

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

Wouber Héricson de Brito Vieira

**EFEITOS DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE (808nm) SOBRE A  
PERFORMANCE MUSCULAR DE MULHERES JOVENS SOB  
TREINAMENTO FÍSICO**

São Carlos - SP

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Wouber Héricson de Brito Vieira

**EFEITOS DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE (808nm) SOBRE A  
PERFORMANCE MUSCULAR DE MULHERES JOVENS SOB  
TREINAMENTO FÍSICO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor em Fisioterapia. Área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Antonio Parizotto

São Carlos - SP

2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

V658el

Vieira, Wouber Héricksen de Brito.

Efeitos do laser de baixa intensidade (800nm) sobre a performance muscular de mulheres jovens sob treinamento físico / Wouber Héricksen de Brito Vieira. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

67 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Fisioterapia. 2. Laser de baixa intensidade. 3. Ergoespirometria. 4. Força muscular. 5. Limiar de anaerobiose. 6. Treinamento físico. I. Título.

CDD: 615.82 (20<sup>a</sup>)

**MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA A DEFESA DE TESE  
DE DOUTORADO DE WOUBER HÉRICKSON DE BRITO VIEIRA,  
APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM  
30 DE JANEIRO DE 2008.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Nivaldo Antonio Parizotto – Presidente  
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar**

---

**Prof. Dra. Audrey Borghi e Silva  
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar**

---

**Prof. Dr. Paulo de Tarso Camilo de Carvalho  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS**

---

**Prof. Dr. Rodrigo Álvaro Brandão Lopes Martins  
Universidade de São Paulo – USP/SP**

---

**Prof. Dr. Rinaldo Roberto de Jesus Guirro  
Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP**

**“Quem forma se forma e re-forma ao formar e quem é formado  
forma-se e forma ao ser formado”**

**Paulo Freire, *pedagogia da autonomia*.**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe por ser parte integrante desse processo de formação e a Fabiana Araújo, minha noiva, pela presença constante e, portanto, por dividir comigo as dificuldades encontradas durante toda essa caminhada.

## **Agradecimento Especial**

Ao Prof. Dr. Nivaldo Parizotto por abrir o caminho da pesquisa e da pós-graduação e, portanto, ser parte inerente desse meu processo de construção do conhecimento;

Sempre serei grato por esta oportunidade e pela confiança depositada em mim ao permitir que fosse seu aluno; pela honestidade, sinceridade, determinação e simplicidade que trata suas questões pessoais e profissionais, o que faz aumentar cada vez mais a minha admiração por ti.

Enfim, pelo profissional que você é com a capacidade de olhar, sentir, ouvir, discutir, construir e transmitir o conhecimento científico ao próximo. Isto é saber educar. Muito obrigado por tudo. Sempre será um dos meus ídolos da fisioterapia.

## **Agradecimentos**

A Deus, por me proporcionar a conquista de mais uma etapa em minha vida;

Aos voluntários da pesquisa pela dedicação e carinho demonstrados ao participar do estudo;

Aos professores Sérgio Perez, Vilmar Baldissera, Maria Luiza Schwantes e Sérgio Seixas por terem disponibilizados seus laboratórios para que pudesse realizar minhas coletas e análises;

Aos professores (Rodrigo Lopes Martins, Paulo de Tarso Carvalho, Audrey Borghi e Silva e Rinaldo Guirro) que se dispuseram participar da banca examinadora proporcionando suas contribuições científicas;

À Dra. Luciana Almeida-Lopes e Renaldo Massini, por terem fornecido o equipamento laser utilizado no estudo e pelas trocas de experiências e conhecimentos sobre terapia laser de baixa intensidade;

Ao CNPq pelo apoio financeiro, por meio de bolsa de estudo;

À professora Tânia Salvini, por permitir o meu acesso ao seu laboratório, e assim, poder desfrutar de ricas discussões / reuniões científicas;

Aos alunos de iniciação científica do curso de fisioterapia, Andréia, Ricardo, Beth e Cléber pela ajuda prestada durante todo o período experimental;

À Patrícia Godoy, nutricionista, pela realização das avaliações de composição corporal durante todo o período experimental;



Aos funcionários da UFSCar: Ivete, Zélia e Beto pela realização das dosagens sanguíneas e carinho demonstrado; Tereza pela disponibilidade em ajudar durante as coletas sanguíneas; e José Carlos (Cacau) por estar sempre disponível em ajudar;

A todos os estagiários da fisiologia do exercício por terem colaborado durante as coletas e análises dos dados;

A todos os colegas do laboratório de eletrotermofototerapia pela convivência e troca de conhecimentos realizados;

A todos os amigos Natalenses e São Carlenses pelos momentos de descontração durante todo esse período em São Paulo e São Carlos;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração dessa obra.

## Resumo

Esse estudo avaliou o desempenho isocinético do quadríceps femural e a capacidade aeróbia, de mulheres jovens saudáveis submetidas a treinamento aeróbio e a fotoestimulação laser. 45 indivíduos foram aleatoriamente divididos em três grupos (n=15): 1. controle (GC); 2. treinamento aeróbio em cicloergômetro, três vezes por semana, durante nove semanas consecutivas na carga do Limiar Anaeróbio Ventilatório – LA ventilatório (GT); 3. treinamento aeróbio e laser (GaAlAs-808nm com 6 diodos; potência = 60mW) imediatamente após cada sessão de exercício sobre o quadríceps, bilateralmente (GTL). Foram realizadas avaliações pré e pós-treinamento de: dinamometria isocinética (pico de torque médio, trabalho total, potência média e índice de fadiga), ergoespirometria (LA ventilatório e VO<sub>2</sub>máx) e lactato sanguíneo (LA metabólico ou limiar de lactato). Na estatística considerou-se um nível de significância de  $p \leq 0,05$ . Observou-se um aumento do trabalho total, da potência média e uma diminuição do índice de fadiga dos grupos treinados após o período de treinamento ( $p < 0,05$ ) em ambos os membros. Na comparação entre grupos houve somente uma diminuição do índice de fadiga no grupo GTL em relação ao GC ( $p=0,032 - p < 0,05$ ) no membro dominante. Após o período de treinamento houve aumento do LA ventilatório e metabólico, VO<sub>2</sub>máx e carga máxima de esforço nos grupos treinados ( $p < 0,01$ ). Na comparação entre grupos essa diferença foi significativa nas variáveis LA ventilatório, metabólico e Carga Máxima para os grupos GT ( $p=0,004$ ;  $p=0,0019$ ;  $p=0,003$ ) e GTL ( $p=0,001$ ;  $p=0,0000$ ;  $p=0,019$ ) respectivamente. Foi observada uma forte correlação entre LA e VO<sub>2</sub>máx nesses grupos: GT ( $r=0,9250$ ) e GTL ( $r=0,9933$ ). O treinamento aeróbio na carga do LA promove um aumento na capacidade aeróbia, enquanto que o exercício associado ao laser pode ser efetivo na redução da fadiga, fato relevante para a reabilitação e medicina do esporte.

**Palavras-chaves:** Treinamento aeróbio, LLLT, limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio, fadiga muscular, dinamometria isocinética.

## Abstract

This study investigated the quadriceps isokinetic performance and the aerobic capacity of healthy young women undergoing to aerobic training and laser photostimulation. Forty five individuals were randomly divided into three groups (n=15): 1. control (CG); 2. cycle ergometer aerobic training, three times a week during nine consecutive weeks with ventilatory anaerobic threshold (ventilatory AT) load (TG); 3. aerobic training with laser photostimulation (GaAlAs - 808nm with 6 diodes; 60mW potency) immediately after each exercise session on the quadriceps muscles bilaterally (LTG). Pre and post-treatment assessment were performed regarding isokinetic dynamometry (average torque peak, total work, average power and fatigue index), ergospirometry (ventilatory AT and VO<sub>2</sub>max) and blood lactate (metabolic AT or lactate threshold). The significance level was considered at  $p \leq 0.05$ . It was observed an increase in total work, average power and a decrease in fatigue index after the training period in the training groups ( $p < 0.05$ ) for both lower limbs. Comparison between groups presented a decrease in fatigue for the LTG compared to the control group only in the dominant limb ( $p=0.032$ ). An increase in metabolic and ventilatory AT, VO<sub>2</sub>max and maximum effort load was observed in both training groups ( $p<0.01$ ) after the training period. Comparison between groups presented significant differences in the ventilatory AT, metabolic AT and maximum load for the groups TG ( $p=0.004$ ;  $p=0.0019$ ;  $p=0.003$ ) and LTG ( $p=0.001$ ;  $p=0.0000$ ;  $p=0.019$ ), respectively. A strong correlation was observed between AT and VO<sub>2</sub>max on the groups TG ( $r=0.9250$ ) and LTG ( $r=0.9933$ ). These findings suggest that aerobic training with AT load provide an increased aerobic capacity while the exercise associated with laser may be effective on reducing fatigue. This fact is highly relevant towards rehabilitation and sports medicine.

**Key-words:** Aerobic training, LLLT, anaerobic threshold, maximum oxygen consumption, muscle fatigue, isokinetic dynamometry.

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>ACSM</b>	= American College of Sports Medicine
<b>AGL</b>	= ácido graxo livre
<b>AHA</b>	= American Heart Association
<b>ATP</b>	= adenosina trifosfato
<b>CM</b>	= carga máxima
<b>Cm</b>	= centímetro
<b>cm<sup>2</sup></b>	= centímetro ao quadrado
<b>CS</b>	= citrato sintase
<b>Ga-Al-As</b>	= laser Arseneto de gálio e alumínio
<b>GC</b>	= grupo Controle
<b>GT</b>	= grupo Treinamento
<b>GTL</b>	= grupo Treinamento-Laser
<b>I</b>	= fibra muscular lenta/oxidativa
<b>IIa</b>	= fibra muscular rápida/oxidativa-glicolítica
<b>IIb</b>	= fibra muscular rápida/glicolítica
<b>IIIb-CEI-IEC 825-1</b>	= classe 3 da classif. das normas de segurança dos lasers terapêuticos
<b>HLLT</b>	= terapia laser de alta intensidade
<b>J</b>	= joules
<b>J/cm<sup>2</sup></b>	= joules por centímetro ao quadrado
<b>LA</b>	= limiar anaeróbio
<b>LA ventilatório</b>	= limiar anaeróbio ventilatório
<b>LA metabólico</b>	= limiar anaeróbio metabólico ou limiar de lactato

<b>Laser</b>	= amplificação da luz por emissão estimulada de radiação
<b>LDH</b>	= lactato desidrogenase
<b>LLLT</b>	= terapia laser de baixa intensidade
<b>Min</b>	= minuto
<b>mW</b>	= miliwatts
<b>N</b>	= número da amostra
<b><math>\eta\text{m}</math></b>	= nanômetro
<b><math>\text{O}_2</math></b>	= oxigênio
<b><math>\text{O}_2^-</math></b>	= ânion superóxido
<b>UFSCar</b>	= Universidade Federal de São Carlos
<b><math>\text{VO}_2\text{máx}</math></b>	= consumo máximo de oxigênio
<b>W</b>	= Watts
<b><math>\text{W}/\text{cm}^2</math></b>	= Watts por centímetro ao quadrado
<b><math>\lambda</math></b>	= comprimento de onda
<b>%</b>	= porcentagem

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Págs.</b>
<b>Figura 2.1</b> – Design experimental.....	29
<b>Figura 2.2</b> – Equipamento laser utilizado no experimento.....	30
<b>Figura 2.3</b> – Regiões de aplicação do laser.....	31
<b>Figura 2.4</b> - Índice de fadiga inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	34
<b>Figura 2.5</b> - Trabalho Total inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	34
<b>Figura 2.6</b> - Potência Média inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	35
<b>Figura 2.7</b> - Pico de Torque Médio inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	35
<b>Figura 2.8</b> - Limiar Anaeróbio Ventilatório (LA ventilatório) inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	37
<b>Figura 2.9</b> - Consumo Máximo de Oxigênio (VO <sub>2</sub> máx) inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	37

<b>Figura 2.10</b> – Correlação entre as variáveis LA ventilatório e VO <sub>2</sub> máx durante as 4 avaliações realizadas no decorrer do período de treinamento nos grupos submetidos ao treinamento. r = valor da correlação de Pearson.....	38
<b>Figura 2.11</b> - Carga Máxima inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	39
<b>Figura 2.12</b> - Limiar Anaeróbio Metabólico (LA metabólico) inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.....	41
<b>Figura 2.13</b> - Correlação entre as variáveis LA Metabólico e LA Ventilatório durante as 4 avaliações realizadas no decorrer do período de treinamento nos grupos submetidos ao treinamento. r = valor da correlação de Pearson.....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Características biométricas e composição corporal dos indivíduos dos três grupos estudados.....	32
<b>Tabela 2.2</b> - VO <sub>2</sub> máx., LA ventilatório, LA metabólico e carga máxima (CM) inicial e final o período treinamento entre indivíduos sedentários e ativos dos grupos estudados.....	43
<b>Tabela 3.2</b> - Índice de fadiga (IF) inicial e final o período de treinamento para ambos os membros entre indivíduos sedentários e ativos dos grupos estudados.....	44

## SUMÁRIO

	<b>Págs.</b>
<b>RESUMO</b>	8
<b>ABSTRACT</b>	9
<b><u>CAPÍTULO 1</u> – CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	15
Conceituação e Breve Histórico do Laser	15
Efeitos do Laser sobre o Metabolismo Celular (Via Mitocondrial)	16
Laser <i>versus</i> Metabolismo Celular <i>versus</i> Atividade Física	19
<b><u>CAPÍTULO 2</u> – EFEITOS DO LASER (808nm) SOBRE O DESEMPENHO MUSCULAR ISOCINÉTICO E CAPACIDADE AERÓBIA DE MULHERES JOVENS SOB TREINAMENTO FÍSICO: UM ESTUDO CONTROLADO E RANDOMIZADO</b>	22
<b>INTRODUÇÃO</b>	22
<b>MÉTODOS</b>	24
Indivíduos	24
Design Experimental	25
Protocolos experimentais	26
<b>RESULTADOS</b>	31
<b>DISCUSSÃO</b>	45
<b>CONCLUSÃO</b>	52
<b><u>CAPÍTULO 3</u> - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	53
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	56
<b>ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	65
<b>ANEXO 2 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DA UFSCar (CEP/UFSCar)</b>	67



## **CAPÍTULO 1 - CONTEXTUALIZAÇÃO:**

### **Conceituação e Breve Histórico do Laser**

O termo LASER é uma abreviatura do inglês: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* que significa “Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação”, sendo este o princípio em que foi baseada sua criação. Ele constitui-se em uma radiação eletromagnética específica obtida a partir de um mecanismo especial de emissão, a emissão estimulada de radiação, cujas condições o fisioterapeuta pode usufruir de forma segura e eficaz para o tratamento de seus pacientes (Kitchen e Bazin, 1996; Low e Reed, 2001).

O fenômeno físico da emissão estimulada foi postulado por Albert Einstein em 1916. No entanto, o ímpeto para o descobrimento dos diferentes tipos de laser, se deu em 1958, quando Townes e Schawlow propuseram um modelo para o desenvolvimento de um laser propriamente dito (Tuner e Hode, 1999).

Em 1960, Theodore Maiman produziu o primeiro feixe de luz laser de material sólido nos Estados Unidos, utilizando o cristal de rubi com comprimento de onda na faixa vermelha do espectro eletromagnético. As décadas subseqüentes foram marcadas pelo desenvolvimento de vários aparelhos de laser, baseados no protótipo original de Maiman (Baxter, 1997).

A partir desse momento, os lasers apresentaram uma aplicação imediata na área médica, especificamente na cirurgia, apresentando como característica o fato de ser de alta potência, do inglês: *high reactive-level laser treatment* (HLLT), tomando por base os efeitos fototérmicos e fotodestrutivos sobre o tecido, sendo utilizados para cortar, coagular e destruir tecidos (Karu, 1999).

Mais recentemente, os pesquisadores voltaram-se para as possíveis aplicações clínicas atérmicas (baixa potência e energia) do laser sobre os tecidos, baseados em seu efeito na modulação de processos biológicos (Mester, Mester e Mester, 1985).

Na fisioterapia, estudiosos têm expressado sobre a interação e influência do laser sobre sistemas biológicos para o tratamento de enfermidades com o objetivo principal de diminuição de processos inflamatórios e dolorosos, bem como, de cicatrização e reparo tecidual (Enwemeka et al., 2004).

Outra possibilidade de atuação do laser de baixa intensidade consiste na estimulação da taxa de respiração celular mediante modificações mitocondriais (Passarela et al., 1984; Karu, 1987, 1998; Passarela et al., 1988; Morimoto et al., 1994; Karu, Pyatibrat e Kalendo, 1995; Pastore et al., 1996; Yu et al., 1997; Wilden e Karthein, 1998), sendo a maioria desses estudos realizados *in vitro*.

### **Efeitos do Laser sobre o Metabolismo Celular (Via Mitocondrial)**

Sobre a estimulação do metabolismo energético, alguns autores (Salet, Passarela e Quagliariello, 1987; Manteifel, Bakeeva e Karu, 1997; Yu et al. 1997), sugerem que em células irradiadas, eventos fotoquímicos e fotofísicos acontecem nas mitocôndrias, cujas alterações respiratórias são explicadas como resultado tanto de mudanças estruturais (Bakeeva et al., 1993; Manteifel, Bakeeva e Karu, 1997), quanto de alterações químicas (metabólicas) nessas organelas citoplasmáticas.

As alterações químicas podem ser no potencial de membrana (Passarela et al., 1984; Passarela et al., 1988) e/ou em atividades enzimáticas (Karu, 1987, 1998; Quarto et al., 1988; Vacca et al., 1993; Morimoto et al., 1994; Pastore et al., 1996; Wilden e Karthein, 1998), todas contribuindo para o predomínio da via metabólica aeróbia e, conseqüentemente, maior disponibilidade de energia para a realização das atividades celulares.

No que se refere às modificações estruturais após irradiação por laser Bakeeva et al. (1993); Manteifel, Bakeeva e Karu (1997), evidenciaram a formação de mitocôndrias gigantes a partir da fusão das membranas de mitocôndrias vizinhas e menores, de tal forma que aquelas seriam capazes de proporcionar altos níveis de respiração e energia de reposição, ao passo que numa mitocôndria pequena a transferência de energia acumulada e a diferença nos potenciais eletroquímicos dos prótons são menores. Por outro lado, um mecanismo químico baseado na ativação e/ou mudança do potencial redox de determinados componentes da cadeia respiratória mitocondrial (NADH desidrogenase e citocromo C oxidase) parece ser crucial na determinação do efeito sobre a bioenergética (Karu, 1987, 1999; Quarto et al., 1988; Morimoto et al., 1994; Pastore et al., 1994).

A ação do laser sobre a bioenergética fundamenta-se na teoria fotoquímica a qual é a mais estudada e oferece uma explicação para a sensibilidade das células à luz laser. Esta teoria diz que a energia eletromagnética estimula fotorreceptores, os quais necessariamente fazem parte de vias bioquímicas celulares, podendo regular o metabolismo, como por exemplo, componentes da cadeia respiratória. Esses fotorreceptores, por sua vez, responderão a uma faixa de luz específica, após atingir um estado de excitação eletrônica (mudança no potencial redox), realizando assim, a conversão da energia eletromagnética em bioquímica (Beckerman et al., 1992; Karu, 1998, 1999).

Corroborando com essa teoria, Wilden e Karthein (1998), relatam que os componentes da cadeia respiratória funcionam como uma espécie de “antenas ressonadoras” que respondem à radiação luminosa de comprimentos de onda específicos, no sentido de aumentar o fluxo de elétrons, e conseqüentemente vitalizar a célula no aumento do metabolismo energético.

Os fotorreceptores presentes na membrana mitocondrial absorvem luz no intervalo espectral que se estende do visível ao infravermelho próximo, quando se encontram em seu estado redox intermediário, ou seja, nem totalmente reduzido ou nem oxidado, de modo que a

excitação eletrônica desses componentes numa determinada seqüência pode influenciar a transferência de elétrons e ocasionar uma resposta biológica final (Morimoto et al., 1994; Wilden e Karthein, 1998; Karu, 1999, 2000).

A característica desse efeito biomodulatório atribuído ao laser ao interagir com os tecidos, é referida como sendo dependente, dentre outros fatores, das condições metabólicas prévias do tecido a ser irradiado, de modo que a resposta tende ser ótima quando o tecido encontra-se com o potencial redox alterado, como por exemplo, diante de uma lesão tecidual ou um “estresse metabólico” proporcionado por uma atividade física (Kitchen e Partridge, 1991; Beckerman et al., 1992; DE Bie et al., 1998).

Por outro lado, o mecanismo primário de ação dessa modalidade terapêutica sobre biomoléculas fotorreceptoras ainda não tem sido completamente estabelecido, mesmo sabendo da capacidade desse recurso alterar o metabolismo celular (estimular ou inibir atividades bioquímicas, fisiológicas e proliferativas, na ausência de aquecimento tecidual significativo) que acontece quando da absorção, por parte de biomoléculas, dos fótons aportados pelo feixe (Basford, 1989; Baxter, 1997).

Nessa perspectiva, são descritos alguns possíveis mecanismos primários físicos e/ou químicos da interação do laser com os fotoceptores: 1. mudança nas propriedades redox dos carreadores com a conseqüente aceleração no transporte de elétrons na cadeia respiratória; 2. aumento transitório local na temperatura de absorção dos cromóforos, ocasionando mudanças estruturais (conformacional) e bioquímicas (reações secundárias), tais como a ativação ou inibição de enzimas, que favoreceria aos efeitos fotobiológicos; 3. geração de radicais livres como o superóxido reativo ou oxigênio singlete ( $O_2^{\cdot-}$ ) em decorrência da auto-oxidação de um elétron, sendo esta produção dependente do estado metabólico da mitocôndria; 4. geração de oxigênio molecular (Mailer, 1990; Friedman et al., 1991; Wilden e Karthein, 1998; Karu, 1999, 2000).

## **Laser versus Metabolismo Celular versus Atividade Física**

Além dos efeitos do laser sobre o metabolismo energético, é sugerido na literatura científica (Powers e Howley, 2000; Wilmore e Costill, 2001), que o treinamento aeróbio também promove mudanças nas características estruturais e metabólicas das mitocôndrias, favorecendo o uso da via aeróbia em detrimento da anaeróbia durante o exercício. Dentre as adaptações decorrentes do treinamento aeróbio, destacam-se as musculares representadas principalmente pela: transformação de fibras glicolíticas em oxidativas, aumento no tamanho e número de mitocôndrias, aumento na concentração e atividade de enzimas oxidativas e diminuição no uso do glicogênio em detrimento da maior utilização da gordura como substrato energético, diferentemente das adaptações relacionadas ao treinamento de força que são representadas principalmente pelas alterações neurais (aumento no recrutamento, sincronismo e frequência de disparo de unidades motoras do músculo em atividade) e estruturais (hipertrofia muscular) que proporcionam aumento da força muscular.

Alguns dos estudos averiguando o desempenho aeróbio frente ao exercício aeróbio e/ou esforço máximo têm utilizado análises do consumo máximo de oxigênio -  $VO_{2m\acute{a}x}$  (Hautala et al., 2006; Lafortuna et al., 2006), de dosagem de lactato sanguíneo (Molinari e Santos, 2001; Vieira et al., 2005), de atividade enzimática (Leek et al., 2001; Halsberghe, 2003; Siu et al., 2003; Vieira et al., 2006), bem como, o índice de fadiga do músculo esquelético (Pincivero, Gandaio e Ito, 2003; Thomas et al., 2005; Lopes-Martins et al., 2006), todos sugerindo algum tipo de adaptação decorrente do treinamento aeróbio, como por exemplo, o aumento do  $VO_{2m\acute{a}x}$ , redução do índice de fadiga e aumento da atividade da enzima citrato sintase pertencente ao Ciclo de Krebs.

Lopes-Martins et al. (2006) investigando o efeito da irradiação laser de baixa intensidade sobre a fadiga do músculo esquelético de ratos encontraram a benéfica ação dessa modalidade terapêutica na redução da fadiga muscular induzida eletricamente.

Vieira et. al. (2005); Vieira et al. (2006) tomando por base os efeitos do laser e atividade física sobre a bioenergética, investigaram a ação do laser de baixa intensidade (780nm) sobre a performance muscular aeróbia de ratos sob treinamento físico em esteira. Os autores observaram um aumento na atividade da enzima citrato sintase (marcador padrão de capacidade oxidativa) e menor atividade da lactato desidrogenase (enzima chave no metabolismo glicolítico) nos grupos submetidos ao laser, principalmente quando associado com a atividade física.

Por outro lado, o aumento na capacidade oxidativa detectado por meio de atividade enzimática, não se refletiu numa maior performance aeróbia obtida por meio do LA metabólico durante testes de esforço incremental em esteira. A inferência sugerida pelos autores pode ter sido protocolo-dependente, ou seja, o protocolo utilizado em seu estudo por ter sido de curta duração (5 semanas), não se mostrou suficiente para expressar modificações de performance física em longo prazo.

Corroborando a hipótese supracitada, Ribeiro (1995) relata que o LA determinado pela carga de exercício correspondente sofre influência do tipo de protocolo utilizado. Portanto, os achados encontrados nesse estudo substanciam a continuidade de estudos nessa linha de pesquisa, sobretudo em seres humanos, no sentido de investigar se, de fato, o laser de baixa intensidade é um recurso capaz de melhorar a performance muscular de indivíduos mediante o estímulo do exercício.

Pelo que nos consta, não há relatos na literatura especializada de investigações referentes aos possíveis efeitos do laser sobre performance muscular em humanos saudáveis, lesados, sedentários e/ou treinados.

Assim, baseado nos efeitos do laser de baixa intensidade sobre o metabolismo celular observados em culturas de células (*in vitro*) ou animais de experimentação (*in vivo*), particularmente os relacionados às modificações físicas (estruturais) e químicas (bioquímicas)

da mitocôndria, bem como, os relacionados às respostas fisiológicas e desempenho muscular (limiar anaeróbio e fadiga muscular), todos expressando para a maior ativação da via metabólica aeróbia e conseqüentemente, maior síntese de ATP celular, é que nossa temática aponta para o seguinte questionamento:

Será que o laser de baixa intensidade associado ao treinamento aeróbio é capaz de aumentar a performance muscular de mulheres saudáveis?

Face ao exposto essa pesquisa se justifica pelo fato de envolver questões e áreas de atuação de extrema importância para fisioterapia, uma vez que trata de situações atuais e de interesse entre a comunidade científica, e, portanto, de grande valia para aqueles envolvidos, sobretudo, com o esporte, atividade física e reabilitação. Além disso, as aplicações de laser nos ensaios envolvendo seres humanos são necessárias, no sentido de simular mais adequadamente os efeitos biológicos e fisiológicos desta modalidade encontrados nos estudos com animais de laboratório.

## **CAPÍTULO 2 - EFEITOS DO LASER (808nm) SOBRE O DESEMPENHO MUSCULAR ISOCINÉTICO E CAPACIDADE AERÓBIA DE MULHERES JOVENS SOB TREINAMENTO FÍSICO: UM ESTUDO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

### **INTRODUÇÃO**

A terapia laser de baixa intensidade (LLLT) é uma modalidade terapêutica luminosa que possui propriedades especiais capazes de interagir com os tecidos biológicos. Essa terapia tem se destacado, sobretudo, pela sua eficácia no processo de reparo tecidual e controle da dor (Enwemeka et al., 2004).

Outros efeitos têm sido atribuídos a LLLT (Karu, 1987; Karu, 1999) com destaque aos relacionadas à bioenergética, como o aumento da taxa respiratória mitocondrial e da síntese de ATP mediante modificações mitocondriais (Karu, Pyatibrat e Kalendo, 1995; Manteifel, Bakeeva e Karu, 1997; Morimoto et al., 1994; Passarela et. al., 1988; Pastore et al., 1994; Yu et al., 1997). Nesse sentido, estudos sugerem que, em células irradiadas, eventos fotoquímicos e fotofísicos ocorrem primariamente nas mitocôndrias, cujas alterações respiratórias são explicadas como resultado tanto de mudanças estruturais (Manteifel, Bakeeva e Karu, 1997) quanto químicas (metabólicas) nessa organela citoplasmática, podendo estas ocorrer no potencial de membrana (Passarela et. al. 1988) e/ou em atividades enzimáticas (Morimoto et al., 1994; Pastore et al., 1994; Quarto et al., 1988, Vieira et al., 2006; Yu et al., 1997).

Dentre as evidências, tem sido encontrada a formação de mitocôndrias gigantes a partir da fusão das membranas de mitocôndrias vizinhas e menores, de tal forma que estas seriam capazes de proporcionar altos níveis de respiração celular. Entretanto, um mecanismo químico baseado na ativação e/ou mudança do potencial redox de componentes da cadeia



respiratória mitocondrial (citocromo C oxidase e NADH desidrogenase) parece ser crucial na determinação desse efeito sobre a bioenergética (Karu, 1999).

Para tanto, o estado fisiológico da célula é um fator determinante da resposta tecidual frente à estimulação laser, de modo que a efetividade tende a ser ótima quando o tecido biológico encontra-se em condições de estresse oxidativo, como por exemplo, diante de lesão tecidual ou atividade física vigorosa (Karu, 1987; Kitchen e Partridge, 1991; Wilden e Karthein, 1998; Vieira et al. 2006).

Esses efeitos sobre a bioenergética favorecem ao predomínio da via metabólica aeróbia, contribuindo assim, para a maior disponibilidade de energia celular. Do ponto de vista prático, essas respostas poderiam ser de fundamental importância na reabilitação de pacientes e no desempenho atlético, como por exemplo, o aumento da resistência à fadiga.

O treinamento de *endurance* também promove mudanças nas características estruturais e metabólicas das mitocôndrias, proporcionando, portanto, adaptações metabólicas e fisiológicas no sentido de aumento da capacidade aeróbia (American College of Sports Medicine - ACSM, 1998; Holloszy e Coyle, 1984; Skinner et al., 2000).

Dentre os indicadores de desempenho aeróbio destacam-se variáveis biomecânicas como o índice de fadiga, bem como, variáveis ergoespiométricas como o LA e o  $VO_2$ máx, os quais são preditores da aptidão cardiorrespiratória dos indivíduos, tendo importantes implicações práticas na reabilitação, no planejamento da intensidade de treinamento e predição do desempenho no esporte (ACSM, 1998; Wasserman, 1984).

Portanto, nossa hipótese é a de que a LLLT pode ser um coadjuvante do exercício no aumento do condicionamento físico e capacidade aeróbia de indivíduos, tendo em vista algumas ações semelhantes dessas modalidades sobre o metabolismo oxidativo nas células musculares. Essa hipótese já foi testada em estudos prévios do nosso grupo utilizando um modelo experimental (Vieira et al., 2005b; Vieira et al., 2006). Por outro lado, há a

necessidade da realização de estudos em humanos, devidamente controlados, investigando os possíveis benefícios do laser sobre a bioenergética em indivíduos submetidos ao estresse fisiológico do treinamento físico.

Portanto, o propósito deste estudo foi avaliar o desempenho isocinético do quadríceps femoral (pico de torque médio, trabalho total, potência média e índice de fadiga) e a capacidade aeróbia (LA e  $VO_2$ máx), de mulheres jovens saudáveis submetidas a treinamento aeróbio e a fotoestimulação laser.

## **MÉTODOS**

### **Indivíduos**

Os sujeitos foram inicialmente recrutados por meio de divulgação impressa distribuída em vários locais de uma instituição de ensino superior, os quais foram catalogados numa lista de aproximadamente 65 voluntários.

Fizeram parte do estudo indivíduos jovens, do sexo feminino, idade entre (18 e 25 anos), altura entre (155 e 175 cm), Índice de Massa Corpórea (IMC) entre (18,5 e 25  $Kg/m^2$ ), clinicamente saudáveis, e padrão de vida sedentário e/ou fisicamente ativo, e, portanto não atletas conforme classificação proposta por Caspersen et al. (2000), ou seja, não podiam participar de algum programa de atividade física regular por mais que duas vezes por semana. Além disso, esses indivíduos não podiam apresentar história prévia de algum grau de lesão muscular no quadríceps femoral e/ou problemas no sistema cardiovascular e osteoarticular, nem doença de caráter sistêmico como diabetes mellitus e hipertensão arterial. Vale destacar que o ciclo menstrual não foi uma variável controlada tendo em vista o posicionamento da Sociedade Brasileira de Medicina Esportiva (2000), o qual sugere que não há evidências científicas estabelecidas sugerindo interferência do ciclo menstrual sobre o desempenho muscular.

A partir dessa triagem prévia, 45 indivíduos foram convocados para participarem do estudo. Após aprovação do projeto pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (parecer nº 249/2005), os indivíduos foram informados sobre os objetivos do estudo, caráter metodológico dos testes a que seriam submetidos e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, no momento da admissão no experimento, conforme resolução CSN 196/96. Os dados biométricos dos indivíduos estão descritos na tabela 2.1.

## **Design Experimental**

### *Seqüência dos procedimentos*

Primeiramente foi realizado um estudo piloto com alguns indivíduos visando determinar os protocolos experimentais. Em seguida, os indivíduos foram submetidos a avaliações fisioterapêutica, nutricional e médica iniciais, visando garantir, de fato, condições clínicas e metodológicas para participar do estudo. Durante estas avaliações foram obtidos dados de hábito alimentar, antropometria, composição corporal (adipometria e bioimpedância), exames bioquímicos (colesterol, glicemia e frações de lipoproteínas) e eletrocardiograma de repouso para registro do estado de saúde cardíaco e sistêmico.

A partir daí os 45 indivíduos foram aleatoriamente (sorteio) distribuídos em três grupos (n=15). O primeiro serviu de controle (GC) e foi submetido somente a procedimentos de avaliação; o segundo foi submetido a um protocolo de treinamento aeróbio (GT); e o terceiro foi submetido ao mesmo protocolo de treinamento aeróbio associado a fotoestimulação laser (GTL).

Após a alocação dos grupos os indivíduos foram selecionados para realização de avaliações pré-período de treinamento de: dinamometria isocinética (para a determinação do índice de fadiga, pico de torque, trabalho total e potência média) e esforço físico incremental em cicloergômetro ou ergoespirometria (para a determinação do LA ventilatório, LA

metabólico,  $VO_2$ máx e carga máxima). Essa última foi realizada antes do treinamento, e a cada três semanas para reajuste da carga de treinamento (LA ventilatório). Todos os voluntários foram orientados a não alterarem suas rotinas físicas normais e seus hábitos alimentares durante todo o período de experimento, bem como, não ingerir bebida alcoólica, procurar dormir bem (tempo e qualidade do sono) e não realizar atividade física vigorosa no dia anterior às avaliações. As avaliações de dinamometria isocinética e ergoespirometria foram realizadas no mesmo período do dia (vespertino) e em dias diferentes, cuja ordem de avaliação foi determinada aleatoriamente.

Após esses procedimentos de avaliação os grupos GT e GTL foram submetidos ao protocolo de treinamento aeróbio enquanto o GC foi orientado a manter o nível prévio de atividade física. Após o período de treinamentos todos os procedimentos de avaliação realizados previamente foram repetidos.

Como forma de observar possíveis influências do nível de aptidão física prévio sobre as variáveis estudadas os indivíduos de cada grupo foram, posteriormente à realização dos protocolos iniciais, subdivididos pelo  $VO_2$ máx., em dois subgrupos: sedentário (n=8) e ativo (n=7), de acordo com a classificação proposta pela American Heart Association - AHA, 1994.

## **Protocolos experimentais**

### *Avaliação isocinética do quadríceps femural:*

A mensuração das variáveis isocinéticas foi realizada por meio de um dinamômetro isocinético computadorizado (*Biodex multi-joint sistem 3*).

Primeiramente foi realizado um breve período de aquecimento por meio da atividade em uma bicicleta ergométrica sem carga por um período de 5 minutos. Em seguida os voluntários foram posicionados no dinamômetro isocinético, o qual foi previamente calibrado. Os indivíduos foram devidamente alinhados e estabilizados por cintas, com a finalidade de

evitar possíveis movimentos compensatórios, conforme modelo-exemplo ilustrado pelo programa do aparelho isocinético. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o eixo do joelho a ser avaliado, ao nível do epicôndilo lateral do fêmur. Parâmetros como altura e base da cadeira, distância do encosto, nível do acessório e base do dinamômetro foram todos registrados e controlados para cada indivíduo.

Antes do início do registro dos dados do desempenho muscular, foi realizado um pré-teste de adaptação ao aparelho isocinético, que consistiu na realização de três contrações concêntricas voluntárias submáximas, em toda a amplitude de movimento pré-programada, nas velocidades de 60°/s e 240°/s, respectivamente. Após 1 minuto de repouso, foi iniciado o teste através da realização de cinco contrações concêntricas voluntárias máximas do quadríceps e ísquiotibiais em toda a amplitude de movimento de flexo-extensão do joelho pré-programada (0°-75°), na velocidade de 60°/s para o registro do pico de torque médio. Após um breve intervalo de descanso (3 minutos) e familiarização, 60 contrações concêntricas voluntárias máximas foram solicitadas nos mesmos músculos, na velocidade angular de 240°/s para o registro do trabalho total, potência média e índice de fadiga.

O índice de fadiga foi determinado por meio da seguinte fórmula (Pincivero, Gandaio e Ito, 2003):

$$\text{IF (diminuição percentual)} = 100 - [(\text{trabalho no } 1/3 \text{ final} \div \text{trabalho no } 1/3 \text{ inicial}) \times 100].$$

Para ambos os testes foram dados encorajamentos verbal e visual aos voluntários, a fim de que o máximo esforço fosse realizado. A ordem dos membros a serem avaliados foi determinada aleatoriamente (sorteio) para cada indivíduo.

#### *Avaliação do limiar anaeróbio e consumo máximo de oxigênio*

Os sujeitos realizaram um teste de esforço físico incremental tipo degraus contínuos (teste de Balke) num cicloergômetro de frenagem eletromagnética (*Ergo 167 Cycle*),

iniciando na potência (carga) de 25 W com aumento gradativo de 25 W a cada dois minutos de exercício até a exaustão física ou surgimento de eventuais sinais e sintomas limitantes.

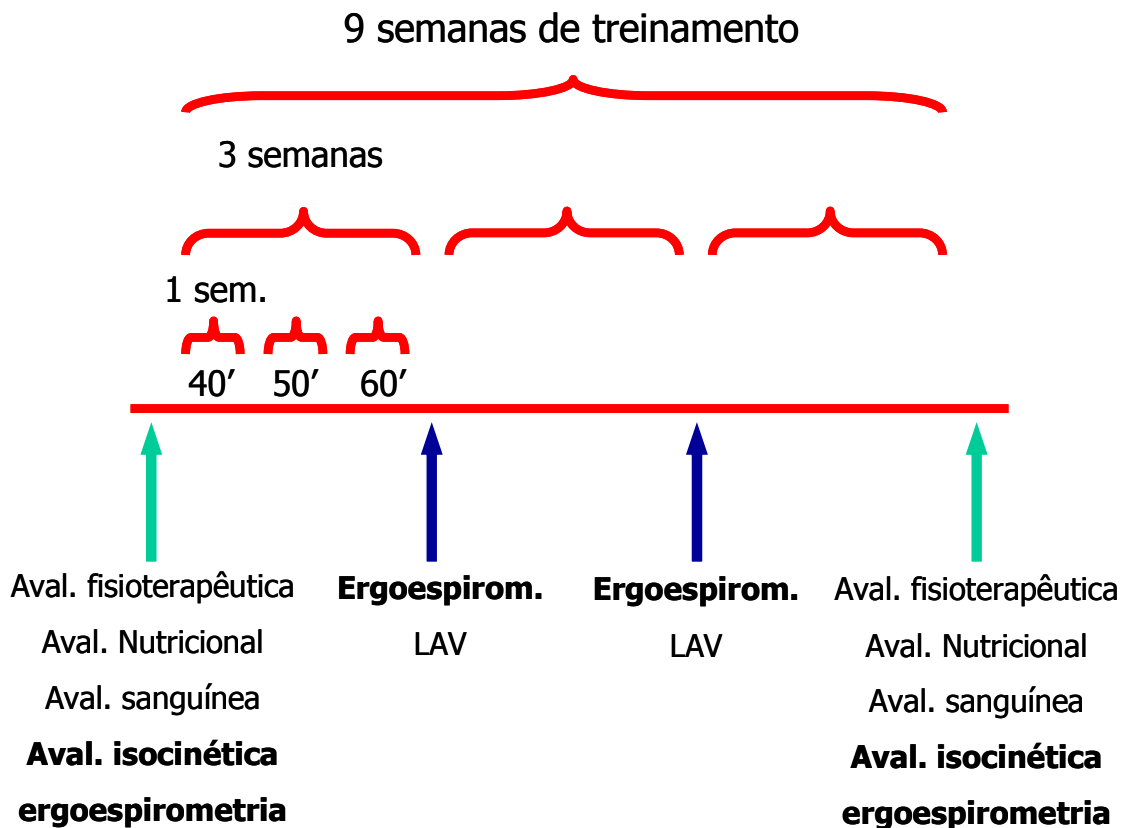
Os voluntários foram orientados e encorajados a manter a velocidade em torno de 60-70 rotações por minuto, sendo concluído o teste quando o indivíduo não conseguisse mais manter 10% dessa taxa de rotação. Durante esse protocolo foi utilizado um analisador de gases (ergoespirômetro – VO2000 MedGraphics) para monitoramento das trocas gasosas cujos valores eram registrados a cada 20 segundos (média), os quais eram transferidos automaticamente para o software aerograph visando a determinação do LA ventilatório e VO<sub>2</sub>máx. O LA ventilatório foi determinado pelas curvas da ventilação, equivalente de oxigênio e fração expirada de O<sub>2</sub>, enquanto que o VO<sub>2</sub>máx foi considerado como consumo de oxigênio pico (VO<sub>2</sub>pico).

Todos os sujeitos atingiram os critérios para VO<sub>2</sub>pico como: taxa de troca respiratória (QR) maior que 1.1 e/ou frequência cardíaca máxima (FCmáx) dentro de  $\pm 10$  batimentos dos valores de referência apropriados para a faixa etária dos indivíduos (Howley, Bassett e Welch, 1995). A frequência cardíaca foi registrada durante o teste por meio de um frequencímetro eletromagnético.

A cada incremento de potência eram coletadas ainda amostras de sangue de 25 microlitros diretamente do lobo da orelha por meio de um tubo capilar previamente calibrado com anticoagulante - fluoreto de sódio (NaF) para posterior determinação do LA metabólico ou limiar de lactato. Além disso, o indivíduo era questionado para indicar o nível de esforço percebido por meio da visualização da escala de BORG de 6 a 20 pontos, bem como, era registrada a FC (frequência cardíaca). As condições ambientais foram controladas por meio de condicionador de ar, sendo que a temperatura foi mantida entre 22-25°C e umidade relativa do ar entre 40% e 60%.

*Protocolo de treinamento:*

O treinamento foi realizado em um cicloergômetro (*Ergo 167 Cycle*), três vezes por semana, durante um período total de 9 semanas consecutivas, na carga de esforço correspondente ao LA ventilatório. As sessões de treinamento tiveram duração de 40-60 minutos, sendo que cada sessão iniciava com 5 minutos de aquecimento e terminava com 5 minutos de resfriamento ambos numa carga inferior ao LA ventilatório. Essas sessões de treinamento foram supervisionadas por um instrutor. O reajuste da carga foi feito ao final da terceira e sexta semanas de treinamento como forma de respeitar o princípio da sobrecarga fisiológica (figura 2.1). Em alguns indivíduos a carga do exercício foi monitorada pelo frequencímetro eletromagnético. A frequência cardíaca individual foi estabelecida baseada na frequência cardíaca máxima obtida durante o  $VO_{2\text{pico}}$ . Todos os parâmetros de treinamento estabelecidos nesse estudo seguiram as recomendações do ACSM (1998).



**Figura 2.1** – Design experimental.

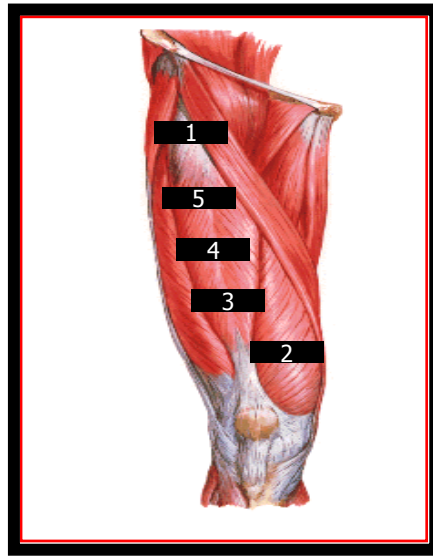
*Fotoestimulação laser:*

As aplicações foram realizadas imediatamente após cada sessão de treinamento, como forma de aproveitar as condições de “estresse fisiológico”, e conseqüentemente, de alterações metabólicas do indivíduo, tendo em vista a maior eficácia do laser nessas condições (Karu, 1987; Kitchen e Partridge, 1991; Wilden e Karthein, 1998). Foram utilizados os seguintes parâmetros: um aparelho na faixa do infravermelho próximo (GaAlAs-808nm), contendo seis diodos na potência de 60mW cada; energia por ponto (diodo) de 0,6J, os quais foram aplicados em cinco regiões devidamente distribuídas no ventre do quadríceps femural, bilateralmente, totalizando 30 pontos irradiados por sessão em cada membro. O equipamento e as regiões onde foi realizada a fotoestimulação podem ser observados nas figuras 2.1 e 2.2.



**Figura 2.2** – equipamento laser utilizado no experimento





**Figura 2.3** – regiões de aplicação do laser

### *Análise estatística*

Os resultados são expressos como média e desvio-padrão. A distribuição normal dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A diferença entre os grupos foi verificada pela análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas, seguida da análise *post-hoc* de TUKEY. A análise da relação entre variáveis foi realizada pelo teste de correlação de PEARSON. O LA metabólico de cada indivíduo foi determinado utilizando o modelo bi-segmentado a partir do ponto de inflexão da curva lactato sanguíneo *versus* carga de esforço do teste incremental. Os dados foram analisados utilizando o software *SPSS for Windows* (versão 11.0). O valor de significância estatística foi de ( $P \leq 0,05$ ).

## **RESULTADOS**

### Características antropométricas e composição corporal

Foi possível observar que não houve modificações significativas entre os momentos inicial e final o período de treinamento para todos os grupos estudados ( $p > 0,05$ ). Os valores referentes a essas variáveis podem ser visualizados na tabela 2.1.

**Tabela 2.1** - Características biométricas e composição corporal dos indivíduos dos três grupos estudados.

	GC		GT		GTL	
	Pré	pós	Pré	pós	Pré	pós
<b>Idade (ano)</b>	21,3 ± 2,2		20,5 ± 1,3		21,2 ± 1,7	
<b>Altura (m)</b>	1,63 ± 0,04		1,60 ± 0,04		1,64 ± 0,05	
<b>Peso (kg)</b>	54,5 ± 5,2	55,3 ± 5,3	56,3 ± 6,2	57,1 ± 6,7	55,1 ± 6,8	55,7 ± 6,5
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	20,5 ± 1,8	20,8 ± 1,7	21,8 ± 2,1	22,2 ± 2,3	20,6 ± 1,8	20,7 ± 1,7
<b>Gordura (%)</b>	22,0 ± 5,2	22,5 ± 4,2	23,1 ± 3,3	23,5 ± 4,2	22,6 ± 3,2	22,8 ± 3,2
<b>Cintura (cm)</b>	65,8 ± 3,1	66,4 ± 2,9	68,7 ± 5,3	68,9 ± 4,9	66,6 ± 3,6	66,2 ± 3,3

Valores são média e desvio-padrão.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

#### Índice de fadiga

Após o período de treinamento foi possível observar uma diminuição do índice de fadiga nos grupos GT (de 65,19 ± 4,29 para 62,16 ± 4,51 % - P = 0,0150) e GTL (de 64,93 ± 8,94 para 60,09 ± 4,00 % - P = 0,0039) para o membro não dominante e GT (de 63,22 ± 6,66 para 62,86 ± 4,50 % - P = 0,0362) e GTL (de 63,80 ± 4,45 para 60,27 ± 4,35 % - P = 0,0021) para o membro dominante. Na comparação entre grupos houve uma diferença significativa somente do grupo GTL em relação ao GC (p=0,032) para o membro dominante, conforme ilustrado na figura 2.4.

#### Trabalho Total

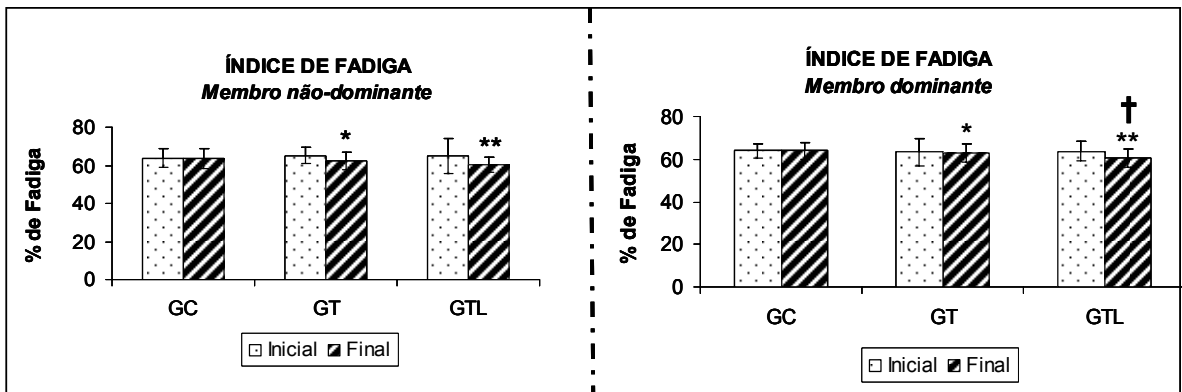
Após o período de treinamento foi possível observar um aumento do trabalho total nos grupos GT (de 2479,71 ± 455,22 para 2583,6 ± 506,74 J - P = 0,0070) e GTL (de 2303,95 ± 588,00 para 2614,72 ± 542,07 J - P = 0,00001) para o membro não dominante e GT (de 2375,76 ± 336,63 para 2711,92 ± 328,11 J - P = 0,00001) e GTL (de 2398,4 ± 455,5 para 2675,06 ± 569,91 J - P = 0,00001) para o membro dominante. No entanto, não houve diferenças significativas entre os grupos, conforme ilustrado na Figura 2.5.

### Potência Média

Após o período de treinamento foi possível observar um aumento da potência média nos grupos GT (de  $91,92 \pm 17,00$  para  $101,01 \pm 18,66$  Watts -  $P = 0,0035$ ) e GTL (de  $85,1 \pm 22,53$  para  $99,83 \pm 23,01$  Watts -  $P = 0,00001$ ) para o membro não dominante e GT (de  $86,92 \pm 12,97$  para  $102,66 \pm 11,77$  Watts -  $P = 0,00001$ ) e GTL (de  $89,42 \pm 17,84$  para  $101,57 \pm 19,66$  Watts -  $P = 0,00001$ ) para o membro dominante. No entanto, não houve diferenças significativas entre os grupos, conforme ilustrado na Figura 2.6.

### Pico de Torque Médio

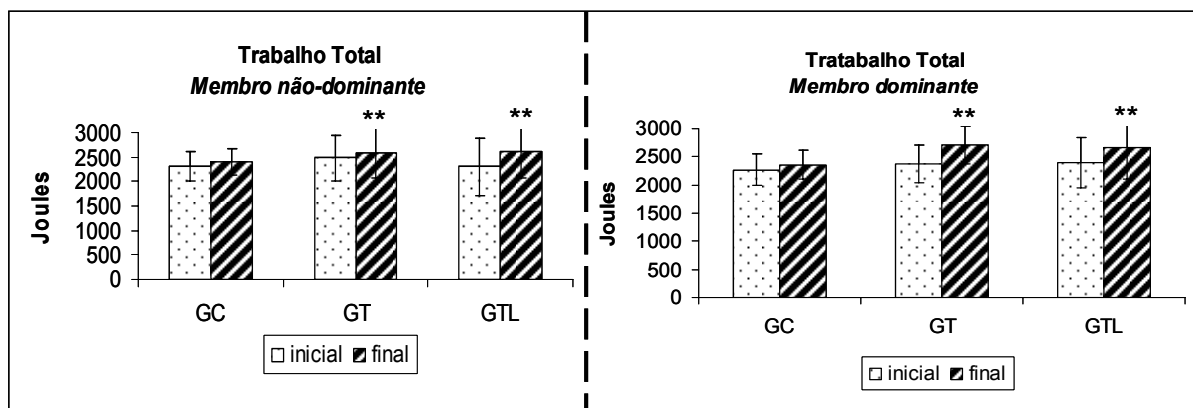
Não houve diferenças significativas após o período de treinamento, bem como, entre os grupos em ambos os membros ( $P > 0,05$ ), conforme ilustrado na Figura 2.7.



**Figura 2.4** - Índice de fadiga inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

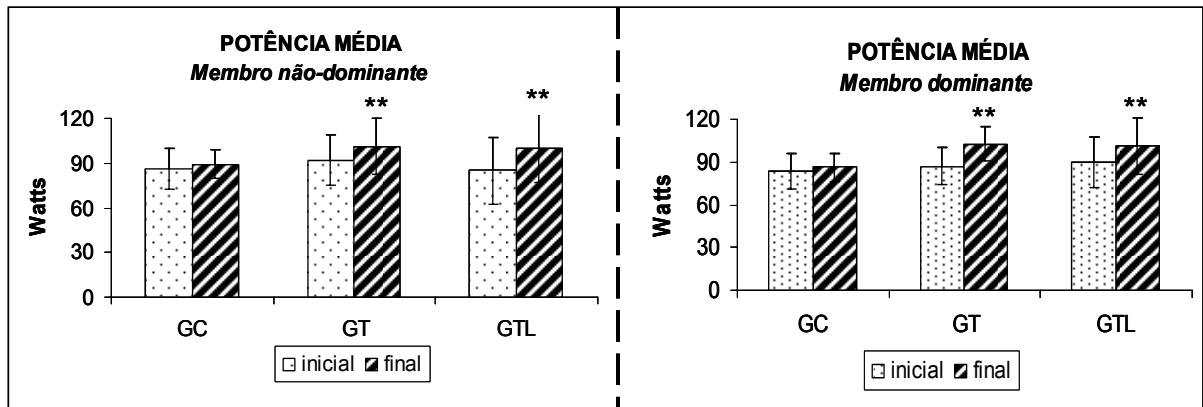
Valores são média e desvio-padrão. \*\*significância nos momentos inicial e final ( $P < 0,01$ ); \*significância nos momentos inicial e final ( $P < 0,05$ ); †significância estatística em relação ao GC ( $P < 0,05$ ).



**Figura 2.5** - Trabalho Total inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

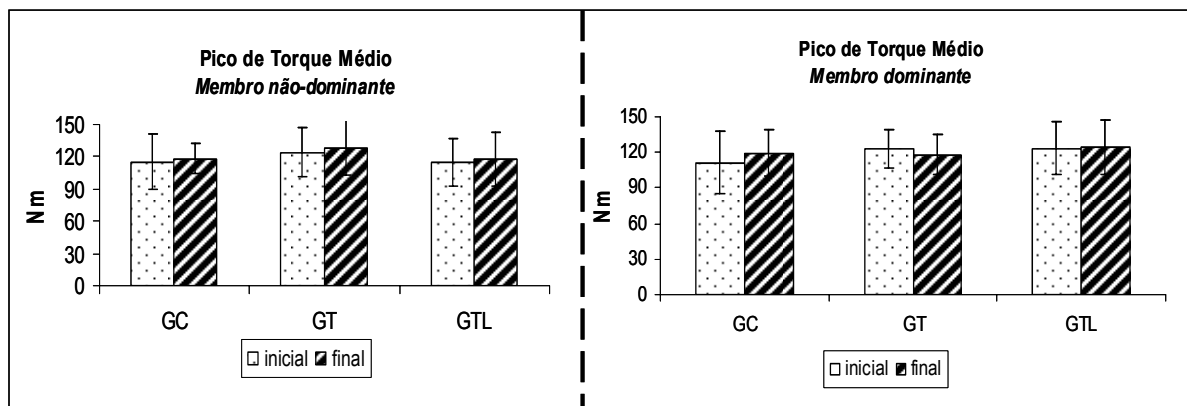
GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

Média e desvio-padrão. \*\*significância nos momentos inicial e final ( $P < 0,01$ ).



**Figura 2.6** - Potência Média inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.  
Média e desvio-padrão. \*\*significância nos momentos inicial e final ( $P < 0,01$ ).



**Figura 2.7** - Pico de Torque Médio inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.  
Média e desvio-padrão.

### Limiar Anaeróbico Ventilatório (LA ventilatório)

Após o período de treinamento foi possível observar um aumento do LA ventilatório nos grupos GT (de  $81,00 \pm 14,29$  para  $101,33 \pm 15,63$  Watts -  $P = 0,0000$ ) e GTL (de  $84,66 \pm 18,27$  para  $103,66 \pm 19,31$  Watts -  $P = 0,0000$ ). Na comparação entre grupos houve uma diferença significativa dos grupos GT ( $p = 0,004$ ) e GTL ( $p = 0,001$ ) em relação ao GC, conforme ilustrado na Figura 2.8.

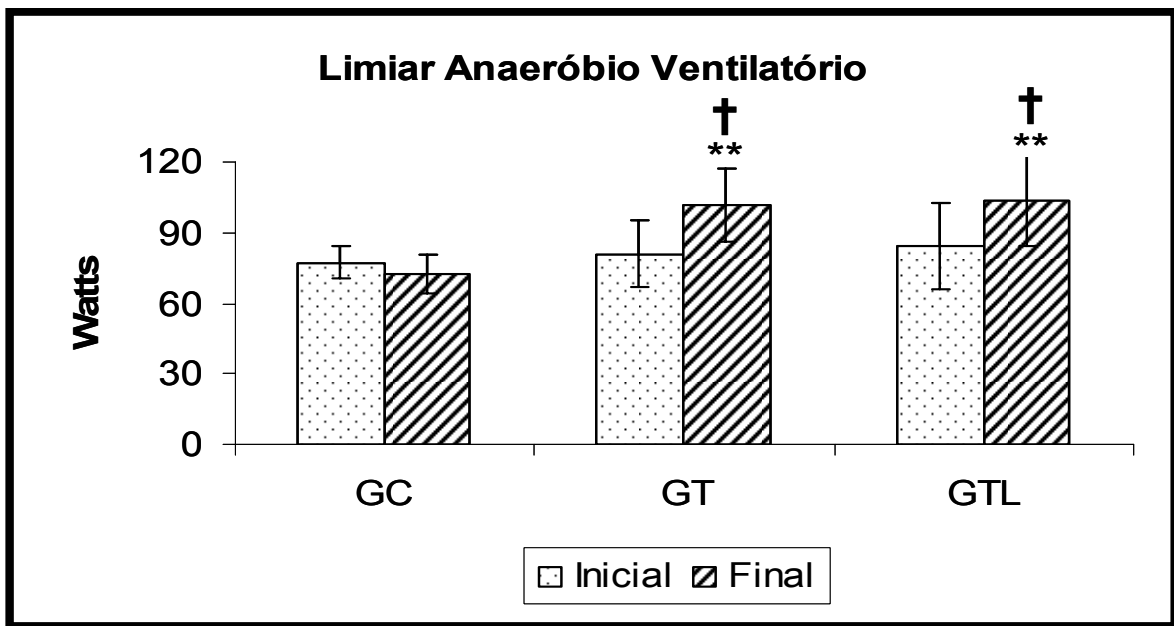
### Consumo Máximo de Oxigênio ( $VO_2$ max)

Após o período de treinamento foi possível observar um aumento do  $VO_2$ max nos grupos GT (de  $29,08 \pm 5,88$  para  $36,54 \pm 5,29$   $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  -  $P = 0,0003$ ) e GTL (de  $30,16 \pm 4,7$  para  $37,53 \pm 6,13$   $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  -  $P = 0,0000$ ). No entanto, não houve diferenças significativas entre os grupos, conforme ilustrado na Figura 2.9.

Foi observada uma forte correlação entre o LA ventilatório e o  $VO_2$ max durante as 4 avaliações realizadas para reajuste da carga de exercício durante o período de treinamento tanto no GT ( $r = 0,9250$ ) quanto no GTL ( $r = 0,9933$ ), conforme ilustrado na Figura 2.10.

### Carga Máxima

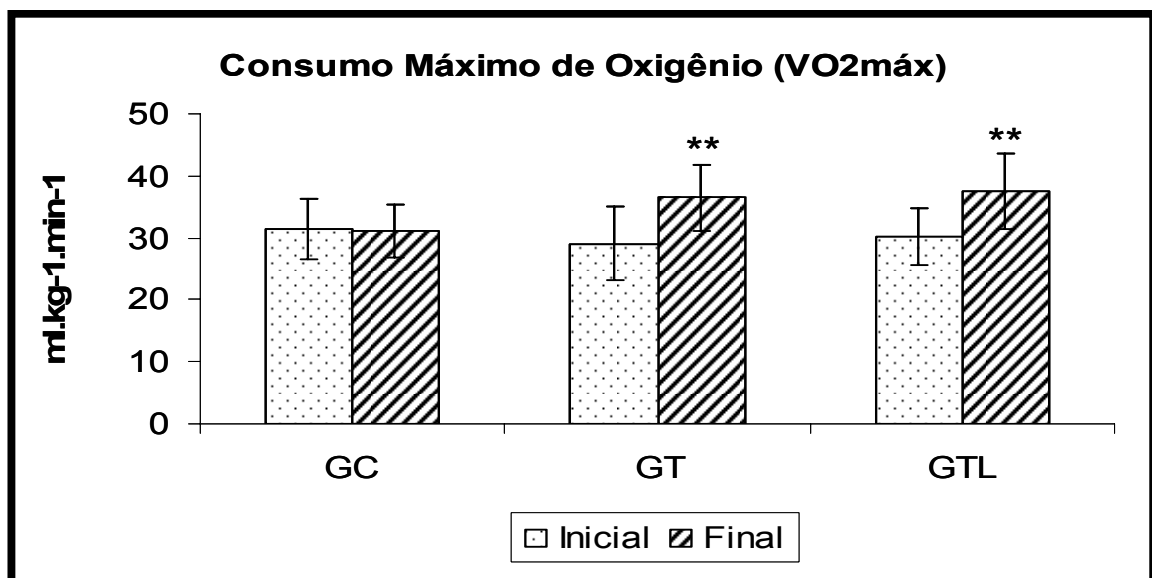
Após o período de treinamento foi possível observar um aumento da carga máxima nos grupos GT (de  $146,67 \pm 26,5$  para  $183,33 \pm 21,68$  Watts -  $P = 0,0000$ ) e GTL (de  $141,66 \pm 23,27$  para  $178,33 \pm 26,50$  Watts -  $P = 0,0000$ ). Na comparação entre grupos houve uma diferença significativa dos grupos GT ( $p = 0,003$ ) e GTL ( $p = 0,019$ ) em relação ao GC, conforme ilustrado na Figura 2.11.



**Figura 2.8** – Limiar Anaeróbio Ventilatório (LA ventilatório) inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

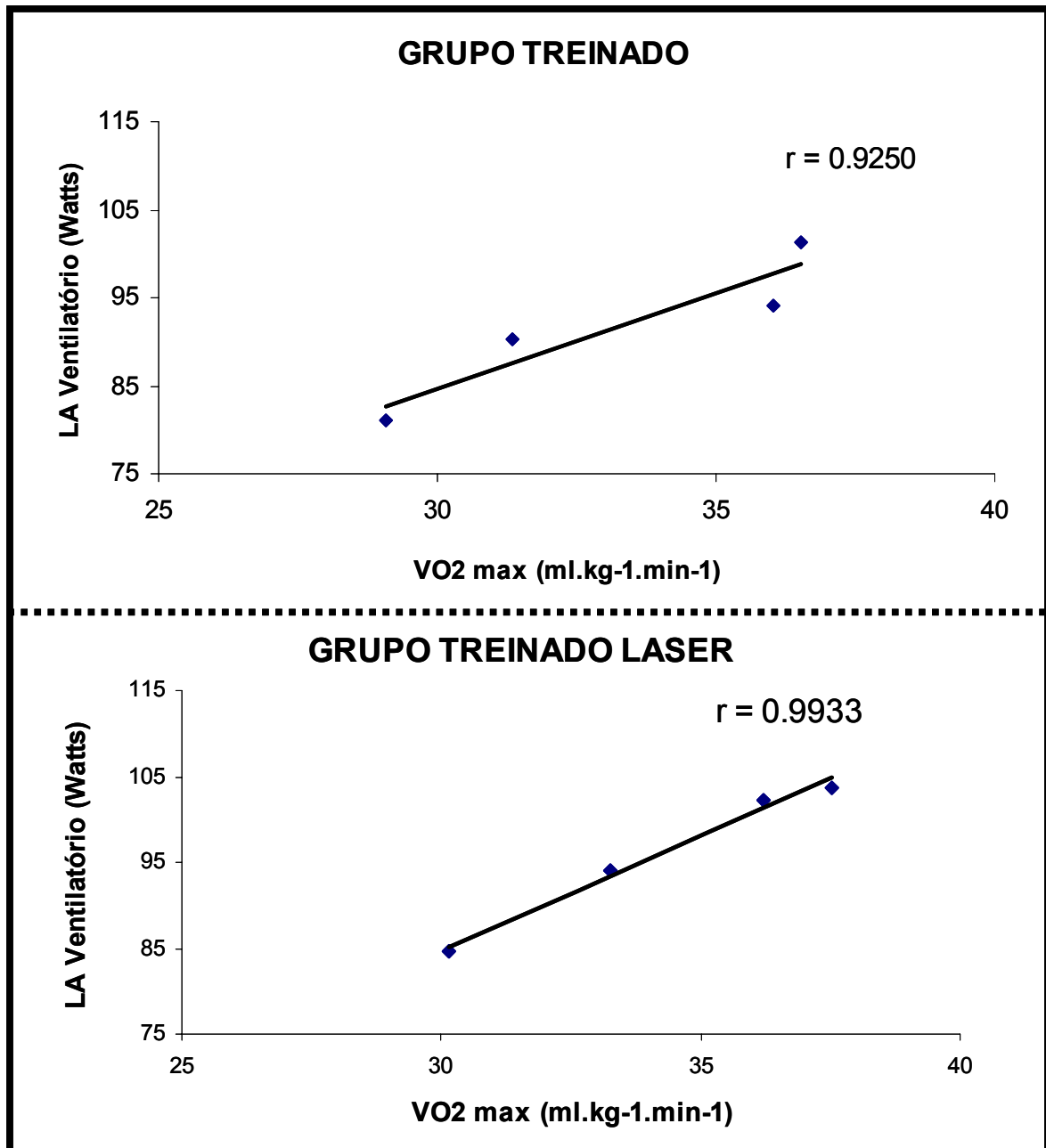
Valores são média  $\pm$  desvio-padrão. \*\*significância estatística –  $p < 0,01$  entre os momentos inicial e final o treinamento. †significância estatística em relação ao GC ( $P < 0,01$ ).



**Figura 2.9** - Consumo Máximo de Oxigênio (VO<sub>2</sub>máx) inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

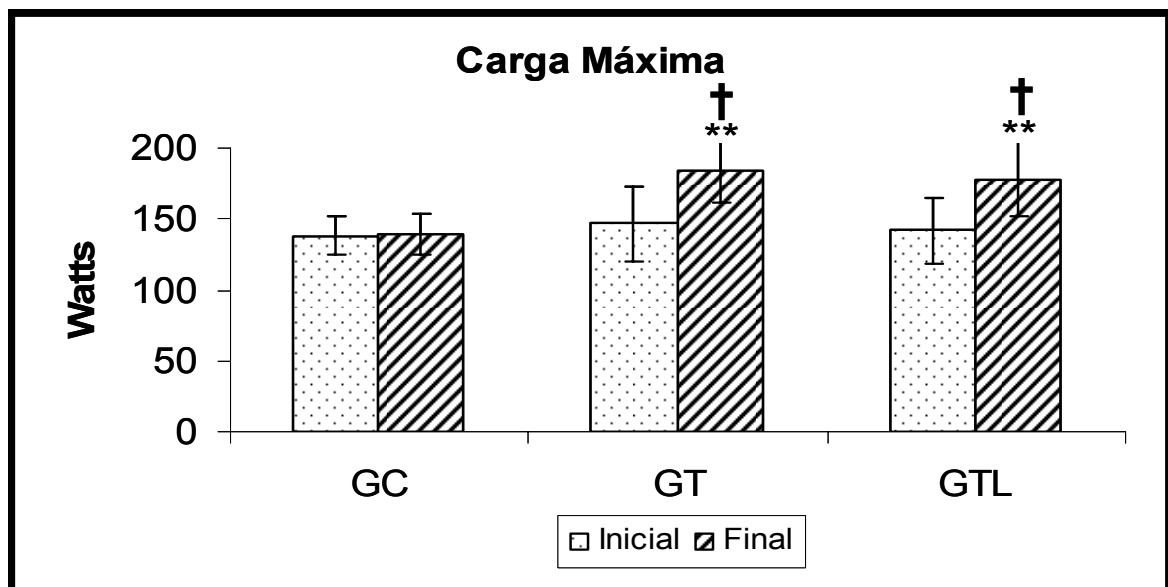
GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

Valores são média  $\pm$  desvio-padrão. \*\*significância estatística –  $p < 0,01$  entre os momentos inicial e final o treinamento.



**Figura 2.10** - Correlação entre as variáveis LA ventilatório e VO<sub>2</sub>máx durante as 4 avaliações realizadas no decorrer do período de treinamento nos grupos submetidos ao treinamento.  $r$  = valor da correlação de Pearson.





**Figura 2.11** - Carga Máxima inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

Valores são média  $\pm$  desvio-padrão. \*\*significância estatística –  $p < 0,01$  entre os momentos inicial e final o treinamento. †significância estatística em relação ao GC ( $P < 0,05$ ).

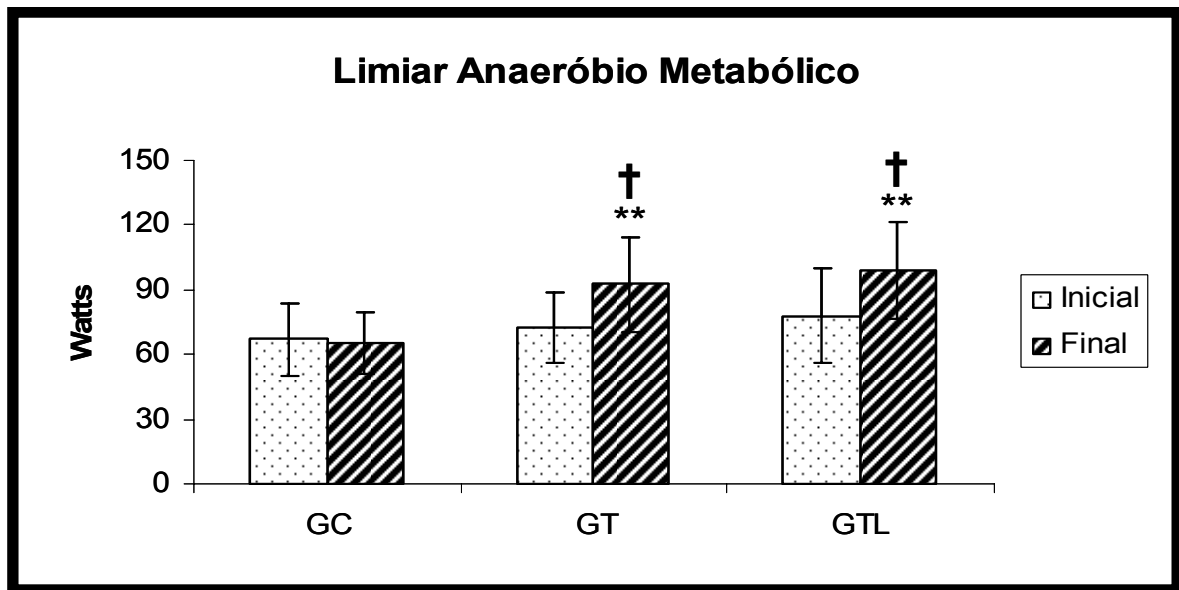
### Limiar Anaeróbio Metabólico

Após o período de treinamento foi possível observar um aumento do LA metabólico (limiar de lactato) nos grupos GT (de  $72,27 \pm 16,60$  para  $92,37 \pm 22,23$  Watts -  $P = 0,0019$ ) e GTL (de  $77,92 \pm 21,65$  para  $98,82 \pm 22,62$  Watts -  $P = 0,0000$ ). Na comparação entre grupos houve uma diferença significativa dos grupos GT ( $p = 0,035$ ) e GTL ( $p = 0,03$ ) em relação ao GC, conforme ilustrado na Figura 2.12.

Foi possível observar uma forte correlação entre o LA ventilatório e o LA metabólico durante as 4 avaliações realizadas no decorrer do período de treinamento tanto no GT ( $r = 0,9991$ ) quanto no GTL ( $r = 0,9960$ ), conforme ilustrado na Figura 2.13.

### Relação entre indivíduos sedentários e ativos

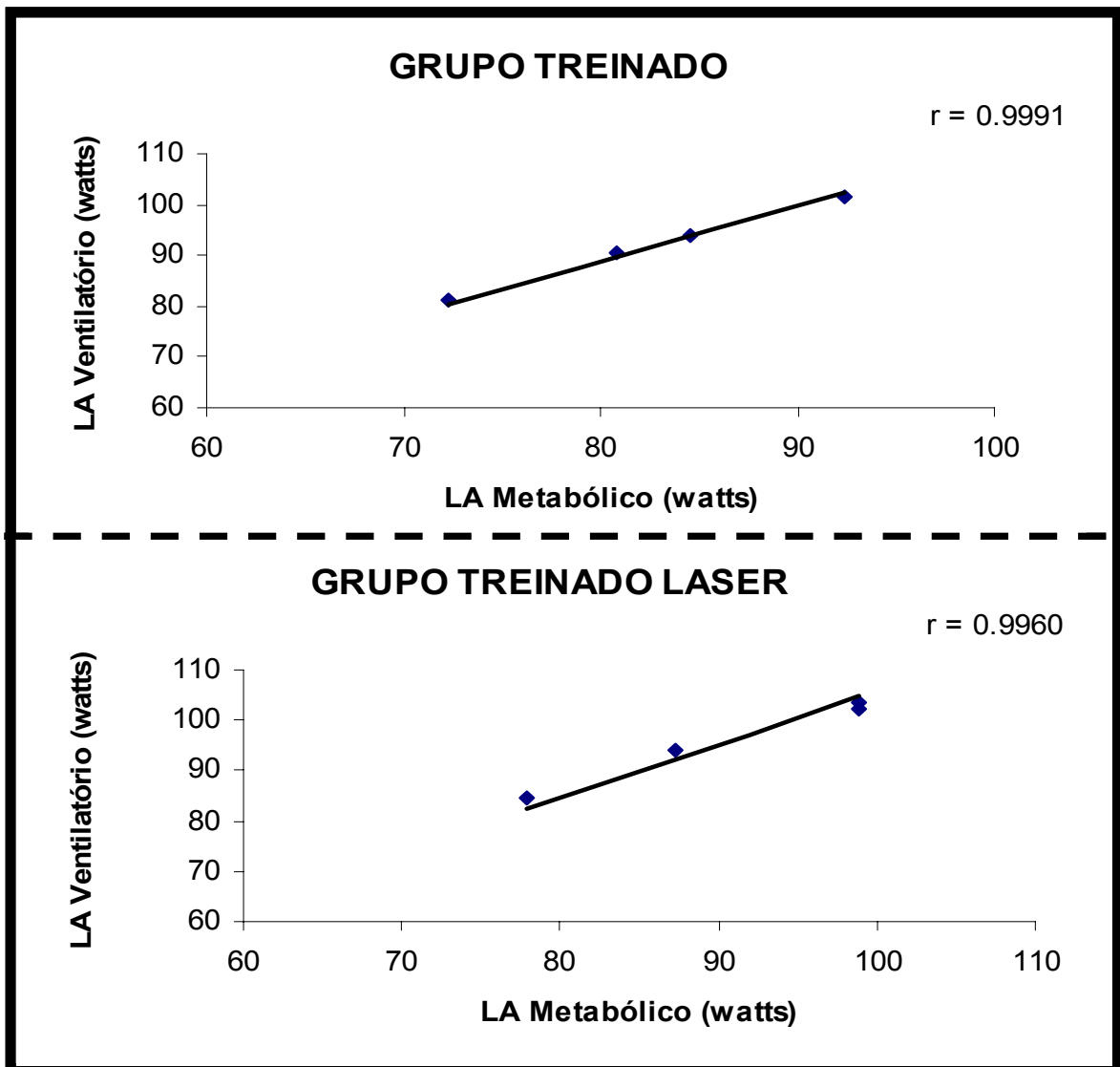
Foi possível observar que os indivíduos inicialmente classificados como sedentários e/ou ativos dos grupos submetidos ao treinamento aeróbio (GT e GTL) apresentaram modificações significativas entre os momentos inicial e final o período de treinamento ( $p < 0,05$ ). Além disso, pode-se observar que os indivíduos sedentários do grupo GT apresentaram ganhos percentuais ligeiramente maiores de capacidade aeróbia ( $VO_2$ máx, LA ventilatório, LA metabólico, Carga máxima) quando comparado com os indivíduos ativos. Por outro lado, para o GTL os ganhos de capacidade aeróbia foram semelhantes entre os indivíduos sedentários e ativos, com exceção do  $VO_2$ máx cujo ganho foi maior entre os indivíduos sedentários. Os valores referentes a essas variáveis podem ser visualizados na tabela 2.2.



**Figura 2.12** – Limiar Anaeróbico Metabólico (LA metabólico) inicial e final o período de treinamento entre os três grupos estudados.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

Valores são média  $\pm$  desvio-padrão. \*\*significância estatística –  $p < 0,01$  entre os momentos inicial e final o treinamento. †significância estatística em relação ao GC ( $P < 0,01$ ).



**Figure 2.13** - Correlação entre as variáveis LA Metabólico e LA Ventilatório durante as 4 avaliações realizadas no decorrer do período de treinamento nos grupos submetidos ao treinamento.  $r$  = valor da correlação de Pearson.

**Tabela 2.2** – VO<sub>2</sub>máx., LA ventilatório, LA metabólico e carga máxima (CM) inicial e final o período de treinamento entre indivíduos sedentários e ativos dos grupos estudados.

		GC		GT		GTL	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
VO <sub>2</sub> máx	sedentário	27,63±1,7	28,14±4,0	26,98±3,1	34,55±4,7**	27,10±1,3	35,66±5,4**
	ativo	35,81±4,3	32,44±3,7	34,13±2,9	37,26±3,2*	33,73±2,9	38,8±6,1**
LA	sedentário	77,50±4,6	69,38±7,8	73,75±12,7	101,25±19,2**†	77,5±11,3	92,5±8,0**†
	ativo	77,14±9,1	75,71±8,4	89,29±11,7	101,43±11,8**	92,86±21,9	116,4±20,9**††
LA	sedentário	63,1±17,1	65,3±15,6	66,69±17,1	89,12±27,1*	71,37±16,0	90,89±11,4**
	ativo	71,4±17,5	65,2±13,5	78,66±14,7	96,10±16,4*	85,41±25,9	107,89±29,3**†
CM	sedentário	130,0±11,7	131,9±13,7	136,3±24,3	180,0±25,2**	132,5±19,5	166,9±14,4**
	ativo	147,1±9,1	148,6±10,3	158,6±25,3	187,1±17,9**†	152,1±24,1	191,4±31,9**

Valores são média e desvio-padrão.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

\*significância estatística (p<0,05) entre os momentos inicial e final o período treinamento

\*\*significância estatística (p<0,01) entre os momentos inicial e final o período de treinamento

†significância estatística (p<0,05) em relação ao grupo controle (GC)

††significância estatística (p<0,01) em relação ao grupo controle (GC)

No que se refere ao índice de fadiga pode-se observar uma redução nos grupos GT e GTL após o período de treinamento, sobretudo, para o grupo submetido à terapia laser, especificamente no membro não dominante dos indivíduos ativos e membro dominante dos indivíduos sedentários e/ou ativos. No entanto, na comparação entre grupos não houve diferenças significativas ( $P>0,05$ ).

**Tabela 2.3** – Índice de fadiga (IF) inicial e final o período de treinamento para ambos os membros entre indivíduos sedentários e ativos dos grupos estudados.

		GC		GT		GTL	
		Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
<b>IF (%)</b>	<b>sedentário</b>	62,32±6,5	61,76±6,4	65,67±4,2	62,28±5,4*	62,96±10,1	61,38±2,9
<b>N-domin.</b>	<b>ativo</b>	65,12±2,8	65,60±3,5	64,48±4,9	61,93±2,7	68,40±5,9	58,15±5,0**
<b>IF (%)</b>	<b>sedentário</b>	64,64±2,7	64,28±4,3	63,50±7,9	62,21±3,6	62,2±4,9	59,08±3,7*
<b>dominante</b>	<b>ativo</b>	63,13±4,1	63,44±4,5	62,67±4,3	64,37±6,9	65,74±6,9	62,05±5,2*

Valores são média e desvio-padrão.

GC = grupo controle; GT = grupo treinamento; GTL = grupo treinamento e laser.

\*significância estatística ( $p<0,05$ ) entre os momentos inicial e final o período de treinamento

\*\*significância estatística ( $p<0,01$ ) entre os momentos inicial e final o período de treinamento

## DISCUSSÃO

Esse estudo investigou a ação do laser de baixa intensidade sobre o desempenho muscular isocinético e capacidade aeróbia de mulheres jovens sob treinamento aeróbio. Esta problemática já foi verificada em animais de experimentação, cujos resultados sugerem o efeito da terapia laser no aumento da capacidade aeróbia e/ou redução da fadiga por meio da análise de lactacidemia, atividade enzimática ou registro de força de contração (Lopes-Martins et al., 2006; Vieira, 2004; Vieira et al., 2006).

### Características individuais de linha de base

Nossos dados exibiram uma distribuição relativamente homogênea no que diz respeito à faixa etária, características biométricas, composição corporal e aptidão cardiorrespiratória em sua linha de base de todos os indivíduos alocados nos três grupos estudados. Isto possibilitou análises estatísticas mais consistentes, e conseqüentemente, a determinação de conclusões mais fidedignas, uma vez que nesse estudo foi adotada uma distribuição aleatória dos indivíduos nos diferentes grupos.

Uma variável importante nos estudos envolvendo treinamento físico diz respeito ao IMC, o qual infere parte da composição corporal e perfil metabólico dos indivíduos. Nesse estudo não foi observada modificações significantes nessa variável após o período de treinamento nos grupos exercitados.

De acordo com dados da literatura, parece que valores médios de IMC são menos representativos (modificáveis) quando se encontram abaixo de 30 Kg/m<sup>2</sup> conforme observado por outros autores (Hautala et al., 2006). Portanto, como todos os indivíduos apresentaram valores dentro de parâmetros de normalidade (entre 18,5 e 25 Kg/m<sup>2</sup>) em sua linha de base e após o período de treinamento, tal fato pode ter sido de fato, confirmado nesse estudo.

Apesar do treinamento de *endurance* proporcionar a maior utilização do metabolismo dos ácidos graxos (gordura), os indivíduos em contra partida tendem a aumentar o consumo calórico como mecanismo compensatório ao aumento da taxa metabólica e, portanto, tendem a manter e/ou aumentar o peso corporal, o que contribui para a pequena alteração do IMC, exceto quando se impõe um regime alimentar hipocalórico rigoroso. Não podemos deixar de destacar, ainda, o fato de que a determinação do IMC não diferencia massa magra de tecido adiposo, o que torna essa discussão relativamente limitada.

#### - Desempenho muscular isocinético

Foi possível observar uma ação benéfica do laser sobre a fadiga muscular já num ensaio clínico controlado, conforme observado nesse estudo. Tal resposta pode ter sido decorrente justamente da ação desse recurso terapêutico sobre a bioenergética representada pelo aumento da síntese de ATP mediante modificações físicas (formação de mitocôndrias gigantes) e químicas (aumento na atividade de enzimas do sistema oxidativo) (Bakeeva et al., 1993; Karu, 1987; Manteifel, Bakeeva e Karu, 1997; Morimoto et al., 1994; Quarto et al., 1988; Vacca et al., 1993; Vieira, 2004). Possivelmente, pode ocorrer também uma ação do laser na minimização de processos inflamatórios após o estresse tecidual proporcionado pela atividade física o que permitiria um melhor desempenho em longo prazo da unidade muscular. Esta ação poderia ser mediante diminuição na quantidade de mediadores inflamatórios, como por exemplo, óxido nítrico, interleucina como já abordado por outros autores (Funk et al., 1993; Karu, Pyatibrat, Afanasyeva, 2005) e/ou tamponamento na quantidade de radicais livres presentes nas estruturas submetidas a estresse oxidativo (Vladimirov, Osipov e Klebanov, 2004). No entanto, a investigação direta desses mecanismos não foi objeto de estudo nesse trabalho.



Nessa mesma linha, o exercício físico possibilita adaptações fisiológicas sistêmicas, em especial musculares, representadas principalmente pelo aumento no número e tamanho de mitocôndrias, com conseqüente aumento da atividade enzimática oxidativa (Powers e Howley, 2000; Wilmore e Costill, 2000). Isso contribui para a melhoria do desempenho músculo-esquelético, conforme verificado nesse estudo por meio do aumento do trabalho total e potência média e diminuição do índice de fadiga após o período de treinamento nos grupos submetidos ao treinamento físico em relação ao grupo controle (GC).

Por outro lado, não foram observadas modificações significativas do laser sobre o trabalho total, potência média e pico de torque médio. Esse achado pode ter relação com as características fisiológicas dessas variáveis, as quais são predominantemente anaeróbias, e, portanto, envolvendo a performance de força. Como o treinamento físico foi do tipo aeróbio e o laser de baixa intensidade atuaria, principalmente, na via mitocondrial, era de se esperar adaptações relacionadas à performance de resistência (*endurance*) muscular.

#### Resposta individual ao treinamento de *endurance*

Estudos prévios têm exibido que as características iniciais de indivíduos podem ter um impacto sobre a resposta individual frente ao treinamento aeróbio, de modo que sujeitos com baixo nível de capacidade aeróbia ( $VO_2$ máx) em sua linha de base melhoram a aptidão cardiorrespiratória em maiores índices quando comparado com sujeitos já com níveis maiores de  $VO_2$ máx (Skinner et al., 2001).

Os achados desse estudo apontam, primeiramente, para a eficácia do treinamento aeróbio proposto no aumento da capacidade aeróbia, representado pelo deslocamento do LA para um nível de maior esforço, aumento do  $VO_2$ máx e da carga máxima de esforço e ligeira diminuição do índice de fadiga após o período de treinamento nos grupos exercitados. Esse aumento na capacidade aeróbia possibilitou os indivíduos dos grupos treinados inicialmente

tidos como sedentários ( $VO_2\text{máx}$  de 20 a 30  $\text{ml.kg.min}^{-1}$ ) serem classificados como fisicamente ativos ( $VO_2\text{máx}$  de 30 a 40  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) de acordo com a classificação proposta pela AHA, 1994.

Os achados supracitados corroboram com diversos estudos investigando os benefícios cardiorrespiratórios e musculares ao treinamento de *endurance* (Hautala et al., 2006; Hollosszy e Coyle, 1984; Lee et al., 2003; Myers et al., 2002; Skinner et al., 2000), os quais apontam o treinamento como fator determinante na diminuição de fatores de risco para doenças cardiovasculares, e, portanto, como elemento importante na promoção da saúde. Essas respostas se devem em grande parte às adaptações fisiológicas, em especial musculares, traduzidas pelo maior conteúdo e atividade mitocondrial em tecidos como músculo esquelético, coração e fígado, e conseqüentemente, pela maior oferta de  $O_2$  para síntese de ATP.

Outro fator envolvido consiste na maior capacidade de gliconeogênese, por parte, principalmente, do fígado e de músculos menos ativos constituídos por fibras tipo I (oxidativas) (Brooks, 1998; Gladden, 2000). Entretanto, é necessária uma correta programação da intensidade, duração e frequência de treinamento para a obtenção de respostas satisfatórias à saúde e bem-estar dos indivíduos (ACSM, 1998).

Foi possível perceber ainda que o aumento do LA ventilatório e metabólico em termos percentuais foi ligeiramente maior em relação ao aumento do  $VO_2\text{máx}$ , apesar da alta correlação encontrada entre essas variáveis nos grupos exercitados. Esse fato era de se esperar e tem relação com a especificidade da resposta frente ao treinamento proposto, o qual foi na carga correspondente ao LA, o que foi determinante para esse comportamento. É pertinente destacar que a carga de treinamento foi determinada pelo LA ventilatório obtido durante o teste ergoespirométrico. Esta variável foi determinada pela inspeção visual, conforme avaliada por outros autores (Santos e Giannella-Neto, 2004) a qual apresentou alta correlação

com o LA metabólico (Limiar de lactato) que foi determinado por um modelo matemático, conhecido como análise bi-segmentada que identifica o ponto de intersecção das duas retas, cujo valor médio de  $R^2$  encontrado foi de 0,9247. Isso sugere valores bastante reprodutíveis e confiáveis.

### Respostas fisiológicas frente à fotoestimulação

Foi hipotetizado que o laser poderia ser um coadjuvante da capacidade aeróbia quando associado ao estresse fisiológico do exercício. Isso já havia sido identificado em animais de experimentação por meio de lactacidemia e dosagem enzimática com possíveis efeitos sistêmicos (Vieira et al., 2005a; Vieira et al., 2005b; Vieira et al., 2006). De acordo com os autores o laser quando associado ao exercício promoveu um aumento da atividade da Citrato Sintase (CS), enzima oxidativa que funciona como marcador padrão da capacidade aeróbia e uma diminuição da Lactato Desidrogenase (LDH), enzima glicolítica responsável pela reação reversível entre piruvato e lactato, em músculos diretamente irradiados (sóleo e tibial anterior) e não irradiados (coração). Essas adaptações bioquímicas poderiam favorecer a diminuição da produção de ácido láctico pelo metabolismo anaeróbio e retardar o surgimento da acidose metabólica e, portanto, da fadiga muscular. Essas respostas locais podem ser acompanhadas de manifestações sistêmicas, conforme resultados observados no músculo cardíaco, apesar dessas manifestações não estarem bem elucidadas.

No presente ensaio clínico em humanos pode verificar uma ação benéfica do laser na redução da fadiga somente no membro dominante conforme evidenciado nos resultados do teste isocinético. Esse achado pode ter sido decorrente do aumento da quantidade de energia livre disponibilizada pela ação da luz sobre fotorreceptores mitocondriais (Karu, 1987; Pastore et al., 1996; Quarto et al., 1988).

Conforme sugerido pelo ACSM (2002) o desempenho muscular depende de diversos fatores, dentre eles pode-se destacar os neurais, estruturais (morfológicos) e bioquímicos (metabólicos). Assim, especificamente no membro dominante pode ter ocorrido um estímulo adicional do ponto de vista bioquímico suficiente para melhorar o rendimento muscular durante um teste de contrações voluntárias máximas de várias repetições (protocolo de fadiga). Esse teste tem sido utilizado por outros autores com boa reprodutibilidade (Pincivero, Gandaio e Ito, 2003). Nesse aspecto, como o membro dominante é mais habilidoso, e, portanto, com melhor potencial de recrutamento neuromuscular, os fatores neurais poderiam já apresentar um nível bom de funcionamento, de modo que a melhoria do rendimento muscular poderia ser adicionada pela contribuição bioquímica desencadeada pelo laser. Isto justificaria a ausência de significância estatística no membro não dominante.

Sabe-se que o laser apresenta maior eficácia mediante quadro de estresse oxidativo (Karu, 1989; Krasnovsky et al., 2003; Wilden e Karthein, 1998), como acontece durante uma lesão tecidual ou durante o próprio estresse fisiológico da atividade física. Nesse aspecto, ao classificar os indivíduos de cada grupo em sedentários e ativos baseado no VO<sub>2</sub> máx. apresentado na avaliação inicial, pode-se observar que para o grupo submetido ao treinamento aeróbio associado à irradiação laser os indivíduos com melhor nível de aptidão física inicial (ativos) apresentaram ganhos semelhantes ou maiores em relação aos indivíduos sedentários para todas as variáveis estudadas, com exceção do VO<sub>2</sub>máx, contrariamente ao observado para os indivíduos submetidos somente ao treinamento, os quais expressaram maiores ganhos de capacidade aeróbia quando apresentavam baixo nível de aptidão física inicial (sedentário) conforme destacado previamente.

O achado supracitado poderia justificar a importância da condição prévia do indivíduo na resposta à terapia laser, uma vez que indivíduos ativos apresentam uma maior taxa

metabólica (maior estresse oxidativo) e, portanto, melhores condições de resposta frente ao laser de baixa intensidade.

A fadiga muscular tem sido estudada por outros autores (Pincivero, Gear e Sterner 2001; Pincivero, Gandaio e Ito, 2003; Hautala et al., 2006) e se caracteriza pela incapacidade em manter a performance de força muscular ao longo do tempo, sendo um fenômeno relativamente comum na população. No entanto, os mecanismos celular e fisiológico não estão completamente elucidados.

Nesse aspecto, a atividade física tem se mostrado um fator determinante em retardar o surgimento da fadiga, de modo que associação com a terapia laser poderia contribuir nesse retardo e/ou prevenção, fato este, de extremo valor dentro da reabilitação e medicina do esporte.

Lopes-Martins et al. (2006) na tentativa de verificar a efetividade do laser de baixa intensidade sobre a fadiga muscular induzida por estimulação elétrica em ratos, observaram uma redução da fadiga muscular nos grupos submetidos à terapia laser quando comparado ao grupo controle, sendo a resposta mais efetiva naqueles ratos submetidos a doses menores de laser. Os autores destacaram a importância do laser como modulador da resposta inflamatória e do estresse oxidativo, sendo fundamental o devido controle da dose de irradiação para a obtenção de respostas satisfatórias na redução da fadiga.

Por outro lado, as respostas das variáveis LA ventilatório e metabólico,  $VO_2$ máx e carga máxima se mostraram estatisticamente semelhantes entre os grupos exercitados. Isso sugere que a fotoestimulação laser no quadríceps não foi suficiente para promover uma melhoria na capacidade aeróbia e dessa forma, possíveis respostas bioquímicas locais proporcionadas pela terapia laser não desencadearam manifestações sistêmicas. Essa investigação é importante, no sentido de buscar o melhor entendimento de eventuais recursos

que possam contribuir na melhoria do desempenho muscular, e assim, contribuir para a reabilitação mais precoce e melhoria na performance de atletas.

## **CONCLUSÃO**

Esse estudo evidenciou a eficácia do treinamento aeróbio na melhoria no desempenho muscular isocinético e no aumento da capacidade aeróbia de indivíduos submetidos ao exercício em cicloergômetro. Já a terapia laser associada ao exercício potencializou o aumento na resistência à fadiga, especificamente no membro dominante, sendo sua maior efetividade naqueles indivíduos com melhor nível de aptidão física inicial (indivíduos ativos). Este achado é de suma importância, sobretudo, para os profissionais envolvidos no esporte e na reabilitação.

### **CAPÍTULO - 3: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A interação da energia eletromagnética luminosa, especificamente advinda do laser de baixa intensidade, com os tecidos biológicos já é realizada e discutida na fisioterapia desde meados da década de 70, em estudos envolvendo cultura de células (*in vitro*), em animais de experimentação e em seres humanos, sobretudo com propósito de reparação tecidual e alívio de dor. Entretanto, estudos com laser associado ao exercício físico (stress oxidativo fisiológico) em busca de modificações na performance aeróbia de indivíduos por meio do registro de variáveis bioquímicas e fisiológicas, como atividade enzimática, limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio ou resistência à fadiga são, pelo que nos consta, desconhecidos.

Nesse sentido, a temática abordada nesse estudo trata-se de uma linha de pesquisa inovadora e pioneira, cujos estudos anteriores (em animais de experimentação) de nosso grupo de pesquisa foram baseados nos estudos *in vitro* investigando a ação do laser sobre a bioenergética (aumento da taxa respiratória mitocondrial e síntese de ATP). Nessa etapa preliminar pode-se constatar uma efetividade da terapia laser de baixa intensidade em aumentar o metabolismo aeróbio por meio da observação do aumento na atividade da enzima oxidativa citrato sintase (Vieira et al., 2005a) e redução da atividade da enzima glicolítica LDH (Vieira et al., 2006), sendo o laser aplicado nos principais músculos da marcha de ratos submetidos ao treinamento físico.

Outro estudo preliminar com o design experimental semelhante evidenciou uma menor quantidade de lactato metabólico em animais submetidos à terapia laser associada ao exercício aeróbio quando comparado aos animais submetidos somente ao exercício (Molinari e Santos, 2001).

Baseado nesses achados preliminares foi realizado este ensaio clínico controlado e randomizado visando investigar o desempenho isocinético do quadríceps e a capacidade

aeróbia, de mulheres jovens saudáveis, não atletas, submetidas a treinamento aeróbio e a fotoestimulação laser. Primeiramente, pode-se observar uma redução no índice de fadiga nos indivíduos submetidos à terapia laser associada ao exercício quando comparado com o grupo controle, especificamente, no membro dominante. Outras modificações observadas (aumento no trabalho total e potência média) foram decorrentes exclusivamente do regime de treinamento proposto, e, portanto, sem influência significativa do laser.

Num segundo momento, foi observado um aumento na capacidade aeróbia representada pelo aumento do limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio e carga máxima de esforço, decorrente exclusivamente do treinamento proposto, também sem influência significativa do laser.

Portanto, a terapia laser parece influenciar o metabolismo energético, representada pelo aumento da atividade enzimática aeróbia, sendo essa manifestação suficiente para aumentar a resistência à fadiga após um estresse fisiológico proporcionado pelo exercício. No entanto, parece não haver uma influência sistêmica ao ponto de aumentar a capacidade aeróbia (limiar anaeróbio e consumo máximo de oxigênio).

Os achados obtidos desde os estudos preliminares em animais de experimentação e os encontrados por outros autores (Lopes-Martins et al., 2006) juntamente com os observados para o índice de fadiga muscular nesse ensaio clínico são promissores para a fisioterapia e para aqueles envolvidos na ciência do esporte, os quais podem prover subsídios para a elaboração de novos protocolos de reabilitação e contribuir para a obtenção de uma homeostase muscular mais precoce após atividades vigorosas, e melhoria do desempenho atlético. Isso é verdade, pois na atividade esportiva, por exemplo, o retorno rápido e seguro dos processos fisiológicos após treinamentos vigorosos ou atividades físicas competitivas é algo necessário e fundamental para a obtenção de conquistas. Nesse aspecto, a busca de meios físicos que possam contribuir nesse retorno precoce e seguro se mostra necessária, sendo o



laser um recurso bastante utilizado na prática clínica diária apesar ainda das poucas evidências.

Portanto, ressalta-se a necessidade de mais estudos utilizando diferentes modelos experimentais (parâmetros do laser, protocolos de treinamento e avaliação), os quais contribuiriam para o melhor entendimento da ação do laser sobre a bioenergética. É pertinente destacar que a dosimetria do laser é foco bastante relevante para a obtenção de resultados satisfatórios, apesar da relativa contradição observada entre os autores quanto aos reais parâmetros eficazes. Assim, foi preconizada uma dose superior quando comparada às utilizadas nos estudos prévios em animais de experimentação no intuito de compensar as maiores atenuações de energia presentes nos estudos em humanos. No entanto, entendemos que a transferência das doses utilizadas em animais de experimentação para estudos em humanos deve ser otimizada, mas de forma cautelosa para que se possam reproduzir os achados obtidos naquela população amostral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

American College of Sports Medicine Position Stand (ACSM). The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, 30:975-991, 1998.

American College of Sports Medicine Position Stand (ACSM). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Med Sci Sports Exerc**, 34:364-380, 2002.

American Heart Association Cardiac. Rehabilitation Programs. A Statement for healthcare professionals. **Circulation**, 90:1602-1610, 1994.

Bakeeva LE, Manteifel VM, Rodichen EB, Karu T. Formation of giant mitochondria in human blood lymphocytes after He-Ne laser irradiation. **Molecular Biology**, 27(3):608-617, 1993.

Basford JR. Low-energy laser therapy: controversies and new research findings. **Lasers Surg Med**, 9:1-5, 1989.

Baxter GD. **Therapeutic lasers: theory and practice**. United States of America: Ed. Churchill Livingstone, 1997.

Beckerman H, DE Bie R, Bouter L, DE Cuyper H, Oostendorp R. The efficacy of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders: A criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials. **Physical Therapy**, 72:483-491, 1992.

Caspersen CJ, Pereira MA, Curran KM. Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. **Med Sci Sports Exerc**, 32:1601-1609, 2000.

DE Bie RA, DE Vet H, Lenssen TF, Wildenberg F, Kootstra G. Low-level laser therapy in ankle sprains: a randomized clinical trial. **Arch Phys Méd Rehabil**, 79:1415-1420, 1998.

Enwemeka CS, Parker JC, Dowdy DS, Harkness EE, Sanford LE, Woodruff LD. The Efficacy of Low-Power Lasers in Tissue Repair and Pain Control: A Meta-Analysis Study. **Photomed Laser Surg**, 22:323-329, 2004.

Friedman H, Lubart R, Laulicht I. A possible explanation of laser-induced stimulation and damage of cell cultures. **J Photochem Photobiol B: Biol**, 11:87-95, 1991.

Funk JO, Kruse A, Neustock P, Kirchner H. Helium–neon laser irradiation induces effects on cytokine production at the protein and the mRNA level. **Exp Dermatol**, 2:75–83, 1993.

Halsberghe MJE. **Estudo de Indicadores de Taxas de Metabolismo Aeróbio e Anaeróbio em Musculatura de Ratos em Resposta à Irradiação com Laser em Baixa Intensidade**. 2003. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2003.

Hautala AJ, Kiviniemi AM, Makikallio TH, Kinnunen H, Nissilä S, Huikuri HV, Tulppo MP. Individual differences in the responses to endurance and resistance training. **Eur J Appl Physiol**, 96:535-42, 2006.

Holloszy JO, Coyle EF. Adaptations of skeletal muscle endurance exercise and their metabolic consequences. **J Appl Physiol**, 56:831-838, 1984.

Howley ET, Bassett DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc**, 13:17-20, 1995.

Karu TI. Photobiological fundaments of low-power laser therapy. **IEEE J Quantum electronics QE**, 23 (10):1703-1717, 1987.

Karu T. Photobiology of Low-power laser therapy effects. **Health physics**, 56:691-704, 1989.

Karu T, Pyatibrat L, Kalendo G. Irradiation with He-Ne laser increases ATP level in cells cultivated in vitro. **J Photochem Photobiol B: Biol**, 27:219-223, 1995.

Karu T. **The science of Low-Power Laser Therapy**. Australia: Gordon and Breach Science Publishers, 1998.

Karu T. Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. **J Photochem Photobiol B: Biol**, 49:1-17, 1999.

Karu TI. Mechanisms of low-power laser light action on cellular level. In: Karu TI & Lubart R. Effects of low-power light on biological systems V. Amsterdam, Netherlands: **Proceedings of SPIE**, 4159: 01-17, 2000.

Kitchen SS, Bazin S. **Eletroterapia de Clayton**. São Paulo: Manole, 191-210, 1996.

Kitchen SS, Partridge CJ. A review of level laser therapy. Part I: background, physiological effects and hazards. **Physiotherapy**, 77(3):161-170, 1991.

Krasnovsky AA, Drozdova NN, Ivanov AV, Ambartsumian RV. Activation of molecular oxygen by infrared laser radiation in pigment-free aerobic systems. **Biochemistry**, 68:1178-1182, 2003.

Lafortuna CL, Proietti M, Agosti F, Sartorio A. The energy cost of cycling in young obese women. **Eur J Appl Physiol**, 97:16-25, 2006.

Leek BT, Mudaliar SRD, Henry R, Mathieu-Costello O, Richardson RS. Effect of acute exercise on citrate synthase activity in untrained and trained human skeletal muscle. **Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol**, 280, R441-R447, 2001.

Lee CM, Wood RH, Welsch MA. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. **Med Sci Sports Exerc**, 35:961-969, 2003.

Lopes-Martins RAB, Marcos RL, Leonardo PS, Jr. Prianti AC, Muscará MN, Aimbire F, Frigo L, Iversen VL, Bjordal JM. The Effect of Low Laser Irradiation (Ga-Al-As – 655nm) on Skeletal Muscle Fatigue induced by Electrical Stimulation in Rats. **J Appl Physiol**, 101:283-288, 2006.

Low L, Reed A. **Eletroterapia Explicada: Princípios e Prática**. 3<sup>a</sup>ed., Barueri-SP: Manole, 2001.

Mailer K. Superoxide radical as electron donor for oxidative phosphorylation of ADP. **Biochem Biophys Res Com**, 170:59-64, 1990.

Manteifel V, Bakeeva L, Karu T. Ultrastructural changes in chondriome of human lymphocytes after irradiation with He-Ne laser: appearance of giant mitochondria. **J Photochem Photobiol B: Biol**, 38:25-30, 1997.

Mester E, Mester AF, Mester A. The biomedical effects of laser application. **Lasers Surg Med**, 5:31-39, 1985.

Molinari CV, Santos AAL. **Ação do laser de baixa intensidade sobre musculatura de ratos em treinamento aeróbio**. 2001. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2001.

Morimoto Y, Arai T, Kikuchi M, Nakajima S, Nakamura H. Effect of Low-intensity Argon Laser Irradiation on Mitochondrial Respiration. **Lasers Surg Med**, 15:191-199, 1994.

Myers J, Prakash M, Froelicher V, Dat D, Partington S, Atwood E. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **N Engl J Med**, 346:793-801, 2002.

Passarella S, Casamassima E, Molinari S, Pastore D. Increase of proton electrochemical potential and ATP synthesis in rat liver mitochondria irradiated in vitro by helium neon laser. **FEBS**, 175(1):95-99, 1984.

Passarella S, Ostuni A, Atlante A, Quagliariello E. Increase in the ADP/ATP exchange in rat liver mitochondria irradiated in vitro by helium-neon laser. **Biochem Biophys Research Communications**, 156(2):978-986, 1988.

Pastore D, Greco M, Petragallo VA, Passarella S. Increase in  $H^+/e^-$  ratio of the cytochrome c oxidase reaction in mitochondria irradiated with helium-neon laser. **Biochem Mol Biol International**, 34(4):817-826, 1994.

Pastore D, Di Martinho C, Bosco G, Passarella S. Stimulation of ATP synthesis via oxidative phosphorylation in wheat mitochondria irradiated with helium-neon laser. **Biochem Mol Biol International**, 39(1): 149-157, 1996.

Pincivero DM, Gear WS, Sterner RL. Assessment of the reliability of high-intensity quadriceps femoris muscle fatigue. **Med Sci Sports Exerc**, 33:334-338, 2001.

Pincivero DM, Gandaio CB, Ito Yoshihiko. Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. **Eur J Appl Physiol**, 89:134-141, 2003.

Powers SK, Howley ET. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000.

Quarto E, Martino G, Michelini G, Covello C, Quartle IJ. Succinic oxydase activity in He-Ne laser irradiated mitochondria. **Boll Soc Int Biol Sper**, 64:129-133, 1988.

Ribeiro JP. Limiares Metabólicos e Ventilatórios Durante o Exercício. Aspectos Fisiológicos e Metodológicos, **Arq Bras Cardiol**, 4:171-181, 1995.

Salet C, Passarela S, Quagliariello E. Effect of selective irradiation on mammalian mitochondria. **Photochem Photobiol**, 45: 433-438, 1987.

Santos EL, Neto AG. Comparison of computerized methods for detecting the ventilatory thresholds. **Eur J Appl Physiol**, 93:315-324, 2004.

Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte. Posicionamento oficial da SBME: atividade física e saúde na mulher, **Rev Bras Med Esporte**, 6 (6):215-220.

Siu PM, Donley DA, Bryner RW, Alway SE. Citrate synthase expression and enzyme activity after endurance training in cardiac and skeletal muscles. **J Appl Physiol**, 94, 555-560, 2003.

Skinner JS, Wilmore KM, Krasnoff JB, Jaskolski A, Jaskolska A, Gagnon J, Province MA, Leon AS, Rao DC Wilmore JH, Bouchard C. Adaptation to a standardized training program and changes in fitness in a large, heterogeneous population: the HERITAGE Family Study. **Med Sci Sports Exerc**, 32:157-161, 2000.

Skinner JS, Jaskolski A, Jaskolska A, Krasnoff JB, Leon AS, Rao DC, Wilmore JH, Bouchard C. Age, sex, race, initial fitness, and response to training: the HERITAGE Family Study. **J Appl Physiol**, 90:1770-1776, 2001.



Thomas C, Perrey S, Lambert k, Hugon G, Mornet D, Mercier J. Monocarboxylate transporters, blood lactate removal after supramaximal exercise, and fatigue indexes in humans, **J Appl Physiol**, 98:804-809, 2005.

Tuner J, Hode L. **Low level laser therapy. Clinical practice and scientific background.** Sweden: Prima Books, 1999.

Vacca RA, Marra E, Quagliariello E, Grecco M. Activation of mitochondrial DNA replication by He-Ne laser irradiation. **Biochem Biophys Res Comm**, 195:704-709, 1993.

Vieira WHB. **Efeitos do laser de baixa intensidade sobre a performance muscular aeróbia de ratos em treinamento físico em esteira.** 2004. Dissertação (mestrado em fisioterapia) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2004.

Vieira WHB, Parizotto NA, Perez SEA, Baldissera V, Schwantes ML, Costa FC Effect of Low-Power Laser (LLL) on lactate dehydrogenase (glycolytic) and citrate synthase (oxidative) activity in rats submitted to aerobic treadmill training, **J Photomed Laser Surg**, 23(1):124, 2005a.

Vieira WHB, Santos GML, Parizotto NA, Perez SEA, Baldissera V, Schwantes MLB. Anaerobic Threshold in rats submitted aerobic treadmill training program and low-intensity laser. **Rev Bras Fisiot**, 9:377-383, 2005b.

Vieira WHB, Goes R, Costa FC, Parizotto NA, Perez SEA, Baldissera V, Munin FS, Schwantes MLB. Adaptação enzimática da LDH em ratos

submetidos a treinamento aeróbio em esteira e laser de baixa intensidade, **Rev Brasil Fisiot**, 9(3):377-83, 2006.

Vladimirov YA, Osipov AN, Klebanov GI. Photobiological Principles of Therapeutic applications of Laser Radiation. **Biochemistry**, 69(1):81-90. 2004.

Wilden L, Karthein R. Import of radiation phenomena of electrons and therapeutic low-level laser in regard to the mitochondrial energy transfer. **J Clin Laser Med Surg**, 16(3):159-165, 1998.

Wilmore JH, Costill DL. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 2ed., São Paulo:Manole, 2000.

Yu W, Naim JO, McGowan M, Kippolito K, Lanzafame RJ. Photomodulation of Oxidative Metabolism and Electron Chain Enzymes in Rat Liver Mitochondria. **Photochem Photobiol**, 66(6):866-871, 1997.

## ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### Termo de autorização para aplicação do Laser de Baixa Intensidade

#### NOME DO PROJETO: EFEITOS DO LASER DE BAIXA INTENSIDADE (808nm) SOBRE A PERFORMANCE MUSCULAR DE MULHERES JOVENS SOB TREINAMENTO FÍSICO

**RESPONSÁVEIS:** Fisioterapeuta e Professor Doutor Nivaldo Antonio Parizotto

**ORIENTANDO :** Fisioterapeuta Wouber Héricksen de Brito Vieira

Você está sendo convidado(a) a participar de um trabalho de pesquisa que será desenvolvido aqui nos Laboratórios de Avaliação Isocinética, de Eletrotermofototerapia, de Fisiologia do Exercício pertencentes aos Departamentos de Fisioterapia e Ciências fisiológicas da UFSCar, respectivamente, cujos detalhes seguem abaixo.

#### JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Um dos objetivos deste trabalho é verificar as adaptações musculares (torque, resistência a fadiga e capacidade aeróbia – consumo máximo de oxigênio) ao treinamento físico de *endurance* em mulheres jovens saudáveis submetidas a fotoestimulação por laser de baixa intensidade. Não há provas da efetividade do laser sobre a performance muscular em humanos, mas há confirmação deste aspecto em animais de experimentação, cujos experimentos foram realizados no Laboratório de Eletrotermofototerapia (deste grupo de pesquisa) com rigor científico. O laser é uma terapia relativamente nova que tem mostrado uma grande efetividade nos estudos “*in vitro*” e estudos com animais de experimentação, porém demanda ainda estudos clínicos controlados, utilizando doses adequadas desta forma de tratamento. Este pretende ser um estudo clínico controlado e aleatório.

#### PROCEDIMENTO A QUE VOCÊ SERÁ SUBMETIDO

Você será submetido a uma pesquisa que possui três grupos diferentes: no primeiro grupo estarão os indivíduos que não serão submetidos a qualquer tipo de procedimento. No segundo estarão os indivíduos que serão submetidos a um treinamento físico de *endurance* muscular durante 27 sessões, 3 vezes por semana em um ciclo ergômetro com frenagem eletromagnética; no terceiro os indivíduos serão submetidos ao mesmo protocolo de treinamento físico em bicicleta e a aplicação de laser de baixa intensidade imediatamente após cada sessão sob o quadríceps femoral, bilateralmente. Você será sorteado e poderá participar de qualquer um destes grupos. Todos os indivíduos serão submetidos a um teste de exercício físico em bicicleta ergométrica que serve para estudar a resposta do pulmão e do coração frente ao esforço, e assim determinar o consumo de oxigênio e demais variáveis respiratórias (capacidade aeróbia). Esse teste só serve quando há um esforço máximo, ou seja, a Sra. só deverá parar de pedalar quando não houver mais fôlego, força nas pernas ou uma eventual dor no peito. Durante esse teste será coletada pequena quantidade de sangue diretamente do lobo da orelha para a determinação da quantidade de lactato no sangue. Não há riscos maiores na realização das coletas sanguíneas. Outro teste que será realizado será o de movimentos de esticar e dobrar o joelho em um aparelho isocinético. Este se refere a movimentos dos membros com velocidade constante (dada pelo aparelho), também sem maiores riscos. Outros procedimentos de testes dizem respeito a coleta de sangue para a dosagem de citocinas e atividade enzimática, além de testes de performance funcional, como o teste de saltar verticalmente, em distância e correr.

#### Procedimentos de segurança

Todos os indivíduos do grupo 3 usarão óculos especiais cuja função é filtrar a radiação e evitar que se danifique o olho.

#### Duração da intervenção terapêutica:

Durará 9 semanas, sendo três por semana, totalizando 27 sessões para cada um dos indivíduos treinados.

#### Dados e registros a serem obtidos:

Avaliação isocinética, a partir da qual se obtém as medidas de força muscular e resistência a fadiga.

Perimetria: avaliado por meio de fita métrica na região da perna.

Teste de esforço em bicicleta com coleta simultânea de amostras de sangue para a determinação da lactacidemia e, consumo de oxigênio por meio de um analisador de gases.

Exames laboratoriais: para determinação das condições sistêmicas dos indivíduos.  
Bioimpedância: obtenção de dados da composição corporal

## RISCOS

Os testes com o equipamento isocinético apresentam um risco mínimo, como uma leve dor durante ou logo após a sessão de testes. Caso haja alguma lesão, ela se caracteriza por ser leve e ter recuperação em poucos dias. Quanto ao laser, não há registros de problemas relativos a sua aplicação em seres humanos. Com relação a coleta de sangue, esta apesar de ser invasiva (por meio de pequeno furo no lobo da orelha ou veia braquial) não oferece maiores riscos tendo em vista a facilidade e rapidez em sua captação, além da participação de profissional especializado para tal tarefa. O teste de esforço em bicicleta exige um grau maior de esforço, no entanto, sempre respeitando o limite de resistência individual.

## BENEFÍCIOS ESPERADOS

A você, o benefício direto poderá ser a melhoria da sua capacidade aeróbia e de força muscular. Porém não há garantias disso, uma vez que o sujeito poderá cair no grupo não tratado (sorteio). Os resultados deste trabalho trarão informações importantes para se utilizar este método terapêutico em seres humanos, para aplicação na melhoria da performance muscular (esportes, reabilitação, entre outros).

## OUTRAS INFORMAÇÕES

- 1 – Você tem a garantia de receber qualquer informação adicional ou esclarecimentos que julgar necessários, a qualquer tempo do estudo;
- 2 – A sua recusa em participar do estudo não lhe trará qualquer prejuízo no tratamento;
- 3 – Você estará livre para deixar o estudo a qualquer momento, mesmo que você tenha consentido em participar do mesmo inicialmente.
- 4 – As informações obtidas pelo estudo serão estritamente confidenciais, estando garantidos o seu anonimato e privacidade na apresentação e/ou divulgação dos resultados.
- 5 – Não haverá compensações financeiras, nem também qualquer tipo de custo adicional para você, sendo sua participação neste estudo absolutamente livre e voluntária.

Tendo lido, compreendido e estando suficientemente esclarecido sobre os propósitos do estudo a que fui convidado a participar, Eu \_\_\_\_\_, idade \_\_\_\_\_ anos, RG \_\_\_\_\_ endereço \_\_\_\_\_, cidade \_\_\_\_\_, concordo com o presente termo de consentimento pós-informação, datando e assinando abaixo.

São Carlos, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2007.

Assinatura do voluntário ou responsável

Prof. Dr. Nivaldo Antonio Parizotto –  
 CREFITO: 1400-F  
 FONE (016) 3374-2484  
 Fisioterapeuta Wouber Héricksen de Brito Vieira -  
 CREFITO 38.902-F  
 FONE (011) 9374-1775

**Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar - ProPG (16) 3351-8110**

**ANEXO 2 – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
EM SERES HUMANOS DA UFSCar (CEP/UFSCar)**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
Via Washington Luis, km. 235 - Caixa Postal 676  
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110  
Fax: (016) 3361.3176  
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil  
propg@power.ufscar.br - www.propg.ufscar.br

**CAAE 0100.0.135.000-05**

**Título do Projeto:** Efeitos do laser de baixa intensidade sobre a performance muscular de mulheres jovens sob treinamento físico  
**Classificação:** Grupo III  
**Pesquisadores (as):** Wouber Hérickson de Brito Vieira, Prof. Dr. Nivaldo Antonio Pariztto

**Parecer Nº 249/2005**

**1. Normas a serem seguidas**

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 - Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.3.z), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa (Item V.3) que requeiram ação imediata.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA - junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, item III.2.e).
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ e ao término do estudo.

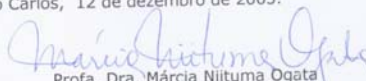
**2. Avaliação do projeto**

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU: O projeto está de acordo com as disposições da Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

**3. Conclusão:**

Projeto aprovado

São Carlos, 12 de dezembro de 2005.

  
Prof. Dra. Márcia Niituma Ogata  
Coordenadora do CEP/UFSCar

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)