidade máxima atingida, pré-intervenção foi de $223,33 \pm 49,67$ W e pós-intervenção foi de $230 \pm 50,20$ W (Figura 24). Esses valores representam um aumento de 28% para a perna ativa, 8% para a perna controle e 3% para a pedalada bipodal. Esses resultados mostram que houve diferença significativa entre a situação pré e pós-intervenção para a perna ativa ($p=0,032$; $d=0,92$), contudo não houve diferença significativa para a perna controle ($p=0,093$; $d=0,23$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,087$; $d=0,13$).

Para o grupo NTLL ($n=6$), a média da intensidade máxima atingida com a perna ativa, pré-intervenção foi (sem treinamento e LED ligado) foi de $93,33 \pm 40,33$ W e pós-período de intervenção foi de $116,67 \pm 34,45$ W. Para a perna controle, pré-intervenção foi de $91,67 \pm 42,15$ W e pós-intervenção foi $105 \pm 32,71$ W. Para a pedalada bipodal, pré-intervenção foi de 240 ± 40 W e pós-intervenção foi de $236,67 \pm 40,82$ W (Figura 24). Esses dados representam um aumento de 25% para a perna ativa, 15% para a perna controle e uma diminuição de 1% para a pedalada com as duas pernas. Os resultados mostram que houve uma melhora significativa para a perna ativa ($p<0,001$; $d=0,62$), contudo não houve melhora estatisticamente significativa para a perna controle ($p=0,069$; $d=0,35$) e não houve melhora para a pedalada com as duas pernas ($p=0,305$; $d=0,08$).

Para o grupo TLL ($n=6$), a média da intensidade máxima atingida com a perna ativa, pré-intervenção foi de $86,67 \pm 39,33$ W e pós-intervenção foi de $131,67 \pm 24,83$ W. Para a perna controle, pré-intervenção foi de $91,67 \pm 46,22$ W e pós-intervenção foi de $108,33 \pm 44,01$ W. Para a pedalada bipodal a média da intensidade máxima atingida, pré-intervenção foi de $223,33 \pm 48,03$ W e pós-intervenção foi de $243,33 \pm 48,03$ W (Figura 24). Esses dados mostram uma melhora de 52% para a perna ativa, uma melhora de 18% para a perna controle e um aumento de 9% para a pedalada com as duas pernas. Esses resultados demonstram que houve uma diferença significativa para a perna ativa ($p<0,001$; $d=1,4$) e perna controle

($p=0,046$; $d=0,36$), da condição pré para a pós-intervenção. Para a pedalada bipodal não houve diferença significativa ($p=0,487$; $d=0,42$).

Figura 24 - Gráficos da intensidade máxima atingida (W), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLD. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL na intensidade máxima, para a perna ativa, observou-se que o tamanho do efeito foi para o grupo NTLD foi 0, para o grupo TLD foi 0,92, para o grupo NTLL foi 0,62 e para o grupo TLL foi 1,40 (Tabela 2). Esses resultados mostram que houve um maior tamanho do efeito para o grupo TLL, na variável intensidade máxima, para a perna ativa. Para a pedalada unipodal com a perna controle, o maior efeito foi encontrado no grupo TLL, embora esse seja considerado baixo.

Em relação à intensidade do limiar anaeróbio, a média para o grupo NTLD, foi de $36,67 \pm 16,33$ W para a perna ativa pré-intervenção e $40 \pm 24,49$ W pós-intervenção. Para a perna controle foi de $40 \pm 21,91$ W para a condição pré-intervenção e $38,33 \pm 24,83$ W para a condição pós-intervenção e para a pedalada bipodal foi de $116,67 \pm 19,66$ W para a condição pré-intervenção e $123,33 \pm 26,58$ W para a condição pós-intervenção (Figura 25). Esses valores representam um aumento na intensidade do limiar anaeróbio da perna ativa em 9%, para a perna controle uma piora em 4% e para as duas pernas uma melhora de 6%. Os resultados mostram que não houve diferença significativa entre pré e pós-intervenção para a

pedalada com a perna ativa ($p=0,305$; $d=0,16$), também não houve diferença para a pedalada com a perna controle ($p=0,416$; $d=0$) e para a pedalada bipodal ($p=0,232$; $d=0,28$).

Para o grupo TLD, a média da intensidade do AT, para a perna ativa pré-intervenção foi de $61,67 \pm 27,14$ W e para a condição pós-intervenção foi de $83,33 \pm 18,62$ W. Para a perna controle foi de $56,67 \pm 22,51$ W para a condição pré-intervenção e $65 \pm 24,29$ W para a condição pós-intervenção e para a pedalada bipodal foi de $143,33 \pm 32,04$ W para a condição pré-intervenção e $150,00 \pm 37,42$ W para a condição pós-intervenção. Esses valores representam uma melhora na intensidade do AT em 35% para a perna ativa, um aumento de 15% para a perna controle e 5% para as duas pernas (Figura 25). Os resultados mostram que houve uma diferença significativa para a pedalada com a perna ativa ($p=0,001$; $d=0,94$), contudo não houve diferença estatisticamente significativa para a perna controle ($p=0,551$; $d=0,35$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,747$; $d=0,19$).

Para o grupo NTLL, a média da intensidade do AT, para a perna ativa pré-intervenção foi de $58,33 \pm 30,61$ W e pós-intervenção foi de $76,67 \pm 23,38$ W. Para a perna controle foi de $60,00 \pm 30,98$ W na condição pré-intervenção e $66,67 \pm 25,03$ W na condição pós-intervenção. Para a pedalada bipodal, na condição pré-intervenção foi de $146,67 \pm 46,76$ W e na condição pós-intervenção foi de $153,33 \pm 41,31$ W na condição pós-intervenção. Esses valores representam uma melhora de 31% para a perna ativa, um aumento de 11% para a perna controle e 5% para a pedalada bipodal (Figura 25). Os resultados mostram que houve uma diferença estatisticamente significativa para a pedalada com a perna ativa ($p<0,001$; $d=0,67$), contudo não houve diferença significativa para a pedalada com a perna controle ($p=0,196$; $d=0,23$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,232$; $d=0,15$).

Para o grupo TLL, a média da intensidade do AT, para a perna ativa pré-intervenção foi de $46,67 \pm 24,22$ W e pós-intervenção foi de $76,67 \pm 24,22$ W. Para a perna controle pré-intervenção foi de $48,33 \pm 28,58$ W e pós-intervenção foi de $60,00 \pm 32,25$ W e para a pedalada bipodal pré-intervenção foi de $133,33 \pm 37,24$ W e pós-intervenção foi de $150,00 \pm 43,36$ W. Esses valores representam uma melhora de 64% para a perna ativa, um aumento em 24% para a perna controle e 13% para a pedalada bipodal (Figura 25). Os resultados mostram que houve diferença estatística entre a condição pré e pós-intervenção para a perna ativa ($p=0,004$; $d=1,23$), contudo para a perna controle ($p=0,164$; $d=0,38$) e para a pedalada bipodal ($p=0,070$; $d=0,41$) não houve diferença estatística.

Figura 25 - Gráficos da intensidade (W) do limiar anaeróbio (AT), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL na intensidade do AT, para a perna ativa, observou-se que o tamanho do efeito foi para o grupo NTLD foi 0,16, para o grupo TLD foi 0,94, para o grupo NTLL foi 0,67 e para o grupo TLL foi 1,23 (Tabela 2). Esses resultados mostram que houve um maior efeito para o grupo TLL. Na mesma comparação com a perna controle, o maior efeito foi observado no grupo TLL, embora considerado baixo.

Em relação à intensidade do limiar de compensação respiratória, a média para o grupo NTLD, para a pedalada com a perna ativa pré-intervenção foi de $61,67 \pm 25,63$ W e pós-intervenção foi de $61,67 \pm 33,12$ W. Para a perna controle foi $60,00 \pm 31,62$ W pré-intervenção e $60,00 \pm 32,25$ W pós-intervenção e para a pedalada bipodal foi de $183,33 \pm 26,58$ W pré-intervenção e $183,33 \pm 23,38$ W pós-intervenção (Figura 26). Esses valores mostram que não houve alteração na intensidade do RCT para nenhuma das formas de pedalada. Os resultados mostram que não houve diferença estatística para a pedalada com a perna ativa ($p=0,500$; $d=0$), perna controle ($p=0,500$; $d=0$) e duas pernas ($p=0,500$; $d=0$).

Para o grupo TLD, a média da intensidade no RCT para a perna ativa foi de $93,33 \pm 40,33$ W na condição pré e $118,33 \pm 19,41$ W na condição pós. Para a perna controle foi de $90,00 \pm 36,33$ W na condição pré e $98,33 \pm 33,12$ W na condição pós e para a pedalada com as

duas pernas foi de $200,00 \pm 47,33$ W pré e $203,33 \pm 51,25$ W na condição pós-intervenção. Esses valores representam uma melhora na intensidade do RCT em 27% para a perna ativa, 9% para a perna controle e um aumento em 2% para a pedalada com as duas pernas (Figura 26). Os resultados mostram que houve diferença estatística para a pedalada com a perna ativa ($p=0,049$; $d=0,83$) e para a perna controle ($p=0,021$; $d=0,24$), contudo não houve diferença significativa para a pedalada com as duas pernas ($p=0,181$; $d=0$).

Para o grupo NTLL, a média da intensidade no RCT para a perna ativa foi de $83,33 \pm 40,33$ W pré-intervenção e $105,00 \pm 31,46$ W pós-intervenção, para a perna controle foi de $81,67 \pm 42,15$ W pré-intervenção e $95,00 \pm 32,71$ W pós-intervenção e para a pedalada bipodal foi de $216,67 \pm 38,82$ W pré-intervenção e $213,33 \pm 39,33$ W pós-intervenção (Figura 26). Os valores indicam uma melhora de 26% para a perna ativa, 16% para a perna controle e uma piora de 2% para a pedalada bipodal. Esses resultados possuem uma diferença estatisticamente significativa para a perna ativa ($p=0,001$; $d=0,60$), porém não houve diferença para a perna controle ($p=0,069$; $d=0,35$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,305$; $d=0$).

Figura 26 - Gráficos da intensidade (W) do limiar de compensação respiratória (RCT), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Para o grupo TLL, a média da intensidade no RCT para a perna ativa foi de 80,00

$\pm 38,47$ W pré-intervenção e $118,33 \pm 24,83$ W pós-intervenção, para a perna controle foi de $83,33 \pm 43,20$ W pré-intervenção e $100,00 \pm 40,99$ W pós-intervenção. Para a pedalada bipodal, pré-intervenção foi de $200,00 \pm 48,99$ W e pós-intervenção foi de $220,00 \pm 50,60$ W. Os valores indicam uma melhora de 48% na intensidade do RCT para a perna ativa, 20% para a perna controle e 10% para a pedalada bipodal (Figura 26). Os resultados foram estatisticamente diferentes, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a perna ativa ($p=0,001$; $d=1,21$), para a perna controle ($p=0,046$; $d=0,39$) e para a pedalada com as duas pernas ($p=0,005$; $d=0,40$).

Tabela 2 - Intensidade (W) do limiar anaeróbio, limiar de compensação respiratória e máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

INTENSIDADES (W)												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d
AT												
NTLD	36,67 $\pm 16,33$	40,00 $\pm 24,49$	0,305	0,16	40,00 $\pm 21,91$	38,33 $\pm 24,83$	0,416	0,07	116,67 $\pm 19,66$	123,33 $\pm 26,58$	0,233	0,29
TLD	61,67 $\pm 27,14$	83,33 $\pm 18,62$	0,001	0,95	56,67 $\pm 22,51$	65,00 $\pm 24,29$	0,021	0,36	143,33 $\pm 32,04$	150,00 $\pm 37,42$	0,087	0,19
NTLL	58,33 $\pm 30,61$	76,67 $\pm 23,38$	0,001	0,68	60,00 $\pm 30,98$	66,67 $\pm 25,03$	0,197	0,24	146,67 $\pm 46,76$	153,33 $\pm 41,31$	0,233	0,15
TLL	46,67 $\pm 24,22$	76,67 $\pm 24,22$	0,005	1,24	48,33 $\pm 28,58$	60,00 $\pm 32,25$	0,164	0,38	133,33 $\pm 37,24$	150,00 $\pm 43,36$	0,071	0,41
RCT												
NTLD	61,67 $\pm 25,63$	61,67 $\pm 33,12$	0,500	0	60,00 $\pm 31,62$	60,00 $\pm 32,25$	0,500	0	183,33 $\pm 26,58$	183,33 $\pm 23,38$	0,500	0
TLD	93,33 $\pm 40,33$	118,33 $\pm 19,41$	0,049	0,84	90,00 $\pm 36,33$	98,33 $\pm 33,12$	0,021	0,24	200,00 $\pm 47,33$	203,33 $\pm 51,25$	0,182	0,07
NTLL	83,33 $\pm 40,33$	105,00 $\pm 31,46$	0,001	0,6	81,67 $\pm 42,15$	95,00 $\pm 32,71$	0,07	0,36	216,67 $\pm 38,82$	213,33 $\pm 39,33$	0,305	0,09
TLL	80,00 $\pm 38,47$	118,33 $\pm 24,83$	0,001	1,21	83,33 $\pm 43,20$	100,00 $\pm 40,99$	0,046	0,4	200,00 $\pm 48,99$	220,00 $\pm 50,60$	0,006	0,4
Max												
NTLD	66,67 $\pm 29,44$	66,67 $\pm 34,45$	0,500	0	63,33 $\pm 34,30$	66,67 $\pm 34,45$	0,396	0,04	210,00 $\pm 20,98$	210,00 $\pm 24,49$	0,500	0
TLD	100,00 $\pm 41,95$	128,33 $\pm 19,41$	0,032	0,92	101,67 $\pm 38,69$	110,00 $\pm 32,68$	0,093	0,23	223,33 $\pm 49,67$	230,00 $\pm 50,20$	0,087	0,13
NTLL	93,33 $\pm 40,33$	116,67 $\pm 34,45$	<0,001	0,62	91,67 $\pm 42,15$	105,00 $\pm 32,71$	0,070	0,35	240,00 $\pm 40,00$	236,67 $\pm 40,82$	0,305	0,08
TLL	86,67 $\pm 39,33$	131,67 $\pm 24,83$	0,001	1,4	91,67 $\pm 46,22$	108,33 $\pm 44,01$	0,046	0,37	223 $\pm 48,03$	243,33 $\pm 48,03$	0,487	0,42

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL na intensidade do limiar de

compensação respiratória, para a perna ativa, observou-se que o tamanho do efeito foi para o grupo NTLD foi 0, para o grupo TLD foi 0,83; para o grupo NTLL foi 0,60 e para o grupo TLL foi 1,21. Esses resultados mostram que houve um maior tamanho do efeito para o grupo TLL. No mesmo comparativo com a perna controle, o grupo TLL obteve o maior tamanho do efeito, porém ainda considerado baixo (Tabela 02).

4.2.2 Ventilação

Para o grupo NTLD, os valores da ventilação na intensidade máxima do exercício, para a pedalada unipodal com a perna ativa foram $58,68 \pm 17,61$ l/min pré-intervenção e $59,13 \pm 22,37$ l/min pós-intervenção ($p=0,452$; $d=0,02$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $66,85 \pm 22,80$ l/min pré-intervenção e $58,98 \pm 20,92$ l/min pós-intervenção ($p=0,115$; $d=0,36$) e para a pedalada bipodal foram $106,05 \pm 13,11$ l/min pré-intervenção e $101,95 \pm 14,94$ l/min pós-intervenção ($p=0,235$; $d=0,29$). Não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, da condição pré para a condição pós-intervenção.

Para o grupo TLD, os valores da ventilação máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, foram $64,97 \pm 17,28$ l/min pré-intervenção e $71,48 \pm 9,73$ l/min pós-intervenção ($p=0,083$; $d=0,48$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $67,00 \pm 19,01$ l/min pré-intervenção e $61,28 \pm 14,37$ l/min pós-intervenção ($p=0,194$; $d=0,34$) e para a pedalada bipodal foram $90,98 \pm 14,95$ l/min pré-intervenção e $89,43 \pm 20,50$ l/min pós-intervenção ($p=0,368$; $d=0,09$) (Figura 27). Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção, na ventilação máxima de nenhum dos modos de pedalada para o grupo TLD.

Para o grupo NTLL, os valores da ventilação máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, foram $60,88 \pm 19,86$ l/min pré-intervenção e $71,97 \pm 17,06$ l/min pós-intervenção ($p=0,006$; $d=0,60$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $61,50 \pm 16,69$ l/min pré-intervenção e $64,55 \pm 10,85$ l/min pós-intervenção ($p=0,218$; $d=0,22$) e para a pedalada bipodal foram $98,40 \pm 13,04$ l/min pré-intervenção e $98,12 \pm 9,83$ l/min pós-intervenção ($p=0,466$; $d=0,02$) (Figura 27). Para a pedalada unipodal com a perna ativa a ventilação máxima aumentou, da condição pré para a condição pós-intervenção. Não houve diferença estatística para os demais modos de pedalada.

Figura 27: Gráficos da ventilação (l/min) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Para o grupo TLL, os valores da ventilação máxima, para a pedalada unipodal com a perna ativa, foram $61,18 \pm 21,47$ l/min pré-intervenção e $80,33 \pm 20,32$ l/min pós-intervenção ($p=0,032$; $d=0,92$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $65,88 \pm 19,90$ l/min pré-intervenção e $69,68 \pm 20,27$ l/min pós-intervenção ($p=0,252$; $d=0,19$) e para a pedalada bipodal foram $101,05 \pm 20,71$ l/min pré-intervenção e $99,43 \pm 20,12$ l/min pós-intervenção ($p=0,323$; $d=0,08$) (Figura 27). Para a pedalada unipodal com a perna ativa, a ventilação máxima aumentou da condição pré para a condição pós-intervenção.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL na ventilação máxima, constatou-se que houve um aumento na ventilação máxima da perna ativa do grupo NTLL e TLL, com tamanho do efeito de 0,60 e 0,92 respectivamente, mostrando que o grupo TLL proporcionou maior tamanho do efeito no quesito ventilação máxima (Tabela 3).

A média da ventilação na intensidade do limiar aneróbio (AT) para a pedalada unipodal com a perna ativa do grupo NTLD foi $25,82 \pm 5,61$ l/min pré-intervenção e $23,78 \pm 5,34$ l/min pós-intervenção ($p=0,298$; $d=0,37$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi $25,55 \pm 8,32$ l/min pré-intervenção e $25,71 \pm 6,16$ l/min pós-intervenção ($p=0,488$; $d=0,02$). Para a pedalada bipodal foi $33,42 \pm 6,20$ l/min pré-intervenção e $31,52 \pm 6,83$ l/min pós-intervenção ($p=0,217$; $d=0,29$) (Figura 28). Não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, da condição pré para a condição pós-intervenção, para o grupo NTLD.

Para o grupo TLD, a média da ventilação no AT para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $28,84 \pm 7,51$ l/min pré-intervenção e $27,15 \pm 6,12$ l/min pós-intervenção ($p=0,175$; $d=0,25$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi $28,76 \pm 7,78$ l/min pré-intervenção e $26,68 \pm 6,41$ l/min pós-intervenção ($p=0,143$; $d=0,29$) e para a pedalada bipodal foi $37,90 \pm 5,68$ l/min pré-intervenção e $38,45 \pm 9,91$ l/min pós-intervenção ($p=0,125$; $d=0,07$) (Figura 28). Não houve diferença estatística na ventilação no AT para nenhum dos modos de pedalada, da condição pré para a condição pós-intervenção.

Para o grupo NTLL, a média da ventilação no AT para a pedalada unipodal com a perna ativa foi de $28,67 \pm 6,78$ l/min pré-intervenção e $31,13 \pm 6,39$ l/min pós-intervenção ($p=0,175$; $d=0,37$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi $30,24 \pm 5,08$ l/min pré-intervenção e $29,99 \pm 3,31$ l/min pós-intervenção ($p=0,409$; $d=0,06$) e para a pedalada bipodal foi $35,53 \pm 10,73$ l/min pré-intervenção e $39,59 \pm 10,30$ l/min pós-intervenção ($p=0,150$; $d=0,39$) (Figura 28). Não Houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a nenhum dos modos de pedalada.

Figura 28: Gráfico da ventilação (l/min) no AT, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL.

Fonte: Arquivo próprio.

Para o grupo TLL, a média da ventilação no AT para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $26,07 \pm 4,12$ l/min pré-intervenção e $28,18 \pm 6,29$ l/min pós-intervenção ($p=0,204$; $d=0,41$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi $23,80 \pm 5,20$ l/min pré-intervenção e $26,12 \pm 9,18$ l/min pós-intervenção ($p=0,233$; $d=0,32$) e para a pedalada bipodal foi $35,69 \pm 10,44$ l/min pré-intervenção e $37,37 \pm 11,78$ l/min pós-intervenção ($p=0,278$;

$d=0,15$) (Figura 28). Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção, para nenhum dos modos de pedalada.

A ventilação no limiar aeróbico não foi alterada, da condição pré para a condição pós-intervenção, para nenhum dos grupos (Tabela 3).

Tabela 3 - Ventilação (l/min) na intensidade do limiar anaeróbico e máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

VENTILAÇÃO (l/min)												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d
AT												
NTLD	25,82 ±5,61	23,78 ±5,34	0,298	0,37	25,55 ±8,32	25,71 ±6,16	0,488	0,02	33,42 ±6,20	31,52 ±6,83	0,217	0,29
TLD	28,84 ±7,51	27,15 ±6,12	0,175	0,25	28,76 ±7,78	26,68 ±6,41	0,143	0,29	37,90 ±5,68	38,45 ±9,91	0,125	0,07
NTLL	28,67 ±6,78	31,13 ±6,39	0,175	0,37	30,24 ±5,08	29,99 ±3,31	0,409	0,06	35,53 ±10,73	39,59 ±10,30	0,150	0,39
TLL	26,07 ±4,12	28,18 ±6,29	0,204	0,41	23,80 ±5,20	26,12 ±9,18	0,233	0,32	35,69 ±10,44	37,37 ±11,78	0,278	0,15
Máx												
NTLD	58,68 ±17,61	59,13 ±22,37	0,452	0,02	66,85 ±22,80	58,98 ±20,92	0,115	0,36	106,05 ±13,11	101,95 ±14,94	0,235	0,29
TLD	64,97 ±17,28	71,48 ±9,73	0,083	0,48	67,00 ±19,01	61,28 ±14,37	0,194	0,34	90,98 ±14,95	89,43 ±20,50	0,368	0,09
NTLL	60,88 ±19,86	71,97 ±17,06	0,006	0,60	61,50 ±16,69	64,55 ±10,85	0,218	0,22	98,40 ±13,04	98,12 ±9,83	0,466	0,02
TLL	61,18 ±21,47	80,33 ±20,32	0,032	0,92	65,88 ±19,90	69,68 ±20,27	0,252	0,19	101,05 ±20,71	99,43 ±20,12	0,323	0,08

Fonte: Arquivo próprio.

4.2.3 Consumo de Oxigênio

Para o grupo NTLD, os valores do consumo de oxigênio na intensidade máxima para a perna ativa foram de $1,99 \pm 0,57$ l/min na condição pré e $1,98 \pm 0,52$ l/min na condição pós-intervenção. Para a perna controle foram de $2,00 \pm 0,58$ l/min na condição pré e $1,93 \pm 0,61$ l/min na condição pós e para a pedalada com as duas pernas foram de $3,26 \pm 0,48$ l/min pré-intervenção e $3,27 \pm 0,55$ l/min pós-intervenção (Figura 29). Os valores obtidos representam uma diminuição no consumo máximo de oxigênio para a pedalada com a perna ativa em 1% e uma diminuição no $\text{VO}_{2\text{max}}$ da perna controle em 3%. Não houve alteração percentual na pedalada com as duas pernas. Os resultados não apresentaram diferença estatística, na

condição pré para a condição pós, para a pedalada com a perna ativa ($p=0,247$; $d=0$), controle ($p=0,200$; $d=0$) e duas pernas ($p=0,493$; $d=0$).

Para o grupo TLD, a média do VO_{2max} para a perna ativa foi de $2,43 \pm 0,76$ l/min pré e $2,64 \pm 0,48$ l/min pós. Para a perna controle foi de $2,46 \pm 0,78$ l/min pré e $2,39 \pm 0,52$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi $3,31 \pm 0,78$ l/min pré e $3,41 \pm 0,72$ l/min pós (Figura 29). Esses valores representam uma melhora no VO_{2max} da perna ativa em 9%, uma piora da perna controle em 3% e uma melhora do VO_{2max} da pedalada com as duas pernas em 3%. Os resultados não mostraram diferença estatística no VO_{2max} , da condição pré para a pós, para a perna ativa ($p=0,056$; $d=0,4$), perna controle ($p=0,862$; $d=0$) e pedalada com as duas pernas ($p=0,822$; $d=0,1$).

Para o grupo NTLL, a média do VO_{2max} para a perna ativa foi de $2,18 \pm 0,64$ l/min pré e $2,64 \pm 0,62$ l/min na condição pós-intervenção. Para a perna controle, a média do VO_{2max} foi de $2,16 \pm 0,55$ l/min na condição pré-intervenção e $2,26 \pm 0,42$ l/min na condição pós-intervenção e para a pedalada bipodal a média do VO_{2max} foi de $3,57 \pm 0,32$ l/min pré-intervenção e $3,51 \pm 0,44$ l/min pós-intervenção (Figura 29).

Figura 29: Gráficos do consumo máximo de oxigênio (l/min), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio

Esses valores representam uma melhora de 21% no VO_{2max} da perna ativa, 5% no

VO_{2max} da perna controle e uma diminuição de 2% no VO_{2max} da pedalada com as duas pernas. Os resultados demonstram que a perna ativa melhorou significativamente da condição pré para a condição pós-intervenção ($p<0,001$; $d=0,74$). A perna controle não apresentou melhora estatisticamente significativa ($p=0,154$; $d=0,21$) e nem a pedalada com as duas pernas ($p=0,174$; $d=0$).

Para o grupo TLL, os valores do VO_{2max} para a perna ativa foram de $2,18 \pm 0,69$ l/min na condição pré-intervenção e $2,75 \pm 0,55$ l/min na condição pós-intervenção. Para a perna controle os valores foram $2,22 \pm 0,87$ l/min pré e $2,31 \pm 0,99$ l/min pós e para a pedalada com as duas pernas os valores pré foram $3,47 \pm 0,87$ l/min e pós foram $3,49 \pm 0,82$ l/min (Figura 29). Esses valores representam um aumento de 26% para a perna ativa, 4% para a perna controle e 1% para a pedalada bipodal. Os resultados demonstram que houve diferença significativa para a perna ativa ($p=0,006$; $d=0,91$), contudo não houve diferença significativa para a perna controle ($p=0,340$; $d=0,1$) e para a pedalada bipodal ($p=0,433$; $d=0$).

Para o consumo máximo de oxigênio da perna ativa, ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL observa-se que o grupo TLL obteve um tamanho do efeito de 0,91 contra 0,74 do grupo NTLL, 0,4 do grupo TLD e 0 do grupo NTLD. O grupo TLL foi o que apresentou maior tamanho do efeito entre os grupos (Tabela 4).

Em relação ao consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio, os valores do grupo NTLD para a perna ativa foram de $1,11 \pm 0,24$ l/min pré e $1,08 \pm 0,25$ l/min pós. Para pedalada unipodal com a perna controle foram de $1,14 \pm 0,41$ l/min pré e $1,10 \pm 0,29$ l/min pós e para a pedalada bipodal foram de $1,63 \pm 0,36$ l/min pré e $1,17 \pm 0,47$ l/min pós (Figura 30). Esses valores representam uma diminuição em 3% nos valores da perna ativa, 4% nos valores da perna controle e um aumento de 5% nos valores da pedalada bipodal. Os resultados demonstram que não houve diferença significativa para a perna ativa ($p=0,383$; $d=0,11$), perna controle ($p=0,287$; $d=0,12$) e duas pernas ($p=0,439$; $d=0,21$).

O VO_{2AT} do grupo TLD, para a perna ativa foi de $1,38 \pm 0,40$ l/min pré e $1,34 \pm 0,31$ l/min pós, para a perna controle foi de $1,37 \pm 0,41$ l/min pré e $1,33 \pm 0,35$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi de $1,96 \pm 0,46$ l/min pré e $2,06 \pm 0,54$ l/min pós (Figura 30). Esses valores representam um aumento de 2% para a perna ativa e 5% para a pedalada bipodal e uma diminuição de 3% para a pedalada unipodal com a perna controle. Os resultados demonstram que não houve diferença significativa para o VO_{2AT} para a perna ativa ($p=0,303$; $d=0,09$), perna controle ($p=0,290$; $d=0,11$) e pedalada bipodal ($p=0,483$; $d=0,19$) da condição pré para a condição pós.

O $\text{VO}_{2\text{AT}}$ do grupo NTLL, para a perna ativa foi $1,28 \pm 0,37$ l/min pré e $1,42 \pm 0,28$ l/min pós, para a perna controle foi $1,35 \pm 0,28$ l/min pré e $1,34 \pm 0,25$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi $1,97 \pm 0,72$ l/min pré e $2,06 \pm 0,54$ l/min pós (Figura 30). Esses valores representam um aumento de 11% no $\text{VO}_{2\text{AT}}$ para a perna ativa e 5% no $\text{VO}_{2\text{AT}}$ para a pedalada bipodal e uma diminuição de 1% na pedalada unipodal com a perna controle. Esses resultados demonstram que não houve diferença no $\text{VO}_{2\text{AT}}$ para a perna ativa ($p=0,087$; $d=0,44$), perna controle ($p=0,455$; $d=0,03$) e duas pernas ($p=0,262$; $d=0,14$) da condição pré para a condição pós-intervenção.

Figura 30: Gráficos do consumo de oxigênio (l/min) na intensidade do limiar anaeróbio, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

O $\text{VO}_{2\text{AT}}$ do grupo TLL, para a perna ativa foi de $1,21 \pm 0,27$ l/min pré e $1,42 \pm 0,43$ l/min pós, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $1,18 \pm 0,32$ l/min pré e $1,27 \pm 0,51$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi $1,80 \pm 0,54$ l/min pré e $1,97 \pm 0,60$ l/min pós. Esses valores representam um aumento no $\text{VO}_{2\text{AT}}$ de 18% para a perna ativa, 8% para a perna controle e 9% para a pedalada com as duas pernas (Figura 30). Os resultados demonstram que houve uma diferença estatística entre a condição pré e pós para a perna ativa ($p=0,047$; $d=0,63$) e para a pedalada com as duas pernas ($p=0,043$; $d=0,24$), contudo não houve

diferença, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a perna controle ($p=0,295$; $d=0,30$).

Para o consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio da perna ativa, ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL houve uma melhora no VO_{2AT} do grupo TLL, embora com tamanho do efeito de 0,67, considerado médio. Para a pedalada unipodal com a perna controle e pedalada bipodal não houve melhora estatística para nenhum dos grupos (Tabela 4).

Em relação ao consumo de oxigênio no limiar de compensação respiratória, os valores do grupo NTLD para a perna ativa foram $1,71 \pm 0,47$ l/min na condição pré-intervenção e $1,59 \pm 0,36$ l/min na condição pós. Para a perna controle os valores foram $1,66 \pm 0,46$ l/min pré e $1,60 \pm 0,46$ l/min pós e para a pedalada bipodal os valores foram $2,64 \pm 0,56$ l/min pré e $2,51 \pm 0,47$ l/min pós. Esses valores representam uma diminuição de 7%, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna ativa, uma diminuição de 3% para a pedalada unipodal com a perna controle e uma diminuição de 5% para a pedalada bipodal. Os resultados demonstram que não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós, para as pedaladas unipodais com a perna ativa ($p=0,052$; $d=0,27$) e perna controle ($p=0,067$; $d=0,12$) e também não houve diferença estatística para a pedalada bipodal ($p=0,127$; $d=0,25$) (Figura 31).

O VO_{RCT} do grupo TLD, para a perna ativa foi de $1,99 \pm 0,72$ l/min pré-intervenção e $2,04 \pm 0,51$ l/min pós, para a perna controle foi de $2,00 \pm 0,72$ l/min pré e $1,97 \pm 0,60$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi de $2,71 \pm 0,69$ l/min pré e $2,95 \pm 0,78$ l/min pós. Esses valores representam um aumento de 2% no VO_{RCT} da perna ativa da condição pré para a condição pós, uma diminuição de 2% no VO_{RCT} da perna controle e um aumento de 9% para a pedalada bipodal (Figura 31). Os resultados mostram que não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção para a pedalada unipodal com a perna ativa ($p=0,374$; $d=0,08$), perna controle ($p=0,353$; $d=0,05$) e pedalada bipodal ($p=0,388$; $d=0,33$).

O VO_{RCT} do grupo NTLL, para a perna ativa foi de $1,93 \pm 0,56$ l/min pré e $2,04 \pm 0,43$ l/min pós, para a perna controle foi de $1,90 \pm 0,51$ l/min pré e $1,89 \pm 0,45$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi de $2,82 \pm 0,43$ l/min pré e $2,82 \pm 0,37$ l/min pós. Os valores representam um aumento de 5% para a pedalada unipodal com a perna ativa e a manutenção dos valores para a pedalada unipodal com a perna controle e pedalada bipodal. Os resultados demonstram que não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós, para as pedaladas unipodais com a perna ativa ($p=0,075$; $d=0,21$) e perna controle ($p=0,468$; $d=0,01$) e também para a pedalada bipodal ($p=0,500$; $d=0$) (Figura 31).

O VO_{2RCT} do grupo TLL, para a perna ativa foi de $1,75 \pm 0,51$ l/min pré e $1,99 \pm 0,38$ l/min pós, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $1,70 \pm 0,63$ l/min pré e $1,87 \pm 0,69$ l/min pós e para a pedalada bipodal foi $2,77 \pm 0,87$ l/min pré e $2,93 \pm 0,79$ l/min pós. Esses valores representam um aumento no VO_{2RCT} de 14% para a perna ativa, 10% para a perna controle e 6% para a pedalada com as duas pernas. Os resultados demonstram que houve uma diferença estatística entre a condição pré e pós para a perna ativa ($p=0,038$; $d=0,54$), contudo não houve diferença significativa para a pedalada unipodal com a perna controle ($p=0,173$; $d=0,26$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,082$; $d=0,19$) (Figura 31).

Figura 31: Gráficos do consumo de oxigênio (l/min) na intensidade do limiar de compensação respiratória, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Para o consumo de oxigênio na intensidade do limiar de compensação respiratória da perna ativa, ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL houve uma melhora no VO_{2RCT} do grupo TLL, embora com tamanho do efeito de 0,54, considerado médio. Para a pedalada unipodal com a perna controle e pedalada bipodal não houve melhora estatística para nenhum dos grupos (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumo de oxigênio (l/min) nas diferentes intensidades, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL.
P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

CONSUMO DE OXIGÊNIO (l/min)												
Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas				
	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d
AT												
NTLD	1,11 ±0,24	1,08 ±0,25	0,383	0,11	1,14 ±0,41	1,10 ±0,29	0,287	0,12	1,63 ±0,36	1,17 ±0,47	0,439	0,21
TLD	1,38 ±0,40	1,34 ±0,31	0,303	0,09	1,37 ±0,41	1,33 ±0,35	0,29	0,11	1,96 ±0,46	2,06 ±0,54	0,483	0,19
NTLL	1,28 ±0,37	1,42 ±0,28	0,087	0,44	1,35 ±0,28	1,34 ±0,25	0,455	0,03	1,97 ±0,72	2,06 ±0,54	0,262	0,14
TLL	1,21 ±0,27	1,42 ±0,43	0,047	0,63	1,18 ±0,32	1,27 ±0,51	0,043	0,24	1,80 ±0,54	1,97 ±0,60	0,295	0,3
RCT												
NTLD	1,71 ±0,47	1,59 ±0,36	0,052	0,27	1,66 ±0,46	1,60 ±0,46	0,067	0,12	2,64 ±0,56	2,51 ±0,47	0,127	0,25
TLD	1,99 ±0,72	2,04 ±0,51	0,374	0,08	2,00 ±0,72	1,97 ±0,60	0,353	0,05	2,71 ±0,69	2,95 ±0,78	0,388	0,33
NTLL	1,93 ±0,56	2,04 ±0,43	0,075	0,21	1,90 ±0,51	1,89 ±0,45	0,468	0,01	2,82 ±0,43	2,82 ±0,37	0,500	0
TLL	1,75 ±0,51	1,99 ±0,38	0,038	0,54	1,70 ±0,63	1,87 ±0,69	0,173	0,26	2,77 ±0,87	2,93 ±0,79	0,082	0,19
Máx												
NTLD	1,99 ±0,57	1,98 ±0,52	0,247	0	2,00 ±0,58	1,93 ±0,61	0,200	0	3,26 ±0,48	3,27 ±0,55	0,493	0
TLD	2,43 ±0,76	2,64 ±0,48	0,056	0,4	2,46 ±0,78	2,39 ±0,52	0,862	0	3,31 ±0,78	3,41 ±0,72	0,822	0,1
NTLL	2,18 ±0,64	2,64 ±0,62	<0,001	0,74	2,16 ±0,55	2,26 ±0,42	0,154	0,21	3,57 ±0,32	3,51 ±0,44	0,174	0
TLL	2,18 ±0,69	2,75 ±0,55	0,006	0,91	2,22 ±0,87	2,31 ±0,99	0,34	0,1	3,47 ±0,87	3,49 ±0,82	0,433	0

Fonte: Arquivo próprio

4.2.4 Equivalentes de Oxigênio no AT

Com relação ao equivalente de oxigênio na intensidade do limiar aeróbico, a média dos valores para os indivíduos do grupo NTLD, pedalando com as duas pernas pré-intervenção foi $20,72 \pm 1,80$ e pós foi $19,37 \pm 2,03$, para a pedalada unipodal com a perna ativa pré-intervenção foi $23,28 \pm 2,01$ e pós-intervenção foi $22,50 \pm 1,94$ e para a pedalada unipodal com a perna controle pré foi $22,62 \pm 2,16$ e pós foi $23,85 \pm 1,27$. Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna ativa (0,284), perna controle (0,225) e pedalada bipodal (0,053) (Tabela 5).

Para o grupo TLD, os valores do EqVO₂ foram, para pedalada unipodal com a perna ativa, 21,18 $\pm$ 2,23 pré-intervenção e 20,28 $\pm$ 1,82 pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna controle foram 21,20 $\pm$ 1,70 pré e 20,35 $\pm$ 2,29 pós e para a pedalada bipodal foram 19,67 $\pm$ 2,51 pré e 17,97 $\pm$ 2,48 pós. Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós, para a pedalada unipodal com a perna ativa (0,119), perna controle (0,085) e pedalada bipodal (0,060) (Tabela 5).

Para o grupo NTLL, os valores do EqVO₂ foram, para pedalada unipodal com a perna ativa, 22,77 $\pm$ 1,72 pré-intervenção e 21,92 $\pm$ 1,35 pós, para a pedalada unipodal com a perna controle foram 22,68 $\pm$ 2,81 pré e 22,63 $\pm$ 2,04 pós e para a pedalada bipodal foram 18,73 $\pm$ 2,96 pré e 19,25 $\pm$ 1,17 pós. Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós, para a perna ativa (p=0,149), perna controle (p=0,476) e duas pernas (p=0,350) (Tabela 5).

Para o grupo TLL, os valores do EqVO₂ foram, para a pedalada unipodal com a perna ativa 22,03 $\pm$ 2,90 pré-intervenção e 20,68 $\pm$ 2,68 pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna controle foi 18,73 $\pm$ 2,96 pré e 21,92 $\pm$ 1,35 pós e para a pedalada bipodal foi 20,35 $\pm$ 2,29 pré-intervenção e 17,97 $\pm$ 2,48 pós-intervenção. Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna ativa (p=0,084), com a perna controle (p=0,409) e para a pedalada bipodal (p=0,220) (Tabela 5).

Tabela 5 - Equivalente de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio. P refere-se ao nível de significância e *d* ao tamanho do efeito de Cohen.

Equivalente Ventilatório de Oxigênio na Intensidade do Limiar Anaeróbio												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	Pré	Pós	P	<i>d</i>	Pré	Pós	P	<i>d</i>	Pré	Pós	P	<i>d</i>
NTLD	23,28 $\pm$ 2,01	22,50 $\pm$ 1,94	0,284	0,39	22,62 $\pm$ 2,16	23,85 $\pm$ 1,27	0,043	0,72	20,72 $\pm$ 1,80	19,37 $\pm$ 2,03	0,053	0,71
TLD	21,18 $\pm$ 2,23	20,28 $\pm$ 1,82	0,119	0,44	21,20 $\pm$ 1,70	20,35 $\pm$ 2,29	0,086	0,43	19,67 $\pm$ 2,51	17,97 $\pm$ 2,48	0,059	0,68
NTLL	22,77 $\pm$ 1,72	21,92 $\pm$ 1,35	0,149	0,55	22,68 $\pm$ 2,81	22,63 $\pm$ 2,04	0,477	0,02	18,73 $\pm$ 2,96	19,25 $\pm$ 1,17	0,35	0,25
TLL	22,03 $\pm$ 2,90	20,27 $\pm$ 2,30	0,084	0,68	20,68 $\pm$ 2,68	20,93 $\pm$ 1,56	0,409	0,12	20,02 $\pm$ 2,37	19,03 $\pm$ 1,51	0,22	0,51

Fonte: Arquivo próprio

4.2.5 Eficiência Aeróbia

A eficiência aeróbia do grupo NTLD, na intensidade máxima para a perna ativa pré-

intervenção foi $33,88 \pm 13,32$ ml/minW e pós-intervenção foi $35,11 \pm 14,08$ ml/minW. Para a perna controle a eficiência aeróbia pré foi $35,20 \pm 17,34$ ml/minW e pós-intervenção foi $30,35 \pm 9,59$ ml/minW e para a pedalada bipodal pré foi $15,48 \pm 1,28$ ml/minW e pós foi $15,61 \pm 1,21$ ml/minW. Esses valores demonstram uma diminuição da eficiência aeróbia para a perna ativa em 4%, um aumento na eficiência aeróbia para a perna controle em 14% e uma diminuição na eficiência mecânica em 1% para a pedalada com as duas pernas. Os resultados não foram estatisticamente significativos, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a perna ativa ($p=0,496$; $d=0,09$), controle ($p=0,184$; $d=0,36$) e duas pernas ($p=0,402$; $d=0,1$) (Figura 32).

Para o grupo TLD, a eficiência aeróbia na intensidade máxima para a perna ativa foi $27,67 \pm 12,10$ ml/minW na condição pré e $20,69 \pm 2,29$ ml/minW na condição pós. Para a pedalada unipodal com a perna controle, a eficiência aeróbia pré foi $25,85 \pm 7,15$ ml/minW e pós foi $23,13 \pm 6,67$ ml/minW e para a pedalada bipodal, a eficiência aeróbia pré foi $14,86 \pm 1,73$ ml/minW e pós foi $14,94 \pm 1,68$ ml/minW. Esses valores demonstram um aumento em 25% na eficiência aeróbia, pré em relação às pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna ativa, um aumento em 11% para a pedalada unipodal com a perna controle e uma diminuição em 1% para a pedalada bipodal. Os resultados não foram estatisticamente significativos, ao se comparar a condição pré e pós-intervenção, para perna ativa ($p=0,192$; $d=0,98$), perna controle ($p=0,512$; $d=0,39$) e duas pernas ($p=0,937$; $d=0,05$) (Figura 32).

Para o grupo NTLL, a eficiência aeróbia na intensidade máxima para a perna ativa foi $25,39 \pm 8,06$ ml/minW pré e $23,24 \pm 4,00$ ml/minW pós-intervenção, para a perna controle foi $25,77 \pm 6,77$ ml/minW pré e $22,22 \pm 2,94$ ml/minW pós-intervenção e para a pedalada bipodal foi $15,10 \pm 1,91$ ml/minW pré e $15,03 \pm 2,16$ ml/minW pós. Esses valores demonstram um aumento em 8% na eficiência aeróbia para a perna ativa, 14% para a perna controle e uma manutenção da eficiência para a pedalada bipodal. Os resultados não foram estatisticamente significativo para a pedalada unipodal com a perna ativa ($p=0,571$; $d=0,36$), perna controle ($p=0,265$; $d=0,73$) e pedalada bipodal ($p=0,955$; $d=0,03$) (Figura 32).

Para o grupo TLL, a eficiência aeróbia na intensidade máxima para a perna ativa foi $27,75 \pm 8,30$ ml/minW pré e $20,95 \pm 2,34$ ml/minW pós-intervenção, para a perna controle foi $27,88 \pm 10,36$ ml/minW pré e $21,94 \pm 4,62$ ml/minW pós-intervenção e para a pedalada bipodal foi $15,45 \pm 1,16$ ml/minW pré e $14,28 \pm 1,22$ ml/minW pós. Esses valores demonstram um aumento na eficiência aeróbia, para a perna ativa em 24%, para a perna controle em 21% e para a pedalada bipodal em 8%. Ao se comparar a eficiência aeróbia na intensidade máxima pré-intervenção pós-intervenção, os resultados demonstraram que houve diferença

significativa na pedalada unipodal com a perna ativa ($p=0,036$; $d=1,28$) e perna controle ($p=0,044$; $d=0,79$) e também na pedalada bipodal ($p=0,038$; $d=0,98$) (Figura 32).

Figura 32: Gráficos da eficiência aeróbia (ml/minW) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar a eficiência aeróbia na intensidade máxima da pedalada unipodal com a perna ativa dos grupos NTLD, TLD, NTLL, TLL foi observado que o grupo TLL foi o que apresentou maior melhora na eficiência mecânica ($d=1,28$) seguido do grupo TLD ($d=0,98$) ambos com tamanho do efeito considerado grande, embora o grupo TLD não tenha obtido diferença estatística ($p=0,192$). Já para a perna controle, destacam-se os grupos TLL e NTLL, que da condição pré para a condição pós, obtiveram um tamanho do efeito de 0,79 e 0,73 respectivamente. A pedalada bipodal do grupo TLL também melhorou a eficiência aeróbia na intensidade máxima (Tabela 6).

A eficiência aeróbia do grupo NTLD, na intensidade do limiar anaeróbio, para a perna ativa pré-intervenção foi $19,57 \pm 8,94$ ml/minW e pós-intervenção foi $20,64 \pm 11,66$ ml/minW, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $19,20 \pm 6,71$ ml/minW pré e $18,49 \pm 8,49$ ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $7,79 \pm 1,73$ ml/minW pré e $8,18 \pm 1,87$ ml/minW pós. Esses valores indicam uma diminuição em 5% para a pedalada unipodal com a perna ativa, da condição pré para a pós, indicam um aumento de 4% para a pedalada unipodal com a perna controle e uma diminuição em 5% para a pedalada bipodal. Os resultados não foram

diferentes estatisticamente, da condição pré para a pós, para a perna ativa ($p=0,435$; $d=0,10$), perna controle ($p=0,456$; $d=0,09$) e para a pedalada bipodal ($p=0,478$; $d=0,22$) (Figura 33).

Para o grupo TLD, a eficiência aeróbia na intensidade do limiar anaeróbio para a perna ativa foi $15,99 \pm 7,79$ ml/minW pré-intervenção e $10,40 \pm 1,32$ ml/minW pós-intervenção. Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $14,59 \pm 4,48$ ml/minW pré e $12,45 \pm 2,28$ ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $8,83 \pm 0,93$ ml/minW pré e $8,91 \pm 0,95$ ml/minW pós. Esses valores demonstram um aumento na eficiência aeróbia, para a pedalada unipodal com a perna ativa em 35%, para a pedalada unipodal com a perna controle em 15% e para a pedalada bipodal uma diminuição da eficiência aeróbia em 1%. Os resultados não apresentaram diferença estatística, da condição pré para a pós, para a perna ativa ($p=0,074$; $d=1,23$), para a perna controle ($p=0,070$; $d=0,63$) e para a pedalada bipodal ($p=0,115$; $d=0,08$) (Figura 33).

Para o grupo NTLL, a eficiência aeróbia no AT para a perna ativa foi $14,84 \pm 4,19$ ml/minW para a condição pré e $12,84 \pm 3,21$ ml/minW pós, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $16,57 \pm 5,72$ ml/minW pré e $13,15 \pm 1,63$ ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $8,03 \pm 2,31$ ml/minW pré e $8,64 \pm 1,35$ ml/minW pós. Esses valores indicam um aumento da eficiência aeróbia no AT em 14% para a pedalada unipodal com a perna ativa, 21% para a pedalada unipodal com a perna controle e uma diminuição em 8% para a pedalada bipodal. Os resultados foram estatisticamente diferentes, da condição pré para a condição pós, para a pedalada unipodal com a perna ativa ($p=0,007$; $d=0,49$), porém não foram diferentes estatisticamente para a pedalada unipodal com a perna controle ($p=0,087$; $d=0,93$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,132$; $d=0,33$) (Figura 33).

Para o grupo TLL, a eficiência aeróbia no AT para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $16,05 \pm 5,84$ ml/minW pré e $10,75 \pm 2,08$ ml/minW pós, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $16,13 \pm 8,97$ ml/minW pré e $12,34 \pm 3,21$ ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $7,96 \pm 1,01$ ml/minW para a condição pré e $7,96 \pm 0,91$ ml/minW para a condição pós. Esses valores indicam um aumento em 33% na eficiência aeróbia para a pedalada unipodal com a perna ativa, 23% para a pedalada unipodal com a perna controle e a manutenção da eficiência aeróbia para a pedalada bipodal. Os resultados foram estatisticamente diferentes, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a perna ativa ($p=0,047$; $d=1,34$), porém não foram diferentes para a pedalada unipodal com a perna controle ($p=0,109$; $d=0,62$) e para a pedalada bipodal ($p=0,498$; $d=0$) (Figura 33).

Figura 33: Gráficos da eficiência aeróbia (ml/minW) na intensidade do limiar anaeróbio, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

No comparativo intergrupo (NTLD, TLD, NTLL e TLL) da eficiência aeróbia no AT, a pedalada unipodal com a perna ativa do grupo TLL foi a com maior efeito ($d=1,34$) da condição pré para a condição pós-intervenção, seguido do grupo NTLL ($d=1,23$). A pedalada unipodal com a perna controle destacou-se somente no grupo NTLL ($d=0,93$), no qual foi observada boa melhora da condição pré para a condição pós-intervenção (Tabela 6).

A eficiência aeróbia do grupo NTLD, na intensidade do limiar de compensação respiratória, para a perna ativa pré-intervenção foi $29,23 \pm 11,61$ ml/minW e pós-intervenção foi $29,21 \pm 14,16$ ml/minW, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $29,26 \pm 14,65$ ml/minW pré e $25,95 \pm 9,11$ ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $12,46 \pm 1,69$ ml/minW pré e $11,99 \pm 1,22$ ml/minW pós. Esses valores indicam uma manutenção da eficiência aeróbia para a pedalada unipodal com a perna ativa, da condição pré para a pós, indicam um aumento em 11% para a pedalada unipodal com a perna controle e um aumento em 4% para a pedalada bipodal. Os resultados não foram diferentes estatisticamente, da condição pré para a pós, para a perna ativa ($p=0,451$; $d=0$), perna controle ($p=0,196$; $d=0,28$) e para a pedalada bipodal ($p=0,098$; $d=0,32$) (Figura 34).

Para o grupo TLD, a eficiência aeróbia na intensidade do RCT para a perna ativa foi $22,63 \pm 10,37$ ml/minW pré-intervenção e $15,79 \pm 2,43$ ml/minW pós-intervenção. Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $20,83 \pm 5,74$ ml/minW pré e $18,43 \pm 3,92$

ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $12,12 \pm 1,52$ ml/minW pré e $12,86 \pm 2,05$ ml/minW pós. Esses valores demonstram um aumento na eficiência aeróbia, para a pedalada unipodal com a perna ativa em 30%, para a pedalada unipodal com a perna controle em 12% e para a pedalada bipodal uma diminuição da eficiência aeróbia em 6%. Os resultados não apresentaram diferença estatística, da condição pré para a pós, para a perna ativa ($p=0,069$; $d=1,07$), para a perna controle ($p=0,060$; $d=0,50$) e para a pedalada bipodal ($p=0,196$; $d=0,41$) (Figura 34).

Figura 34: Gráficos da eficiência aeróbia (ml/minW) na intensidade do limiar de compensação respiratória, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção

Fonte: Arquivo próprio.

Para o grupo NTLL, a eficiência aeróbia no RCT para a perna ativa foi $22,56 \pm 7,12$ ml/minW para a condição pré e $18,04 \pm 3,87$ ml/minW pós, para a pedalada unipodal com a perna controle foi $23,18 \pm 9,18$ ml/minW pré e $18,37 \pm 2,51$ ml/minW pós e para a pedalada bipodal foi $11,82 \pm 1,30$ ml/minW pré e $12,01 \pm 1,06$ ml/minW pós. Esses valores indicam um aumento da eficiência aeróbia no RCT em 20% para a pedalada unipodal com a perna ativa, 21% para a pedalada unipodal com a perna controle e uma diminuição em 2% para a pedalada bipodal. Os resultados foram estatisticamente diferentes, da condição pré para a condição pós, para a pedalada unipodal com a perna ativa ($p=0,015$; $d=0,82$), porém não foram diferentes estatisticamente para a pedalada unipodal com a perna controle ($p=0,131$; $d=0,82$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,264$; $d=0,16$) (Figura 34).

Para o grupo TLL, a eficiência aeróbia na intensidade do RCT para a perna ativa foi

22,32 $\pm$ 5,71 ml/minW pré-intervenção e 15,26 $\pm$ 1,84 ml/minW pós-intervenção, para a perna controle foi 21,80 $\pm$ 9,57 ml/minW pré e 18,34 $\pm$ 4,97 ml/minW e para a pedalada bipodal foi 12,20 $\pm$ 1,25 ml/minW pré e 11,91 $\pm$ 1,17 ml/minW pós. Esses valores indicam um aumento na eficiência aeróbia, na intensidade do RCT, para a perna ativa em 32% ($p=0,008$; $d=1,87$), para a perna controle em 16%, contudo sem diferença significativa ($p=0,080$; $d=0,48$) e um aumento em 2% para a pedalada bipodal, também sem diferença significativa ($p=0,254$; $d=0,23$) (Figura 34).

Tabela 6 - Eficiência aeróbia (ml/minW) nas diferentes intensidades, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

EFICIÊNCIA AERÓBIA (ml/minW)												
Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas				
	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d
AT												
NTLD	19,57 $\pm$ 8,94	20,64 $\pm$ 11,66	0,435	0,10	19,20 $\pm$ 6,71	18,49 $\pm$ 8,49	0,456	0,09	7,79 $\pm$ 1,73	8,18 $\pm$ 1,87	0,478	0,22
TLD	15,99 $\pm$ 7,79	10,40 $\pm$ 1,32	0,074	1,23	14,59 $\pm$ 4,48	12,45 $\pm$ 2,28	0,070	0,63	8,83 $\pm$ 0,93	8,91 $\pm$ 0,95	0,115	0,08
NTLL	14,84 $\pm$ 4,19	12,84 $\pm$ 3,21	0,007	0,49	16,57 $\pm$ 5,72	13,15 $\pm$ 1,63	0,087	0,93	8,03 $\pm$ 2,31	8,64 $\pm$ 1,35	0,132	0,33
TLL	16,05 $\pm$ 5,84	10,75 $\pm$ 2,08	0,047	1,34	16,13 $\pm$ 8,97	12,34 $\pm$ 3,21	0,109	0,62	7,96 $\pm$ 1,01	7,96 $\pm$ 0,91	0,498	0
RCT												
NTLD	29,23 $\pm$ 11,61	29,21 $\pm$ 14,16	0,451	0,00	29,26 $\pm$ 14,65	25,95 $\pm$ 9,11	0,196	0,28	12,46 $\pm$ 1,69	11,99 $\pm$ 1,22	0,098	0,32
TLD	22,63 $\pm$ 10,37	15,79 $\pm$ 2,43	0,069	1,07	20,83 $\pm$ 5,74	18,43 $\pm$ 3,92	0,060	0,5	12,12 $\pm$ 1,52	12,86 $\pm$ 2,05	0,196	0,41
NTLL	22,56 $\pm$ 7,12	18,04 $\pm$ 3,87	0,015	0,82	23,18 $\pm$ 9,18	18,37 $\pm$ 2,51	0,131	0,82	11,82 $\pm$ 1,30	12,01 $\pm$ 1,06	0,264	0,16
TLL	22,32 $\pm$ 5,71	15,26 $\pm$ 1,84	0,008	1,87	21,80 $\pm$ 9,57	18,34 $\pm$ 4,97	0,080	0,48	12,20 $\pm$ 1,25	11,91 $\pm$ 1,17	0,254	0,23
Máx												
NTLD	33,88 $\pm$ 13,32	35,11 $\pm$ 14,08	0,496	0,09	35,20 $\pm$ 17,34	30,35 $\pm$ 9,59	0,184	0,36	15,48 $\pm$ 1,28	15,61 $\pm$ 1,21	0,402	0,1
TLD	27,67 $\pm$ 12,10	20,69 $\pm$ 2,29	0,192	0,98	25,85 $\pm$ 7,15	23,13 $\pm$ 6,67	0,512	0,39	14,86 $\pm$ 1,73	14,94 $\pm$ 1,68	0,937	0,05
NTLL	25,39 $\pm$ 8,06	23,24 $\pm$ 4,00	0,571	0,36	25,77 $\pm$ 6,77	22,22 $\pm$ 2,94	0,265	0,73	15,10 $\pm$ 1,91	15,03 $\pm$ 2,16	0,955	0,03
TLL	27,75 $\pm$ 8,30	20,95 $\pm$ 2,34	0,036	1,28	27,88 $\pm$ 10,36	21,94 $\pm$ 4,62	0,044	0,79	15,45 $\pm$ 1,16	14,28 $\pm$ 1,22	0,038	0,98

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar a eficiência aeróbia no RCT da pedalada unipodal com a perna ativa

dos grupos NTLD, TLD, NTLL, TLL foi observado que o grupo TLL foi o que apresentou maior melhora na eficiência aeróbia ($d=1,87$) seguido do grupo TLD ($d=1,07$) e NTLL todos com tamanho do efeito considerado grande, embora o grupo TLD não tenha obtido diferença estatística ($p=0,069$). Já para a perna controle, destaca-se o grupo NTLL, que da condição pré para a condição pós o tamanho do efeito foi 0,82, considerado grande, mesmo que com um $p=0,131$ (Tabela 6).

4.2.6 Concentração Sanguínea de Creatina Quinase

Para o grupo NTLD, o aumento da concentração de CK para a pedalada unipodal com a perna ativa foi para a condição pré $119,07 \pm 180,22$ U/l e para a condição pós-intervenção $57,27 \pm 56,23$ U/l ($p=0,201$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $139,28 \pm 148,99$ U/l pré-intervenção e $64,10 \pm 112,76$ U/l pós-intervenção ($p=0,182$). Para a pedalada bipodal foi $71,93 \pm 80,06$ U/l pré-intervenção e $24,32 \pm 76,98$ U/l pós-intervenção ($p=0,198$). Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós-intervenção para nenhum dos modos de pedalada. O tamanho do efeito para a pedalada unipodal com a perna ativa foi 0,52, para a pedalada unipodal com a perna controle foi 0,57 e para a pedalada bipodal foi 0,61 (Tabela 7; Figura 35).

Para o grupo TLD, o aumento da concentração de CK para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $137,85 \pm 191,56$ U/l pré e $26,17 \pm 81,65$ U/l pós ($p=0,094$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $139,42 \pm 86,12$ U/l pré e $87,90 \pm 61,20$ U/l pós-intervenção ($p=0,023$). Para a pedalada bipodal foi $-155,78 \pm 253,65$ U/l pré e $88,67 \pm 116,11$ U/l pós ($p=0,042$). A pedalada unipodal com a perna controle teve um menor aumento da concentração de CK pós-intervenção e a pedalada bipodal um maior aumento da concentração de CK pós-intervenção. A pedalada unipodal com a perna ativa não apresentou diferença significativa da condição pré para a condição pós, contudo foi a que obteve maior tamanho do efeito (0,82) (Tabela 7; Figura 35).

Para o grupo NTLL, o aumento da concentração de CK para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $65,17 \pm 65,92$ U/l pré-intervenção e $-1,43 \pm 24,24$ U/l pós-intervenção ($p=0,014$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $43,10 \pm 39,24$ U/l pré e $221,75 \pm 421,74$ U/l pós-intervenção ($p=0,181$). Para a pedalada bipodal foi $18,33 \pm 131,13$ U/l pré e $46,47 \pm 82,06$ U/l pós ($p=0,297$). A pedalada unipodal com a perna ativa apresentou diferença estatística, da condição pré para a condição pós, com um tamanho do efeito de 1,48. Não houve diferença estatística para a pedalada unipodal com a perna controle, embora um

tamanho do efeito de 0,78 e nem para a pedalada bipodal, com tamanho do efeito de 0,26 (Tabela 7; Figura 35).

Para o grupo TLL, o aumento da concentração de CK para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $244,10 \pm 413,75$ U/l pré-intervenção e $45,17 \pm 102,91$ U/l pós-intervenção ($p=0,165$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $49,20 \pm 79,84$ U/l pré-intervenção e $72,88 \pm 65,10$ U/l pós-intervenção ($p=0,185$). Para a pedalada bipodal foi $40,37 \pm 76,88$ U/l pré e $19,33 \pm 78,34$ U/l pós ($p=0,260$). Não houve diferença significativa para nenhum dos modos de pedalada, embora o tamanho do efeito para a pedalada unipodal com a perna ativa foi 0,77, para a perna controle foi 0,33 e para a pedalada bipodal foi 0,27 (Tabela 7; Figura 35).

Figura 35: Gráficos da variação da concentração de creatina quinase (U/l) pré e pós intervenção, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL, a perna ativa do grupo NTLL foi a que teve maior redução no delta da [CK] entre as situações pré e pós-intervenção ($d=1,48$), seguido do grupo TLD ($d=0,82$), do grupo TLL ($d=0,77$) e grupo NTLD ($d=0,52$). Para a perna controle, o grupo TLD apresentou diferença estatística, da condição pré para a condição pós, com um tamanho do efeito de 0,70. O grupo NTLL, teve um aumento do delta da concentração de CK ($d=0,78$), assim como grupo TLL, porém este com um tamanho do efeito considerado baixo ($d=0,33$). No comparativo entre os grupos, para a pedalada bipodal,

o grupo TLD apresentou maior tamanho do efeito, no entanto esse resultado mostrou que da condição pré para a condição pós ocorreu um aumento da ΔCK (Tabela 7).

Tabela 7 - Variação da concentração de creatina quinase (U/l), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

Variação na Concentração de Creatina Quinase												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	pré	pós	P	d	pré	pós	P	d	pré	pós	P	d
NTLD	119,07 $\pm 180,22$	57,27 $\pm 56,2$	0,201	0,52	139,28 $\pm 148,99$	64,10 $\pm 112,76$	0,182	0,57	71,93 $\pm 80,1$	24,32 $\pm 76,98$	0,198	0,61
TLD	137,85 $\pm 191,56$	26,17 $\pm 81,65$	0,094	0,82	139,42 $\pm 86,12$	87,90 $\pm 61,20$	0,023	0,7	-155,78 $\pm 253,65$	88,67 $\pm 116,11$	0,042	1,32
NTLL	65,17 $\pm 65,92$	-1,43 $\pm 24,24$	0,014	1,48	43,10 $\pm 39,24$	221,75 $\pm 421,74$	0,181	0,78	18,33 $\pm 131,13$	46,47 $\pm 82,06$	0,297	0,26
TLL	243,1 $\pm 413,75$	45,17 $\pm 102,91$	0,165	0,77	49,20 $\pm 79,84$	72,88 $\pm 65,10$	0,185	0,33	40,37 $\pm 76,88$	19,33 $\pm 78,34$	0,26	0,27

Fonte – Arquivo próprio

A relação da ΔCK pela intensidade máxima atingida no exercício para o grupo NTLD teve como resultado para a pedalada unipodal com a perna ativa 1,99 $\pm 2,58$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,70 $\pm 0,60$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,119$; $d=0,81$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi 1,92 $\pm 1,45$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,39 $\pm 2,14$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,114$; $d=0,85$) e para a pedalada bipodal foi 0,35 $\pm 0,40$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,11 $\pm 0,35$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,187$; $d=0,64$) (Figura 36).

O resultado dessa relação para o grupo TLD foi, para a pedalada unipodal com a perna ativa, 1,33 $\pm 1,71$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,19 $\pm 0,62$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,093$; $d=0,98$), para a pedalada unipodal com a perna controle 1,46 $\pm 0,83$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,71 $\pm 0,42$ pós-intervenção ($p=0,034$; $d=1,21$) e para a pedalada bipodal foi -0,64 $\pm 0,91$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,34 $\pm 0,49$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,037$; $d=1,40$) (Figura 36).

Para o grupo NTLL, o resultado dessa relação para a pedalada unipodal com a perna ativa foi 1,00 $\pm 1,05$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e -0,01 $\pm 0,22$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,027$; $d=1,59$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi 0,57 $\pm 0,52$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 2,48 $\pm 4,69$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,191$; $d=0,73$) e para a pedalada bipodal foi 0,09 $\pm 0,56$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,22 $\pm 0,42$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,283$; $d=0,27$) (Figura 36).

Para o grupo TLL, o resultado dessa relação para a pedalada unipodal com a perna ativa foi 1,29 $\pm 1,77$ $\Delta CK/W$ pré-intervenção e 0,02 $\pm 0,22$ $\Delta CK/W$ pós-intervenção ($p=0,05$; $d=1,29$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi 0,86 $\pm 1,00$ $\Delta CK/W$ pré-

intervenção e $1,73 \pm 2,55 \Delta\text{CK/W}$ pós-intervenção ($p=0,243$; $d=0,49$) e para a pedalada bipodal foi $0,04 \pm 0,65 \Delta\text{CK/W}$ pré-intervenção e $0,21 \pm 0,37 \Delta\text{CK/W}$ pós-intervenção ($p=0,241$; $d=0,35$) (Figura 36).

Figura 36: Gráficos da relação da concentração de creatina quinase pela intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL, nota-se que houve uma diminuição da [CK], por Watt pedalado, para a pedalada unipodal com a perna ativa para os grupos NTLL e TLL, com tamanho do efeito de 1,59 e 1,29 respectivamente. Também houve uma diminuição da [CK] para a pedalada unipodal com a perna controle para o grupo TLD ($d=1,21$) e um aumento para a pedalada bipodal do mesmo grupo (Tabela 8).

Tabela 8 - Concentração de creatina quinase por Watt pedalado, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

Concentração de Creatina Quinase por Watt pedalado ($\Delta\text{CK/W}$)												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	pré	pós	P	d	pré	pós	P	d	pré	pós	P	d
NTLD	1,99 $\pm 2,58$	0,70 $\pm 0,60$	0,119	0,81	1,92 $\pm 1,45$	0,39 $\pm 2,14$	0,114	0,85	0,35 $\pm 0,40$	0,11 $\pm 0,35$	0,187	0,64
TLD	1,33 $\pm 1,71$	0,19 $\pm 0,62$	0,093	0,98	1,46 $\pm 0,83$	0,71 $\pm 0,42$	0,034	1,21	-0,64 $\pm 0,91$	0,34 $\pm 0,49$	0,037	1,4
NTLL	1,00 $\pm 1,05$	-0,01 $\pm 0,22$	0,027	1,59	0,57 $\pm 0,52$	2,48 $\pm 4,69$	0,191	0,73	0,09 $\pm 0,56$	0,22 $\pm 0,42$	0,283	0,27
TLL	1,29 $\pm 1,77$	0,02 $\pm 0,22$	0,05	1,29	0,86 $\pm 1,00$	1,73 $\pm 2,55$	0,243	0,49	0,04 $\pm 0,65$	0,21 $\pm 0,37$	0,241	0,35

Fonte: Arquivo próprio.

4.2.7 Lactacidemia e Eficiência Anaeróbia Lática

Na intensidade do limiar anaeróbio, a média da concentração de lactato no sangue do grupo NTLD, para a perna ativa foi $2,90 \pm 1,6$ mmol/l pré-intervenção e $2,63 \pm 1,28$ mmol/l pós-intervenção. Para a perna controle foi $3,11 \pm 1,58$ mmol/l pré e $2,63 \pm 1,28$ mmol/l pós e para a pedalada bipodal foi $2,65 \pm 1,03$ mmol/l pré e $2,78 \pm 0,67$ mmol/l pós. Não houve diferença estatística entre a concentração de lactato na intensidade do limiar anaeróbio para a perna ativa ($p=0,754$) da condição pré para a condição pós-intervenção. Também não houve diferença estatística para a pedalada unipodal com a perna controle ($p=0,758$) e nem para a pedalada bipodal ($p=0,801$) (Figura 37).

Para o grupo TLD, a média da concentração de lactato, na intensidade do AT, para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $3,84 \pm 0,47$ mmol/l pré e $3,87 \pm 0,34$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,901$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $4,02 \pm 1,78$ mmol/l pré e $2,83 \pm 0,95$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,182$) e para a pedalada bipodal foi $3,10 \pm 0,95$ mmol/l pré e $3,07 \pm 0,28$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,968$). Não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, da condição pré para a condição pós-intervenção (Figura 37).

Para o grupo NTLL, a média da lactacidemia, na intensidade do AT, para a pedalada unipodal com a perna ativa foi $2,65 \pm 0,57$ mmol/l pré e $3,67 \pm 0,78$ mmol/l pós ($p=0,027$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foi $3,33 \pm 0,64$ mmol/l pré e $4,02 \pm 0,72$ mmol/l pós ($p=0,110$). Para a pedalada bipodal foi $3,76 \pm 2,27$ mmol/l pré e $2,94 \pm 0,95$ mmol/l pós ($p=0,069$). Houve um aumento na lactacidemia da perna ativa da condição pré para a condição pós-intervenção, contudo não houve diferença estatística para a perna controle e nem para a pedalada com as duas pernas (Figura 37).

Para o grupo TLL, os valores da lactacidemia, na intensidade do AT, para a pedalada unipodal com a perna ativa foram $2,97 \pm 0,98$ mmol/l pré-intervenção e $4,19 \pm 1,20$ mmol/l na condição pós-intervenção ($p=0,083$). Para a pedalada unipodal com a perna controle foram $3,56 \pm 0,64$ mmol/l pré e $4,11 \pm 0,29$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,084$). Para a pedalada bipodal foram $2,66 \pm 0,90$ mmol/l pré-intervenção e $3,04 \pm 1,31$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,571$). Não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, da condição pré para a condição pós-intervenção, no grupo TLL (Figura 37).

Figura 37: Gráficos da lactacidemia (mmol/l) na intensidade do AT, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL.
* diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Na intensidade do RCT, os valores da lactacidemia do grupo NTLD, para a pedalada unipodal com a perna ativa foram $4,21 \pm 2,61$ mmol/l pré-intervenção e $3,53 \pm 1,62$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,600$), para a perna controle foram $4,28 \pm 2,80$ mmol/l pré e $3,68 \pm 1,68$ mmol/l pós ($p=0,662$) e para a pedalada bipodal foram $6,18 \pm 2,46$ mmol/l pré e $5,99 \pm 2,18$ mmol/l pós ($p=0,890$). Não houve diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção, para nenhum dos modos de pedalada no grupo NTLD, na intensidade do RCT.

Para o grupo TLD, os valores da lactacidemia na intensidade do RCT para a perna ativa foram $6,65 \pm 0,32$ mmol/l pré e $7,23 \pm 0,25$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,006$), para a perna controle foram $6,09 \pm 1,02$ mmol/l pré e $5,06 \pm 1,00$ mmol/l pós ($p=0,108$) e para a pedalada com as duas pernas foram $7,11 \pm 1,27$ mmol/l pré e $6,90 \pm 0,64$ mmol/l pós ($p=0,725$). Para a pedalada com a perna ativa no grupo TLD houve um aumento estatístico na concentração sanguínea de lactato, da condição pré para a condição pós-intervenção. Não houve alteração estatística para os demais modos de pedalada.

Para o grupo NTLL, os valores da lactacidemia na intensidade do RCT para a perna ativa foram $3,57 \pm 0,64$ mmol/l pré e $5,27 \pm 1,46$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,026$), para a perna controle foram $3,83 \pm 0,15$ mmol/l pré e $4,56 \pm 0,81$ mmol/l pós ($p=0,055$) e para a pedalada bipodal foram $7,83 \pm 1,95$ mmol/l pré e $5,42 \pm 0,40$ mmol/l pós ($p=0,014$). No comparativo pré e pós-intervenção, o grupo NTLL apresentou uma maior lactacidemia para a perna ativa e duas pernas. Não houve alteração estatística para a perna controle.

Para o grupo TLL, os valores da lactacidemia na intensidade do RCT, para a perna ativa foram $4,47 \pm 1,65$ mmol/l pré e $6,83 \pm 1,59$ mmol/l pós ($p=0,030$), para a perna controle foram $5,01 \pm 0,83$ mmol/l pré e $5,22 \pm 0,60$ mmol/l pós ($p=0,626$) e para a pedalada bipodal foram $5,71 \pm 0,85$ mmol/l pré e $7,59 \pm 0,45$ mmol/l pós ($p<0,001$). Para o grupo TLL, houve um aumento estatístico na lactacidemia da condição pré para a condição pós-intervenção para a perna ativa e duas pernas. Não houve alteração estatística para a pedalada unipodal com a perna controle.

Figura 38: Gráficos da lactacidemia (mmol/l) no RCT, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Na intensidade máxima do exercício, os valores da lactacidemia do grupo NTLD, para a perna ativa foram $5,74 \pm 5,51$ mmol/l pré-intervenção e $4,20 \pm 1,80$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,530$). Para a perna controle foram $4,93 \pm 3,53$ mmol/l pré-intervenção e $3,74 \pm 2,01$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,489$) e para a pedalada bipodal os valores foram $8,91 \pm 3,20$ mmol/l pré-intervenção e $7,86 \pm 1,28$ mmol/l pós-intervenção ($p=0,473$). Não houve diferença estatística, da condição pré para a condição pós, para nenhum dos modos de pedalada.

Para o grupo TLD, os valores da lactacidemia para a perna ativa foram $6,93 \pm 0,08$ mmol/l pré-intervenção e $8,19 \pm 0,21$ mmol/l pós ($p<0,001$), para a perna controle foram $7,74 \pm 2,55$ mmol/l pré e $5,12 \pm 0,78$ mmol/l pós ($p=0,037$) e para a pedalada com as duas pernas foram $8,10 \pm 0,13$ mmol/l pré e $8,43 \pm 0,55$ mmol/l pós ($p=0,183$). Houve um aumento da

lactacidemia para a pedalada unipodal com a perna ativa e uma diminuição para a pedalada bipodal.

Para o grupo NTLL, os valores da lactacidemia para a perna ativa foram $3,89 \pm 0,23$ mmol/l pré e $5,34 \pm 1,57$ mmol/l pós ($p=0,049$), para a perna controle foram $3,92 \pm 0,06$ mmol/l pré e $4,80 \pm 1,15$ mmol/l pós ($p=0,091$) e para a pedalada bipodal foram $8,36 \pm 0,11$ mmol/l pré e $9,23 \pm 1,89$ mmol/l pós ($p=0,287$). A pedalada unipodal com a perna ativa aumentou estatisticamente a lactacidemia da condição pré para condição pós-intervenção. Não houve alteração estatística para os demais modos de pedalada no grupo NTLL.

Para o grupo TLL, os valores da lactacidemia na intensidade máxima, para a perna ativa foram $5,04 \pm 2,46$ mmol/l pré e $7,11 \pm 1,19$ mmol/l pós ($p=0,093$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $5,56 \pm 0,88$ mmol/l pré e $6,07 \pm 0,38$ mmol/l pós ($p=0,222$) e para a pedalada bipodal foram $8,72 \pm 2,52$ mmol/l pré e $9,03 \pm 2,79$ mmol/l pós ($p=0,884$). Não houve alteração estatística para nenhuma das formas de pedalada, no comparativo entre pré e pós-intervenção.

Figura 39: Gráficos da lactacidemia (mmol/l) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL, para a intensidade do AT, a pedalada unipodal com a perna ativa do grupo NTLL obteve um maior aumento da lactacidemia ($d=1,50$), da condição pré para a condição pós-intervenção, seguido do grupo TLL ($d=1,12$). Para a pedalada unipodal com a perna controle, o grupo TLL apresentou maior

incremento da lactacidemia ($d=1,18$), seguido do grupo NTLL ($d=1,02$) e do grupo TLD ($d=0,85$), todos com tamanho do efeito considerado grande (Tabela 9).

No mesmo comparativo intergrupo, para a intensidade do RCT, a perna ativa na pedalada unipodal do grupo TLD foi a que teve maior aumento ($d=2,04$), seguido do grupo NTLL ($d=1,61$) e TLL ($d=1,45$). Para a pedalada unipodal com a perna controle o grupo NTLL obteve maior aumento na lactacidemia ($d=1,54$), já para o grupo TLD, houve uma diminuição da concentração de lactato ($d=1,03$) (Tabela 9).

Tabela 9 - Lactacidemia (mmol/l) na intensidade do limiar anaeróbio, limiar de compensação respiratória e intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

LACTACIDEMIA (mmol/l)												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d
AT												
NTLD	2,90 $\pm 1,60$	2,63 $\pm 1,28$	0,754	0,18	3,11 $\pm 1,58$	2,86 $\pm 1,11$	0,758	0,18	2,65 $\pm 1,03$	2,78 $\pm 0,67$	0,801	0,15
TLD	3,84 $\pm 0,47$	3,87 $\pm 0,34$	0,901	0,07	4,02 $\pm 1,78$	2,84 $\pm 0,95$	0,182	0,85	3,11 $\pm 0,95$	3,08 $\pm 0,28$	0,942	0,05
NTLL	2,66 $\pm 0,57$	3,68 $\pm 0,78$	0,027	1,50	3,33 $\pm 0,64$	4,02 $\pm 0,72$	0,110	1,02	3,77 $\pm 0,27$	2,94 $\pm 0,55$	0,008	0,58
TLL	2,97 $\pm 0,98$	4,19 $\pm 1,20$	0,083	1,12	3,56 $\pm 0,64$	4,11 $\pm 0,29$	0,084	1,18	2,66 $\pm 0,90$	3,04 $\pm 1,31$	0,571	0,34
RCT												
NTLD	4,21 $\pm 2,61$	3,53 $\pm 1,62$	0,600	0,32	4,28 $\pm 2,80$	3,68 $\pm 1,68$	0,662	0,26	6,18 $\pm 2,46$	5,99 $\pm 2,18$	0,890	0,08
TLD	6,65 $\pm 0,32$	7,23 $\pm 0,25$	0,006	2,04	6,09 $\pm 1,02$	5,06 $\pm 1,00$	0,108	1,03	7,11 $\pm 1,27$	6,90 $\pm 0,64$	0,725	0,22
NTLL	3,57 $\pm 0,64$	5,27 $\pm 1,46$	0,026	1,61	3,83 $\pm 0,15$	4,56 $\pm 0,81$	0,055	1,54	7,83 $\pm 1,95$	5,42 $\pm 0,40$	0,014	2,05
TLL	4,47 $\pm 1,65$	6,83 $\pm 1,59$	0,030	1,45	5,01 $\pm 0,83$	5,22 $\pm 0,60$	0,626	0,29	5,71 $\pm 0,85$	7,59 $\pm 0,45$	0,599	2,89
Máx												
NTLD	5,74 $\pm 5,51$	4,20 $\pm 1,80$	0,530	0,42	4,93 $\pm 3,53$	3,74 $\pm 2,01$	0,489	0,43	8,91 $\pm 3,20$	7,86 $\pm 1,28$	0,473	0,47
TLD	6,93 $\pm 0,08$	8,19 $\pm 0,21$	<0,001	8,49	7,74 $\pm 2,55$	5,12 $\pm 0,78$	0,037	1,58	8,10 $\pm 0,13$	8,43 $\pm 0,55$	0,183	0,97
NTLL	3,89 $\pm 0,23$	5,34 $\pm 1,57$	0,049	1,61	3,92 $\pm 0,06$	4,80 $\pm 1,15$	0,091	1,46	8,36 $\pm 0,11$	9,23 $\pm 1,89$	0,287	0,87
TLL	5,04 $\pm 2,46$	7,11 $\pm 1,19$	0,093	1,13	5,56 $\pm 0,88$	6,07 $\pm 0,38$	0,222	0,82	8,72 $\pm 2,52$	9,03 $\pm 2,79$	0,844	0,12

Fonte: Arquivo próprio.

Para a intensidade máxima do exercício, no comparativo intergrupo, a pedalada unipodal com a perna ativa aumentou a lactacidemia ($d=8,49$), da condição pré para a condição pós-intervenção. A pedalada unipodal com a perna ativa dos grupos NTLL ($d=1,61$) e TLL ($d=1,13$) também aumentaram a lactacidemia da condição pré para a condição pós. Já para a pedalada unipodal com a perna controle, o grupo TLD teve uma diminuição da concentração de lactato ($d=1,58$), da condição pré para a condição pós e o grupo NTLL teve um aumento dessa concentração ($d=1,46$) (Tabela 9).

Como resultados do cálculo da eficiência anaeróbia láctica na intensidade máxima do exercício, a média para o grupo NTLD na pedalada unipodal com a perna ativa, foi $0,09 \pm 0,19$ mmol/IW pré-intervenção e $0,06 \pm 0,05$ mmol/IW pós-intervenção ($p=0,716$; $d=0,19$), para a perna controle foi $0,07 \pm 0,10$ mmol/IW pré-intervenção e $0,06 \pm 0,06$ mmol/IW pós-intervenção ($p=0,838$; $d=0,20$) e para a pedalada bipodal foi $0,04 \pm 0,15$ mmol/IW pré e $0,05 \pm 0,05$ mmol/IW pós ($p=1,000$; $d=0,05$). Os resultados demonstram que não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, para o grupo NTLD (Figura 40).

Para o grupo TLD, a média da potência anaeróbia para pedalada unipodal com a perna ativa foi $0,07 \pm 0,00$ mmol/IW pré-intervenção e $0,06 \pm 0,01$ mmol/IW pós-intervenção ($p=0,034$; $d=0,85$), para a pedalada unipodal com a perna controle foi $0,08 \pm 0,07$ mmol/IW pré-intervenção e $0,05 \pm 0,02$ mmol/IW pós-intervenção ($p=0,337$; $d=0,66$) e para a pedalada bipodal foi $0,04 \pm 0,00$ mmol/IW pré-intervenção e $0,04 \pm 0,01$ mmol/IW pós-intervenção ($p=1,000$; $d=0,06$). Os resultados mostram que houve uma diferença estatística para a pedalada unipodal com a perna ativa, da condição pré para a condição pós. Não houve diferença estatística para a pedalada unipodal com a perna controle e nem para a pedalada bipodal (Figura 40).

Para o grupo NTLL, os valores para a potência anaeróbia da pedalada unipodal com a perna ativa foram $0,05 \pm 0,01$ mmol/IW pré-intervenção e $0,05 \pm 0,05$ mmol/IW pós-intervenção ($p=1,000$; $d=0,1$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $0,05 \pm 0,00$ mmol/IW pré-intervenção e $0,05 \pm 0,04$ mmol/IW pós-intervenção ($p=1,000$; $d=0,14$) e para a pedalada bipodal foram $0,04 \pm 0,00$ mmol/IW pré e $0,04 \pm 0,05$ mmol/IW pós-intervenção ($p=1,000$; $d=0,18$). Os resultados demonstram que não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, para o grupo NTLL (Figura 40).

Para o grupo TLL, os valores para a potência anaeróbia da pedalada unipodal com a perna ativa foram $0,06 \pm 0,06$ mmol/IW pré e $0,05 \pm 0,05$ mmol/IW pós ($p=0,76$; $d=0,07$), para a pedalada unipodal com a perna controle foram $0,06 \pm 0,02$ mmol/IW pré e $0,06 \pm 0,01$ mmol/IW pós ($p=1,000$; $d=0,58$) e para a pedalada bipodal foram $0,04 \pm 0,05$ mmol/IW pré e

0,04 $\pm$ 0,06 mmol/IW pós ($p=1,000$; $d=0,03$). Não houve diferença estatística para nenhum dos modos de pedalada, embora para pedalada unipodal com a perna controle o tamanho do efeito foi 0,58, classificado como médio (Figura 40).

Figura 40: Gráficos da eficiência anaeróbia láctica (mmol/IW), para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. * diferença estatística da condição pré para a condição pós-intervenção.

Fonte: Arquivo próprio.

Ao se comparar os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL, a pedalada unipodal para a perna ativa do grupo TLD teve um aumento da potência anaeróbia em relação aos demais grupos. Ao referir-se a perna controle, o grupo TLL obteve um tamanho do efeito considerado médio e se destacou com relação aos demais grupos (Tabela 10).

Tabela 10 - Eficiência anaeróbia láctica (mmol/IW) na intensidade máxima, para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL. P refere-se ao nível de significância e d ao tamanho do efeito de Cohen.

EFICIÊNCIA ANAERÓBIA LÁTICA (mmol/IW)												
	Perna Ativa				Perna Controle				Duas Pernas			
	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d	Pré	Pós	P	d
NTLD	0,09 $\pm 0,19$	0,06 $\pm 0,05$	0,716	0,19	0,07 $\pm 0,10$	0,06 $\pm 0,06$	0,838	0,20	0,04 $\pm 0,15$	0,04 $\pm 0,05$	1,000	0,05
TLD	0,07 $\pm 0,00$	0,06 $\pm 0,01$	0,034	0,85	0,08 $\pm 0,07$	0,05 $\pm 0,02$	0,337	0,66	0,04 $\pm 0,00$	0,04 $\pm 0,01$	1,000	0,06
NTLL	0,05 $\pm 0,01$	0,05 $\pm 0,05$	1,000	0,100	0,05 $\pm 0,00$	0,05 $\pm 0,04$	1,000	0,14	0,04 $\pm 0,00$	0,04 $\pm 0,05$	1,000	0,18
TLL	0,06 $\pm 0,06$	0,05 $\pm 0,05$	0,76	0,07	0,06 $\pm 0,02$	0,06 $\pm 0,01$	1,000	0,58	0,04 $\pm 0,05$	0,04 $\pm 0,06$	1,000	0,03

Fonte: Arquivo próprio.

5. DISCUSSÃO

5.1 Respostas Agudas

Um estudo realizado com comparativo intrassujeito se faz necessário devido à minimização da influência de fatores nutricionais e genéticos que podem alterar o resultado final de uma pesquisa. Allison et al. (2013) relataram em seu estudo que ao utilizarem um comparativo intrassujeito minimizaram essas diferenças individuais. Simoneau et al., (1986) relataram que fatores genéticos podem ser determinantes nas respostas frente à melhora de desempenho.

Ao analisar as respostas agudas frente à pedalada unipodal e bipodal, notou-se que os voluntários atingiram uma intensidade máxima maior na pedalada bipodal quando comparada com a pedalada unipodal, estando essa a aproximadamente 39% da intensidade máxima da pedalada bipodal. Mesmo se somadas cada intensidade máxima da pedalada unipodal, ainda assim os valores são menores que a pedalada bipodal. Esses resultados ocorrem devido à biomecânica da pedalada unipodal, pois nesse modo o voluntário além de empurrar o pedal tem que fazer a força da puxada, o que não existe, em vias de regra, na pedalada bipodal, pois a fase descendente de um membro auxila a fase ascendente do outro. Thomas (2011) relata que na pedalada unipodal as forças gravitacionais não são mais equilibradas, já que um dos membros está inativo, causando um desequilíbrio mecânico no ato de pedalar e com isso uma diminuição da potência atingida para a perna ativa.

A pedalada unipodal requer flexões constantes da perna ativa para a fase ascendente da pedalada e os músculos que executam esse movimento são relativamente pequenos e mais fatigáveis, limitando a duração do ciclismo unipodal (BINI et al., 2015; THOMAS, 2011). Ao se utilizar um contrapeso no lado oposto do pedal que está em execução, este pode equilibrar a mecânica de pedalada, auxiliando a fase ascendente do membro ativo e com isso melhorar a duração do exercício, contudo não proporcionando os mesmos efeitos na musculatura flexora do quadril (ABBISS et al., 2011).

Assim como a intensidade máxima da pedalada unipodal é menor que a intensidade máxima da pedalada bipodal, a intensidade do AT e do RCT também seguem as mesmas proporções, o que mostra que a eficiência da pedalada unipodal se mantém inferior à mecânica da pedalada bipodal por todo o exercício. Olivier et al. (2010) relatam que embora as intensidades dos limiares da pedalada unipodal sejam menores quando comparados com a pedalada bipodal, existe a possibilidade de melhora quando executado treinamento unipodal.

A ventilação máxima para a pedalada bipodal foi maior que a ventilação máxima para as pedaladas unipodais, não havendo diferença entre as pedaladas unipodais. Essa diferença ocorreu devido à massa muscular em trabalho na pedalada bipodal ser maior que nas pedaladas unipodais. Macinnis et al., (2017) ao compararem a ventilação máxima na pedalada unipodal e bipodal, constataram que a ventilação na pedalada unipodal ficou a aproximadamente 75% da pedalada bipodal e não houve diferença na ventilação da pedalada unipodal com a perna direita quando comparada com a perna esquerda. Esses achados corroboram o presente estudo.

Em exercícios que utilizam massas musculares diferentes, existe um ajuste cardiorrespiratório para ofertar oxigênio a essas diferentes massas musculares, por isso, na pedalada bipodal a ventilação máxima é maior que na pedalada unipodal (TURNER, 2010).

Swensen e Howley, (1993) ao compararem a ventilação máxima em ciclo ergômetro e ergômetro de braço, constataram que a ventilação máxima dos indivíduos avaliados em ergômetro de braço ficou a aproximadamente 80% da ventilação máxima dos indivíduos avaliados em cicloergômetro.

Cornelis; Buys, (2016) ao compararem a ventilação máxima e na intensidade do limiar anaeróbio, com indivíduos pedalando em cicloergômetro vertical, horizontal e esteira rolante, constataram que a ventilação máxima e a ventilação na intensidade do limiar anaeróbio foram menores naquele exercício o qual a massa muscular envolvida era menor, tendo sido encontrado os maiores valores de ventilação no exercício executado em esteira rolante.

Da mesma forma que acontece na ventilação máxima, na ventilação na intensidade do limiar anaeróbio a pedalada unipodal ficou menor que na pedalada bipodal. Neary e Wenger, (1986) ao compararem a ventilação, na intensidade do limiar anaeróbio, na pedalada bipodal e unipodal também constataram que a ventilação na pedalada unipodal ficou menor do que na pedalada bipodal, corroborando o presente estudo.

Entretanto, quando indivíduos realizam a pedalada unipodal e bipodal com a mesma intensidade, em Watts, a ventilação na pedalada unipodal fica maior do que na pedalada bipodal (NEARY; WENGER, 1986; OGITA et al., 2000). Desta forma, embora a intensidade absoluta seja a mesma, com a intensidade expressa em relação à máxima, de cada modo de pedalada, a pedalada unipodal foi realizada em maior intensidade do que a pedalada bipodal, justificando a maior ventilação na unipodal.

O consumo máximo de oxigênio para a pedalada bipodal foi maior do que para a pedalada unipodal, ficando a pedalada unipodal a aproximadamente 64% da pedalada bipodal.

Essa diferença está relacionada com massa muscular envolvida no ato de pedalar com uma ou duas pernas. Davies e Sargeant (1975) relatam em seu estudo que o consumo máximo de oxigênio para a pedalada unipodal ficou a 85% do consumo de oxigênio da pedalada bipodal. Macinnis et al. (2017) constataram em seu estudo que, mesmo utilizando um contrapeso no lado oposto do pedal ativo, a pedalada unipodal teve um VO_{2max} a 70% do VO_{2max} da pedalada bipodal, corroborando com o presente estudo. O valor encontrado no estudo de Davies foi maior que o do presente estudo, possivelmente devido à presença do contrapeso, que permite que se atinja maior intensidade na pedalada unipodal, o que promove maior consumo de oxigênio.

O componente morfológico muscular está diretamente envolvido no desempenho do indivíduo, e este inclui o tipo de fibras do músculo ativo no exercício, volume muscular, atividades enzimáticas glicolíticas e oxidativas, densidade capilar e recrutamento neuromuscular (HAWLEY; STEPTO, 2001). No presente estudo, o ato de pedalar com uma perna não é corriqueiro, o que para indivíduos que não sejam ciclistas profissionais, torna-se muito desgastante devido ao recrutamento dos músculos flexores do quadril para executar a fase ascendente da pedalada, o que não ocorre na pedalada bipodal.

O grupo muscular flexor do quadril é menos potente e mais fatigável o que gera uma situação desconfortável e que pode limitar a intensidade máxima do exercício a ser alcançada (ABBISS et al., 2011). À medida que uma massa muscular relativamente pequena é envolvida como na pedalada unipodal, a limitação no consumo máximo de oxigênio para esse modo de pedalada fica a cargo dos músculos ativos no exercício e não pela oferta cardíaca (MACINNIS et al., 2017). No presente estudo, todos os participantes atingiram o esgotamento voluntário nos testes incrementais, tanto para a pedalada unipodal quanto para a bipodal.

O consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbico e na intensidade do limiar de compensação respiratória também é menor para a pedalada unipodal quando comparada à pedalada bipodal. Esse consumo é menor, pois a intensidade absoluta do AT e do RCT para a pedalada unipodal também são menores quando comparadas com a pedalada bipodal. Ogita et al. (2000) relataram que o consumo de oxigênio em intensidades submáximas é maior para a pedalada unipodal do que para a pedalada bipodal, contudo os autores não relativizaram a carga em função do modo de pedalada e consideraram intensidade submáxima aquela que ficava entre 50% a 70% do VO_{2max} da pedalada bipodal. Esses valores embora submáximos para a pedalada bipodal podem ser próximos do máximo para a pedalada unipodal, já que os mesmos autores relatam que o VO_{2max} da pedalada unipodal ficou a 80% do VO_{2max} da pedalada bipodal, mesmo utilizando um contrapeso.

O equivalente ventilatório de oxigênio (EqVO_2) na intensidade do limiar anaeróbio foi menor para a pedalada bipodal quando comparado com a pedalada unipodal, tanto para a perna ativa quanto para a perna controle. Esse valor menor para a pedalada bipodal infere que houve um maior aumento da área pulmonar de trocas gasosas para a pedalada bipodal. O EqVO_2 representa o volume de ar que deve ser ventilado para consumir um litro de oxigênio e esse parâmetro, na intensidade do limiar anaeróbio, representa o quanto do espaço morto fisiológico foi recrutado durante um exercício (CORNELIS; BUYS, 2016).

Macinnis et al. (2017) relatam que quanto menor a massa muscular envolvida em um exercício, menor é a demanda de oxigênio para esses músculos e com isso menores são os ajustes cardiorrespiratórios para ofertarem oxigênio durante o exercício, o que explicaria o menor recrutamento de áreas de trocas gasosas pulmonares para a pedalada unipodal.

Cornelis e Buys (2016) em seu estudo obtiveram valores semelhantes de EqVO_2 , no AT, para exercícios realizados em esteira (24), cicloergômetro horizontal (22) e vertical (21), estando os valores próximos aos encontrados no presente estudo, que foram 20, aproximadamente, para a pedalada bipodal e aproximadamente 22 para as pedaladas unipodais. No presente estudo, o EqVO_2 foi menor na pedalada bipodal quando comparado aos valores nas pedaladas unipodais. Isto implica que, apesar da maior oxigenação dos músculos ativos durante a pedalada unipodal (MCDANIEL et al., 2016; GORDON et al. 2016), a eficiência respiratória é menor, fazendo com que o sistema respiratório tenha que ventilar maior quantidade de ar para cada litro de oxigênio consumido pelos músculos ativos.

A eficiência aeróbia para a pedalada bipodal foi maior do que para as pedaladas unipodais (ativa e controle). Este fato fica evidenciado pela intensidade máxima da pedalada unipodal estar a aproximadamente 39% da intensidade máxima da bipodal, enquanto que o consumo máximo de oxigênio da pedalada unipodal estar a aproximadamente 64% do consumo máximo de oxigênio da pedalada bipodal.

Ao analisar o consumo de oxigênio por Watt pedalado constatou-se que o custo de oxigênio para a pedalada bipodal foi menor. Cornelis e Buys (2016) encontraram uma diferença na eficiência aeróbia entre o cicloergômetro horizontal e vertical e atribuíram a menor eficiência aeróbia no cicloergômetro horizontal à maior utilização da musculatura estabilizadora, o que gerou maior acidose durante o exercício. Bengt e Bengt (1971) também encontraram em seu estudo uma menor eficiência aeróbia quando os sujeitos pedalaram com uma perna (cerca de 17%) quando comparada com a pedalada bipodal, corroborando o presente estudo.

No ciclismo bipodal o motor principal é o vasto lateral, músculo com alta proporção

de fibras tipo I e isso faz com que esse tipo de exercício esteja associado a um menor custo de oxigênio em atividades submáximas, influenciando na eficiência do movimento (HAWLEY; STEPTO, 2001). Já, na pedalada unipodal, sem contrapeso, o músculo iliopsoas tem função primária e por não estar habituado ao movimento com tamanha frequência, esse modo de pedalada possui menor eficiência.

Baseado no consumo máximo de oxigênio e intensidade máxima atingida pelos indivíduos, no estudo de Menz et al., (2016), a eficiência aeróbia no exercício foi 13 ml/minW, o que implica em uma eficiência maior do que no presente estudo. Contudo no estudo de Menz et al., (2016) os indivíduos pedalarão com o auxílio do contrapeso no lado oposto do pedal.

Macinnis et al. (2017) também encontraram em seu estudo uma eficiência aeróbia menor para a pedalada unipodal (aproximadamente 15 ml/minW) do que para a pedalada bipodal (aproximadamente 11 ml/minW), mesmo utilizando um contrapeso para a pedalada unipodal.

Turner (2010) ao compararem a intensidade máxima e o consumo máximo de oxigênio, na pedalada unipodal e bipodal, relataram que tanto a intensidade máxima quanto o VO_{2max} eram menores na pedalada unipodal, mesmo utilizando um contrapeso para balancear o exercício, sendo assim a eficiência aeróbia também foi menor para a pedalada unipodal quando comparada com a pedalada bipodal.

Ao analisar a concentração de CK no sangue dos voluntários, notou-se que ao pedalar com uma perna os valores de aumento foram maiores do que quando se pedalou com as duas pernas. Esse maior aumento justifica-se pelo fato de que o exercício promotor de maior dano muscular e consequentemente aumento da CK sanguínea, é aquele ao qual os indivíduos não estão habituados. No ato de pedalar com uma perna, sem contrapeso, a musculatura envolvida no ato não está habituada a este movimento com tamanha frequência, levando a um maior dano muscular e consequente aumento na concentração de CK.

O ato de pedalar com uma perna, sem contrapeso, proporciona uma mecânica de pedalada diferente da pedalada bipodal, o que gera maior estresse da musculatura flexora, tanto em contrações concêntricas quanto excêntricas e, caso a pedalada fosse realizada com contrapeso, poderia ser esperada maior intensidade total (BINI et al., 2015). De acordo com Abbiss et al. (2011), quando a pedalada unipodal é realizada com contrapeso, a intensidade atingida com cada perna é mais que a metade da atingida com as duas pernas. Esses dados corroboram o presente estudo no qual a soma das intensidades dos testes unipodais foi menor quando comparada com a pedalada bipodal, uma vez que para esse estudo não se utilizou

contrapeso.

Assim, o maior incremento de CK nas situações de exercício com uma perna pode ser justificado pelo gesto motor da pedalada. A lesão muscular é inicialmente causada pela tensão mecânica sobre o músculo (CLARKSON; HUBAL, 2002) e a pedalada unipodal, especialmente sem contrapeso, gera maior torque nos músculos flexores do quadril (BINI; JACQUES; VAZ, 2016). Este aumento do torque parece ser o principal fator que explica o maior aumento da concentração de CK quando corrigido pela potência do teste.

A enzima creatina quinase (CK) está presente, predominantemente, no interior da célula muscular e é liberada para a circulação durante o processo de lesões musculares, sejam elas por trauma ou microlesões causadas por exercício intenso. Portanto, o aumento da concentração de CK no sangue é um importante marcador, em fisiologia do exercício e medicina esportiva, para a detecção de lesão muscular e/ou excesso de trabalho (TOTSUKA et al., 2002). Uma limitação do presente estudo está no fato da realização de apenas uma medida da concentração de CK após o exercício. Entretanto, Mendham et al. (2011) demonstraram que exercício aeróbio de moderada a alta intensidade promove maior aumento na concentração de CK 24 horas após sua realização. Camargo et al. (2012) também relatam que 24 horas após exercício aquático intenso houve um aumento significativo da concentração de CK quando comparado com o grupo que não efetuou o exercício. Assim, acredita-se que o período de análise selecionado no presente estudo foi adequado para determinar a concentração de CK após o exercício.

Os valores da concentração de CK encontrados no presente estudo foram altamente variáveis entre os voluntários. Em alguns indivíduos, são encontrados níveis mais elevados de CK no sangue em comparação com outros indivíduos semelhantes, quando expostos ao mesmo protocolo de exercício, mesmo quando principais fatores de comparabilidade, tais como sexo, idade e estado de treinamento são contabilizados (BAIRD et al., 2012). Essa variabilidade pode ser devido a alterações genéticas ou alterações na composição corporal, tornando-os mais suscetíveis ao aumento da concentração de CK (HELED et al., 2007).

Apesar deste viés da análise da concentração de CK, o presente estudo utilizou a alteração da concentração de CK (Δ CK) ao invés dos valores absolutos, desta forma, acredita-se que esta maneira de quantificar os valores minimizou a variabilidade encontrada entre indivíduos. Outra forma de analisar o incremento da concentração sanguínea de CK é relativizar o incremento de CK por intensidade pedalada (Δ CK/W), pois desta forma esse incremento passa a ser um importante marcador indireto de quanto dano é causado em relação à intensidade de pedalada (FIGUEIRA et al., 2017).

A lactacidemia na intensidade do limiar anaeróbio não apresentou diferença entre as pedaladas unipodais e bipodal, fato esse já esperado, pois até a intensidade do AT não há acúmulo de lactato devido à capacidade tamponante do bicarbonato presente no organismo (WASSERMAN; COX; SIETSEMA, 2014; WASSERMAN; VAN KESSEL; BURTON, 1967).

Neary; Wenger, (1986) constataram que a uma intensidade de 50 W a concentração de lactato era semelhante para as pedaladas unipodal e bipodal, contudo na intensidade de 100 W a pedalada unipodal apresentou maior concentração sanguínea de lactato do que a pedalada bipodal. Possivelmente esses valores foram encontrados devido à intensidade de 100 W ser uma intensidade acima do AT para a pedalada unipodal e abaixo do AT para a pedalada bipodal.

Na intensidade do limiar de compensação respiratória e na intensidade máxima, a concentração de lactato sanguíneo foi maior para a pedalada bipodal do que para as pedaladas unipodais. Essas diferenças apareceram em intensidades acima do limiar anaeróbio, pois, a partir daí inicia-se a espoliação do bicarbonato e com isso um acúmulo de lactato passa ser presente no sangue (WASSERMAN et al., 1973; WASSERMAN; VAN KESSEL; BURTON, 1967). Como na pedalada bipodal existe uma maior massa muscular em trabalho, o volume de lactato produzido é maior, ocorrendo um maior volume acumulado.

Sousa et al. (2013) ao compararem a concentração de lactato, após exercício máximo no leg press e supino reto, encontraram que a concentração de lactato após exercício no leg press foi maior do que no supino reto e justificaram essa diferença pela maior massa muscular presente no exercício leg press.

Turner (2010) demonstrou em seu estudo que a concentração de lactato na intensidade máxima do exercício foi maior para a pedalada bipodal do que para a pedalada unipodal, mesmo utilizando um contrapeso. Para uma intensidade submáxima (130 W), a concentração de lactato para a pedalada unipodal foi maior do que para a pedalada bipodal, contudo os autores não relativizaram a intensidade, a qual poderia ser abaixo do AT para a pedalada bipodal e acima do AT para pedalada unipodal.

Conforme os resultados encontrados por Turner (2010), a eficiência anaeróbia láctica dos voluntários de seu estudo foi 0,047 mmol/IW para a pedalada unipodal e 0,034 mmol/IW para a pedalada bipodal, mostrando que a pedalada bipodal possui uma maior eficiência anaeróbia láctica do que a unipodal. Os resultados de Turner (2010) corroboram o presente estudo, que demonstrou uma eficiência de 0,06 mmol/IW para a pedalada unipodal e 0,04 mmol/IW para a pedalada bipodal, sendo essa mais eficiente. A diferença de valores entre os

estudos pode estar no fato de Turner (2010) ter empregado um contrapeso durante a pedalada unipodal, o que facilitou esse modo de pedalada.

Elmer et al. (2013) avaliaram a lactacidemia e a intensidade atingida na pedalada unipodal, o que resultou em eficiência anaeróbia láctica na pedalada unipodal de 0,055 mmol/IW, valor esse próximo do encontrado no presente estudo, mesmo Elmer et al. (2013) terem utilizado contrapeso para equilibrar o ato de pedalar com uma perna. Os autores não mensuraram a concentração de lactato para a pedalada bipodal.

No trabalho de Neary e Wenger (1986) a eficiência anaeróbia láctica para a pedalada bipodal a 150 W foi 0,012 mmol/IW e para a pedalada unipodal na mesma intensidade foi 0,030 mmol/IW, mostrando que a pedalada bipodal foi mais eficiente do que a pedalada unipodal. Os resultados de Neary e Wenger (1986) corroboram o presente estudo.

5.2 Respostas crônicas

Após o período de 8 semanas de intervenção (somente treino, treino + LED, somente LED e placebo) notou-se que houve um aumento da intensidade máxima atingida, para a perna ativa do grupo TLD, com um tamanho do efeito grande (0,92), para perna ativa do grupo NTLL, com tamanho do efeito médio (0,62), perna ativa e controle do grupo TLL, com tamanho de efeito grande (1,4) e médio (0,37) respectivamente.

O grupo TLL foi o que obteve melhores respostas quanto ao aumento das intensidades de AT, RCT e máxima, além de apresentar melhora não só na pedalada unipodal com a perna ativa, mas também na pedalada unipodal com a perna controle, mostrando que para esse grupo houve melhora cruzada e que a dose, de 225 J, do arranjo de LED aplicada sobre a musculatura da coxa, contribuiu para esse efeito. Não foi encontrado relato na literatura sobre efeito cruzado do treinamento unipodal em cicloergômetro, contudo nossos achados permitem inferir contribuição da pedalada unipodal com a perna ativa na pedalada unipodal com a perna controle.

Este efeito cruzado foi demonstrado por Lee, Gandevia e Carroll, (2009), que investigaram se um treinamento de força unilateral aumentaria *drive* neural do córtex motor, a ponto de contribuir para a transferência de força para o membro não treinado. Os autores concluíram que esse treinamento de força unilateral proporcionou um aumento de força nos músculos homólogos não treinados (LEE; GANDEVIA; CARROLL, 2009). Também já foi demonstrado que o treinamento contralateral ou educação cruzada diminui a instabilidade da perna contralateral, indicando melhora na capacidade de gerar estabilidade durante a

suspensão de uma perna (KIM; CHA; FELL, 2011).

O aumento na intensidade máxima da pedalada unipodal fez com que a somatória das intensidades de cada pedalada unipodal ficasse próxima da intensidade da pedalada bipodal, demonstrando que a melhora ocorreu, em geral, de forma isolada aos membros que sofreram intervenção e que a pedalada bipodal não acompanhou essa melhora.

Na somatória das intensidades da pedalada bipodal o grupo TLD ficou com uma intensidade aproximada de 238 W enquanto que após o período de intervenção a pedalada bipodal ficou com uma intensidade de 230 W. Esses resultados representam uma melhora em relação à condição inicial das respostas agudas frente à pedalada unipodal e bipodal. O grupo NTLL também apresentou a somatória das intensidades da pedalada unipodal próxima da intensidade da pedalada bipodal, estando com aproximadamente 221 W na somatória das pedaladas unipodais enquanto que a pedalada bipodal ficou com 236,67 W. Já, no grupo TLL a pedalada bipodal obteve uma intensidade máxima de 243 W aproximadamente e a somatória das pedaladas unipodais foi 240 W aproximadamente. Os percentuais de intensidade da máxima da pedalada unipodal com a perna ativa em relação à máxima da pedalada bipodal subiu de aproximadamente 39% encontrado nas respostas agudas para 54% para o grupo TLD, 49% para o grupo NTLL e 54% para o grupo TLL. A pedalada unipodal com a perna ativa do grupo NTLD manteve seu percentual, em relação à bipodal, abaixo dos 40%.

O estresse induzido pelo treinamento imposto a um processo ou estrutura fisiológica é o estímulo para a adaptação, resultando em uma capacidade funcional aprimorada (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007). As melhoras de intensidade ocorreram no membro que recebeu a intervenção, exceto para o grupo TLL, no qual a perna controle também obteve um aumento na intensidade máxima, quando comparada com a condição pré-intervenção. O grupo que efetuou o treinamento no AT obteve ganhos devido à melhora do gesto motor, treinamento dos músculos flexores do quadril, antes não habituados ao movimento e melhora metabólica dos músculos envolvidos no movimento.

O treinamento na intensidade do limiar anaeróbio pode proporcionar melhoras tanto na intensidade do AT quanto na máxima (NEARY; WENGER, 1986). Botero et al. (2014) treinaram durante 12 semanas mulheres sobrepesadas, na intensidade do AT e notaram que as intensidades relativas ao AT e ao RCT tiveram um deslocamento à direita em relação à intensidade do esforço, mostrando que esses limiares estavam presentes em intensidades maiores.

No presente estudo, o treinamento na intensidade do AT, determinado pela ergoespiometria, foi capaz de promover aumento na intensidade máxima da pedalada

unipodal com a perna ativa, de maneira que no período pós-intervenção a soma da intensidade máxima das pedaladas unipodais tornou-se maior que da pedalada bipodal. Esses resultados demonstram que o treinamento sem contrapeso possibilita o aumento das intensidades, promovendo melhoras em musculaturas que antes não estavam habituadas ao hábito de pedalar com uma perna, dispensando o uso do contrapeso para melhoras na performance desse membro. Desta forma, a relação da soma das pedaladas unipodais sem contrapeso é menor que a intensidade da pedalada bipodal apenas para indivíduos não treinados unilateralmente. Um período de treinamento de oito semanas no AT é capaz de inverter essa relação entre as intensidades. Essa melhora é particularmente interessante pelo fato de que a pedalada unipodal com contrapeso tem biomecânica similar à pedalada bipodal, com menor solicitação da musculatura flexora do quadril que, portanto, é menos estimulada.

Abbiss et al. (2011) notaram uma maior concentração de GLUT-4 e uma maior atividade mitocondrial na pedalada unipodal com contrapeso, quando comparada com a bipodal. Eles concluem que o treinamento com uma perna melhora atividade mitocondrial e melhora a oferta de glicose aos músculos ativos (ABBISS et al., 2011). Os dados do presente estudo demonstram que, mesmo sem o contrapeso, a intensidade da pedalada unipodal é aumentada, assim com um maior estímulo de treinamento, espera-se maior adaptação ao mesmo.

A adaptação crônica ocorrerá somente se a intensidade do treino for suficiente para provocar uma resposta adaptativa. Esta intensidade mínima foi denominada limiar de intensidade de treino. Da mesma forma, para uma determinada intensidade de treinamento, deve haver um limite de duração do treino, abaixo do qual não ocorre uma resposta adaptativa crônica. Os limiares de intensidade e duração combinados formam o limiar de adaptação, que deve ser superado para melhorar qualquer dos determinantes fisiológicos do desempenho da atividade desenvolvida (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007).

Além das melhoras provocadas no membro treinado, Nyberg et al. (2016) relataram que o treinamento unipodal, realizado em equipamento isocinético, pode proporcionar melhoras específicas ao membro treinado e ainda contribuir para melhora metabólica sistêmica, implicando em uma excelente forma de particionar um treinamento. Menz et al., (2016) ao realizarem treinamento unipodal em normóxia e hipóxia, durante três semanas, em intensidades submáximas de 100 W e 150 W, também relataram melhora sistêmica.

As oito semanas de treinamento na intensidade do limiar anaeróbio foram suficientes para aumentar a intensidade máxima, intensidade do AT e intensidade do RCT para a pedalada unipodal com a perna ativa, porém a aplicação do LED somente, também

proporcionou aumento nas intensidades máxima, AT e RCT, justificada pelo fato da terapia LED proporcionar aumento da densidade mitocondrial e também alterar enzimaticamente sua eficiência, conforme justificado por Silva Alves et al. (2014).

A fototerapia proporciona aumento da microcirculação tecidual, alterando seu metabolismo; estimulação da cadeia respiratória mitocondrial, melhora na sua função e aumento de síntese de ATP, desta forma postergando a fadiga (SANTOS et al., 2014). Também apresenta efeitos ergogênicos e protetores no tecido esquelético, proporcionando aumento da força muscular em 10% a 20%, quando aplicada antes do exercício (ANTONIALLI et al., 2014). No presente estudo, a pedalada unipodal do grupo NTLL apresentou melhora importante na intensidade do AT, RCT e máxima, demonstrando que um total de energia de 225 J, aplicado quatro vezes por semana, durante oito semanas, pode proporcionar essas melhoras, mesmo sem exercício.

Com o aumento da intensidade no AT, RCT e máxima, houve também um aumento da ventilação, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a pedalada unipodal dos grupos NTLL e TLL. O tamanho do efeito foi 0,60 para o grupo NTLL e 0,92 para o grupo TLL. Esse aumento foi proporcionado pela maior necessidade dos músculos recrutados no exercício em captar oxigênio para a demanda metabólica (TURNER, 2010).

Concomitantemente aos aumentos da ventilação e intensidade, também ocorreu aumento do VO_{2max} para a pedalada unipodal com a perna ativa para os grupos NTLL e TLL, com tamanho do efeito de 0,74 e 0,91 respectivamente. Os grupos TLD e NTLD não apresentaram melhora no consumo máximo de oxigênio para nenhum dos modos de pedalada, o que nos permite inferir que a melhora no VO_{2max} foi proporcionada, em grande parte pela aplicação da terapia LED.

O consumo de oxigênio é a mais importante variável da avaliação da condição aeróbia e da reserva funcional do indivíduo (PORT; KWAKKEL; WITTINK, 2015). De acordo com Tamburús et al. (2016), o treinamento no limiar anaeróbio proporciona grandes melhoras na intensidade do AT, contudo nem sempre proporciona melhoras no consumo máximo de oxigênio, sendo indicado para essa melhora treinamento em intensidades mais altas.

Ferraresi et al. (2015) ao utilizarem o mesmo arranjo de LED, pesquisaram o efeito da aplicação, pré-exercício intenso em esteira, no consumo máximo de oxigênio e tempo limite de corrida na intensidade máxima do exercício e constataram um aumento no consumo máximo de oxigênio e aumento do tempo em exercício na intensidade máxima. Ferraresi et al.

(2015) concluíram que um total de energia entregue ao corpo de 450 J, pode proporcionar essas melhoras, corroborando o presente estudo.

O consumo máximo de oxigênio depende de fatores centrais e periféricos, alguns desses fatores são alterações das fibras musculares, aumento do suprimento de capilares, aumento da atividade mitocondrial e aumento da atividade de enzimas oxidativas, benefícios esses proporcionados pela terapia LED, que consequentemente aumenta a capacidade oxidativa do músculo (SILVA ALVES et al., 2014).

No presente estudo, apenas o grupo TLL teve aumento no consumo de oxigênio na intensidade do limiar aneróbio, afetando tanto a pedalada unipodal com a perna ativa quanto a pedalada unipodal com a perna controle. Esse resultado nos permite inferir que a terapia LED, associada ao exercício, proporcionou efeito não só na perna ativa do exercício, mas também na perna controle. Contudo estudos mais abrangentes devem ser efetuados para a comprovação dessa hipótese. Os efeitos provocados pela fototerapia podem ser agudos ou crônicos, podendo proporcionar efeitos em locais que vão além daquele ao qual foi aplicada a fototerapia (KARU, 1988).

Assim como na intensidade do limiar anaeróbio, na intensidade do RCT houve aumento apenas para o grupo TLL, contudo sem efeito cruzado. Esse resultado nos permite inferir que a fototerapia associada ao exercício proporcionou um aumento desse consumo devido à maior extração de oxigênio pelos músculos ativos. A fototerapia aumenta a extração de oxigênio pelos músculos ativos no exercício devido à neovascularização desses músculos e aumento da função mitocondrial (SILVA ALVES et al., 2014).

Vieira et al. (2008) ao analisarem o efeito fototerapia, visando a capacidade aeróbia de mulheres notaram que não houve melhora nessa capacidade. Os autores utilizaram 0,6 Joules por ponto, totalizando 18 Joules de energia, aplicado no músculo quadríceps, após 30 minutos de treinamento na intensidade do AT, em cicloergômetro, e eles observaram que a terapia não desencadeou manifestações sistêmicas nessas mulheres e que isso ocorreu, possivelmente pela dose utilizada, acreditando ter ficado aquém do necessário.

A magnitude do efeito de fotobiomodulação é influenciada pelo comprimento de onda, densidade de energia (ou fluência), densidade de potência, tipo de lesão e espectro de absorção do fotorreceptor (LEAL-JUNIOR et al., 2015). Para que se atinjam resultados desejados é necessário que a dose fique entre 5 a 6 Joules por ponto, encontrando melhores resultados com doses por volta de 40 Joules por região irradiada (LEAL-JUNIOR et al., 2015).

A fototerapia é capaz de estimular o metabolismo mitocondrial promovendo um fornecimento de energia mais elevado nas células, especialmente nas células musculares esqueléticas (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

Macinnis et al. (2016) propuseram um comparativo entre o treinamento unipodal (com contrapeso) intervalado e contínuo. No treinamento intervalado, os voluntários iniciavam o exercício à 30% da intensidade máxima (5 minutos) e quatro repetições de 5 minutos à 65% da intensidade máxima, com 2,5 minutos de recuperação à 20% da intensidade máxima, enquanto que o treinamento contínuo era executado durante 30 minutos à 50% da intensidade máxima. Os autores relataram que o treinamento intervalado provocou adaptações mitocondriais superiores no músculo esquelético humano, quando comparado com o treinamento unipodal contínuo. Por outro lado, a função mitocondrial não foi alterada pelo protocolo de treinamento, sugerindo que as adaptações observadas refletem um aumento no conteúdo mitocondrial, com treinamento (MACINNIS et al., 2016).

O equivalente ventilatório de oxigênio não apresentou diferença da condição pré para a condição pós-intervenção para nenhum dos grupos. No presente estudo, os valores do EqVO₂ foram de aproximadamente 21 corroborando com os resultados de Cornelis e Buys, (2016) que encontraram os mesmos valores para o exercício realizado em cicloergômetro. Estes dados estão de acordo com Menz et al. (2016) que verificaram que o efeito de três semanas de treinamento unipodal com contrapeso, realizado de forma intervalada, e não encontraram alteração no EqVO₂, corroborando o presente estudo.

Contudo houve melhora na intensidade do limiar anaeróbico e no consumo de oxigênio nessa intensidade, mostrando que para um mesmo recrutamento de áreas pulmonares de trocas gasosas ocorreu um aumento da capacidade de trabalho.

A eficiência aeróbia na intensidade do AT e RCT melhorou para a pedalada unipodal com a perna ativa nos grupos TLL e NTLL, embora com tendência de melhora para o grupo TLD, o qual apresentou um tamanho do efeito grande, 1,23 para a intensidade do AT e 1,07 para a intensidade do RCT. A pedalada unipodal com a perna controle e a pedalada bipodal, não apresentaram melhora em nenhum dos grupos nessas intensidades.

O aumento do desempenho no exercício ocorre por modificação e aprimoramento do gesto motor e/ou pela melhora do consumo de oxigênio sustentável durante a execução do exercício, melhorando a capacidade de ressíntese de ATP (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007). No presente estudo, os grupos TLD e NTLL obtiveram, para a pedalada unipodal com a perna ativa, melhora na intensidade do AT e manutenção do consumo de oxigênio (AT), o que demonstra melhora na eficiência aeróbia, pois para um mesmo consumo

atingiu-se uma intensidade de limiar anaeróbio maior. O grupo TLL, para a pedalada unipodal com a perna ativa, aumentou tanto a intensidade quanto o consumo de oxigênio no AT, contudo houve uma melhora na eficiência aeróbia com maior tamanho do efeito (1,34), quando comparada com os grupos TLD e NTLL, o que nos permite inferir que essa melhora na eficiência foi proporcionada tanto pelo aumento da intensidade quanto pelo aumento do consumo de oxigênio na intensidade do limiar anaeróbio.

O treinamento na intensidade do limiar anaeróbio permitiu que os voluntários pudessem aprimorar o gesto motor da pedalada unipodal sem contrapeso e proporcionar modificações metabólicas nos músculos flexores do quadril tornando-os menos fatigáveis durante o ato de pedalar com uma perna. Embora seja conhecida a debilidade desses músculos em executarem esse movimento com tamanha frequência (BINI et al., 2015) o presente estudo mostrou que eles podem ser estimulados a aumentarem seu desempenho em uma atividade que não seja habitual.

Jeukendrup, Craig e Hawley (2000) afirmam que melhoras na eficiência mecânica bruta do ciclismo resultam em melhoras no desempenho. Os autores relatam que um ciclista de 70 kg que pode manter uma potência de 400 W por 1 hora, se eles tiverem um aumento de 1% na eficiência bruta, resultaria em melhora de 48 segundos em 40km de prova contra o relógio (JEUKENDRUP; CRAIG; HAWLEY, 2000).

Ademais, a melhora na eficiência aeróbia na intensidade do AT além de ter sido proporcionada pelo treinamento sistemático nessa intensidade, grande contribuição dessa melhora foi proporcionada pela terapia LED, já que os dois grupos a melhorarem foram o TLL e NTLL, embora o grupo TLD possuísse um grande tamanho do efeito.

Ferraresi et al. (2015) encontraram em seu estudo que a aplicação da terapia LED possibilitou um aumento no tempo de exercício executado na intensidade do consumo máximo de oxigênio, melhorando a eficiência aeróbia e consequentemente o desempenho no exercício.

Maldonado (2013) analisou o efeito da terapia LED no desempenho de atletas de futebol. A terapia LED foi aplicada duas vezes na semana, após o treinamento de força, conforme periodização da equipe técnica, irradiando os músculos quadríceps, isquiotibiais e tríceps sural. Foi utilizado um total de 75 Joules por grupo muscular, durante 6 semanas, totalizando 12 aplicações. O autor analisou o desempenho em saltos verticais e velocidade em 10 e 35 metros. Maldonado (2013) relatou melhora no desempenho dos atletas, após serem submetidos à terapia LED, com o mesmo arranjo de LED do presente estudo, na potência muscular e na velocidade média de corrida, tornando-os mais eficientes.

A eficiência aeróbia na intensidade máxima melhorou apenas para o grupo TLL, proporcionando melhora para a pedalada unipodal com a perna ativa, pedalada unipodal com a perna controle e pedalada bipodal. Os demais grupos não apresentaram melhora na eficiência aeróbia. O treinamento no AT associado à terapia LED proporcionou a melhora na eficiência aeróbia, não só para a perna que executou o treinamento, mas também para a perna controle e consequentemente para a pedalada bipodal. Conforme descrito anteriormente, o treinamento na intensidade do limiar anaeróbio, não necessariamente promove aumentos no consumo máximo de oxigênio, contudo a combinação do treinamento e terapia LED foi suficiente para proporcionar essa melhora no presente estudo.

Paolillo et al. (2013) avaliaram o treinamento em esteira, associado à Terapia LED durante 6 meses. Os autores separaram seus voluntários em 3 grupos, os quais um treinava e recebia a terapia, outro somente treinava (sem LED) e outro não sofria intervenção alguma, com a finalidade de avaliar os efeitos desse tipo de intervenção durante o período estabelecido. Os autores aplicaram a fototerapia, durante o treinamento, com uma fluência de 108 J/cm^2 , e avaliaram as adaptações cardiovasculares das voluntárias. Paolillo et al. (2013) relataram que as voluntárias que realizaram exercícios físicos com ou sem fototerapia mostraram melhora na aptidão aeróbica. Contudo, a irradiação com LED combinada com treinamento levou a um maior aumento da tolerância ao exercício máximo (PAOLILLO et al., 2013), corroborando o presente estudo.

No presente estudo, a pedalada unipodal com a perna ativa do grupo TLL melhorou a eficiência aeróbia em aproximadamente 43% na intensidade do AT e 25% na intensidade máxima. Para o grupo NTLL a melhora na pedalada unipodal com a perna ativa foi em aproximadamente 14% na intensidade do AT, não houve melhora na intensidade máxima para esse grupo. A pedalada unipodal com a perna ativa, do grupo TLD, também mostrou uma tendência a melhora ($d=1,23$) com um aumento na eficiência aeróbia na intensidade do AT em 35%.

Com o treinamento e/ou aplicação da terapia LED, notamos excelentes melhoras na eficiência aeróbia dos voluntários dos grupos TLL, NTLL e TLD, o que nos permite inferir que o treinamento sistemático bem como a aplicação da terapia LED proporcionam melhoras na eficiência aeróbia, seja por melhoras no gesto motor (MIDGLEY; MCNAUGHTON; JONES, 2007) ou melhoras na maquinaria enzimática mitocondrial, promovida pela fototerapia (BORSA; LARKIN; TRUE, 2013). Paolillo et al. (2011) afirmam que a fototerapia LED associada ao treinamento pode ser potencialmente utilizada para protocolos de esportes e reabilitação o qual o objetivo principal é o desempenho muscular, corroborando

o presente estudo.

Já está bem elucidado que o treinamento unipodal melhora a eficiência aeróbia do membro treinado. Contudo, essa melhora pode ser estendida ao membro contralateral ou ao desempenho bipodal (HELGE et al., 2007; SWENSEN; HOWLEY, 1993; TURNER, 2010). Entretanto, Abbiss et al. (2011) não encontraram diferença na eficiência aeróbia pré *versus* pós-treinamento e atribuíram isso ao tempo de somente 3 semanas de treino.

Características determinantes para um melhor desempenho do atleta pode ser incluída a sua capacidade em resistir à lesão muscular induzida pelo exercício. A lesão muscular induzida pelo exercício ocorre frequentemente após o exercício que não se esteja habituado, particularmente se o exercício envolver uma grande quantidade de contrações excêntricas (CLARKSON; HUBAL, 2002).

Determinar um limiar preciso da fadiga e consequente lesão muscular induzida pelo exercício possui limitações (AL-MULLA; SEPULVEDA; COLLEY, 2011), contudo uma forma de inferir os danos musculares é a mensuração de proteínas musculares como mioglobinas e creatina quinase, esta última considerada padrão ouro para inferir dano muscular (FERRARESI et al., 2015a, 2015b; UCHIDA et al., 2009).

No presente estudo, o grupo NTLL foi o único a apresentar redução na resposta da concentração de CK, da condição pré para a condição pós-intervenção, para a pedalada unipodal com a perna ativa. Embora não tenha havido diminuição estatística da concentração de CK, houve um aumento da intensidade, o que nos permite inferir que para uma intensidade absoluta maior, o dano muscular foi o mesmo, indicando um efeito protetor não só para o grupo NTLL, mas também para os grupos TLD e TLL. Como o grupo NTLD não apresentou melhora na intensidade e nem diminuição da concentração de CK, esse grupo não sofreu qualquer influência da situação placebo.

Para os grupos NTLD, TLD, NTLL e TLL, a pedalada unipodal com a perna ativa do grupo NTLL foi a que teve maior redução no delta da [CK] entre as situações pré e pós-intervenção ($d=1,48$), seguido do grupo TLD ($d=0,82$), do grupo TLL ($d=0,77$) e grupo NTLD ($d=0,52$). Os achados mostram que a terapia LED aplicada de forma sistemática contribuiu para a geração de um efeito protetor contra a lesão muscular induzida pelo exercício.

O aumento da concentração de CK está ligado diretamente com a perda de desempenho de atletas e este biomarcador mostra-se muito eficaz para monitorar o nível de lesão muscular de atletas em competição (HUNKIN; FAHRNER; GASTIN, 2014).

Camargo et al. (2012) relatam que a terapia LED de 940 nm é efetiva para reduzir a

inflamação e o dano muscular induzido pelo exercício. Os autores justificam ainda que o efeito da fototerapia está relacionado com seu potencial anti-inflamatório e à preservação da integridade da membrana das células musculares. Camargo et al. (2012) afirmam que a terapia com diodo emissor de luz mostrou-se mais eficaz do que a imersão em água gelada para minimizar os danos musculares.

Ao relativizar o incremento de creatina quinase por Watt pedalado, se fez o comparativo intergrupo (NTLD, TLD, NTLL e TLL), e notou-se que houve uma diminuição da [CK], por Watt pedalado ($\Delta CK/W$), para a pedalada unipodal com a perna ativa para os grupos NTLL e TLL, com tamanho do efeito de 1,59 e 1,29 respectivamente. Houve também uma tendência à diminuição para a pedalada unipodal do grupo TLD, com tamanho do efeito de 0,98. Também houve uma diminuição da [CK] para a pedalada unipodal com a perna controle para o grupo TLD ($d=1,21$) e um aumento para a pedalada bipodal do mesmo grupo. Os resultados mostram que além da terapia LED ter proporcionado um efeito protetor, pode-se inferir que o treinamento também minimizou o aparecimento do dano muscular, contudo ainda com destaque para a terapia LED.

Ferraresi et al. (2015a) ao utilizarem a terapia LED em atletas de voleibol, 1 hora antes dos jogos, notaram que essa terapia diminuiu o dano muscular induzido pelo exercício, avaliada pela concentração de creatina quinase. Os autores afirmam que a janela terapêutica para essa situação ficou em doses entre 210 e 315 Joules. Resultados de Ferraresi et al., (2015b) corroboram o presente estudo, que utilizou uma dose de 225 joules.

A fototerapia induz um efeito na melhora do desempenho no músculo esquelético durante os exercícios e também preservam o tecido contra danos musculares induzidos pelo exercício e aceleram a recuperação quando aplicado antes dos exercícios (LEAL-JUNIOR et al., 2015).

Estudos mostraram que a fototerapia aumenta a formação de novas miofibrilas que preenchem as lacunas no sítio da lesão muscular, com isso e as características contráteis puderam ser reestabelecidas no local de lesão. A fototerapia promove uma maior maturação de miofibrilas jovens e proporciona um aumento do número e ativação de células satélites em torno das miofibrilas que sofrem a ação da fototerapia (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012).

Embora estejam bem elucidados na literatura os benefícios da terapia LED no que tange a prevenção de lesão muscular induzida pelo exercício, não foi encontrado nenhum trabalho que relatava o uso diário e sistemático da terapia LED com intuito de minimizar lesões futuras. No presente estudo o grupo NTLL irradiação LED (225 J) 4 dias na semana,

durante 8 semanas, verificou que esse procedimento pode minimizar o incremento de CK após o período de intervenção. Ainda assim mais estudos visando o uso sistemático da terapia LED com intuito de minimizar os danos musculares induzidos pelo exercício são necessários para maior compreensão desse fenômeno.

Ao se comparar a concentração de lactato no sangue dos voluntários, encontrou-se que, da condição pré para a condição pós-intervenção, a pedalada unipodal com a perna ativa do grupo NTLL aumentou sua concentração na intensidade do limiar anaeróbio, na intensidade do limiar de compensação respiratória e na intensidade máxima. Esses achados são justificados porque a terapia LED proporcionou um aumento das intensidades nessas condições, tornando os músculos mais tolerantes a concentrações mais altas de lactato. Leal Junior et al. (2011) relatam que a terapia LED proporciona maior tolerância à fadiga e diminuição de marcadores bioquímicos responsáveis pela detecção da fadiga muscular.

A pedalada unipodal com a perna ativa para o grupo TLL teve os valores da concentração de lactato aumentado na intensidade do RCT, contudo na intensidade do AT e máxima houve uma tendência ao aumento com tamanho do efeito grande, 1,45 e 1,13 respectivamente. Quanto maior a capacidade de trabalho, maior a concentração de lactato contida no sangue (MACHADO et al., 2013).

Para a pedalada unipodal com a perna controle, a alteração na concentração de lactato ocorreu no grupo TLD na intensidade máxima (diminuição), mesmo expressando tendência na intensidade do AT ($d=0,85$) e RCT ($d=1,03$), também apresentou tendência a alteração nos grupos NTLL e TLL na intensidade do AT e máxima.

Denis, O'Brien e Delahunt, (2013) objetivaram em seu estudo verificar os efeitos da terapia LED após um exercício de alta intensidade, usando como protocolo de exercício o teste de Wingate. Os autores analisaram a concentração de lactato, a potência pico atingida no teste e o índice de fadiga e não observaram diferença entre o grupo tratado e o placebo (DENIS; O'BRIEN; DELAHUNT, 2013).

Ferraresi et al. (2015b) encontraram em seu estudo uma menor concentração de lactato no exercício máximo depois de ter recebido a terapia LED. Os autores relataram que essa menor concentração de lactato ocorreu devido à maior utilização mitocondrial do mesmo ou pela inibição da enzima lactato-desidrogenase que acarretou em menor produção.

Embora vários trabalhos já tenham mostrado o efeito da terapia LED sobre a concentração de lactato, nenhum deles mostrou o efeito do uso sistemático da terapia LED (efeito crônico) no lactato sanguíneo, conforme apresentado no presente estudo.

É sabido que treinamento na intensidade do limiar anaeróbio proporciona pouco ou

nenhuma melhora na via glicolítica, necessitando para essa melhora treinamento em intensidades máximas ou supramáximas (FONSECA et al., 2010). No presente estudo, apenas a perna ativa do grupo TLD melhorou a eficiência anaeróbia láctica, o que não era esperado nesse estudo, já que o treinamento aplicado era de melhora de vias aeróbias.

Abbiss et al. (2011) encontraram que o treinamento no limiar anaeróbio proporcionou melhorias no potencial oxidativo do músculo esquelético, na potência aeróbica máxima, no VO_{2max} , e na eficiência mecânica, contudo a capacidade anaeróbia láctica não foi significativamente diferente na pedalada com uma ou duas pernas.

A variação da concentração de lactato nos diferentes grupos e nos diferentes modos de pedalada indica a necessidade de mais estudos relativos a este assunto, para poder elucidar o comportamento do lactato sanguíneo após utilização sistemática da terapia LED.

Contudo, a terapia LED mostrou-se bastante eficaz no que tange ao âmbito de melhora do desempenho dos indivíduos, aumentando a potência e minimizando danos musculares provocados pelo exercício. Ainda assim necessita-se de mais estudos que verifiquem o efeito crônico da aplicação sistemática da terapia LED, bem como a duração do seu efeito.

6. CONCLUSÃO

Como respostas agudas frente à pedalada unipodal e bipodal, conclui-se com esse trabalho que a pedalada unipodal, sem auxílio de contrapeso, atingiu uma intensidade máxima de aproximadamente 39% da intensidade máxima da pedalada bipodal (convencional) e ainda as intensidades de AT e RCT também foram menores na pedalada unipodal quando comparadas com a pedalada bipodal. Permite concluir que parâmetros como ventilação, consumo de oxigênio (AT, RCT e máximo), eficiência aeróbia, eficiência anaeróbia láctica e concentração sanguínea de lactato são menores na pedalada unipodal quando comparada com a bipodal. Embora esses parâmetros sejam menores para a pedalada unipodal, este trabalho nos permite concluir que esta forma de pedalar proporciona um maior dano muscular, expresso pelo maior incremento de creatina quinase na pedalada unipodal quando comparada com a pedalada bipodal. Contudo, crônicamente, o treinamento e/ou terapia LED unipodal é capaz de melhorar a intensidade (AT, RCT, máxima) e ventilação máxima. O treinamento sem a fototerapia não apresentou melhoras no consumo de oxigênio no AT e no RCT, e apresentou uma tendência no VO_{2max} , já o treinamento associado à fototerapia proporcionou melhoras no consumo de oxigênio nas intensidades do AT, RCT e máxima, sendo o consumo máximo de oxigênio melhorado também no grupo NTLL. Conclui-se ainda que a eficiência aeróbia na intensidade do AT melhorou com o treinamento associado à fototerapia e somente fototerapia (TLL e NTLL) da mesma forma essa melhora foi encontrada na intensidade do RCT. Na intensidade máxima a melhora foi proporcionada apenas no treinamento associado à fototerapia. Conclui-se também que a terapia LED aplicada de maneira sistemática diminuiu as respostas da concentração de CK no membro que sofreu a intervenção. A terapia LED, aplicada de forma sistemática, é capaz de promover as mesmas melhoras em intensidades, consumo de oxigênio e eficiência aeróbia que o treinamento proporcionou, contudo em magnitudes diferentes, ainda é capaz de proporcionar efeito protetor contra lesão muscular induzida pelo exercício. A terapia LED associada ao treinamento potencializa os efeitos conseguidos com o treinamento somente.

REFERÊNCIAS¹

- ABBISS, C. R. et al. Single-leg cycle training is superior to double-leg cycling in improving the oxidative potential and metabolic profile of trained skeletal muscle. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 110, n. 5, p. 1248–1255, 2011.
- AL-MULLA, M. R.; SEPULVEDA, F.; COLLEY, M. A Review of Non-Invasive Techniques to Detect and Predict Localised Muscle Fatigue. **Sensors**, v. 11, n. 12, p. 3545–3594, 24 mar. 2011.
- ALLISON, S. J. et al. High impact exercise increased femoral neck bone mineral density in older men: A randomised unilateral intervention. **Bone**, v. 53, n. 2, p. 321–328, 2013.
- ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C. G. S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Rev Bras Med Esporte**, v. 9, n. 2, p. 104–112, 2003.
- ANTONIALLI, F. C. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1967–1976, 2014.
- ASAHARA, R. et al. The prefrontal oxygenation and ventilatory responses at start of one-legged cycling exercise have relation to central command. **Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 5, p. 1115–1126, 2016.
- BAGNATO, V. S. **Novas técnicas ópticas para as áreas da saúde**. [s.l.] Livraria da Física, 2008.
- BAIRD, M. F. et al. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2012, 2012.
- BARROS-NETO, T. L. DE; TEBEXRENI, A. S.; TAMBEIRO, V. L. Aplicações Práticas da Ergoespirometria no Atleta. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 11, p. 695–705, 2001.
- BAXTER, G. D. Laserterapia de baixa intensidade. In: KITCHEN, S. (Ed.). **Eletroterapia: Prática Baseada em Evidências**. 11. ed. Barueri: Manole, 2003. p. 171–188.
- BENGT, P.; BENGT, S. Availability for prolonged of substrates and capacity heavy exercise in man. **Journal of Applied Physiology**, v. 31, n. 3, p. 416–422, 1971.
- BINI, R. R. et al. Comparison of Kinetics, Kinematics, and Electromyography During Single-Leg Assisted and Unassisted Cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1534–1541, jun. 2015.
- BINI, R. R.; JACQUES, T. C.; VAZ, M. A. Joint torques and patellofemoral force during single-leg assisted and unassisted cycling. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 25, n. 1, p. 40–47, 2016.
- BORSA, P. A.; LARKIN, K. A.; TRUE, J. M. Does phototherapy enhance skeletal muscle

¹ De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

contractile function and postexercise recovery? A systematic review. **Journal of Athletic Training**, v. 48, n. 1, p. 57–67, 2013.

BOTERO, J. P. et al. Does aerobic exercise intensity affect health-related parameters in overweight women? **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 34, n. 2, p. 138–142, 2014.

BROXTERMAN, R. M. et al. Influence of pedal cadence on the respiratory compensation point and its relation to critical power. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 208, p. 1–7, mar. 2015.

BUCCI, M. et al. Efeitos do treinamento concomitante hipertrofia e endurance no músculo esquelético. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 13, n. 1, p. 17–28, 2005.

BURGOMASTER, K. A. et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **The Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 151–160, 1 jan. 2008.

CAMARGO, M. Z. et al. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 5, p. 1051–1058, 2012.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–S69, 2002.

COCO, M. et al. Changes in cortical excitability and blood lactate after a fatiguing hand-grip exercise. **Somatosensory & Motor Research**, v. 31, n. 1, p. 35–39, 17 mar. 2014.

CORNELIS, N.; BUYS, R. The effects of exercise modality on maximal and submaximal exercise parameters obtained by graded maximal exercise testing. **International Journal of Cardiology**, v. 222, p. 538–547, nov. 2016.

COSTA, V. P. et al. Efeitos do treinamento intervalado em variáveis fisiológicas e na performance de ciclistas competitivos. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 7, n. 2, p. 83–89, 2014.

COYLE, E. F. et al. Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 23, n. 1, p. 93–107, jan. 1991.

DATTA, D.; NORMANDIN, E.; ZUWALLACK, R. Cardiopulmonary exercise testing in the assessment of exertional dyspnea. **Annals of Thoracic Medicine**, v. 10, n. 2, p. 77, 2015.

DAVIES, C. T.; SARGEANT, A. J. Physiological responses to one- and two-leg exercise breathing air and 45 percent oxygen. **Journal of Applied Physiology**, v. 36, n. 2, p. 142–148, 1974.

DAVIES, C. T.; SARGEANT, A. J. Effects of training on the physiological responses to one- and two-leg work. **Journal of applied physiology**, v. 38, n. 3, p. 377–5, mar. 1975.

DE MARCHI, T. et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity

running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers in Medical Science**, v. 27, n. 1, p. 231–236, 8 jan. 2012.

DEKERLE, J. et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 3, p. 281–288, maio 2003.

DENIS, R.; O'BRIEN, C.; DELAHUNT, E. The effects of light emitting diode therapy following high intensity exercise. **Physical Therapy in Sport**, v. 14, n. 2, p. 110–115, 2013.

DI PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3–4, p. 420–429, 9 out. 2003.

ELKIS, H.; GATTAZ, W. F. Algumas recomendações para estudos com placebo. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 22, n. 4, p. 153–154, dez. 2000.

ELMER, S. J. et al. Fatigue is specific to working muscles: no cross-over with single-leg cycling in trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 2, p. 479–488, 18 fev. 2013.

ENWEMEKA, C. S. Light is Light. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 23, n. 2, p. 159–160, 2005.

ESPÍRITO-SANTO, H.; DANIEL, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos: As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. **Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social**, v. 1, n. 1, p. 3–16, 2015.

FELISMINO, A. S. et al. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: A randomized double-blind placebo-controlled trial. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 3, p. 933–938, 2014.

FERRARESI, C. et al. Light-emitting diode therapy (LEDT) before matches prevents increase in creatine kinase with a light dose response in volleyball players. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 4, p. 1281–1287, 2015a.

FERRARESI, C. et al. Muscular pre-conditioning using light-emitting diode therapy (LEDT) for high-intensity exercise: a randomized double-blind placebo-controlled trial with a single elite runner. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 14, n. November, p. 1–8, 2015b.

FERRARESI, C.; HAMBLIN, M. R.; PARIZOTTO, N. A. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: Performance, fatigue and repair benefited by the power of light. **Photonics and Lasers in Medicine**, v. 1, n. 4, p. 267–286, 2012.

FIGUEIRA, T. G. et al. Comparação do consumo máximo de oxigênio de indivíduos pedalando com uma ou duas pernas em cicloergômetro. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 21, n. Supp 01, p. 59, 2016.

FIGUEIRA, T. G. et al. Creatine Kinase Response of Physically Active Young Men to One- and Two-Legged Cycling. **Journal of Exercise Physiology**, v. 20, n. 3, p. 168–176, 2017.

FONSECA, R. M. DA et al. Efeitos Crônicos Do Treinamento De Exercícios Intermitentes De Alta Intensidade. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 9, n. 1, p. 99–

112, 2010.

GLESER, M. A. Effects of hypoxia and physical training on hemodynamic adjustments to one-legged exercise. **Journal of applied physiology**, v. 34, n. 5, p. 655–9, maio 1973.

GORDON, N. et al. Physiological Responses To Double- And Single-Leg High Intensity Interval Cycling In Healthy Older Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, p. 362, maio 2016.

GULSOY, M. et al. The biological effects of 632.8-nm low energy He-Ne laser on peripheral blood mononuclear cells in vitro. **Journal of photochemistry and photobiology. B, Biology**, v. 82, n. 3, p. 199–202, 1 mar. 2006.

GUNNARSSON, T. P. et al. Effect of intensified training on muscle ion kinetics, fatigue development, and repeated short-term performance in endurance-trained cyclists. **AJP: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 305, n. 7, p. R811–R821, 1 out. 2013.

HAWLEY, J. A.; STEPTO, N. K. Adaptations to training in endurance cyclists: implications for performance. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 31, n. 7, p. 511–20, 2001.

HELED, Y. et al. CK-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 103, n. 2, p. 504–510, 2007.

HELGE, J. W. et al. Four weeks one-leg training and high fat diet does not alter PPAR?? protein or mRNA expression in human skeletal muscle. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 1, p. 105–114, 2007.

HOFF, J. et al. Increased Blood Lactate Level Deteriorates Running Economy in World Class Endurance Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1373–1378, maio 2016.

HUANG, Y.-Y. et al. Biphasic Dose Response in Low Level Lightherapy. **Dose-Response**, v. 7, n. 4, p. 358–383, 1 jan. 2009.

HUANG, Y.-Y. et al. Biphasic Dose Response in Low Level Light Therapy – an Update. **Dose-Response**, v. 9, n. 4, p. 602–618, 2011.

HUNKIN, S. L.; FAHRNER, B.; GASTIN, P. B. Creatine kinase and its relationship with match performance in elite Australian Rules football. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, n. 3, p. 332–336, 2014.

JEUKENDRUP, A. E.; CRAIG, N. P.; HAWLEY, J. A. The bioenergetics of World Class Cycling. **Journal of science and medicine in sport**, v. 3, n. 4, p. 414–33, dez. 2000.

KARU, T. I. Molecular mechanism of the therapeutic effect of low-intensity laser irradiatio. **Lasers in the life science**, v. 2, n. 1, p. 53–74, 1988.

KELENCZ, C. A. et al. Effect of Low-Power Gallium–Aluminum–Arsenium Noncoherent Light (640 nm) on Muscle Activity: A Clinical Study. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 28, n. 5, p. 647–652, out. 2010.

KIM, K.; CHA, Y. J.; FELL, D. W. The effect of contralateral training: Influence of unilateral isokinetic exercise on one-legged standing balance of the contralateral lower extremity in adults. **Gait and Posture**, v. 34, n. 1, p. 103–106, 2011.

KITCHEN, S. S.; PARTRIDGE, C. J. A review of low level laser therapy. **Physiotherapy**, v. 77, n. 1, 1991.

KLAUSEN, K. et al. Central and regional circulatory adaptations to one-leg training. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, v. 52, n. 4, p. 976–83, abr. 1982.

LEAL-JUNIOR, E. C. P. 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 in medical science**, v. 30, n. 2, p. 925–939, 2015.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes—preliminary results. **Lasers in Medical Science**, v. 26, n. 4, p. 493–501, 19 jul. 2011.

LEE, M.; GANDEVIA, S. C.; CARROLL, T. J. Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. **Clinical Neurophysiology**, v. 120, n. 4, p. 802–808, 2009.

MACHADO, F. A. et al. Incremental test design, peak “aerobic” running speed and endurance performance in runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 16, n. 6, p. 577–582, 2013.

MACINNIS, M. J. et al. Superior mitochondrial adaptations in human skeletal muscle after interval compared to continuous single-leg cycling matched for total work. **The Journal of physiology**, v. 0, p. 1–14, 2016.

MACINNIS, M. J. et al. Physiological responses to incremental, interval, and continuous counterweighted single-leg and double-leg cycling at the same relative intensities. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 7, p. 1423–1435, 2017.

MALDONADO, T. **Efeitos da terapia LED (Light-Emitting Diode) de baixa potência sobre o desempenho funcional de jovens atletas de futebol**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2013.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. [s.l.] Guanabara koogan, 1999.

MCDANIEL, J. et al. Comparing The Physiological Responses To Single and Double Leg Cycling In Older Individuals. **American College of Sports Medicine**, v. 6, p. 2016, 2016.

MCKAY, G. A.; BANISTER, E. W. A comparison of maximum oxygen uptake determination by bicycle ergometry at various pedaling frequencies and by treadmill running at various speeds. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 35, n. 3, p. 191–200, ago. 1976.

MENDHAM, A. E. et al. Effects of mode and intensity on the acute exercise-induced IL-6

and CRP responses in a sedentary, overweight population. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 6, p. 1035–1045, 2011.

MENZ, V. et al. Cardiorespiratory effects of one-legged high-intensity interval training in normoxia and hypoxia: A pilot study. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n. 2, p. 208–213, 2016.

MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; JONES, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 37, n. 10, p. 857–80, 2007.

MORTENSEN, S. P. et al. Limitations to systemic and locomotor limb muscle oxygen delivery and uptake during maximal exercise in humans. **The Journal of Physiology**, v. 566, n. 1, p. 273–285, jul. 2005.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British journal of sports medicine**, v. 41, n. 10, p. 674–8, out. 2007.

MOURA, N. A. Esteróides anabólicos androgênicos e esportes: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 6, n. 1, p. 101–109, 1984.

MYERS, J. et al. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 17, n. 6, p. 1334–1342, maio 1991.

NEARY, P. J.; WENGER, H. A. The effects of one- and two-legged exercise on the lactate and ventilatory threshold. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 54, n. 6, p. 591–5, 1986.

NYBERG, A. et al. Acute Effects of Low-Load/High-Repetition Single-Limb Resistance Training in COPD. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 12, p. 2353–2361, 2016.

OGITA, F. et al. Oxygen uptake in one-legged and two- legged exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 10, p. 1737–1742, 2000.

OLIVIER, N. et al. Effect of one-leg cycling aerobic training in amateur soccer players after anterior cruciate ligament reconstruction. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 88, n. 5, p. 362–8, maio 2009.

OLIVIER, N. et al. The Effect of a One-Leg Cycling Aerobic Training Program During the Rehabilitation Period in Soccer Players With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 20, n. 1, p. 28–33, jan. 2010.

PAOLILLO, F. R. et al. Effects of Infrared-LED Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 29, n. 9, p. 639–645, set. 2011.

PAOLILLO, F. R. et al. Infrared LED irradiation applied during high-intensity treadmill training improves maximal exercise tolerance in postmenopausal women: A 6-month longitudinal study. **Lasers in Medical Science**, v. 28, n. 2, p. 415–422, 2013.

- POLLAK, K. A. et al. Exogenously applied muscle metabolites synergistically evoke sensations of muscle fatigue and pain in human subjects. **Experimental Physiology**, v. 99, n. 2, p. 368–380, 1 fev. 2014.
- PORT, I.; KWAKKEL, G.; WITTINK, H. Systematic review of cardiopulmonary exercise testing post stroke: Are we adhering to practice recommendations? **Journal of Rehabilitation Medicine**, v. 47, n. 10, p. 881–900, 2015.
- QUITKIN, F. M. Placebos, drug effects, and study design: a clinician's guide. **The American journal of psychiatry**, v. 156, n. 6, p. 829–36, jun. 1999.
- RICHARDS, R. S. et al. Blood parameters indicative of oxidative stress are associated with symptom expression in chronic fatigue syndrome. **Redox Report**, v. 5, n. 1, p. 35–41, 19 fev. 2000.
- SANTOS, L. A. et al. Effects of pre-irradiation of low-level laser therapy with different doses and wavelengths in skeletal muscle performance, fatigue, and skeletal muscle damage induced by tetanic contractions in rats. **Lasers in Medical Science**, p. 1617–1626, 2014.
- SARGEANT, A. J.; DAVIES, C. T. Forces applied to cranks of a bicycle ergometer during one- and two-leg cycling. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, v. 42, n. 4, p. 514–8, abr. 1977.
- SHIMIZU, M. et al. The ventilatory threshold: Method, protocol, and evaluator agreement. **American Heart Journal**, v. 122, n. 2, p. 509–516, 1991.
- SILVA ALVES, M. A. et al. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1945–1951, 2014.
- SILVA, A. C. DA; TORRES, F. C. Ergoespirometria em atletas paraolímpicos brasileiros. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 3, p. 107–116, 2002.
- SILVA JUNIOR, L. S. et al. Os efeitos agudos de diferentes protocolos de ciclismo indoor nas respostas fisiológicas e na percepção subjetiva de esforço. **Revista da Educação Física**, v. 19, n. 2, p. 261–267, 2008.
- SILVEIRA, P. C. L. et al. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in muscle healing by low-level laser therapy. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 95, n. 2, p. 89–92, maio 2009.
- SILVEIRA, P. C. L.; STRECK, E. L.; PINHO, R. A. Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in wound healing by low-level laser therapy. **Journal of photochemistry and photobiology. B, Biology**, v. 86, n. 3, p. 279–82, 1 mar. 2007.
- SIMONEAU, J. A. et al. Inheritance of human skeletal muscle and anaerobic capacity adaptation to high-intensity intermittent training. **International journal of sports medicine**, v. 7, n. 3, p. 167–71, jun. 1986.
- SIQUEIRA, C. P. C. M. et al. Efeitos biológicos da luz: aplicação de terapia de baixa potência empregando LEDs (Light Emitting Diode) na cicatrização da úlcera venosa: relato de caso. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 30, n. 1, p. 37, 15 jul. 2009.

- SON, H. J. et al. Creatine kinase isoenzyme activity during and after an ultra-distance (200 km) run. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 357–361, 2015.
- SOUSA, N. F. et al. Limiar de lactato em exercício resistido em idosos. **Motricidade**, v. 9, n. 1, p. 86–93, 2013.
- STEPTO, N. K. et al. Metabolic demands of intense aerobic interval training in competitive cyclists. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 2, p. 303–10, fev. 2001.
- SWENSEN, T. C.; HOWLEY, E. T. Effect of one- and two-leg training on arm and two-leg maximum aerobic power. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 66, p. 285–288, 1993.
- TAMBURÚS, N. Y. et al. Interval training based on ventilatory anaerobic threshold improves aerobic functional capacity and metabolic profile: a randomized controlled trial in coronary artery disease patients. **European journal of physical and rehabilitation medicine**, v. 52, n. 1, p. 1–11, fev. 2016.
- THOMAS, L. N. **SINGLE-LEG CYCLING, AN EVALUATION OF PEDAL POWERS**. [s.l.] University of Utah, 2011.
- THOMAS, L. N.; MARTIN, J. C. Single Leg Cycling; An Evaluation Of Pedal Powers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. Supplement 1, p. 54–55, 2009.
- TOTSUKA, M. et al. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 93, n. 4, p. 1280–1286, 2002.
- TUNER, J.; HODE, L. **Low Level Laser Therapy: clinical practice and scientific background**. Sweden: Prima Books, 1999.
- TURNER, R. E. F. **SINGLE- LEG CYCLING : A NEW TRAINING PARADIGM FOR IMPROVED BILATERAL CYCLING PERFORMANCE**. [s.l.] University of Birmingham, 2010.
- UCHIDA, M. C. et al. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **Journal of sports sciences**, v. 27, n. 5, p. 499–507, mar. 2009.
- VIEIRA, W. et al. Adaptação enzimática da LDH em ratos submetidos a treinamento aeróbio em esteira e laser de baixa intensidade. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 10, n. 2, 2006.
- VIEIRA, W. H. B. et al. Efeitos Do Laser De Baixa Intensidade Sobre a Capacidade Aeróbia. **Fisioterapia Especialidades**, v. 1, n. 2, p. 20–25, 2008.
- WARREN, G. L.; LOWE, D. A.; ARMSTRONG, R. B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 27, n. 1, p. 43–59, jan. 1999.
- WASSERMAN, K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 9 Suppl, p. S19-21, 1973.
- WASSERMAN, K. . et al. **Prova de Esforço - Princípios e Interpretação**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2005.

WASSERMAN, K.; COX, T. A.; SIETSEMA, K. E. Ventilatory regulation of arterial H⁺ (pH) during exercise. **Respiratory Physiology and Neurobiology**, v. 190, n. 1, p. 142–148, 2014.

WASSERMAN, K.; VAN KESSEL, A.; BURTON, G. Interaction mechanisms of physiological during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 22, n. 1, p. 71–85, 1967a.

WASSERMAN, K.; VAN KESSEL, A. L.; BURTON, G. G. Interaction of physiological mechanisms during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 22, n. 1, p. 71–85, 1967b.

WESTON, A. R. et al. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 75, n. 1, p. 7–13, 1997.

WHITE, G. E.; WELLS, G. D. The Effect of On-Hill Active Recovery Performed Between Runs on Blood Lactate Concentration and Fatigue in Alpine Ski Racers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 3, p. 800–806, mar. 2015.

YAZBEK JR, P. et al. Ergoespirometria. Teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 71, n. 5, p. 719–724, 1998.

ANEXO A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Universidade Federal de São Carlos
Departamento de Ciências Fisiológicas – Laboratório de Fisiologia do Exercício
Rodovia Washington Luís, Km 235 – s/n – Jardim Guanabara – CEP: 13.565-
905 coep@fsp.usp.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU LEGAL RESPONSÁVEL

Dados de Identificação

Nome do Voluntário:
 Documento de Identidade Nº:..... Sexo: () M () F
 Data de Nascimento:...../...../.....
 Endereço:.....Nº:.....Apto:.....
 Bairro:.....Cidade:.....
 CEP:.....Telefone:.....

II – DADOS SOBRE A PESQUISA

1. Título do Protocolo de Pesquisa: **EFEITOS FISIOLÓGICOS DO TREINAMENTO COM UMA PERNA EM CICLOERGÔMETRO COM E SEM IRRADIAÇÃO LASER.**

Pesquisador: **Professor Dr. Vilmar Baldissera**

Documento de Identidade Nº:6.448.159 Sexo: (X) M () F

Cargo/Função: **Docente e Pesquisador Responsável**

Departamento **Ciências Fisiológicas – Laboratório de Fisiologia do Exercício** da **Universidade Federal de São Carlos**

2. Avaliação de Risco da Pesquisa

() Sem Risco (X) Risco Mínimo () Risco Médio

() Risco Baixo () Risco Maior

A pesquisa proposta apresenta riscos mínimos de ordem física, social, psicológica e/ou espiritual aos voluntários; É importante ressaltar que alguns voluntários poderão apresentar algum desconforto muscular após realizarem o exercício em cicloergômetro, porém apenas aos voluntários os quais não estejam habituados a praticarem atividade física de forma regular (mínimo de 3 vezes na semana), mas os voluntários serão orientados como deverão proceder para minimizar o desconforto, e qualquer dúvida que surgir, será esclarecida pelos pesquisadores.

3. Duração da Pesquisa: **10 semanas.**

III – REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO SUJEITO DA PESQUISA OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. O objetivo deste estudo será analisar o efeito da Terapia Laser de Baixa Intensidade sobre o treinamento muscular aeróbio em cicloergômetro, pedalando com uma perna, bem como, avaliar o comportamento de parâmetros cardiorrespiratórios e musculares na pedalada mono-podal.
2. Sua participação nesta pesquisa consistirá de um treinamento em cicloergômetro, pedalando com uma perna no limiar anaeróbio identificado para este membro em treinamento. Na fase inicial da pesquisa haverá avaliações físicas (antropométrica) e médica realizadas por profissionais como fisioterapeutas, educadores físicos e médico cardiologista respectivamente. Após os voluntários serem considerados aptos e autorizados clinicamente pelo médico serão submetidos a três sessões de exercício máximo em cicloergômetro, onde na primeira sessão o indivíduo pedalará com uma perna, na outra sessão ele pedalará com a outra perna e na terceira sessão o indivíduo pedalará com as duas pernas, em dias alternados. Após essas sessões avaliativas, o voluntário treinará em cicloergômetro, pedalando com uma perna, eleita por sorteio, durante seis semanas. Após esse período de treino, as sessões avaliativas serão repetidas. Durante todas as sessões avaliativas será registrado o traçado do sinal eletromiográfico de superfície, bem como análises ergoespiométricas do voluntário. Integrantes de dois dos grupos desta pesquisa receberão irradiação laser de baixa intensidade, como parte do objetivo da pesquisa.
3. A pesquisa proposta apresenta riscos mínimos de ordem física ou psicológica aos voluntários; porém é importante ressaltar que alguns voluntários poderão apresentar algum desconforto muscular após realizarem o exercício em cicloergômetro, porém apenas aos voluntários os quais não estejam habituados a praticarem atividade física de forma regular, mas os voluntários serão orientados como deverão proceder para minimizar o desconforto, e qualquer dúvida que surgir, será esclarecida pelos pesquisadores.
4. Esta pesquisa trará maior conhecimento sobre o tema abordado, além de auxiliar no entendimento dos efeitos sistêmicos causados pela atividade física bem como os efeitos locais e sistêmicos oriundos da irradiação laser e associação dessa irradiação com o exercício físico.
5. Os voluntários poderão dar continuidade a prática de atividade física regular, serão orientados quanto a sua prescrição e além de realizarem uma avaliação completa com médico cardiologista.

IV – ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA

1. Acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para dirimir eventuais dúvidas (fornecer endereço e telefone para contatos do(s) pesquisador(es) e do Comitê de Ética da Universidade federal de São Carlos);
2. Liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e de deixar de participar do estudo, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência;
3. Salvaguarda da confidencialidade, sigilo e privacidade;

V – INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Nome: Telefone:
 Endereço:.....Nº:.....Apto:.....
 Bairro:.....Cidade:..... CEP:
 Nome: Telefone:
 Endereço:.....Nº:.....Apto:.....

Bairro:.....Cidade:..... CEP:

VI – OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

1. Os participantes não terão nenhum ônus ou bônus ao aceitarem participar da pesquisa.
2. Ressaltamos aos voluntários que os mesmos estão sendo convidados a participar de forma voluntária do projeto e que os mesmos poderão desistir a qualquer momento, e que todas as informações obtidas ao longo do estudo serão guardadas de forma sigilosa.
3. Os voluntários terão acesso a todas as informações do projeto, quanto aos procedimentos que serão realizados e serão fornecido os telefones, e-mail de contato dos pesquisadores responsáveis para sanarem qualquer dúvida e/ou intercorrências que surgir ao longo do tempo de pesquisa.

Contatos:

Thiago Gomes Figueira

Tel.: 16 3413 5357

Cel.: 16 99747 4428

E-mail: thiago.gfigueira@gmail.com

Prof. Dr. Vilmar Baldissera

Tel.: 16 3351 8386

E-mail: vilmarb@ufscar.br

VII – CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Carlos, _____ de _____ de _____.

Assinatura do sujeito de pesquisa
ou responsável legal

Assinatura do pesquisador
(carimbo ou nome legível)

ANEXO B – Parecer de aprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS FISIOLÓGICOS DO TREINAMENTO COM UMA PERNA EM CICLOERGÔMETRO COM E SEM IRRADIAÇÃO LASER

Pesquisador: Vilmar Baldissera

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 43592415.5.0000.5504

Instituição Proponente: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.218.462

Apresentação do Projeto:

Participarão da pesquisa indivíduos jovens (18-35 anos), saudáveis e praticantes de atividade física recreacional. Os participantes da pesquisa serão separados aleatoriamente, em número de 10 indivíduos, nos seguintes grupos: Não Treinados e Laser desligado (Grupo NTLD), Não Treinados e Laser ligado (Grupo NTLL), Treinamento e Laser desligado (Grupo TLD), Treinamento e Laser ligado (Grupo TLL). Os voluntários pedalarão com a perna esquerda, direita e ambas em dias diferentes, sendo a ordem aleatória e com um dia de repouso entre cada sessão de avaliação inicial. Serão realizadas avaliações ergoespirométricas. Ainda nestas sessões de avaliação funcional, serão coletadas amostras de sangue do lobo da orelha dos voluntários após a execução de cada carga no exercício crescente, com a finalidade de identificar o limiar anaeróbico pela lactacidemia do avaliado. Também será realizado eletromiografia de superfície (sEMG) dos músculos, retofemoral, vasto lateral, vasto medial e ileopsoas. Ainda, como avaliação, será mensurada a atividade da enzima creatina quinase (CK). Os voluntários dos grupos Treinamento e Treinamento + Laser, depois de avaliados (pré-teste), serão submetidos a 8 semanas de treinamento, durante 5 dias na semana. Para o treinamento, a perna será escolhida por sorteio, e esta será treinada durante 15 minutos em cicloergômetro de frenagem eletromagnética, no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Telefone: (16)3351-9683

Município: SÃO CARLOS

CEP: 13.565-905

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS/UFSCAR

Continuação do Parecer: 1.218.462

São Carlos. Os Voluntários serão comparados entre grupos e também haverá comparação entre o membro submetido ao treinamento e o membro não treinado.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo deste estudo será analisar o efeito da Terapia Laser de Baixa Intensidade sobre o treinamento muscular aeróbio em cicloergômetro, pedalando com uma perna, bem como, avaliar o comportamento de parâmetros cardiorrespiratórios e musculares na pedalada mono-podal.

Objetivo Secundário:

Avaliar os efeitos do treinamento físico regular e do laser sobre a performance do indivíduo pedalando com uma perna. Avaliar os efeitos fisiológicos do laser sobre marcadores de lesão muscular induzida pelo exercício. Comparar os efeitos fisiológicos sistêmicos (VO₂max, limiar anaeróbio e limiar de compensação respiratório e lactacidemia) e eletromiográficos da pedalada com uma ou duas pernas

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Inserir no TCLE riscos da coleta de sangue se esta ocorrer.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

-

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequados.

Recomendações:

vide conclusões.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado. No entanto, o pesquisador aponta que será mensurada a atividade da enzima creatina quinase (CK), sendo que para isso provavelmente haverá coleta de sangue. Caso haja coleta de sangue é necessário inserir no TCLE essa informação, e ainda, quais os riscos desse procedimento.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SÃO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

CEP: 13.565-905

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS/UFSCAR

Continuação do Parecer: 1.218.462

Folha de Rosto	Folha de Rosto Plataforma Brasil.pdf	22/03/2015 19:48:08		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_474971.pdf	24/03/2015 10:26:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto de Pesquisa Laser e Treinamento.docx	02/06/2015 09:42:56		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_474971.pdf	02/06/2015 09:45:03		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	16/07/2015 09:11:04		Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_474971.pdf	16/07/2015 09:12:03		Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO CARLOS, 08 de Setembro de 2015

Assinado por:
Ricardo Carneiro Borra
(Coordenador)

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SAO CARLOS

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

ANEXO C – Artigo publicado no Journal Exercise Physiology Online referente à parte dos resultados obtidos com esse trabalho.

168

Official Research Journal of
the American Society of
Exercise Physiologists

ISSN 1097-9751

Journal of Exercise Physiologyonline

June 2017
Volume 20 Number 3

JEPonline

Creatine Kinase Response of Physically Active Young Men to One- and Two-Legged Cycling

Thiago G. Figueira^{1,2}, Rodrigo F. Magosso^{2,3,4}, José Campanholi-Neto^{2,3}, João P. C. Carli^{2,3}, Cássio M. Robert-Pires^{4,5,6}

¹Programa de Pós Graduação Interunidades Bioengenharia (EESC/IQSC/FMRP) – USP/São Carlos, ²Laboratório de Fisiologia do Exercício – Departamento de Ciências Fisiológicas – Universidade Federal de São Carlos, ³Programa de Pós Graduação em Ciências da Motricidade – UNESP/Rio Claro, ⁴CEFEMA – Centro de Estudos em Fisiologia do Exercício, Musculação e Avaliação Física, ⁵Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, ⁶Universidade de Araraquara - UNIARA

ABSTRACT

Figueira, TG, Magosso, RF, Campanholi-Neto, J, Carli, JPC, Robert-Pires, CM. Creatine Kinase Response of Physically Active Young Men to One- and Two-Legged Cycling. **JEPonline** 2017;20 (3):168-176. The purpose of the study was to compare blood creatine kinase (CK) concentration of 15 physically active healthy male after one- and two-legged cycling. After the procedures were explained, the subjects went to the laboratory on four occasions. The first was a familiarization session. During sessions 2, 3, and 4, the subjects performed one- and two-legged maximal tests that were separated by 48 to 72 hrs. A blood sample was taken before and 24 hrs after each test to determine blood CK responses. After the two-legged exercise, blood CK responses (7.14 ± 201.87 U/l) were significantly lower ($P < 0.05$) compared to the right (138.87 ± 155.57 U/l) and the left leg responses (126.17 ± 115.02 U/l). When Δ CK was related to work load, the two-legged protocol led to lower increases (0.07 ± 0.78 Δ CK/W) compared to the right and left legs (1.69 ± 1.53 Δ CK/W and 1.75 ± 1.64 Δ CK/W, respectively). The present study shows that one-legged cycling exercise leads to great increases in blood CK of physically active men after 24 hrs.

Key Words: Creatine Kinase, Exercise-Induced Muscle Damage, Incremental Test, One-Legged Cycling, Two-Legged Cycling

INTRODUCTION

It is well established that some types of exercise can induce damage to skeletal muscle cells; a phenomenon known as exercise-induced muscle damage (EIMD). The greatest incidence of EIMD occurs in untrained individuals, exercises with eccentric muscle actions, sports, and other activities that involve intense contractions, muscular fatigue, and unaccustomed exercise (7,11).

Usually, ruptures in the sarcolemma and sarcomeres, especially in Z-lines, characterize the muscular damage. But, there are other muscular structures that are compromised when muscles are damaged. For example, there can be damage to the sarcoplasmic reticulum, T-tubules, myofibrils, and the components of the cytoskeleton (i.e., titin filaments). The signs and symptoms include delayed onset muscle soreness, muscle inflammation, decrease in strength, as well as an increase in blood concentration of myoglobin and creatine kinase (CK) (10,19).

Creatine kinase is a cytoplasmic enzyme that catalyzes the breakdown of phosphocreatine (PCr) to creatine (Cr) with energy release to resynthesize ATP (2). After an intense training session, the peak in blood CK values occur generally between 24 and 48 hrs and may remain elevated for up to 72 hrs after EIMD (15). The increase in blood CK concentration ([CK]) depends on the amount of damage to the sarcomeres induced by strenuous exercise or a muscular pathology such as rhabdomyolysis (5). Normal CK levels in blood range between 35-170 units per liter of blood (U/l), however, studies with ultra-distance triathletes and marathon racers report values of approximately 1500 U/l immediately after competition (2,3,13). Thus, CK analysis is capable of indicating the magnitude of EIMD by competitions or training sessions and, therefore, helping in the planning of the training program.

Cyclists use one-legged exercise as an alternative to overload peripheral metabolic capacity. The reduction in exercising muscle mass allows for a greater blood flow and oxygen supply to active muscles and most of the oxygen delivery becomes available to the exercising leg. The increased oxygen delivery yields greater work rate in each leg, which overloads the mitochondria and improves respiratory capacity (17). Therefore, one-legged cycling may induce greater mitochondrial adaptations compared to two-legged cycling (12).

Although one-legged cycling is suppose to allow for an increase in oxygen supply to the exercising limb, the mechanics of the exercise may impose limitations to intensity and volume (17). Specifically, during two-legged cycling, the gravitational and inertial forces are essentially balanced by the contralateral limb. Yet, one-legged cycling is typically performed with the removal of one leg from the pedal thus leaving the other leg to pedal alone. With one leg at rest, the contralateral limb no longer balances the forces and movement is unbalanced. This approach requires a hip flexion in the active limb to raise the pedal in a pattern and intensity at which the individual is not accustomed and possibly leads to EIMD, where the hip flexors that pull the lower limb up must increase their work (4).

The purpose of this study was to compare blood [CK] of healthy young men in one- vs. two-legged cycling. Our hypothesis was that despite the smaller muscle mass involved, one-legged cycling would lead to greater EIMD and, consequently, a higher blood [CK].

METHODS

Subjects

Fifteen physically active and healthy young males volunteered to participate in this study. We excluded individuals with injuries, pathologies, and/or metabolic disorders that influences exercising and/or [CK]. The characteristics of the subjects are presented in Table 1. First, the subjects went through an interview with the leading researcher during which they were fully informed of the purposes, proceedings, risks, and benefits of the study. After this briefing, all subjects signed an informed consent. The study was approved by the local ethics committee that oversees human research (protocol n. 1.218.462).

Table 1. Descriptive Data of the Subjects.

Parameter	Value (mean $\pm$ SD)
Age (yrs)	24.1 $\pm$ 5.0
Body Mass (kg)	79.97 $\pm$ 12.76
Height (cm)	176.0 $\pm$ 5.2
BMI (kg·m ⁻²)	25.74 $\pm$ 3.30
Body Fat (%)	16.17 $\pm$ 4.07
VO ₂ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	46.2 $\pm$ 11.2

Experimental Design

After the initial visit with the volunteers, those who were physically able to participate went the Exercise Physiology Laboratory of the Federal University of São Carlos. During the first of the four session, the subjects were familiarized with the cycle ergometer (Ergo-fit 167®) by performing one- and two-legged cycling. In the following three sessions, the subjects performed the maximal incremental tests in two-legged cycling and with the right and left leg in one-legged cycling. The tests were performed randomly and at the same time of day. The interval of rest between the tests was 72 to 96 hrs.

Maximal Incremental Tests

The tests were performed on an electromagnetically braked cycle ergometer. Load increases were made every 2 min until voluntary exhaustion. The initial load was 10 W with a 10 W increase in one-legged cycling and a 20 W increase with two-legged cycling.

During one-legged cycling, the non-exercising limb was placed on a wood platform and the pedal was removed from the cycle. The foot of the exercising limb was attached to the pedal in order to better perform the push and pull movements during the exercise and also to avoid the foot from escaping the pedal.

Blood CK Concentration

To measure blood [CK], a sample of 30 μ l was taken from the fingertip and immediately transferred to a specific test strip to be analyzed with a Reflotron® (Roche, Germany). All subjects were instructed not to engage in any physical straining type activity 72 hrs before the tests so the [CK] would not be affected. Analyses were made 3 min before and 24 hrs after each test to compare the [CK] responses to each protocol. The results are presented as the change in blood CK (Δ CK) concentration (U/l) from pre- to post-test and the ratio between Δ CK and maximal load in the incremental test (Δ CK/W).

Statistical Analyses

Results are presented as means $\pm$ standard deviation. After the data passed the Kolmogorov-Smirnov test, a one-way ANOVA was used to compare the changes in blood [CK] with the Tukey *post-hoc* when applicable. Statistical significance was set at $P \leq 0.05$. All data were analyzed using the software SigmaPlot version 11.0.

RESULTS

Peak power on the two-legged cycling was 255.3 ± 36.6 W, which was statistically higher ($P \leq 0.05$) than the one-legged cycling with the right leg (93.3 ± 37.7 W; 36.5% of two-legged) and left leg (84.6 ± 39.4 W; 33.1% of two-legged) and also higher ($p \leq 0.05$) compared to the sum of the peak power achieved with each leg (177.9 ± 75.6 W) as shown in Figure 1. There were no significant differences between the one-legged tests.

Figure 1. Peak Power in the Incremental Tests and the Sum of the Two Legs.

^ASignificantly different from right leg; ^BSignificantly different from left leg; ^CSignificantly different from sum of the two legs.

When the subjects performed the two-legged cycling, the Δ CK (7.14 ± 201.87 U/l) was significantly lower ($P \leq 0.05$) than the right (138.87 ± 155.57 U/l) and left (126.17 ± 115.02 U/l) legs. This represents an average of 1945% and 1767% superior increase in blood [CK] of the right and left leg compared to the two-legged protocol, respectively. There were no significant differences between blood [CK] after the two protocols of one-legged cycling (Figure 2).

Figure 2. Changes in Blood [CK] After One-Legged Protocols (Right and Left) and Two-Legged Protocol. *Significantly different from two legs.

When Δ CK was related to peak power (Δ CK/W), the increase after the two-legged protocol (0.07 ± 0.78) was significantly lower compared to the right (1.69 ± 1.53) and left (1.75 ± 1.64) legs, with no significant difference between one-legged protocols, as shown in Figure 3.

Figure 3. Δ CK Per Unit of Work (Δ CK/W) After One-Legged Protocols (Right and Left Legs) and Two-Legged Protocol. *Significantly different from two legs.

DISCUSSION

The analysis of blood [CK] showed that the increases were significantly higher after both one-legged protocols compared to the two-legged protocol, thus confirming our initial hypothesis. This is justified by the motor pattern of the one-legged protocols, to which the subjects were not accustomed. Cycling with one leg and no counterweight is not common among cyclists and that leads to EIMD and the increase in blood [CK].

One-legged cycling has different biomechanical characteristics compared to two-legged cycling, especially with no counterweight that leads to greater stress in hip flexor muscles for both concentric and eccentric contractions (and with the use of counterweights peak power would be higher) (4). According to Abbiss et al. (1), when one-legged cycling is performed with a counterweight, the intensity reached with each leg is more than half the intensity reached with the two-legged test. Their data agree with our study where the sum of the two legs was significantly lower compared to the peak power with both legs, given that our study did not employ counterweight. The absence of a counterweight in the present study was done to verify how the act of pulling the pedal would influence the action of the hip flexors, given that these muscles are not accustomed to such work rate.

In this sense, the greater increase in blood [CK] after the one-legged cycling can be explained by the motor pattern of the exercise. EIMD is initially caused by the mechanical strain placed on the muscles (8) during one-legged cycling, especially without counterweight, which leads to greater torque in the hip flexors. This increased torque seems to be the main factor in blood [CK] changes, given the significant differences when Δ CK was related to peak power. Our results show that for both legs, the increase in Δ CK/W was significantly greater than in the two-legged protocol, thus more damage is caused by a lower intensity of work in one-legged cycling.

The CK enzyme is predominantly present in sarcoplasm from which it is released into the blood stream during the process of muscular damage that is caused by the trauma of intense exercise. Therefore, the increase in blood [CK] is an important marker in exercise physiology and sports medicine that allows for detecting muscular damage and/or excess of muscle work (4,15). A limitation in the present study is in making only a single analysis of [CK] after each protocol. Yet, Mendham et al. (14) demonstrated peak blood [CK] 24 hrs after high-intensity aerobic exercise. Camargo et al. (6) also reported peaks in blood [CK] 24 hrs after exercising in the water compared to rest. Thus, we believe that the period of analysis was adequate to determine blood [CK] responses after one- and two-legged cycling.

The values of blood [CK] found in the present study were highly variable between subjects as observed in other studies. According to Baird et al. (2), some subjects present much higher serum levels of CK after exercise compared to other subjects matched by age, gender and training status. This variability may be due to genetic factors or even changes in the subjects' body composition. While these factors are unclear and more studies are necessary to determine the ranges in blood [CK] in different populations and during different exercise modes (9), the data in the present study are rather clear in defining the differences between the one-legged cycling and the two-legged cycling.

Schneider et al. (16) analyzed the variation in blood [CK] of 12 cyclists in non-competitive 300 km cycling with average duration of 1021 min and reported a main change of 480.5% from pre- to post-exercise. In our study, the change in blood [CK] after the one-legged protocol was over 1500%. This indicates that the one-legged cycling exercise may help prepare the muscles against damage caused by long exercise courses.

The data of the present study show that one-legged cycling leads to great increases in blood [CK] when performed without counterweight. In this sense, despite the reported benefits of this type of training, trainers and cyclists must be cautious in designing training programs to ensure adequate recovery is reached. Also, considering the high variability in absolute blood [CK] values, it is recommended that results are interpreted by changes in [CK] rather than the absolute values.

CONCLUSIONS

The present study shows that one-legged cycling with no counterweight leads to great 24-hr increase in blood [CK] of physically active men in absolute values and also when Δ CK is related to work rate (Δ CK/W). More studies are necessary to determine the chronic effects of this type of training and to compare blood [CK] responses after one-legged cycling with and without counterweight.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was funded by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Address for correspondence: Thiago Gomes Figueira, Programa de Pós Graduação Interunidades Bioengenharia (EESC/IQSC/FMRP) Universidade de São Paulo – USP/São Carlos. Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Parque Arnold Schmidt São Carlos /SP. CEP: 13566-590 – Brasil. Phone: 55 16 3373-9586. thiago.gfigueira@hotmail.com

REFERENCES

1. Abbiss CR, Karagounis LG, Laursen PB, Peiffer JJ, Martin DT, Hawley JA, Fothergill NN, Martin JC. Single-leg cycle training is superior to double-leg cycling in improving the oxidative potential and metabolic profile of trained skeletal muscle. *J Appl Physiol*. 2011;110(5):1248-1255.
2. Baird MF, Graham SM, Baker JS, Bickerstaff GF. Creatine-kinase- and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *J Nutr Metabol*. 2012.
3. Belli T, Crisp AH, Verlengia R. Greater muscle damage in athletes with ACTN3 R577X (RS1815739) gene polymorphism after an ultra-endurance race: A pilot study. *Biol Sport*. 2017;34:105-110.

4. Bini RR, Jacques TC, Lanferdini FJ, Vaz MA. Comparison of kinetics, kinematics, and electromyography during single-leg assisted and unassisted cycling. **J Strength Cond Res.** 2015;29(6):1534-1541.
5. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Brit Med Bull.** 2007;(81-82):209-230.
6. Camargo MZ, Siqueira CPCM, Preti MCP, Nakamura FY, Lima FM, Dias IFL, Toginho-Filho DO, Ramos SP. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. **Lasers in Med Sci.** 2012;27(5):1051-1058.
7. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. **Sports Med.** 2003;33(2):145-164.
8. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. **Am J Phys Med Rehab.** 2002;81(11):S52-S69.
9. Heled Y, Bloom MS, Wu TJ, Stephens Q, Deuster PA. CK-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. **J Appl Physiol.** 2007;103(2):504-510.
10. Hody S, Rogister B, Leprince P, Laglaine T, Croisier JL. The susceptibility of the knee extensors to eccentric exercise-induced muscle damage is not affected by leg dominance but by exercise order. **Clin Physiol Funct Imag.** 2013; 33(5):373-380.
11. Hunkin SL, Fahrner B, Gastin PB. Creatine kinase and its relationship with match performance in elite Australian Rules football. **J Sci Med Sport.** 2014;17(3):332-336.
12. Klausen K, Secher NH, Clausen JP, Hartling O, Trap-Jensen J. Central and regional circulatory adaptations to one-leg training. **J Appl Physiol: Resp. Envir Exer Physiol.** 1982;52(4):976-983.
13. Machado CN, Gevaerd MS, Goldfeder RT, Carvalho T. Efeito do exercício nas concentrações séricas de creatina cinase em triatletas de ultradistância. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte.** 2010;16(5):378-381.
14. Mendam AE, Donges CE, Liberts EA, Duffield R. Effects of mode and intensity on the acute exercise-induced IL-6 and CRP responses in a sedentary, overweight population. **Eur J Appl Physiol.** 2011;111(6):1035-1045.
15. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **Brit J Sports Med.** 2007;41(10):674-678.
16. Schneider M, Perico E, Pozzobon A. Evaluation of muscle damage by assessment of the concentration of creatine kinase in non-athlete individuals after uncompetitive cycling race. **Scientia Medica.** 2015;25(1):1-7.

17. Thomas LN, Martin JC. Single leg cycling: An evaluation of pedal powers. **Med Sci Sports Exer.** 2009;41(1):54-55.
18. Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, Sugawara K, Sato K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. **J Appl Physiol.** 2002;93(4):1280-1286.
19. Uchida MC, Nosaka K, Ugrinowitsch C, Yamashita A, Martins E, Moriscot AS, AOKI MS. Effect of bench press exercise intensity on muscle soreness and inflammatory mediators. **J Sports Sci.** 2009;27(5):499-507.

Disclaimer

The opinions expressed in **JEPonline** are those of the authors and are not attributable to **JEPonline**, the editorial staff or the ASEP organization.