

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIOTECNOLOGIA

Fernanda Rossi Paolillo

**EFEITOS DA ILUMINAÇÃO-LED (850 nm) ASSOCIADA AO
TREINAMENTO EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA EM MULHERES
NA PÓS-MENOPAUSA**

São Carlos
2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM BIOTECNOLOGIA**

Fernanda Rossi Paolillo

**EFEITOS DA ILUMINAÇÃO-LED (850 nm) ASSOCIADA AO
TREINAMENTO EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA EM MULHERES NA
PÓS-MENOPAUSA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor (a) em Biotecnologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Vanderlei Salvador Bagnato

Prof.^a Dr.^a Cristina Kurachi

**São Carlos
2011**

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

P211ei

Paolillo, Fernanda Rossi.

Efeitos da iluminação-LED (850 nm) associada ao treinamento em esteira ergométrica em mulheres na pós-menopausa / Fernanda Rossi Paolillo. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
197p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Fisioterapia. 2. Infravermelho. 3. Exercício físico. 4. LEDs. 5. Pós-menopausa. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)

Fernanda Rossi Paolillo

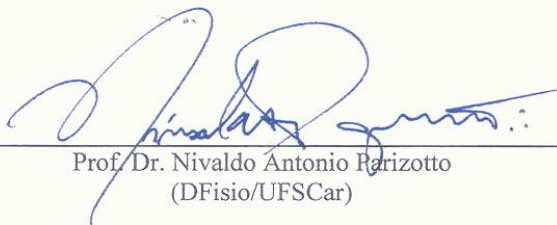
Tese de Doutorado submetida à
Coordenação do Programa de Pós-
Graduação em Biotecnologia, da
Universidade Federal de São
Carlos, como requisito parcial para
a obtenção do título de Doutor em
Biotecnologia

Aprovado em: 29/06/2011

BANCA EXAMINADORA




Prof. Dr. Vanderlei Salvador Bagnato (Orientador)
(IFSC-USP)



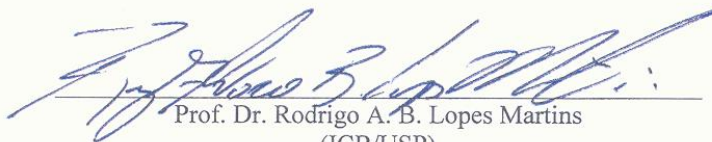
Prof. Dr. Nivaldo Antonio Parizotto
(DFisio/UFSCar)



Prof. Dr. Fernando M. Araújo Moreira
(DF/UFSCar)



Prof. Dr. Maria Cristina Chavantes
(InCor-HC/FMUSP)



Prof. Dr. Rodrigo A. B. Lopes Martins
(ICB/USP)

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Ricardo,

que este trabalho seja mais um exemplo em sua vida.

Exemplos de:

LIMITES

DEDICAÇÃO

PERSEVERANÇA

SUPERAÇÃO DE DIFICULDADES

Enfim, de ALEGRIA E ESPERANÇA ...

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Prof. Dr. Vanderlei Salvador Bagnato** pela honra e privilégio em ser sua aluna... Pelas suas idéias inovadoras, como neste trabalho... Pela confiança e oportunidade profissional...

À minha orientadora **Prof.^a Dr.^a Cristina Kurachi** pelo exemplo de dedicação, seriedade e estímulos aos estudos em óptica e fotônica.

Ao **Prof. Dr. Nivaldo Antonio Parizotto** pela orientação e direcionamento deste trabalho. Pela atenção, paciência, confiança e estímulos motivadores.

À **Prof.^a Dr.^a Audrey Borghi-Silva** pela orientação e correção dos artigos e também por toda atenção, entusiasmo e carinho.

Ao **Prof. Dr. Emery Correia Lins** da Universidade Federal do ABC pela amizade e processamento das imagens termográficas.

À **Dr.^a Isabela Verzola Aniceto** pela amizade e por ser a médica cardiologista deste projeto.

À fisioterapeuta **Juliana Cristina Milan** pela amizade e auxílio "**full time**" durante todo o procedimento experimental.

Ao **Laboratório de Apoio Tecnológico (LAT) do Grupo de Óptica** pelo desenvolvimento do equipamento de iluminação-LED: Photon Moviment

Ao **Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (UFSCar)** e ao **Instituto de Física de São Carlos (IFSC-USP)** pela organização burocrática deste doutoramento. A todos os professores e funcionários pelo incentivo aos estudos. Pela amizade e apoio de **Isabel, Benê e Cristiane** do Grupo de Óptica, bem como à **Cláudia Pastega, Prof. Dr. Fernando M. Araújo-Moreira, Prof. Dr. Luis Carlos Trevelin e Prof. Dr. Júlio Zukerman-Scheptor** da Biotecnologia.

Ao **Dep. de Fisioterapia e à Unidade Saúde Escola (USE) da UFSCar** por disponibilizar gentilmente os equipamentos e espaço físico para realização deste estudo. A todos os professores, em especial à **Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida Catai, Prof.^a Dr.^a Tânia F. Salvini, Prof.^a Dr.^a Nelcy V.N. Simões e Prof. Dr. Giovanni G.A. da Silva** pelo estímulo para realização deste trabalho. Aos funcionários da USE, em especial **Claudinha, Rose e Elisângela** por todo apoio e amizade.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da USP**. A todos os funcionários e Professores, em especial ao **Prof. Dr. José Marcos Alves** por acompanhar sempre meus trabalhos.

Ao **Prof. Dr. Alberto Cliquet Jr.** (Dep. de Engenharia Elétrica EESC-USP e Dep. de Ortopedia e Traumatologia da FCM-UNICAMP), meu orientador no mestrado, pelos seus ensinamentos e por iniciar-me na área da Engenharia Biomédica há 10 anos.

Ao **Prof. Dr. José Rubens Rebelatto**, à **Prof.^a Dr.^a Selva G. Barreto** e à **Universidade Aberta da Terceira Idade (UATI)** pela colaboração neste trabalho e estímulos aos estudos sobre o processo de envelhecimento e exercício físico.

Ao **Departamento de Educação Física e Motricidade Humana (UFSCar)**. A todos os professores, funcionários e amigos pelo estímulo aos estudos.

À nutricionista **Patrícia de Godoy Bueno** pelo auxílio nas avaliações nutricionais.

Ao **Prof. Dr. Sérgio Brasileiro** do Dep. de Medicina (UFSCar) pelo auxílio no uso do HOMA calculator.

Aos **amigos do Grupo de Óptica (IFSC-USP) e da UFSCar** pelo convívio, compreensão e ajuda.

Às minhas Professoras de Inglês **Rosana e Vera Gussen**. À minha Professora de Espanhol **Heloisa de Aquino**. À **Marilde Courteille** pela correção de Inglês nos artigos.

Às **mulheres voluntárias desta pesquisa**. Sem elas não seria possível a realização deste trabalho.

Ao **Hospital Escola de São Carlos “Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci”** pela parceria na realização dos exames sanguíneos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo [(**FAPESP**), Processo nº 98/14270-8 e 05/59427-7], Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**CNPq**) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**) pelo apoio e suporte financeiro.

Enfim, **agradeço principalmente à minha família**, em especial ao meu pai Nicola e minha mãe Marta por todo suporte, incentivo e carinho. Ao meu marido Jarbas por me apoiar e estar sempre ao meu lado. Ao meu filho Ricardo por compreender minha ausência e torcer por mim. À minha irmã Alessandra que sempre acompanhou o desenvolvimento dos meus trabalhos.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da iluminação-LED infravermelha durante o treinamento em esteira ergométrica. Participaram deste estudo 45 mulheres na pós-menopausa com idade entre 50-60 anos que foram separadas aleatoriamente em 3 grupos: (i) grupo LED, que realizou o treinamento na esteira ergométrica com fototerapia; (ii) grupo exercício, que realizou apenas o treinamento em esteira ergométrica e; (iii) grupo sedentário, que não realizou exercício físico e nem fototerapia. O treinamento foi realizado 2 vezes por semana durante 45 minutos em intensidade entre 85-90% da frequência cardíaca máxima durante 1 ano. Os parâmetros de irradiação foram 100 mW, 40 mW/cm², tempo de tratamento de 45 minutos e 108 J/cm² de fluência. O tratamento foi avaliado através de teste de esforço máximo em esteira ergométrica, dinamometria isocinética, antropometria, composição corporal, exames bioquímicos, qualidade de vida, densidade mineral óssea, termografia, documentação fotográfica e aspectos nutricionais. Para análise estatística foram utilizados ANOVA two-way e ANOVA one-way com ajustamentos de Bonferroni. O nível de significância foi $p < 0.05$. Os principais resultados para o grupo LED foram: maior tolerância ao exercício máximo ($\Delta T_{lim} = 432 \pm 180 \text{ seg}$, $p = 0.001$ e; $\Delta METs = 4.2 \pm 1$, $p = 0.01$), maior potência muscular ($\Delta = 21 \pm 6 \text{ W}$, $p = 0.04$) e reduzida fadiga ($\Delta = -7 \pm 4\%$, $p = 0.006$). Não foram constatadas diferenças significativas na composição corporal ($p \geq 0.05$), mas diferenças qualitativas na pele com redução de celulites. Houve também, a redução dos níveis de colesterol ($\Delta \text{colesterol total} = -42 \pm 23 \text{ mg/dl}$, $p = 0.0003$ e $\Delta \text{LDL} = -35 \pm 20 \text{ mg/dl}$, $p = 0.001$), bem como, aumento da qualidade de vida (de 82 ± 17 para 89 ± 17 , $p = 0.04$). Não foi constatada redução significativa da massa óssea ($p \geq 0.05$). Ainda, a temperatura cutânea aumentou durante o exercício com LEDs (de $33.5 \pm 0.8^\circ\text{C}$ para $34.6 \pm 0.9^\circ\text{C}$, $p = 0.03$). Os resultados mostraram que a iluminação-LED (850nm) pode potencializar o desempenho físico e os benefícios clínicos no grupo de mulheres investigado. Neste contexto, a fototerapia associada ao treinamento em esteira ergométrica pode ser potencialmente usada em protocolos de esporte, reabilitação e estética.

Palavras-Chave: Fototerapia. LEDs. Infravermelho. Treinamento na Esteira Ergométrica. Pós-Menopausa. Cardiovascular. Músculo. Osso. Celulite. Termografia.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effects of infrared-LED illumination associated with treadmill training. Forty five postmenopausal women (50-60 years old) participated in this study. They were randomly separated into 3 groups: (i) the LED group, with phototherapy during the treadmill training; (ii) the exercise group, carried out only treadmill training and (iii) the sedentary group, with neither phototherapy nor physical exercise. The treadmill training consisted of walking twice a week for 45 min at intensities between 85% to 90% maximal heart rate during 1 year. The irradiation parameters were 100mW, 40 mW/cm², 108 J/cm² and the treatment time of 45 min. The treatment was evaluated through maximal effort testing using treadmill, isokinetic dynamometry, anthropometry, body composition, blood exams, quality of life, bone mineral density, thermography, photographic documentation and nutritional aspects. The two-way ANOVA and one-way ANOVA with Bonferroni adjustments were used for the statistical analysis. The significance level was set at $p < 0.05$. The most important results for the LED group were: improving the maximal exercise tolerance ($\Delta T_{lim} = 432 \pm 180 \text{ seg}$, $p = 0.001$ e; $\Delta \text{METs} = 4.2 \pm 1$, $p = 0.01$), increasing the muscle power ($\Delta = 21 \pm 6 \text{ W}$, $p = 0.04$) and reducing fatigue ($\Delta = -7 \pm 4\%$, $p = 0.006$). There were no significant differences in the body composition ($p \geq 0.05$), but a qualitative difference of the skin was seen concerning the treatment of cellulite. There were reduced cholesterol levels ($\Delta \text{total cholesterol} = -42 \pm 23 \text{ mg/dl}$, $p = 0.0003$ and $\Delta \text{LDL} = -35 \pm 20 \text{ mg/dl}$, $p = 0.001$), as well as an increase of the quality of life (from 82 ± 17 to 89 ± 17 , $p = 0.04$). There were no significant differences noted concerning the bone mass loss ($p \geq 0.05$). The cutaneous temperature increased during the exercise with the LEDs (from $33.5 \pm 0.8^\circ\text{C}$ to $34.6 \pm 0.9^\circ\text{C}$, $p = 0.03$). The results showed that the LED-illumination (850nm) improved physical performance and showed clinical benefits for the group of women investigated. Phototherapy associated with treadmill training can therefore be potentially used for sports, rehabilitation and aesthetics protocols to achieve certain positive results.

Keywords: Phototherapy. LEDs. Infrared. Treadmill Training. Post Menopause. Cardiovascular. Muscle. Bone. Cellulite. Thermography.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm : micrômetro

μUI : unidade internacional por litro

1 RM: uma repetição máxima

Acetil CoA: acetilcoenzima A

ANOVA: análise de variância

ATP: adenosina trifosfato

AVD: atividade de vida diária

bpm: batimentos por minuto

cm: centímetro

CO_2 : dióxido de carbono

CVMs: contrações voluntárias máxima

DEXA: absorção de raios-x de dupla emissão

dl: decilitro

DMO: densidade mineral óssea

DP: desvio padrão

DP: duplo produto

ECG: eletrocardiograma

eNOS: óxido nítrico sintase endotelial

ERNS: espécies reativas de nitrogênio

EROS: espécie reativa de oxigênio

FC_{max} : frequência cardíaca máxima

g: grama

Ga-Al-As: arseneto de gálio e alumínio

HDL: lipoproteína de alta densidade

HOMA: homeostasis model assessment

HRQoL: health-related quality of life

IMC: índice de massa corpórea

iNOS: óxido nítrico sintase induzida

J: joule

Kcal: quilocaloria

Kg: quilograma

Laser: light amplification by stimulated emission of radiation

LDL: lipoproteína de baixa densidade
LEDs: light emitting diodes
m: metro
mcg: micrograma
METs: equivalente metabólico
mg: miligrama
mmHg: milímetros de mercúrio
MRS: menopause rating scale
mtDNA: ácido desoxirribonucleico mitocondrial
mW: milliwatt
NADH: nicotinamida adenine dinucleotídeo
nm: nanômetro
N-m: Newton-metro
nNOS: óxido nítrico sintase neuronal
NOS: óxido nítrico sintase
ON: óxido nítrico
Pa: pressão arterial
PaD: pressão arterial diastólica
PaS: pressão arterial sistólica
PCr: fosfocreatina
pg: picograma
QSM: questionário da saúde da mulher
Relação C/Q: relação cintura/quadril
RNA: ácido ribonucleico
s: segundo
SF-36: study 36-item short-form health survey
TN-C: troponina C
TSH: hormônio tireoestimulante
UV: ultra-violeta
VLDL: lipoproteína de muito baixa densidade
VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio
W: watt
WHQ: women's health questionnaire

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características clínicas (média e desvio padrão).	48
Tabela 2: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos em repouso e durante o teste de esforço máximo no período de 6 meses.....	50
Tabela 3: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores da FC máxima, no isotime e normalizados por Tlim durante o teste de esforço máximo no período de 6 meses.....	51
Tabela 4: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores de força e fadiga no período de 6 meses.	56
Tabela 5: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação antropométrica e da composição corporal no período de 6 meses.	59
Tabela 6: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos exames sanguíneos no período de 6 meses.	61
Tabela 7: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da qualidade de vida no período de 6 meses.	66
Tabela 8: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores de força e fadiga no período de 12 meses.	68
Tabela 9: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores da composição corporal no período de 12 meses.....	71
Tabela 10: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores da composição corporal no período de 12 meses.....	73
Tabela 11: Temperatura cutânea (°C) da coxa mensurada antes, durante e depois do exercício com e sem iluminação-LEDs infravermelha.....	120
Tabela 12: Temperatura cutânea (°C) da porção anterior da perna (entre a articulação do joelho e o ponto médio da perna) mensurada antes, durante e depois do exercício com e sem iluminação-LED infravermelha.....	121
Tabela 13: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação antropométrica e composição corporal.	133
Tabela 14: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação nutricional (caloria consumida e macronutrientes).	141
Tabela 15: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação nutricional (micronutrientes e minerais).....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dados demográficos com inversão da pirâmide da idade.....	20
Figura 2: Intervalos de comprimento de onda no espectro eletromagnético e suas respectivas frequências.....	24
Figura 3: Fluxo esquemático das participantes no estudo. (AVD: atividade de vida diária)	31
Figura 4: Simulação do novo procedimento clínico que associa a iluminação-LED e o treinamento em esteira ergométrica.....	32
Figura 5: Desenvolvimento do primeiro protótipo - Photon Movement.....	33
Figura 6: Transmitância da radiação infravermelha nos tecidos esportivos.	34
Figura 7: Treinamento na esteira ergométrica com e sem fototerapia.	35
Figura 8: Imagem termográfica durante o repouso e exercício (instante de 45 minutos) na esteira ergométrica com (a) e sem (b) fototerapia.	36
Figura 9: FC de treinamento e velocidade da esteira ergométrica na fase de adaptação (1 mês) e nos períodos de 2, 6 e 12 meses.	37
Figura 10: Avaliação cardiovascular durante o repouso e teste ergométrico.	38
Figura 11: Representação esquemática do teste de degrau contínuo em esteira - protocolo de Bruce modificado.	39
Figura 12: Avaliação no dinamômetro isocinético.	42
Figura 13: Avaliação antropométrica e bioimpedância.....	43
Figura 14: Exames laboratoriais.....	44
Figura 15: Avaliação da DMO do fêmur, coluna lombar e terço distal do rádio.....	47
Figura 16: Tlim (a) e METs (b) durante o teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.....	52
Figura 17: FC _{max} , no isotime (a) e normalizada por Tlim (b) durante o teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.	53
Figura 18: Delta da PaS (durante o pico de exercício) normalizada por Tlim no teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.	54
Figura 19: Delta do tempo de recuperação após o teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.	54
Figura 20: Resultados do delta da potência (a), trabalho (b) e índice de fadiga obtidos no período pré e pós-tratamento de 6 meses.....	57
Figura 21: Resultado do IMC no período pré e pós-tratamento de 6 meses.....	58

Figura 22: Resultado do delta dos níveis de triglicérides (a) e LDL (b) no período pré e pós-tratamento de 6 meses.....	62
Figura 23: Resultado do delta dos níveis de colesterol total (a) e Índice de Castelli I (b) no período pré e pós-tratamento de 6 meses.	63
Figura 24: Resultado do delta dos níveis de insulina (a) e Homa 2 IR (b) no período pré e pós-tratamento de 6 meses.....	64
Figura 25: Resultado da somatória de todos os domínios do QSM no período pré e pós-tratamento de 6 meses.....	65
Figura 26: Resultados do delta da potência (a), trabalho (b) e índice de fadiga obtidos no período pré e pós-tratamento de 12 meses.....	69
Figura 27: Resultado do IMC no período pré e pós-tratamento de 12 meses.....	70
Figura 28: Delta da densidade mineral óssea do fêmur total no período pré e pós-tratamento de 12 meses.....	72
Figura 29: Câmera termográfica por infravermelho conectado em computador.....	116
Figura 30: sistema de calibração da câmera termográfica.....	116
Figura 32: imagens termográficas durante o repouso (no instante 0'), exercício em esteira ergométrica (nos instantes 10', 35' e 45') sem iluminação-LED infravermelha e na recuperação (no instante 50').....	119
Figura 31: imagens termográficas durante o repouso (no instante 0'), exercício em esteira ergométrica (nos instantes 10', 35' e 45') com iluminação-LED infravermelha e na recuperação (no instante 50').....	119
Figura 33: Comportamento dinâmico da temperatura da coxa.....	122
Figura 34: Comportamento dinâmico da temperatura da perna (porção anterior e superiora).	122
Figura 35: Esquema representativo da arquitetura tecidual nos homens (a) e nas mulheres (b).	129
Figura 36: Mulher jovem realizando o tratamento estético.....	131
Figura 37: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de mulher com 27 anos de idade.	132
Figura 38: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de mulher com 55 anos de idade.	132
Figura 39: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de 2 mulheres de meia idade.	136

Figura 40: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de Lipoescultura associado à iluminação-LED infravermelha e treinamento em esteira ergométrica em mulher de 31 anos de idade.	137
Figura 41: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento da melhora na dermatite sem aplicação direta dos LEDs-infravermelho (efeito sistêmico).	138
Figura 42: Consumo de gordura saturada no período de 6 meses.	143

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. BIOTECNOLOGIA	20
1.2. PROCESSO DE ENVELHECIMENTO.....	21
1.3. FOTOTERAPIA.....	23
1.4. FISILOGIA DO EXERCÍCIO.....	25
1.5. RELAÇÃO ENTRE PROCESSO DE ENVELHECIMENTO, FOTOTERAPIA E EXERCÍCIO FÍSICO.....	27
1.6. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	28
2. OBJETIVO	29
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
2.2. HIPÓTESE	30
3. METODOLOGIA	30
3.1. CASUÍSTICA.....	30
3.2. FOTOTERAPIA E TREINAMENTO NA ESTEIRA ERGOMÉTRICA.....	32
3.3. AVALIAÇÃO DA FC E Pa EM REPOUSO E TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO .	38
3.4. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA: FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS.....	41
3.5. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL	42
3.6. EXAMES BIOQUÍMICOS	43
3.7. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA: QUESTIONÁRIO DA SAÚDE DA MULHER E ESCALA DE AVALIAÇÃO DA MENOPAUSA.....	44
3.8. AVALIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO)	46

3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	47
4. RESULTADOS	48
4.1. AVALIAÇÃO DA FC E Pa EM REPOUSO E TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO: 1-6 MESES.....	49
4.2. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA - FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS: 1-6 MESES.....	55
4.3. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL: 1-6 MESES.....	58
4.4. EXAMES SANGUÍNEOS: 1-6 MESES.....	60
4.5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA - QUESTIONÁRIO DA SAÚDE DA MULHER (QSM) E ESCALA DE AVALIAÇÃO DA MENOPAUSA (MRS): 1-6 MESES.....	65
4.6. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA - FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS: 1-12 MESES.....	67
4.7. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL: 1-12 MESES.....	70
4.8. AVALIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO): 1-12 MESES.....	72
5. DISCUSSÃO	74
5.1. AVALIAÇÃO DA FC E Pa EM REPOUSO E TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO .	74
5.2. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA - FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS.....	78
5.3. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL	83
5.4. EXAMES BIOQUÍMICOS	84
5.5. QUALIDADE DE VIDA	87
5.6. DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO)	89

6. CONCLUSÃO	94
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	95
APÊNDICE 1.....	114
APÊNDICE 2.....	128
APÊNDICE 3.....	139
ANEXO 1.....	145
ANEXO 2.....	157
ANEXO 3.....	162
PUBLICAÇÕES	165

1. INTRODUÇÃO

1.1. BIOTECNOLOGIA

A Biotecnologia apresenta uma definição ampla e inclui estudos sobre processos biológicos e propriedades de seres vivos para resolver problemas e criar produtos de utilidade. Ainda combina diversas disciplinas desde a medicina, engenharia, bioética, agricultura, entre outros (Wikipédia 2010).

O desenvolvimento tecnológico resultante da II Guerra Mundial refletiu nos avanços das Ciências Médicas e da Reabilitação, para a recuperação dos feridos, um exemplo de desenvolvimento de tecnologia assistida nesta época foi a muleta canadense que propiciou aos veteranos da guerra melhor desempenho físico, maior independência, re-inclusão social e aumento da expectativa de vida (Tremblay 1996). Assim, com o avanço da medicina e da tecnologia houve o aumento da expectativa de vida, por eliminar parte dos fatores extrínsecos de mortalidade dos seres humanos (Buckwalter 2000). Dados demográficos indicam o crescimento da população senil (Figura 1) com inversão da pirâmide da idade, ou seja, hoje há em torno de 16 milhões de idosos e em 2050 estima-se 31 milhões com idade em torno de 80 anos (Tonner et al. 2003).

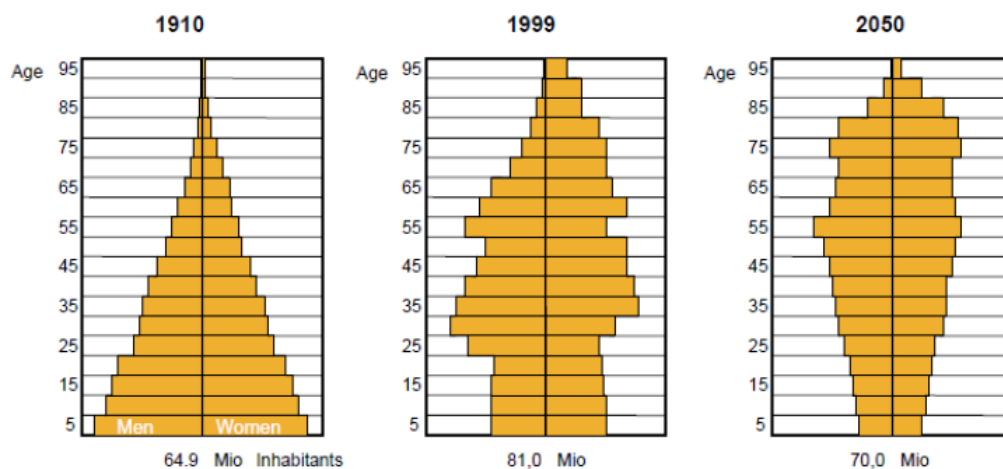


Figura 1: Dados demográficos com inversão da pirâmide da idade.

No Brasil, segundo as pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (www.ibge.gov.br), os problemas de saúde que mais acometem os brasileiros levando a óbito são as doenças cardiovasculares e o câncer (Bagnato 2008b).

Nesta perspectiva, o desenvolvimento de tecnologia é fundamental para o diagnóstico, tratamento e principalmente na prevenção de doenças para melhorar a qualidade de vida (Bagnato 2008b). Ainda, com o aumento da expectativa de vida e crescimento demográfico, as consequências do envelhecimento representam um dos maiores problemas de saúde pública com impacto econômico e social, devido ao elevado custo com tratamento (Tonner et al. 2003; Keen 2007).

1.2. PROCESSO DE ENVELHECIMENTO

Com o processo de envelhecimento, inicia-se o declínio da função hormonal, neural, cardiovascular e respiratória, além da perda óssea e alterações na composição corporal, caracterizada pela perda de massa/força/qualidade do músculo (sarcopenia) e aumento do percentual de gordura (obesidade), que juntamente com desequilíbrio da taxa metabólica e o estado sedentário podem aumentar a fadigabilidade, a perda de equilíbrio, bem como o risco de queda, fratura e desenvolvimento da síndrome metabólica, ou seja, a resistência à insulina, hipertensão, dislipidemia, diabetes melittus (tipo II) e aumento da incidência de doença arterial coronariana (Raguso 2006). Considerando a importância do tema, vários estudos têm sido conduzidos em mulheres na pós-menopausa (Bawmgartner et al. 1998; Bunout et al. 2008; Delaney 2006; Douchi et al. 2003; Li et al. 2004).

A partir dos 40 anos de idade ocorre o declínio hormonal (estrógenos) nas mulheres. A pré-menopausa é caracterizada por ciclo menstrual regular, enquanto a perimenopausa por ciclo menstrual irregular. Já o período de pós-menopausa é considerado após um ano ou mais de ausência de menstruação (Aloysio et al. 1999).

Com o declínio de estrógeno há alterações específicas no processo de envelhecimento feminino. A menopausa marca o fim da vida reprodutiva e um período de profundas mudanças físicas e psicológicas, que afetam o bem-estar social. Algumas alterações são a diminuição do sono, ansiedade, depressão, ondas de calor, ressecamento vaginal e perda do interesse sexual que afetam a qualidade

de vida destas mulheres (Bermejo et al. 2008; Kulasingam et al. 2008). Outro fator importante que pode afetar a vida das mulheres na pós-menopausa é o aumento do risco de câncer de mama e de endométrio relacionado ao status menopausal e hormonal, inatividade física, aumento excessivo de gordura corpórea e outras alterações metabólicas (Barnes et al. 1009; Kumar et al. 1995). Ainda, o risco de morte causada por doenças cardiovasculares em mulheres aumenta consideravelmente com o início da menopausa (Gorodeski 2002; Krango, 1995; Meersman 2007).

Manter-se ativo é importante para envelhecer com saúde. Muitas mulheres querem encontrar alternativas para terapia de reposição hormonal por estrógenos e o exercício físico e as novas tecnologias podem ser úteis neste sentido.

A osteopenia/osteoporose pode ser atribuída à idade e deficiência de estrógeno, principalmente em mulheres acima de 40 anos ou decorrente da ausência de carga mecânica, bem como, relacionadas ao cigarro, ingestão excessiva de álcool, baixa massa corpórea, uso de medicamentos (por exemplo, o corticóide) e a doenças, como artrite reumatóide, hiperparatireoidismo e o câncer (Delaney 2006; Keen 2007; Ryan et al. 2007).

A osteoporose é uma doença sistêmica, caracterizada pela diminuição da massa óssea e deterioração da arquitetura do tecido ósseo, resultando em fragilidade e risco de fraturas, com maior incidência no quadril, vértebras e antebraço. A fratura osteoporótica tem impacto econômico e social, portanto, representa um dos maiores problemas de saúde pública devido aos elevados custos com o tratamento e alto índice de morbidade/mortalidade (Keen 2007).

Alterações bioquímicas que favorecem a reabsorção óssea e a sarcopenia são as reduções de hormônios anabólicos, como o hormônio do crescimento (Beamer, Donahue e Rosen, 2000), e o aumento da atividade inflamatória com liberação de citocinas que resulta em maior estresse oxidativo (Silverman et al. 2009; Zinnuroglu et al. 2011).

Ainda, o balanço negativo de cálcio gerado por alterações no seu metabolismo (maior excreção de cálcio pela urina/fezes e diminuição de sua absorção) causam redução na densidade mineral óssea e aumento dos marcadores bioquímicos de reabsorção, que juntamente com a diminuição da força e da atividade muscular tornam o osso suscetível a fraturas (Bloomfield 1997; Dec, Sparrow e McKeag 2000).

Alguns dos tratamentos da osteoporose por agentes farmacológicos são a suplementação de cálcio e vitamina D associada à exposição ao sol, a Terapia de Reposição Hormonal por Estrógenos, Moduladores Seletivos de Receptores de Estrogênios (SERMs), os Bifosfanatos, Strontium Ronelate, a Calcitonina e o Hormônio da Paratireóide (HPT). A meta do tratamento da osteoporose é diminuir o risco de fraturas. Embora, diminuam a perda óssea, alguns agentes farmacológicos apresentam efeitos colaterais, como a intolerância gastro-intestinal e maior risco de câncer de mama e útero, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e trombose. Ainda são muito caros e não favorecem a manutenção da massa/força muscular e não previnem a perda de equilíbrio e o risco de queda (Delaney 2006; Keen 2007).

Estas mudanças sistêmicas podem também ocorrer em astronautas devido à ausência de carga gravitacional, bem como nas lesões neurológicas. Então, várias tecnologias, como a estimulação elétrica neuromuscular, sistema de suspensão corpórea, dispositivos robóticos, ultra-som e estímulos vibratórios são desenvolvidos e utilizados para aumentar o desempenho físico e favorecer a osteogênese por efeito piezoelétrico (Edgerton et al. 2000; Paolillo, Paolillo e Cliquet 2005; Carvalho, Carvalho e Cliquet Jr. 2001; Roelants et al. 2004; Alves et al. 1996; Prisby et al. 2008). Outras tecnologias que podem ser utilizadas são os biomateriais (Pecheva et al. 2008), bem como os dispositivos ópticos e fotônicos para fototerapia.

1.3. FOTOTERAPIA

Técnicas ópticas e fotônicas têm propiciado importante revolução tecnológica na medicina, tanto para o diagnóstico quanto para o tratamento. Destaca-se, os emissores de luz Laser (acrônimo para amplificação da luz por emissão estimulada de radiação) e LEDs (acrônimo para diodos que emitem luz) usado na interação luz-tecido para fototerapia e terapia fotodinâmica, além das técnicas de espectroscopia por fluorescência óptica para diferenciação do tecido biológico (Bagnato et al. 2006).

Os estudos com luz e cor iniciaram-se em torno de 1670, com Isaac Newton. Ele investigou a decomposição da luz solar ao passar por um prisma e concluiu que a luz branca é uma mistura de diferentes tipos de “raios luminosos”, refratados em ângulos ligeiramente diferentes, cada um produzindo uma cor espectral diferente, ou seja, diferentes comprimentos de onda ou frequência (Assis 2002; Bagnato 2008a).

De acordo com Bagnato (2008a) um laser consiste de um meio ativo que pode ser gasoso, sólido ou líquido. O meio ativo contém os átomos ou moléculas, as quais contêm os elétrons que, através dos saltos de níveis de energia, emitem luz (fótons). O LED é um diodo semicondutor (junção P-N), quando energizado emite fótons pelo princípio da eletroluminescência e os diferentes espectros dependem da dopagem do material (Wikipédia 2010).

O laser produz um feixe de luz monocromático (mesmo comprimento de onda eletromagnética com pouca dispersão do calor), altamente colimado (paralelo e grande comprimento de coerência espacial) e com sincronização da radiação com ondas eletromagnéticas que apresentam coerência temporal e espacial (Enwemeka 2006; Peplow, Chung e Baxter 2010), no qual os picos e vales das ondas se coincidem. Por outro lado, a luz originada dos LEDs não são coerentes, nem colimadas e atuam numa banda mais ampla de comprimento de onda (Bagnato et al. 2006; Bagnato 2008a; Bagnato 2008b).

As vantagens dos LEDs comparado aos Lasers são o baixo custo, a possibilidade de irradiação de grande área corpórea, além da possibilidade de configurá-los para produzirem múltiplos comprimentos de onda (Whelan et al. 2001).

De acordo com o espectro eletromagnético, o comprimento de onda é uma radiação eletromagnética, a medida que altas frequências são sinônimos de ondas mais curtas e vice-versa, variando dos raios-gama, raios-x, ultravioleta, visível, infravermelho, microondas e ondas de rádio (Figura 2).

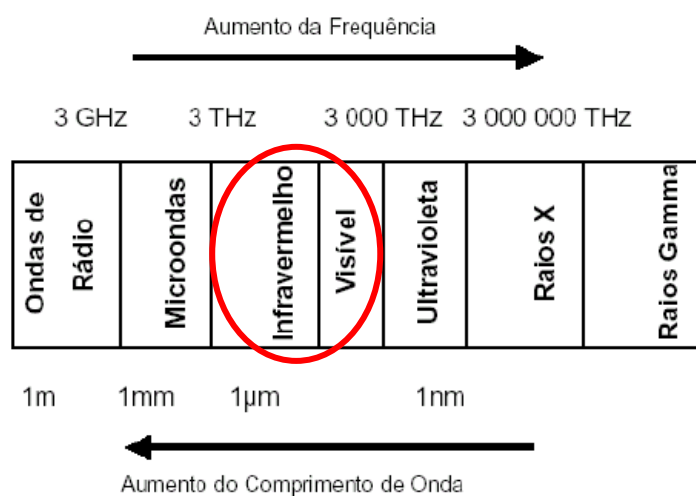


Figura 2: Intervalos de comprimento de onda no espectro eletromagnético e suas respectivas frequências.

Na interação luz-tecido são observados efeitos termo-físicos, químicos e biológicos. Na fototerapia é utilizada a luz de baixa intensidade. Enquanto que, para efeito cortante, coagulante e destrutivo da luz no tecido é usado luz em altas potências e densidades de energia (Dua e Chakraborty 2005). Assim, a luz pode ser utilizada em cirurgias, remoção de tatuagens, acupuntura, estética facial e corporal, bem como, na odontologia, oftalmologia, esporte, reabilitação e em diversos tratamentos (Katz e Mcbean 2007; Kenedi 1988; Bagnato et al. 2006).

Em relação a fototerapia, a janela terapêutica inclui a luz visível (vermelha) e invisível (infravermelho). A luz penetra nos tecidos e os fótons são absorvidos pelos fotoceptores celulares denominados cromóforos (biomoléculas da mitocôndria que absorvem luz), estimulando ou inibindo as reações químicas e enzimáticas que podem regular o metabolismo (Whelan et al. 2001; Mahmoud et al. 2008).

A luz age no metabolismo energético celular através de mecanismos químicos com ativação ou mudança do potencial redox de componentes da cadeia respiratória da mitocôndria, principalmente o citocromo C oxidase e o NADH desidrogenase (Vladimirov, Osipov e Klebanov 2004), bem como através de mecanismos estruturais que possibilitam a formação de mitocôndrias gigantes (Bakeeva et al. 1993). O exercício físico também gera adaptações estruturais e metabólicas na mitocôndria (Lumini-Oliveira et al. 2009; Lumini-Oliveira et al. 2011) e assim, a fototerapia pode ser associada ao treinamento em esteira ergométrica para potencializar os efeitos terapêuticos do exercício físico, com consequente prevenção da fadiga (Paolillo et al. 2011), aumento do desempenho de atletas (Leal Junior et al., 2009c), acelerada reparação de lesões musculares (Rizzi et al., 2006) e menor tempo de recuperação pós-exercício (Leal Junior et al. 2009d; Leal Junior et al. 2010; Sussai et al., 2009).

1.4. FISILOGIA DO EXERCÍCIO

Os fundamentos da fisiologia do exercício são apresentados por diversos autores, por exemplo, Powers e Howley (1994); Wilmore e Costill (1994); Mcardle, Katch e Katch (1994); Mcardle, Katch e Katch (1991).

Os sistemas bioenergéticos utilizados durante a atividade física são as vias anaeróbia e aeróbia. Quando se inicia um exercício a produção de ATP ocorre primeiramente através da fosfocreatina (PCr) e posteriormente pela glicólise

anaeróbia, até atingir o “steady-state” (regime permanente), momento em que ocorre o processo de oxidação celular.

A célula muscular durante o repouso ou exercício de baixa a moderada intensidade produz ATP pelas vias oxidativas, ou seja, os nutrientes glicose e ácidos graxos livres são degradados por vias específicas (glicólise e beta oxidação respectivamente) até a formação de acetil CoA, que difunde-se do citoplasma celular para as cristas mitocondriais onde, num conjunto de reações químicas denominado de ciclo dos ácidos tricarboxílicos ou Ciclo de Krebs, ocorre formação de pares de hidrogênio. O elétron de hidrogênio percorre os citocromos da cadeia transportadora de elétrons e através de um mecanismo em cascata, há liberação de energia (reações exoergônicas) a qual é utilizada para a biossíntese de ATP. O produto final desta reação, os prótons, tendem a provocar uma alteração importante no pH celular, a acidose que pode ser de origem metabólica ou respiratória. Assim, o oxigênio inspirado e transportado até as mitocôndrias tamponam os prótons, com a formação de uma molécula de água e ATP. Quanto maior for a oferta de oxigênio às mitocôndrias (na dependência direta dos sistemas pulmonar e cardiovascular-sanguíneo), maior a produção de ATP e, como consequência uma atividade física mais intensa e duradoura.

No entanto, a partir de uma intensidade de esforço físico moderado à intenso, ocorre uma deficiência relativa de oxigênio às células musculares, iniciando uma alteração metabólica, onde a via oxidativa é desviada para glicólise anaeróbia, onde não há necessidade de oxigênio e a molécula de glicose tem como produto final a molécula de ácido láctico.

A elevada concentração de ácido láctico muscular altera o processo de contração muscular, pois seus íons hidrogênio competem com o cálcio no sítio TN-C da tropomina, impedindo o processo contrátil e causando interrupção abrupta do exercício. O ácido láctico quando difundido para o plasma causa acidez metabólica e se não tamponada o indivíduo não conseguirá manter o exercício. Então, é necessário manter o equilíbrio ácido-base, através dos tampões plasmáticos, bem como, pelos sistemas respiratório e renal. Durante o exercício físico há uma tendência de instalar-se uma hipercapnia e hiperhidria que são prontamente ajustadas pelas correções respiratórias, ou seja, uma hiperventilação compensatória.

Portanto, a habilidade da célula em produzir ATP pela via aeróbia depende da capacidade da cadeia respiratória mitocondrial.

1.5.RELAÇÃO ENTRE PROCESSO DE ENVELHECIMENTO, FOTOTERAPIA E EXERCÍCIO FÍSICO

A teoria bioquímica do envelhecimento (desgaste, acúmulo de toxinas, radicais livres e telomérica ou contagem programada) refere-se a indução de lesões no DNA, células, tecidos e órgãos (Ahmed, Matsumura e Cristian 2005), que conduz ao declínio da capacidade funcional (cardiovascular, respiratório, neural, muscular, óssea e outros sistemas) e está associada com o progressivo aumento de gordura corpórea, principalmente em mulheres na pós-menopausa devido as mudanças hormonais (Bunout et al. 2009; Zamboni et al. 2008; Raguso et al. 2006).

A degeneração muscular durante o envelhecimento está associada com a disfunção mitocondrial devido a deleções no DNA mitocondrial (mtDNA) e ao sistema anormal de transporte de elétron com progressivo encurtamento de telômeros e proliferação exaustiva de células satélites (Bunout et al. 2009; Lee et al.1998). Entretanto, a fototerapia gera ativação celular, através da absorção da luz por fotoceptores, como a enzima NADH desidrogenase e citocromo c oxidase, que acelera o transporte de elétrons na cadeia respiratória da mitocôndria, do citocromo c para oxigênio molecular (Vladimirov et al. 2004). Estas modificações metabólicas possibilitam diversos efeitos terapêuticos, como o aumento da síntese de ATP, alterações nas expressões de DNA/RNA e regeneração tecidual, como a pele, músculo, osso e nervos periféricos (Whelan et al. 2001; Shefer et al. 2002; Pretel, Lizarelli e Ramalho 2007; Snyder et al. 2002)

Um desequilíbrio entre produção de espécies reativa de oxigênio (EROs) e capacidade antioxidante conduz a um fenômeno, aonde o músculo durante o processo de envelhecimento se torna mais suscetível a lesões oxidativas, principalmente durante o exercício físico devido a disfunção mitocondrial (Lambertucci et al. 2007). Este fenômeno pode resultar em inflamação, dor tardia após o exercício e degeneração muscular (Aoi et al. 2004). Entretanto, a fototerapia tem ação anti-inflamatória (Castano et al. 2007) com analgesia e vasodilatação (Whelan et al. 2001) que pode aliviar a dor nos músculos e articulações, assim o exercício físico pode ser realizado sem dificuldade.

Alta intensidade de treinamento na esteira ergométrica resulta em melhora dos sistemas cardiovascular e osteomuscular, mas também gera EROs. Embora sejam tóxicas, as EROs apresentam um importante papel na sinalização celular e na

regulação da expressão gênica. Esta sinalização resulta em uma importante regulação de potentes enzimas antioxidantes que podem melhorar a força muscular e a resistência à fadiga (Ji 2008; Gomez-Cabrera, Domenech e Viña 2008; Gomez-Cabrera et al. 2006). Ainda, a fototerapia reduz a liberação de EROs, mas também gera EROs, que pode aumentar a defesa antioxidante (Zhang, Xing e Gao 2008), potencializando o efeito do exercício físico.

Uma revisão na literatura mostra que a fototerapia tem sido aplicada em repouso antes (Leal Junior et al. 2008; Leal Junior et al. 2009a; Leal Junior et al. 2009b; Leal Junior et al. 2009c; Leal Junior et al. 2009d; Leal Junior et al. 2010) ou depois do exercício físico (Renno et al. 2006; Sussai et al. 2009; Ferraresi et al. 2010) para aumentar o desempenho muscular e acelerar a recuperação pós-exercício.

No entanto, os efeitos da fototerapia durante o exercício físico não foram ainda demonstrados. A base para esta hipótese é que a fototerapia durante intenso estágio metabólico causado pelo exercício pode ser mais eficiente. Neste contexto, arranjos de LEDs foram desenvolvidos para irradiação de grande área corpórea, como os glúteos e os músculos quadríceps, principais atuadores durante a fase de apoio e balanço da marcha. Nesta área corpórea também há maior incidência de osteoporose, principalmente no fêmur, gordura localizada e celulite. A radiação infravermelha foi escolhida porque seu espectro mostra melhor penetração através da pele comparada ao intervalo vermelho (Enwemeka 2009). O treinamento em esteira ergométrica foi escolhido por aumentar a capacidade aeróbia e utilizar o metabolismo de gorduras, bem como por produzir momentos articulares gerados pelas contrações musculares, força de reação do solo e efeitos de sobrecarga corpórea. Assim, a estimulação mecânica pode favorecer o desempenho muscular e a formação óssea por efeito piezoelétrico (Borer et al. 2007).

Para avaliar a instrumentação biomédica, por exemplo, os Lasers e LEDs, bem como para auxiliar na elaboração de protocolos de tratamento os dados fisiológicos e biomecânicos são fundamentais para prática clínica.

1.6. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O exercício físico é praticado amplamente e seus benefícios são vivenciados diariamente, enquanto a fototerapia apresenta diversos efeitos terapêuticos. Uma

grande meta é o aumento do desempenho físico e a prevenção ou tratamento de doenças, como a obesidade, sarcopenia, diabetes, dislipidemia, hipertensão, doença arterial coronariana e osteoporose, bem como, doenças reumáticas, ortopédicas e neurológicas, com redução do risco de mortalidade. Então, a associação do exercício físico com a fototerapia poderá ter impacto sobre a saúde pública, pois poderá ser usada como um método alternativo ao uso de agentes farmacológicos ou como um importante coadjuvante, bem como, poderá diminuir os custos com tratamentos relacionados aos problemas de saúde. Com a ampliação do conhecimento e consolidação desta técnica, a população poderá ser beneficiada nas unidades de saúde pública (como hospitais) e privada (academias, clubes, clínicas, entre outras).

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi desenvolver e avaliar os efeitos de um novo procedimento clínico: radiação infravermelha originada de LEDs associada com o treinamento em esteira ergométrica em mulheres na pós-menopausa.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a tolerância ao exercício máximo no período de 6 meses;
- Avaliar a força e a fadiga muscular nos períodos de 6 e 12 meses;
- Avaliar os dados antropométricos e a composição corporal nos períodos de 6 e 12 meses;
- Avaliar o perfil lipídico, bem como a resposta glicêmica e insulínica de jejum no período de 6 meses;
- Avaliar a qualidade de vida no período de 6 meses;
- Avaliar a densidade mineral óssea do fêmur, terço distal do rádio e coluna lombar no período de 12 meses.

2.2. HIPÓTESE

A hipótese deste estudo consiste que a iluminação-LED (850 nm) durante o treinamento em esteira ergométrica pode aumentar o desempenho físico, avaliado por testes de esforço máximo e de força isocinética, com consequente efeito sobre a composição corporal, o metabolismo lipídico, glicêmico e insulínico, a qualidade de vida e a densidade mineral óssea.

3. METODOLOGIA

3.1. CASUÍSTICA

O atual projeto de pesquisa foi aprovado pelo Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde, Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) em Brasília (Parecer nº 688/2009) e pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em São Carlos (Parecer nº 262/2009 e 188/2010) e podem ser visualizados no anexo 1. Os sujeitos foram informados sobre os objetivos e procedimentos metodológicos da pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 2).

Participaram desta pesquisa 30 voluntárias do sexo feminino na pós-menopausa (caracterizada pela ausência de menstruação por mais de um ano), da raça branca, com idade entre 50 e 60 anos e que não realizaram reposição hormonal. As mulheres que apresentaram doenças neurológicas, psiquiátricas, ortopédicas, metabólicas, inflamatórias, endocrinopatias e cardiopatias, bem como, câncer, osteoporose intensa e marcha patológica foram excluídas da pesquisa. As voluntárias que não apresentaram aderência de 70% do protocolo de tratamento, não completaram todas as avaliações, tiveram problemas de saúde, iniciaram tratamentos medicamentosos ou iniciaram atividade física durante o procedimento experimental foram excluídas da análise.

As mulheres foram separadas aleatoriamente em 3 grupos: (i) grupo LED, que realizou o treinamento na esteira ergométrica com fototerapia; (ii) grupo exercício, que realizou apenas o treinamento em esteira ergométrica e; (iii) grupo sedentário,

que não realizou exercício físico e nem fototerapia. O fluxo esquemático das participantes no estudo pode ser visualizado na figura 3.

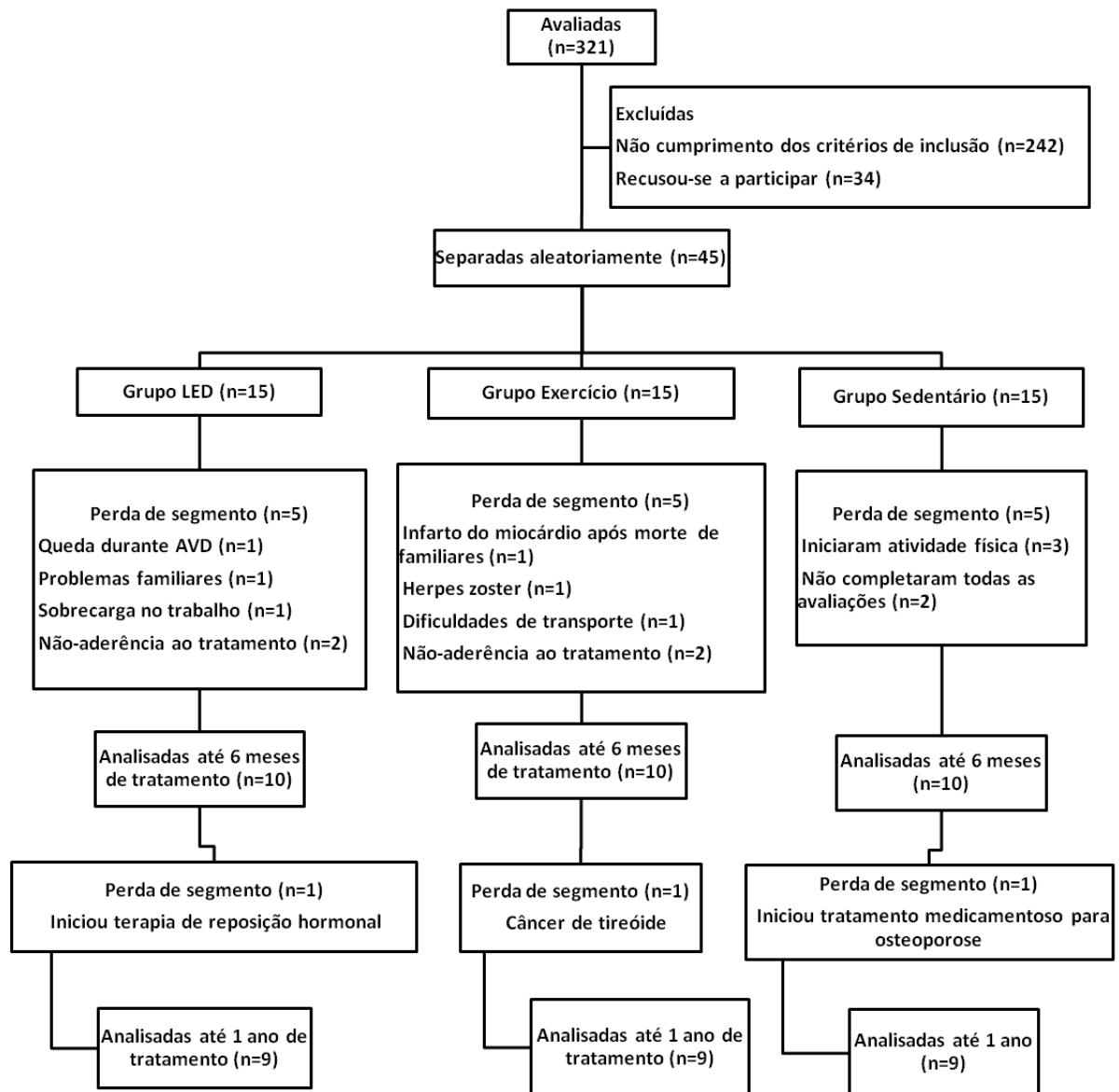


Figura 3: Fluxo esquemático das participantes no estudo. (AVD: atividade de vida diária)

3.2. FOTOTERAPIA E TREINAMENTO NA ESTEIRA ERGOMÉTRICA

Para fototerapia ser realizada durante o treinamento em esteira ergométrica, o Grupo de Óptica do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da Universidade de São Paulo (USP), projetou e desenvolveu um sistema baseado em LEDs infravermelho para ser utilizado durante o exercício físico (Figura 4).

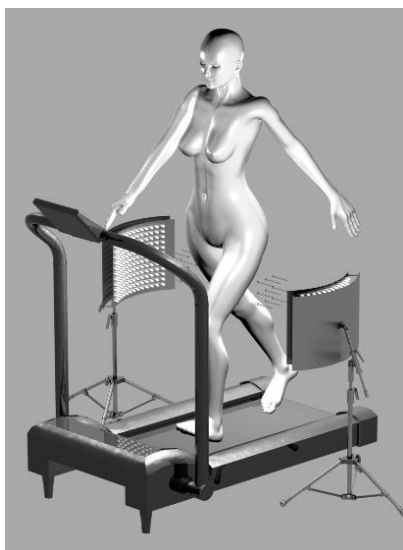


Figura 4: Simulação do novo procedimento clínico que associa a iluminação-LED e o treinamento em esteira ergométrica.

A placa de alumínio foi usinada em máquina automática que opera em três dimensões (x,y,z) na oficina mecânica do IFSC – USP. Os LEDs foram soldados e ligados em arranjos série/paralelo. O circuito de acionamento dos LEDs foi projetado e desenvolvido por engenheiros no Laboratório de Apoio Tecnológico (LAT) do Grupo de Óptica do IFSC – USP. Cada estrutura de iluminação com área de 1110 cm² e 2000 LEDs (850 nm) é angulada e tem raio de curvatura de 57 cm com altura ajustável e portabilidade para permitir o ajuste da distância (Figura 5).

Para definir os parâmetros adequados de tempo de exercício e dose de luz um estudo prévio foi realizado (Paolillo et al. 2011).



Figura 5: Desenvolvimento do primeiro protótipo - Photon Movement.

A dose utilizada foi a tradicional na fototerapia (Enwemeka 2009) e as fórmulas utilizadas foram:

- Intensidade ou densidade de potência = potência / área (mW/cm^2)
- Energia = potência x tempo (W.s ou J)
- Dose ou fluência = energia / área (J/cm^2)

Para mensurar a potência em milliwatt foi utilizado um potenciômetro (Coherent Inc., Santa Clara, CA, USA) e um fotodetector com área de 2.54 cm^2 . A potência do arranjo de LEDs variou entre 90 mW e 100 mW de acordo com a distância avaliada, ou seja, próximo do emissor e próximo das voluntárias. A densidade de potência média próximo do emissor foi $36 \text{ mW}/\text{cm}^2$. A distância entre o dispositivo e a pele das voluntárias foi 15 cm e a densidade de potência média próximo da pele foi $40 \text{ mW}/\text{cm}^2$. Este pequeno aumento da densidade de potência dos emissores para pele ocorreu devido à curvatura de superfície que contém os LEDs. Como a curvatura causa um pequeno efeito de foco de luz (como no espelho curvo) pode-se observar o aumento de densidade de potência. O tempo de tratamento foi de 45 minutos com aplicação da fototerapia nas coxas e glúteos. Estes parâmetros conduziram para aproximadamente $108 \text{ J}/\text{cm}^2$ de fluência.

Para elaboração do vestuário durante a fototerapia, vários tecidos esportivos foram analisados no laboratório de Biofotônica do Grupo de Óptica do IFSC – USP. Foram utilizados um potenciômetro e um fotodetector para mensurar a transmitância da radiação infravermelha (Laser Opto FTC - 1200 mW, Opto, São Carlos, São Paulo, Brasil) através dos tecidos esportivos. Foram realizadas as mensurações da potência média (mW) para cada amostra de tecido da cor bege bem esticado manualmente, enquanto a sonda do laser foi fixada. Os tecidos utilizados foram: Smart Fit - Dry (100% poliamida), Tela Fluid (poliamida), Tela Comum (poliester), Viscolykra (viscose e elastano) e Ligatex (poliester). Foi constatado que na presença de tecidos esportivos (como no tecido Dry) houve perda de mais de 60 % da potência (Figura 6).

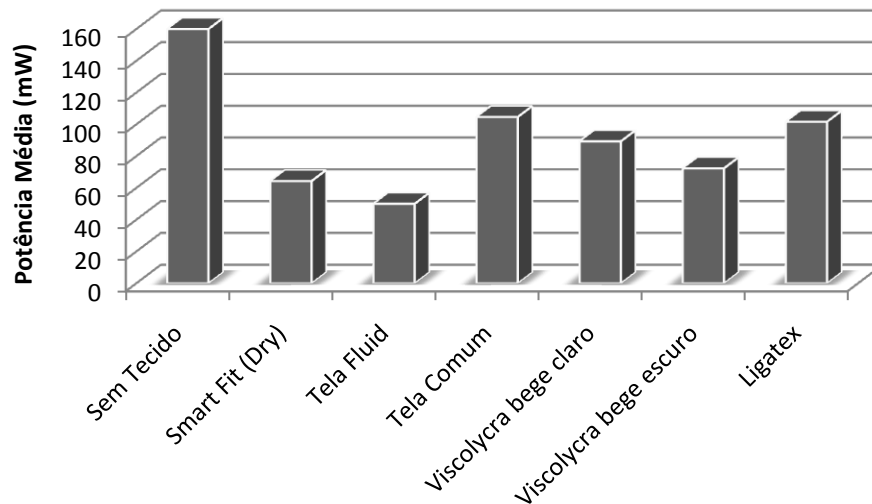


Figura 6: Transmitância da radiação infravermelha nos tecidos esportivos.

Portanto, as voluntárias usaram biquíni para absorção do infravermelho direto na pele durante o treinamento na esteira ergométrica e quando necessário foi utilizada vaselina líquida e transparente entre as pernas (região interna da coxa) para evitar assadura. As voluntárias também usaram óculos de proteção para evitar lesões na retina.

O treinamento na esteira ergométrica com e sem fototerapia (Figuras 7 e 8) foi realizado 2 vezes por semana, durante 1 ano, cada sessão durou 45 minutos. O período de adaptação de treinamento foi de 1 mês até atingir 85-90% da frequência

cardíaca máxima (FC_{max}) obtida durante o teste de esforço máximo. Para monitorar a FC durante o treinamento foi utilizado o monitor cardiofrequêncímetro (Polar A3, Polar Electro Inc., Woodbury, NY, USA). A velocidade de treinamento foi maior para o grupo LED comparado ao grupo exercício, mas a FC de treinamento foi similar entre os grupos. Ainda, nos últimos 6 meses não houve incremento acentuado na intensidade, pois as mulheres na pós-menopausa tiveram receio de que o impacto pudesse gerar lesões nos joelhos. Os valores da FC e da velocidade da esteira ergométrica na fase de adaptação (1 mês), bem como nos períodos de 2, 6 e 12 meses de treinamento podem ser observados na figura 9.



(a)



(b)

Figura 7: Treinamento na esteira ergométrica com e sem fototerapia.

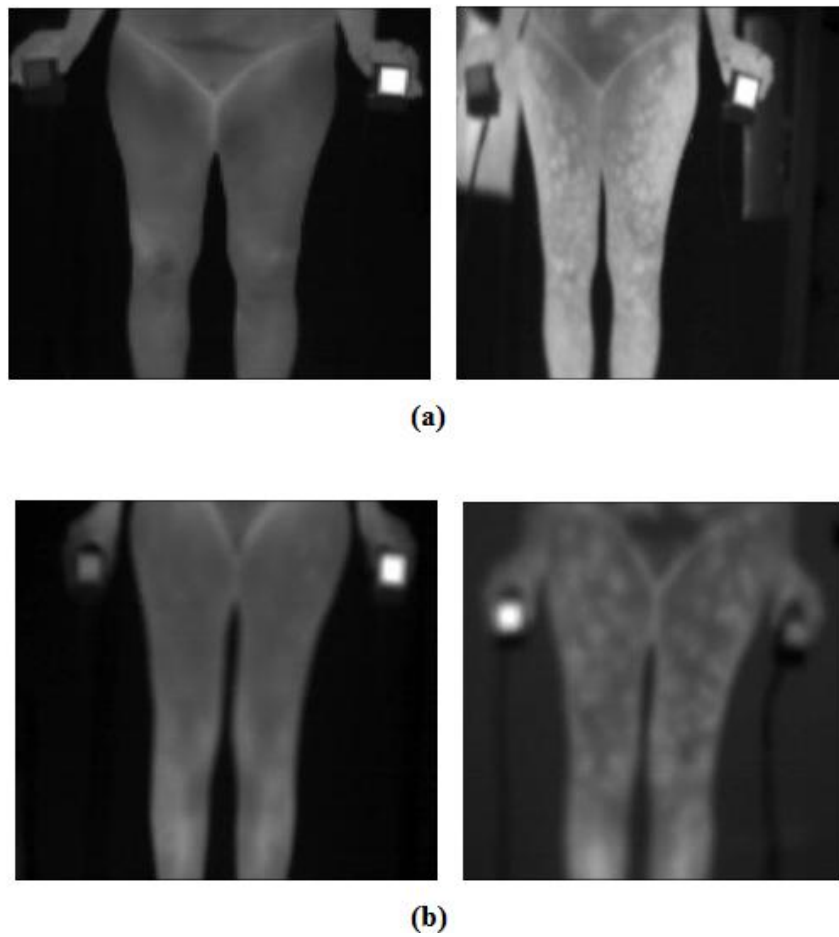


Figura 8: Imagem termográfica durante o repouso e exercício (instante de 45 minutos) na esteira ergométrica com (a) e sem (b) fototerapia.

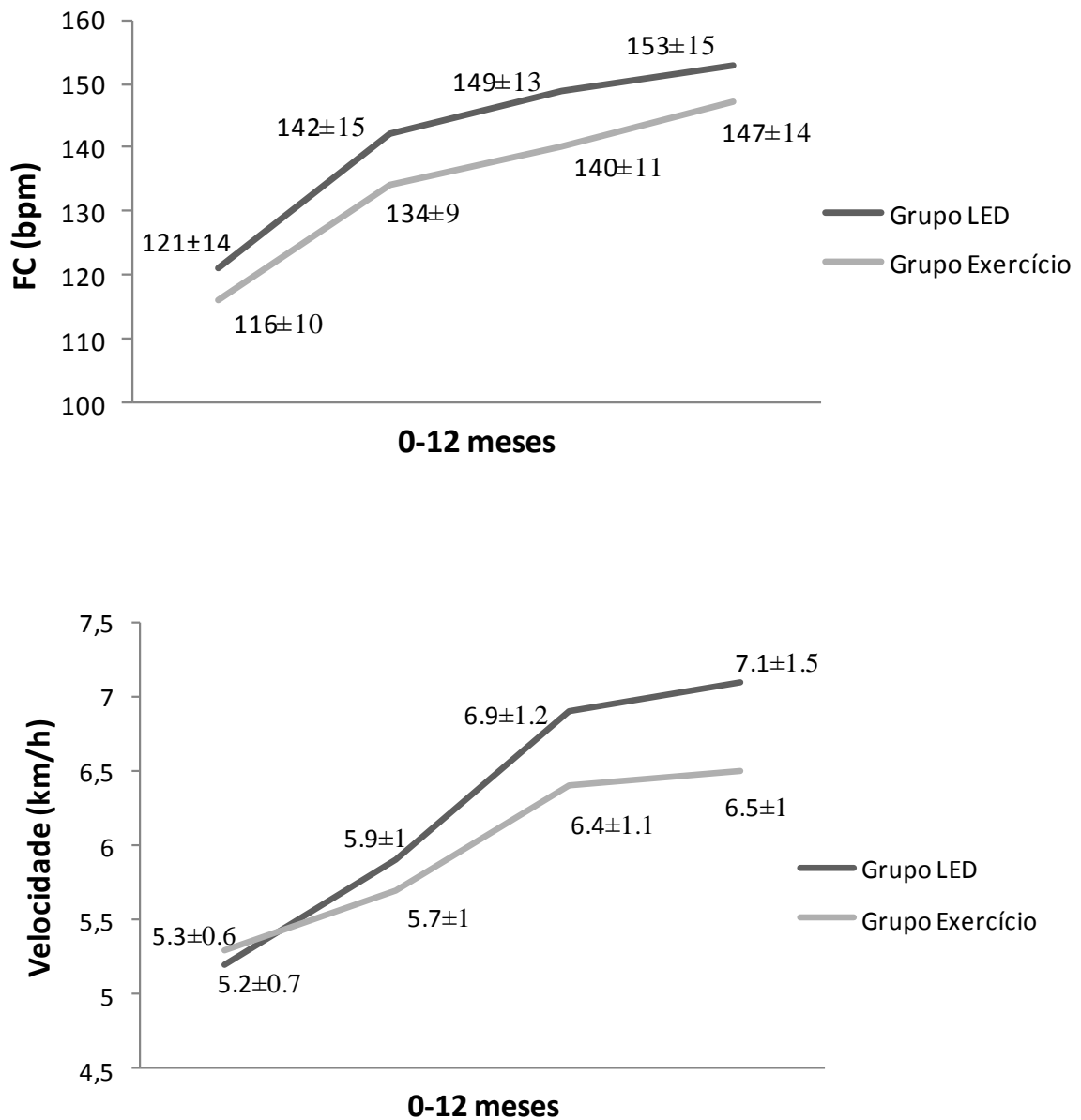


Figura 9: FC de treinamento e velocidade da esteira ergométrica na fase de adaptação (1 mês) e nos períodos de 2, 6 e 12 meses.

Foram realizadas as avaliações fisiológicas e biomecânicas na Unidade Saúde Escola (USE) da Universidade Federal de São Carlos, em laboratórios climatizados com temperatura de 22°C a 24°C e umidade relativa do ar entre 50% e 60%, no mesmo período do dia. Os exames bioquímicos foram realizados no Hospital Escola de São Carlos “Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci”.

3.3. AVALIAÇÃO DA FC E Pa EM REPOUSO E TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO

As avaliações cardiológicas foram realizadas na presença de médica cardiologista para avaliação das condições clínicas e funcionais do sistema cardiovascular e para excluir evidências de doença isquêmica cardíaca silenciosa ou outras anormalidades cardiovasculares. As mulheres na pós-menopausa foram submetidas à avaliação eletrocardiográfica (ECG) convencional de 12 derivações em repouso nas posições supina, sentada, em apnéia, hiperventilando e durante o teste ergométrico (Figura 10), com avaliação do sinal eletrocardiográfico das derivações MC5 (derivação bipolar referente à diferença de potencial entre os eletrodos posicionados no ápice do manúbrio esternal - negativo - e no quinto espaço intercostal na direção da linha axilar anterior esquerda - correspondente a V5 - positivo) e DII modificada (derivação bipolar referente à diferença de potencial entre os eletrodos posicionados no braço direito - negativo - e perna esquerda - positivo) e V2. A pressão arterial (Pa) foi mensurada em todas as fases da avaliação pelo método auscultatório e com uso de um esfigmomanômetro.



Figura 10: Avaliação cardiovascular durante o repouso e teste ergométrico.

Para o teste ergométrico foi utilizado uma esteira ergométrica elétrica e as mulheres foram estimuladas por comandos verbais. Foi realizado o protocolo (Johnson, Cowley e Kinneer 1998) do tipo degraus contínuos (Protocolo de Bruce modificado). Esta versão modificada foi escolhida porque o incremento de trabalho nos estágios iniciais é mais suave e permite o diagnóstico e a avaliação da capacidade funcional. O estágio inicial do protocolo constituiu de inclinação da esteira em 0% e velocidade de 1.7 milhas por hora (mph) ou 2.7 quilômetros por

hora (km/h). Nos dois estágios seguintes a inclinação foi aumentada em 5% e a velocidade mantida em 1.7 mph (2.7 km/h). Nos estágios seguintes a inclinação foi aumentada em 2% e a velocidade em 0.8 mph (1.28 km/h) do 3º ao 7º estágio e em 0.5 mph (0.8 km/h) do 7º ao 9º estágio (Figura 11). Cada estágio teve a duração de 3 minutos.

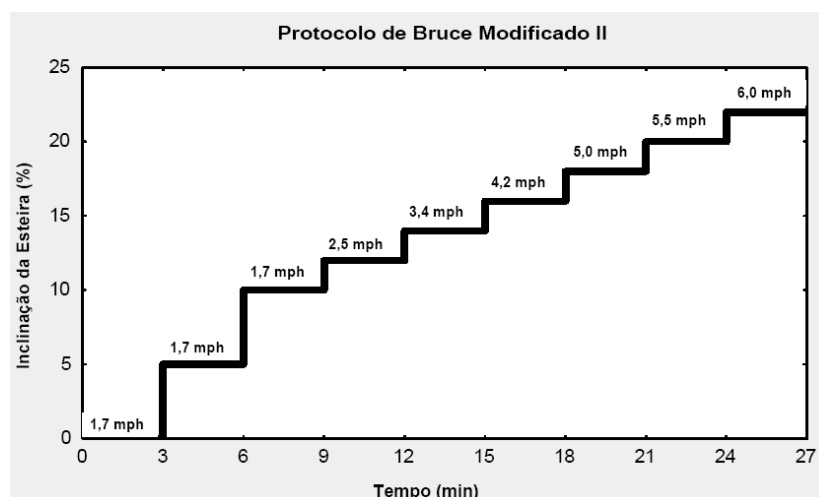


Figura 11: Representação esquemática do teste de degrau contínuo em esteira - protocolo de Bruce modificado.

O teste foi interrompido na iminência de sinais e/ou sintomas limitantes, como fadiga de membros inferiores, cansaço físico geral, tonturas, náuseas, cianose, arritmias, sudorese excessiva, aumentos ou queda súbita da pressão arterial, angina ou quando atingiu a FC_{max} prevista para idade.

O período de recuperação ocorreu com as mulheres na postura sentada até o momento que retornaram aos valores basais de FC e Pa. O registro do ECG ocorreu em repouso, nos 30 segundos finais de cada estágio do protocolo Bruce modificado e após o período de recuperação. O sinal do ECG foi obtido por monitor cardíaco e conversor análogo digital, que constitui uma interface entre o monitor cardíaco e o microcomputador (Ergo, HeartWare Ltda., Belo Horizonte, MG, Brasil). A FC foi calculada a partir dos intervalos entre as ondas R (iR-R) do ECG que foram registrados com uma frequência de amostragem de 500Hz e armazenados por software (Ergo 98 for Windows). Simultaneamente ao ECG, foi utilizado o

frequêncímetro cardíaco (Polar S830i, Polar Electro Inc., Woodbury, NY, USA) para captação dos intervalos R-R.

A FC, a pressão arterial sistólica (PaS) e a pressão arterial diastólica (PaD) foram analisadas no repouso e durante o pico de esforço. O duplo produto (DP) foi determinado pela seguinte fórmula: $DP = FC \times PaS$ (obtidas no pico de esforço).

As voluntárias realizaram o teste de esforço até o tempo máximo de tolerância ao exercício (Tlim).

A capacidade do sistema cardiovascular para entregar oxigênio aos músculos exercitados e a capacidade dos músculos em usá-lo é determinada pelo consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e indica a capacidade aeróbia (Lopez 2000). De acordo com a *American Heart Association* (Haskell et al. 2007), o VO_{2max} indireto alcançado pelas mulheres no pico do exercício foi determinado pela seguinte fórmula: VO_{2max} (ml.kg.min) = $(V \times 0.1) + (V \times I \times 1.8) + 3.5$ [se a voluntária terminou o teste em velocidade entre 3.2 km/h ou 54 m/min e 6.4 km/h ou 107 m/min (caminhando)] ou VO_{2max} (ml.kg.min) = $(V \times 0.2) + (V \times I \times 0.9) + 3.5$ [se a voluntária terminou o teste em velocidade acima de 8 km/h ou 134 m/min (correndo)], aonde V é a velocidade em m/min e I é a inclinação.

O equivalente metabólico (METs) é usado para medir a intensidade de exercício (Haskell et al. 2007). A atividade física é considerada leve quando o METs é menor que 3 (< 4 Kcal/min); moderada entre 3 e 6 METs (4-7 Kcal/min) e intensa quando maior que 6 (> 7 Kcal/min). O METs foi determinado pela seguinte fórmula: $METs = VO_{2max} / 3.5$.

De acordo com Borghi-Silva et al. (2006) para avaliação da percepção do esforço, sensação de cansaço físico e dificuldade de respiração (dispnéia) foi realizada a escala de Borg (0-10 pontos) do início ao fim do exercício.

A FC, Pa e o DP foram analisados durante o pico de exercício no pré-tratamento e durante o *isotime* no pós-tratamento. Estas variáveis também foram normalizadas pelo Tlim no pré e pós-tratamento. A escala de Borg foi analisada durante pico do esforço e no *isotime*.

O tempo de recuperação foi determinado quando as voluntárias atingiram os valores basais de FC e Pa.

3.4. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA: FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS

De acordo com Borghi-Silva et al. (2009), Maffiuletti et al. (2007) e Pincivero et al. (2003) para avaliação da força e fadiga muscular foram realizadas as avaliações biomecânicas através do dinamômetro isocinético computadorizado (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical Systems Inc., New York, USA). Antes dos testes a célula de carga foi devidamente calibrada com uso de peso padrão e o braço de força posicionado e estabilizado horizontalmente em relação ao chão, de acordo com as recomendações do fabricante.

Na posição sentada com o encosto do dinamômetro isocinético fixado a 90°, as voluntárias usaram cintos de contenção motora sobre o tronco, pelvis e coxa a ser avaliada. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado com o epicôndilo lateral do fêmur e a aplicação da resistência no final do braço do equipamento foi posicionada à aproximadamente 2 cm acima do maléolo lateral, permitindo a dorsiflexão do tornozelo.

As voluntárias realizaram o aquecimento do membro inferior no próprio equipamento através dos movimentos de flexão/extensão de joelho. Estas contrações permitiram a adaptação ao equipamento. Posteriormente, com estímulo por comando de voz, feedback visual e orientação da manutenção da respiração espontânea para evitar a manobra de Valsalva, foram realizados 2 protocolos para avaliação do membro dominante:

- i. Para avaliar o pico de torque (N.m) foi realizado o teste isocinético de força máxima que refere-se a realização de 5 movimentos em uma velocidade angular lenta de 60°/seg.
- ii. Para avaliar a potência, trabalho e o índice de fadiga foi realizado o teste isocinético de fadiga que consiste na realização de maior número de extensões de joelho durante um minuto em velocidade angular rápida de 300°/seg. O índice de fadiga foi expresso pelo percentual do trabalho realizado no primeiro terço e no último terço das contrações, demonstrado na fórmula a seguir: Índice de Fadiga = $100 - [(\text{último terço do trabalho} / \text{primeiro terço do trabalho}) \times 100]$

Os dados foram analisados em resultados absolutos e relativos, através da normalização (%) pela massa corpórea. O procedimento experimental pode ser visualizado na figura 12.



Figura 12: Avaliação no dinamômetro isocinético.

3.5. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL

Para avaliação antropométrica (Castelo-Branco et al. 2009) foram obtidas as medidas de estatura em centímetro (cm) e massa corpórea em quilograma (kg), através de balança biométrica. O termo correto massa corpórea foi utilizado no lugar de peso corpóreo, pois massa é mensurada em quilograma ou grama, enquanto peso é uma força mensurada em Newton e depende da gravidade. Foram também realizadas as medidas de circunferência da cintura (ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca) e do quadril (ponto de maior extensão do quadril) com uma fita métrica, que foi aplicada de maneira leve e justa sobre a superfície cutânea para evitar erros de medida devido a compressão. Os dados antropométricos foram utilizados para determinar o índice de massa corpórea [IMC: massa corpórea (em kg) dividida pela altura (em m) ao quadrado], e a relação cintura/quadril [C/Q: cintura (em cm) dividida pelo quadril (em cm)].

O IMC entre 18.8 e 24.9 kg/m² é definido como normal, o IMC \geq 25 kg/m² como sobrepeso e o IMC \geq 30 kg/m² como obeso. O valor limite, para mulheres, da circunferência da cintura é 80 cm. A Relação C/Q \geq 0.8 cm é definida como andróide e a relação C/Q entre 0.68 e 0.8 cm como ginóide.

Para a avaliação da composição corporal foi utilizada a bioimpedância bipolar (OMRON®, Kyoto, Japan) de membros superiores (Fujibayashi, Hamada e Matsumoto 2009), onde as mulheres foram instruídas previamente a não realizarem exercícios físicos, a não utilizarem metais no corpo e a manterem estado de hidratação normal. O uso de metais durante a bioimpedância elétrica resulta em perda de acurácia, pois metal é condutor de eletricidade.

As avaliações antropométricas e bioimpedância podem ser visualizadas na figura 13:

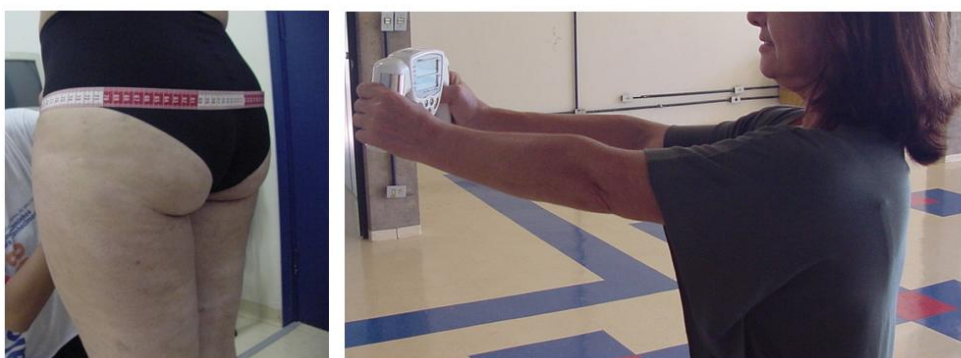


Figura 13: Avaliação antropométrica e bioimpedância.

3.6. EXAMES BIOQUÍMICOS

Foram realizados exames de sangue [níveis séricos de estradiol, hormônio tireoestimulante (TSH), uréia, creatinina, triglicérides, colesterol total, lipoproteína de baixa densidade (LDL), lipoproteína de alta densidade (HDL), lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL), insulina e glicemia] em jejum, no período diurno, por equipe especializada e de acordo com o procedimento padrão laboratorial do Hospital Escola de São Carlos “Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci” (Figura 14). Níveis de LDL foram calculados pela fórmula de Friedewald: $LDL = \text{colesterol total} - (\text{HDL} + \text{VLDL})$. Níveis de VLDL foram calculados pela fórmula: $VLDL = \text{triglicérides} / 5$.

O perfil lipídico é importante, pois permite avaliar o fator de risco para doença coronariana. Assim, quanto maior o nível de LDL e menor de HDL, maior será o risco, o qual pode ser quantificado através dos índices de Castelli indicado pelas seguintes fórmulas (Bagnoli et al. 2007; Wilson et al. 1994):

- Índice de Castelli I: colesterol total / HDL
- Índice de Castelli II: LDL / HDL



Figura 14: Exames laboratoriais.

De acordo com Gorodeski (2007) e Bagnoli et al. (2007), os valores de referência para os parâmetros analisados são: estradiol na pós menopausa entre 10 e 50 pg/ml; TSH entre 0.4 e 5 uUI/ml; uréia entre 10 e 50 mg/dl; creatinina entre 0.7 e 1.4 mg/dl; glicose de jejum \leq 100 mg/dl; insulina entre 2.6 e 24.9 uUI/ml; triglicérides \leq 150 mg/dl; colesterol total \leq 200 mg/dl; HDL \geq 40 mg/dL, LDL \leq 130 mg/dl; VLDL até 40 mg/dl; índice de Castelli I $<$ 4.4; índice de Castelli II $<$ 2.9 e; Pa \leq 130/85 mmHg.

O Homeostasis Model Assessment (HOMA) 2 B estima o funcionamento das células β pancreática, enquanto o HOMA 2 S estima a sensibilidade à insulina e o HOMA 2 IR estima a resistência à insulina. HOMA 2 B, HOMA 2 S e HOMA 2 IR foram calculados pela calculadora HOMA (HOMA calculator, Universidade de Oxford, Inglaterra).

3.7.AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA: QUESTIONÁRIO DA SAÚDE DA MULHER E ESCALA DE AVALIAÇÃO DA MENOPAUSA

Para avaliar a qualidade de vida das mulheres em pós menopausa foi utilizado o Women's Health Questionnaire (WHQ) desenvolvido por Hunter, M. (2000) e validado em português [Questionário da Saúde da Mulher (QSM)] por Dias et al. (2002). O QSM foi escolhido para as mulheres de meia idade porque seus domínios são mais específicos e direcionados para faixa etária de 45-65 anos

comparado ao Study 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) questionnaire e Health-Related Quality of Life (HRQoL) scale, por exemplo.

Seus itens foram escolhidos com o cuidado de não enfatizarem os sintomas negativos, por isso é chamado de QSM e não inclui menopausa no nome. Em sua concepção, teve como meta avaliar também o período da perimenopausa, sem preocupação quanto à fase do climatério a ser avaliada, já que esta varia entre as mulheres.

Como o QSM também avalia o período de perimenopausa, as mulheres desta pesquisa foram instruídas a não responderem as questões relacionadas aos sintomas menstruais. Ainda, se não realizassem atividade sexual, foram instruídas a não responderem as questões relacionadas ao comportamento sexual, como instrui o protocolo (Dias et al. 2002).

No QSM constam 37 questões com quatro alternativas como possibilidade de resposta. Suas questões estão divididas em grupos dispostos aleatoriamente, que avaliam: depressão (sete questões: 3, 5, 7, 8, 10, 12, 25); sintomas somáticos (sete questões: 14, 15, 16, 18, 23, 30, 35); memória/concentração (três questões: 20, 33, 36); sintomas vasomotores (duas questões: 19, 27); ansiedade/temores (quatro questões: 2, 4, 6, 9); comportamento sexual (três questões: 24, 31, 34); problemas de sono (três questões: 1, 11, 29); sintomas menstruais (quatro questões: 17, 22, 26, 28); e atratividade (três questões: 13, 21, 32).

Cada resposta pode ser graduada pelas voluntárias de 1 (sim sempre), 2 (sim, algumas vezes), 3 (não, não muito) até 4 (não, nunca). Assim, quanto maior a pontuação obtida melhor a qualidade de vida.

Para avaliar os sintomas da menopausa também foi utilizado o Menopause Rating Scale (MRS), escala de avaliação da menopausa de Hauser et al. (1994), que se apresenta traduzida para o português e utilizada em estudo populacional brasileiro (De Lorenzi et al. 2009).

O MRS é composto por 11 itens que avalia os sintomas da menopausa e são divididos em 3 subitens:

- Sintomas somáticos: ondas de calor, desconforto cardíaco, problemas com sono, músculo e articulação (itens 1-3 e 11 respectivamente);
- Sintomas psicológicos: depressão, irritabilidade, ansiedade e exaustão física e mental (itens 4-7 respectivamente);

- Sintomas Urogenitais: problemas sexuais, urinários e ressecamento vaginal (itens 8-10).

Cada item pode ser graduado pelas voluntárias de 0 (ausente) e (1=pouco; 2=moderado; 3=severo; 4=muito severo). O score total para cada subitem é a soma para cada item graduado neste subitem.

De acordo com De Lorenzi et al. (2009), o escore total do MRS é obtido através do somatório dos pontos de cada domínio, de maneira que, quanto maior a pontuação obtida mais severa a sintomatologia e pior a qualidade de vida. A intensidade geral da sintomatologia pode ser categorizada de acordo com a severidade dos sintomas que compõe cada domínio do MRS em: ausente ou ocasional (0-4 pontos), leve (5-8 pontos), moderada (9-15 pontos) ou severa (≥ 16 pontos).

O MRS pode ser aplicado pelo avaliador ou ser respondido pela paciente, enquanto o QSM não permite o preenchimento pelo avaliador. Vários sintomas no MRS são agrupados em um item, por exemplo, depressão, tristeza, choro fácil, desânimo e oscilação do humor, enquanto, o QSM não faz esse agrupamento e tende a ser mais específico comparado ao MRS.

Na atual pesquisa, o MRS e QSM foram respondidos pelas mulheres na pós-menopausa. Os questionários podem ser visualizados no anexo 3.

3.8. AVALIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO)

Para avaliação da densidade mineral óssea (DMO) do fêmur proximal, coluna lombar e terço distal do rádio (Figura 15) foram realizados exames de Densitometria Óssea (em Clínica Médica), com as pacientes posicionadas na postura supina. Este equipamento consiste no método de absorção de raios-x de dupla emissão (DEXA), da marca LUNAR DPX (Lunar Corp., Madison, WI, USA).

Esta técnica é considerada padrão ouro em função de sua precisão, duração, segurança e custo (Carvalho, Carvalho e Cliquet 2001). Os resultados são expressos em valores absolutos ou gramas por centímetro quadrado de DMO, em valores relativos ou desvios-padrão (DP) e em porcentagem. Os valores expressos em percentuais correspondem à perda de massa óssea: (T) = em relação a uma população de jovens de mesmo sexo, peso e grupo étnico. (Z) =

em relação a pessoas da mesma idade, sexo, peso, grupo étnico e altura. A atual classificação densitométrica de perda de massa óssea de acordo com a Organização Mundial da Saúde baseia-se no índice T e compreende:

- T igual ou superior a -1 DP: normal
- T entre de -1 a -2.5 DP: osteopenia
- T igual ou abaixo de -2.5 DP: osteoporose



Figura 15: Avaliação da DMO do fêmur, coluna lombar e terço distal do rádio.

3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos em médias e desvios padrão, organizados em tabelas e ilustrados em gráficos.

A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk.

Para avaliação estatística das características clínicas entre os grupos foi utilizada a análise de variância (ANOVA) One Way.

Para comparar as mudanças entre os períodos pré e pós-tratamento foi utilizada ANOVA Two Way para medidas repetidas com post hoc Bonferroni.

Para comparação entre os grupos foi calculado o delta entre as situações pré e pós-tratamento ($\text{pós-pré}=\Delta$) e foi utilizada ANOVA One Way com post hoc Bonferroni.

Para análise estatística foi utilizado o software Statistica for Windows Release 7 (Statsoft Inc., Tulsa, Ok, USA). O nível de significância estatística foi de 5% ($p\leq 0.05$).

4. RESULTADOS

As características clínicas das mulheres na pós-menopausa podem ser visualizadas na tabela 1. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos ($p \geq 0.05$).

Tabela 1: Características clínicas (média e desvio padrão).

	<u>Grupo</u> <u>LED</u>	<u>Grupo</u> <u>Exercício</u>	<u>Grupo</u> <u>Sedentário</u>
Idade (anos)	56±2	55±2	55±2
Tempo de Menopausa (anos)	8±6	9±6	7±6
Estradiol (pg/ml)	18±10	15±9	19±10
TSH (uUI/ml)	3±2	3±2	3±2
Uréia (mg/dl)	34±6	32±10	34±9
Creatinina (mg/dl)	0.7±0.09	0.8±0.09	0.7±0.09

Não foram constatadas diferenças significativas entre os grupos ($p \geq 0.05$)

4.1. AVALIAÇÃO DA FC E Pa EM REPOUSO E TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO: 1-6 MESES

Os dados das variáveis cardiovasculares durante o repouso e teste de esforço máximo no período de 6 meses podem ser visualizados na tabela 2 e 3.

O Tlim mostrou aumento significativo para os grupos LED e exercício ($p < 0.01$), entretanto, o delta entre os grupos mostrou valores superiores significativos para o grupo LED ($\Delta T_{lim} = 432 \pm 180$ s, $p = 0.002$) comparado ao grupo exercício ($\Delta T_{lim} = 186 \pm 118$ s). O VO_{2max} e os METs mostraram aumento significativo para os grupos LED e exercício ($p < 0.01$), entretanto, o delta entre os grupos mostrou aumento significativo apenas para os METs alcançados no grupo LED ($\Delta METs = 4 \pm 1.5$, $p = 0.02$) comparado ao grupo exercício ($\Delta METs = 3 \pm 1$). Houve aumento dos estágios do Bruce II para os grupos LED e exercício ($p < 0.01$) e redução significativa do tempo de recuperação apenas para o grupo LED ($p = 0.02$).

Não foi constatada diferença significativa nos resultados das variáveis cardiovasculares em repouso e durante o teste de esforço máximo para o grupo sedentário, exceto para o aumento da PaS no pico do exercício ($p = 0.01$). A PaS no pico do exercício também mostrou aumento significativo para os grupos LED e exercício. Entretanto, a PaS durante o pico de exercício mostrou redução significativa quando normalizada por Tlim apenas para o grupo LED ($p = 0.006$).

Os valores de PaD e FC não mostraram diferenças significativas para nenhum grupo. Entretanto, houve redução significativa da FC_{max} quando os dados foram analisados no isotime e normalizados por Tlim para os grupos LED e exercício ($p < 0.05$), entretanto, o delta entre os grupos mostrou redução significativa da FC no isotime ($\Delta FC_{isotime} = -39 \pm 9$ bpm, $p = 0.03$) e normalizado por Tlim ($\Delta FC/T_{lim} = -30 \pm 11\%$, $p = 0.02$) para o grupo LED comparado ao grupo exercício ($\Delta FC_{isotime} = -29 \pm 11$ e $\Delta FC/T_{lim} = -16 \pm 9\%$). A escala de Borg reduziu significativamente para os dois grupos no isotime ($p < 0.01$).

Os resultados que mostraram diferenças significativas nos valores do delta durante o teste de esforço máximo no período de 6 meses podem ser visualizados nas figuras 16 e 17. Os dados da PaS (durante o pico de exercício) normalizada por Tlim e o tempo de recuperação podem ser visualizados nas figuras 18 e 19.

Tabela 2: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos em repouso e durante o teste de esforço máximo no período de 6 meses.

	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
Tlim (seg)	788±131	1219±128**	790±99	976±75**	751±189	722±177
FC repouso (bpm)	73±9	69±8	73±10	71±8	71±8	74±12
FC max (bpm)	165±9	177±10	156±14	160±13	157±15	157±20
PAS repouso (mmHg)	122±17	126±18	116±12	121±6	131±15	137±19
PAD repouso (mmHg)	75±12	81±10	72±7	76±9	85±8	87±10
PAS exercício (mmHg)	159±25	176±18*	154±15	169±9*	170±22	184±27*
PAD exercício (mmHg)	77±13	81±10	81±8	81±13	81±11	85±10
DP (bpm.mmHg)	26238±3394	31160±2621**	23985±2912	27205±3012*	26810±4874	28968±5563
VO₂ max (ml.kg.min)	33±8	49±5**	29±5	38±5**	27±7	28±10
METs alcançado	9±2	13±2**	8±1	11±1**	7±1	8±2
Escala de Borg (0-10)	7±2	7±1	8±2	9±1	8±1	9±1
Bruce II (estágio)	2.5±0.5	4.5±0.5**	2.5±0.5	3.5±0.5**	2.5±0.5	2.5±1
Tempo de Recuperação (seg)	426±107	336±42**	384±31	330±51	406±56	364±51

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

** Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)

Tabela 3: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores da FC máxima, no isotime e normalizados por Tlim durante o teste de esforço máximo no período de 6 meses.

	<u>Grupo LED</u>				<u>Grupo Exercício</u>			
	<u>Pré</u>	<u>Isotime Pós</u>	<u>Pré/Tlim</u>	<u>Pós/Tlim</u>	<u>Pré</u>	<u>Isotime Pós</u>	<u>Pré/Tlim</u>	<u>Pós/Tlim</u>
FC_{max} (bpm)	165±9	126±12**	21±4	14±1**	155±14	127±9**	20±2	16±2*
PaS (mmHg)	160±25	158±20	21±5	15±2**	154±15	155±13.3	20±4	17±2
PaD (mmHg)	77±13	78±9	10±2	7±1**	81±8	79±11	10±2	8±12
DP (bpm.mmHg)	26238±3394	19885±2587**	3418±757	2582±362**	23985±2912	19729±2424**	3073±491	2802±376
Escala de Borg (0-10)	7±2	3±1**	-	-	8±2	5±1**	-	-

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

**Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)

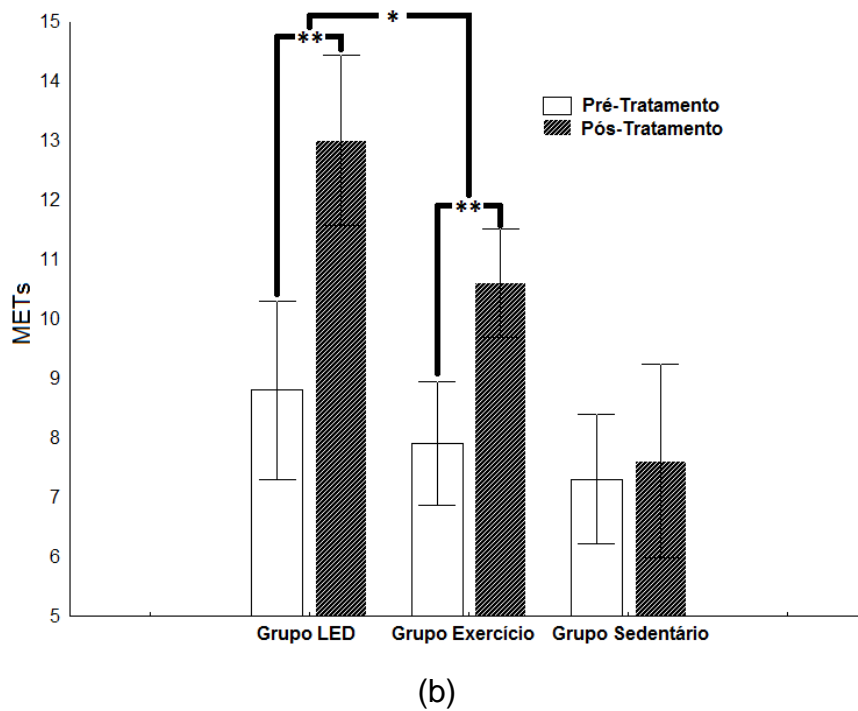
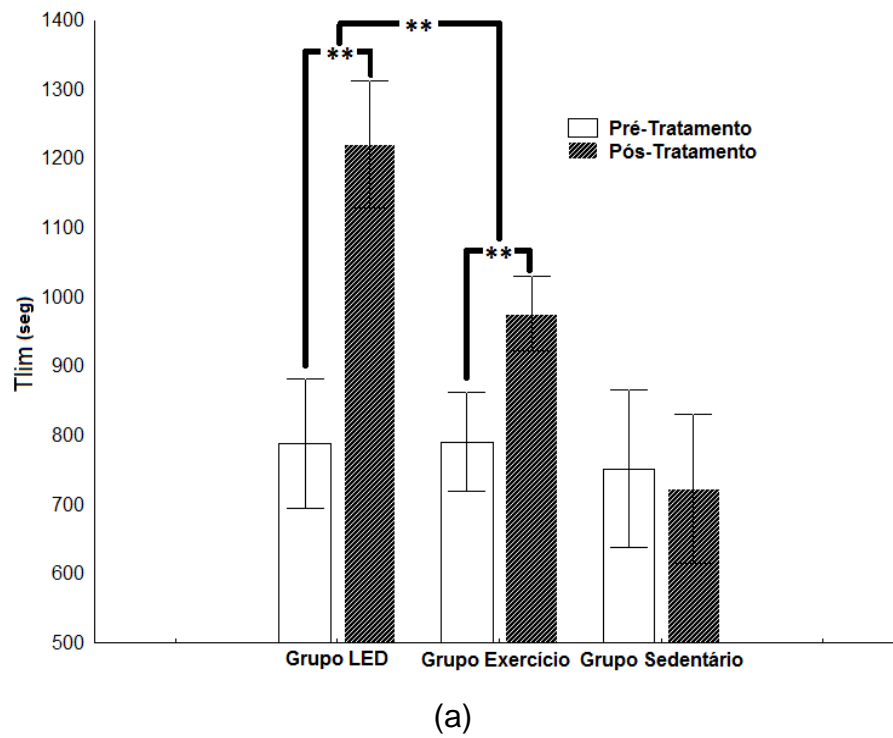


Figura 16: Tlim (a) e METs (b) durante o teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$). ** Diferença significativa ($p < 0.01$).

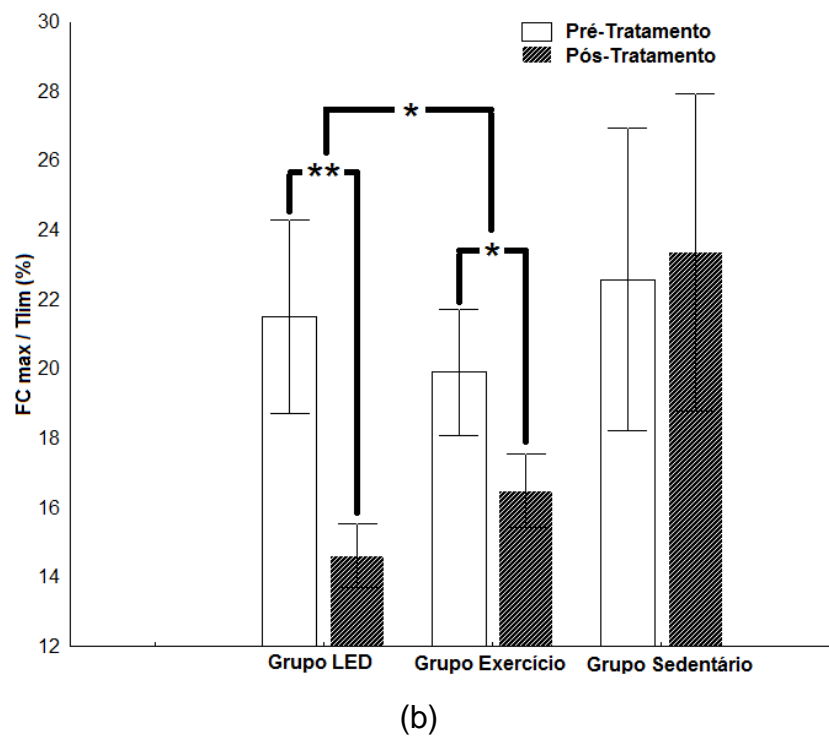
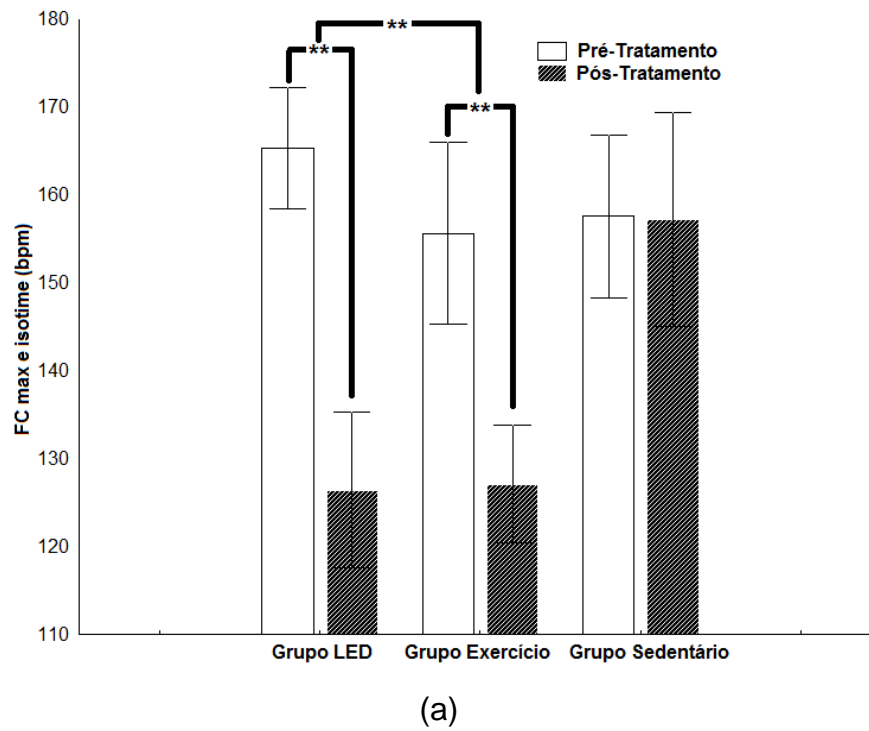


Figura 17: FC_{max} , no isotime (a) e normalizada por T_{lim} (b) durante o teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$). ** Diferença significativa ($p < 0.01$).

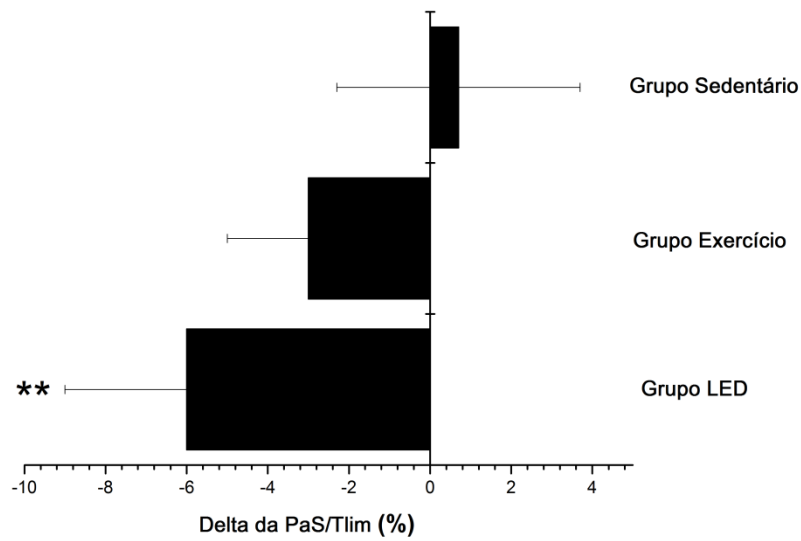


Figura 18: Delta da PaS (durante o pico de exercício) normalizada por Tlim no teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

** Diferença significativa ($p < 0.01$).

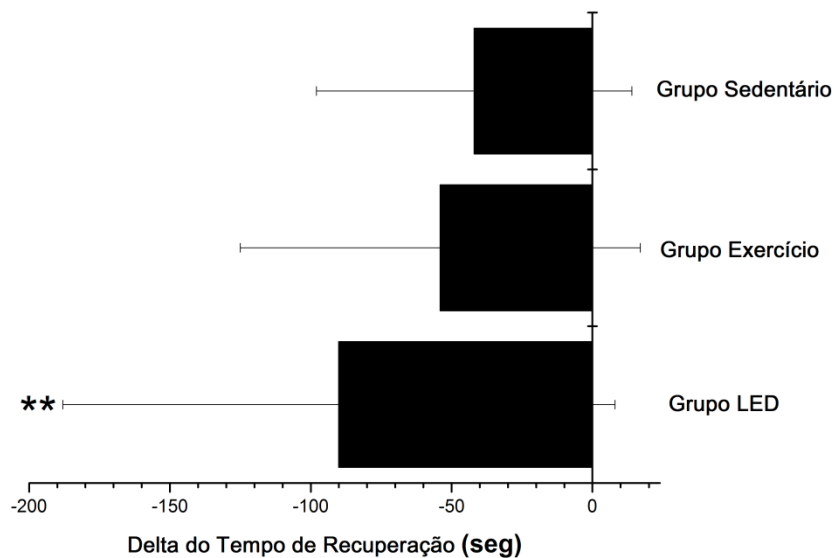


Figura 19: Delta do tempo de recuperação após o teste de esforço máximo no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

** Diferença significativa ($p < 0.01$).

4.2. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA - FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS: 1-6 MESES

Os dados da avaliação isocinética no período de 6 meses podem ser visualizados na tabela 4.

Não houve diferenças significativas no pico de torque absoluto e normalizado durante 60°/seg para os grupos LED, exercício e sedentário ($p \geq 0.05$). Entretanto, no teste de fadiga durante 300°/seg houve aumento significativo da potência e trabalho para todos os grupos ($p < 0.01$). Quando estes dados foram normalizados pela massa corpórea, o grupo sedentário não mostrou diferenças significativas para a potência e trabalho, enquanto o grupo LED e exercício mostraram aumento significativo destas variáveis ($p < 0.01$). A fadiga reduziu significativamente apenas para o grupo LED ($p < 0.05$), enquanto os grupos exercício e sedentário não mostraram diferenças significativas ($p \geq 0.05$) no índice de fadiga.

Os valores do delta para potência, trabalho e fadiga foram significativamente maiores para o grupo LED [Δ potência = 21 ± 6 W, $p = 0.04$ em relação ao grupo exercício (Δ potência = 13 ± 10 W) e $p = 0.03$ em relação ao grupo sedentário (Δ potência = 10 ± 9 W); Δ trabalho = 634 ± 156 J, $p = 0.03$ em relação aos grupos exercício (Δ trabalho = 410 ± 270 J) e sedentário (Δ trabalho = 362 ± 299 J); Δ fadiga = -7 ± 4 %, $p = 0.006$ em relação ao grupo exercício (Δ fadiga = 3 ± 8 %) e $p = 0.04$ em relação ao grupo sedentário (Δ fadiga = -2 ± 6 %)].

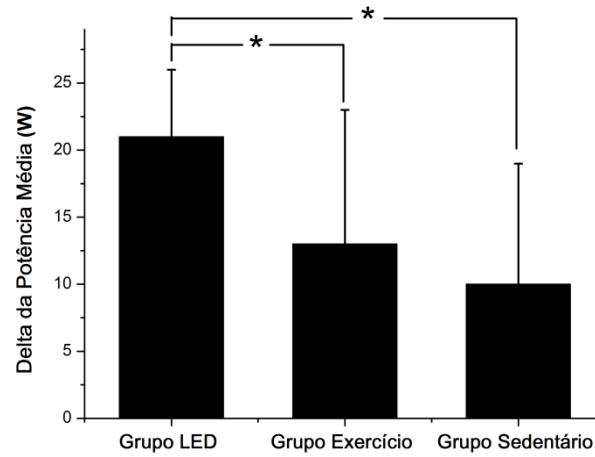
Os resultados que mostraram diferenças significativas nos valores do delta durante o teste isocinético no período de 6 meses podem ser visualizados na figura 20.

Tabela 4: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores de força e fadiga no período de 6 meses.

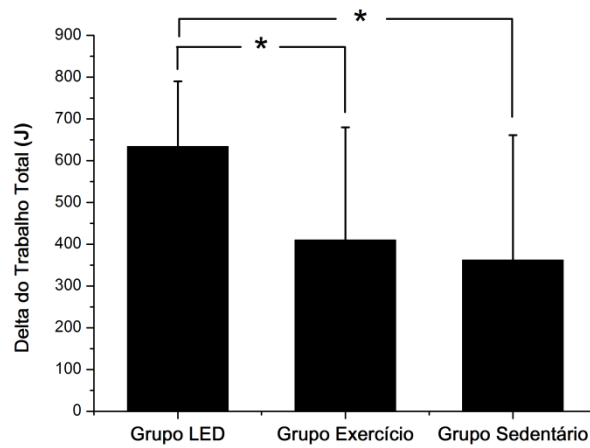
	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Pico de Torque (N.m)	107±14	111±14	101±23	105±18	108.3±13.3	108.8±19
Pico de Torque /Massa Corpórea (%)	160±36	167±31	157±38	166±30	142.4±23.8	137.9±26.2
Potência Média (W)	59±9	76±10**	62±13	75±12**	63.8±13.8	74.3±17.7**
Potência Média/Massa Corpórea (%)	81±18	113±19**	95±21	119±24**	83.1±14.6	93.1±17.8
Trabalho Total (J)	1529±336	2162±319**	1646±385	2055±325**	1796.4±403.7	2158.7±579.8**
Trabalho Total /Massa Corpórea (%)	2277.6±658.3	3251±633.1**	2540±582	3253±626**	2332.1±413.6	2689.4±518.5
Fadiga (%)	63±6	57±3*	51±8	54±6	59±9	58±5
Fadiga/Massa Corpórea (%)	95±19	86±18*	80±17	87±23	81±24	76±21
Número de Contrações	59±5	64±5*	59±7	60±5	64±5	63±6

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

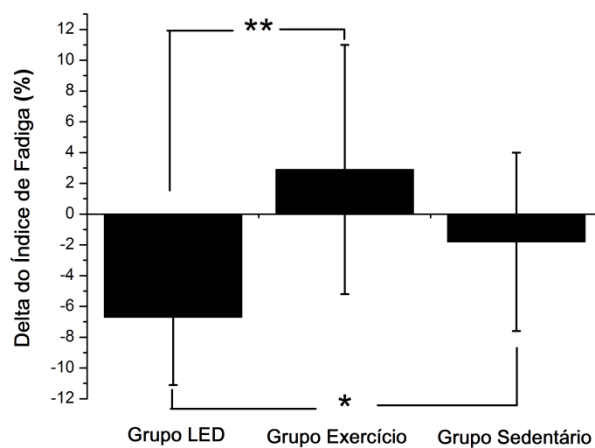
** Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)



(a)



(b)



(c)

Figura 20: Resultados do delta da potência (a), trabalho (b) e índice de fadiga obtidos no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$). ** Diferença significativa ($p < 0.01$).

4.3.AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL: 1-6 MESES

Os dados da avaliação antropométrica e da composição corporal no período de 6 meses podem ser visualizados na tabela 5.

Não foram constatadas diferenças significativas no período pré e pós-tratamento nas variáveis analisadas ($p \geq 0.05$), exceto para o IMC do grupo sedentário ($p=0.01$).

O valor do delta foi significativamente superior para o grupo sedentário [$\Delta\text{IMC} = 3 \pm 4$, $p=0.04$ em relação aos grupos LED ($\Delta\text{IMC} = 0.04 \pm 1.1$) e exercício ($\Delta\text{IMC} = -0.02 \pm 1.3$)].

O resultado que mostrou diferença significativa no valor do delta do IMC no período de 6 meses pode ser visualizado na figura 21.

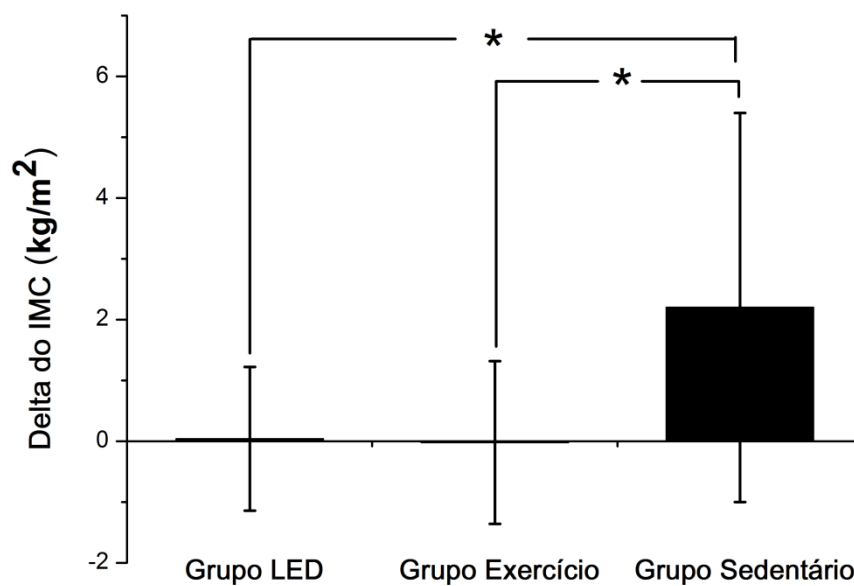


Figura 21: Resultado do IMC no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$).

Tabela 5: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação antropométrica e da composição corporal no período de 6 meses.

	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
<i>Avaliação Antropométrica</i>						
Massa Corpórea (Kg)	71±11	71±12	67±11	67±10	80±17	83±22
Estatura Corpórea (cm)	153±7	153±6	158±6	157±7	155±5	154±6
IMC (Kg/m²)	30±5	30±4	27±4	27±5	33±7	35±8*
Cintura (cm)	95±13	95±14	90±12	90±12	104±15	106±19
Quadril (cm)	107±11	107±9	102±7	102±9	113±13	116±14
Relação C/Q (cm/cm)	0.88±0.08	0.88±0.07	0.88±0.08	0.88±0.08	0.92±0.09	0.91±0.08
<i>Composição Corporal</i>						
Gordura Corpórea (%)	39±7	37±5	37±4	36±6	42±5	43±4
Massa Gorda (Kg)	28±8	27±7	25±6	24±6	34±11	36±9
Massa Magra (Kg)	43±5	43±6	42±6	42±6	46±6	47±7

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

4.4. EXAMES SANGUÍNEOS: 1-6 MESES

Os dados dos exames sanguíneos no período de 6 meses podem ser visualizados na tabela 6.

Os resultados de colesterol total e LDL só mostraram diferenças intragrupo. Houve redução significativa do colesterol total ($p < 0.01$) para os grupos LED (Δ colesterol total = -41 ± 51 mg/dl), exercício (Δ colesterol total = -33 ± 15 mg/dl) e sedentário (Δ colesterol total = -32 ± 34 mg/dl). Também, houve redução significativa do LDL para os grupos LED (Δ LDL = -35 ± 20 mg/dl, $p < 0.01$) e exercício (Δ LDL = -31 ± 18 mg/dl, $p < 0.01$), bem como para o grupo sedentário (Δ LDL = -28 ± 33 mg/dl, $p < 0.05$). Os valores dos níveis de triglicérides, VLDL e HDL não mostraram diferenças significativas intragrupo ($p \geq 0.05$). Entretanto, o índice de Castelli I reduziu apenas para os grupos LED e exercício ($p < 0.05$). O delta do índice de Castelli I foi similar para os grupos LED ($\Delta = -0.9 \pm 0.6$) e exercício ($\Delta = -0.9 \pm 0.9$) e maior comparado ao grupo sedentário ($\Delta = -0.8 \pm 0.8$), mas não mostrou diferenças significativas intergrupo ($p \geq 0.05$). O índice de Castelli II não mostrou redução significativa para nenhum grupo ($p \geq 0.05$). O delta do triglicérides, LDL, colesterol total e índice de Castelli I podem ser observados nas figuras 22 e 23.

Não houve diferenças significativas nos níveis de glicemia e de HOMA 2 S para todos os grupos ($p \geq 0.05$), mas houve aumento significativo da insulina, Homa 2 B e Homa 2 IR somente no grupo sedentário ($p < 0.01$).

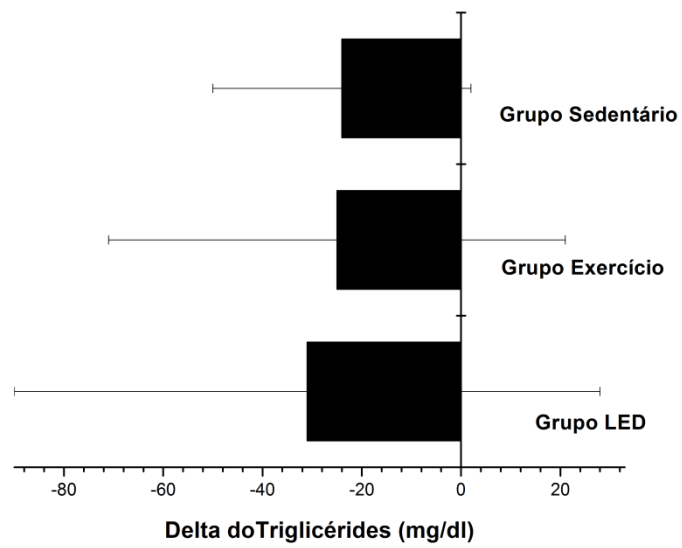
O valor do delta para insulina foi significativamente maior para o grupo sedentário [Δ insulina = 9 ± 8 uUI/ml, $p = 0.0008$ em relação ao grupo LED (Δ insulina = 3 ± 5 mg/dl), mas sem diferença significativa ($p < 0.05$) em relação ao grupo exercício (Δ insulina = 4 ± 6 mg/dl)]. Diferenças significativas intergrupo podem ser observadas nos níveis de insulina (Figura 24 a). Os valores do delta para HOMA 2 B e HOMA 2 IR foram significativamente maiores apenas para o grupo sedentário (Δ Homa 2 B = 73 ± 42 mg/dl, $p = 0.0009$ e Δ Homa 2 IR = 1.3 ± 1.2 , $p = 0.007$), embora não mostraram diferenças significativas intergrupos (Figura 24 b).

Tabela 6: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos exames sanguíneos no período de 6 meses.

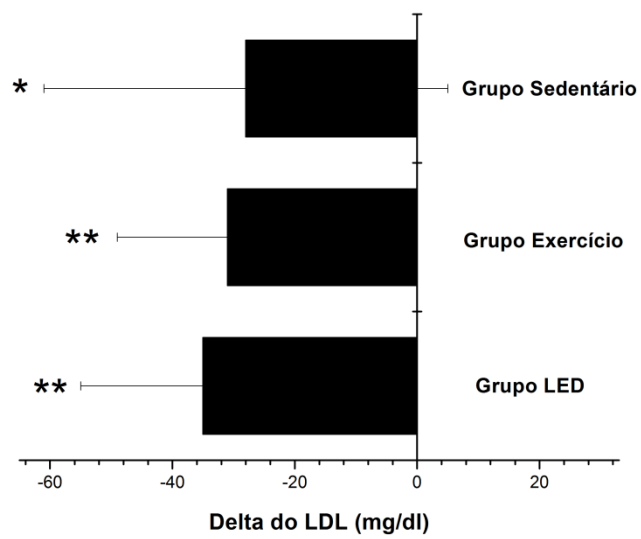
	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
Triglicérides (mg/dl)	170±77	139±46	135±109	110±75	179±58	148±55.2
Colesterol Total (mg/dl)	225±184	184±21**	209±28	176±25**	233±50	196±38**
HDL (mg/dl)	49±8	50±7	51±14	53±10	45±6	46±6
LDL (mg/dl)	142±25	106±17**	130±21	100±21**	152±44	125±45*
VLDL (mg/dl)	34±15	28±9	27±22	22±15	35±11	30±11
Índice de Castelli I	4.7±1.1	3.8±0.7*	4.3±1.4	3.4±1.2*	5.2±1.1	4.5±1.1
Índice de Castelli II	2.9±0.7	2.2±0.5	2.7±1.9	1.9±0.8	3.4±0.9	2.8±1.1
Glicose (uUI/ml)	94±18	90±13	93±13	86±9	107±17	101±23
Insulina (uUI/ml)	10±4	13±5	9±5	10±9	8±4	17±9**
HOMA 2 B	97±34	135±31	99±38	136±56	69±31	142±63**
HOMA 2 S	118±74	75±48	101±42	98±66	132±73	55±23
HOMA 2 IR	1.1±0.5	1.7±0.7	1.2±0.5	1.6±1.2	0.9±0.5	2.2±1.1**

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

** Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)



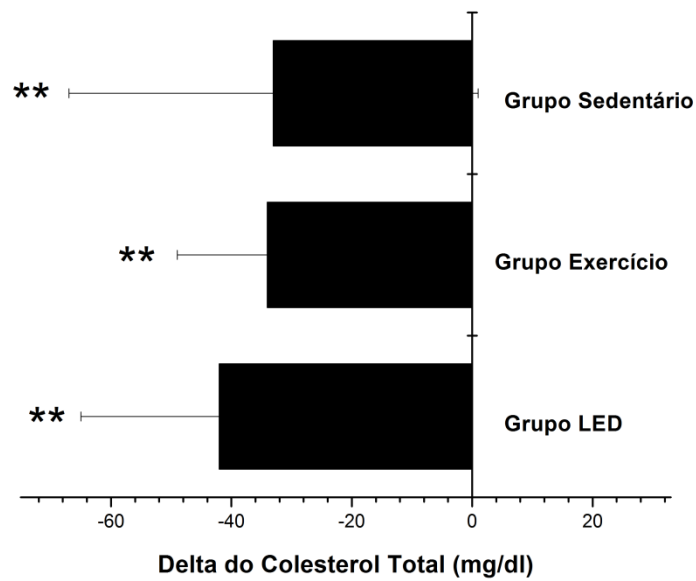
(a)



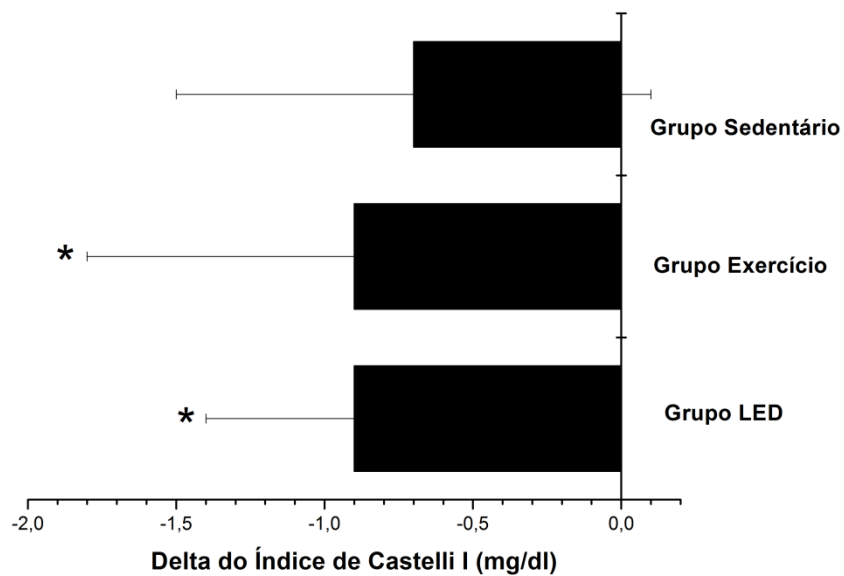
(b)

Figura 22: Resultado do delta dos níveis de triglicérides (a) e LDL (b) no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$). ** Diferença significativa ($p < 0.01$).



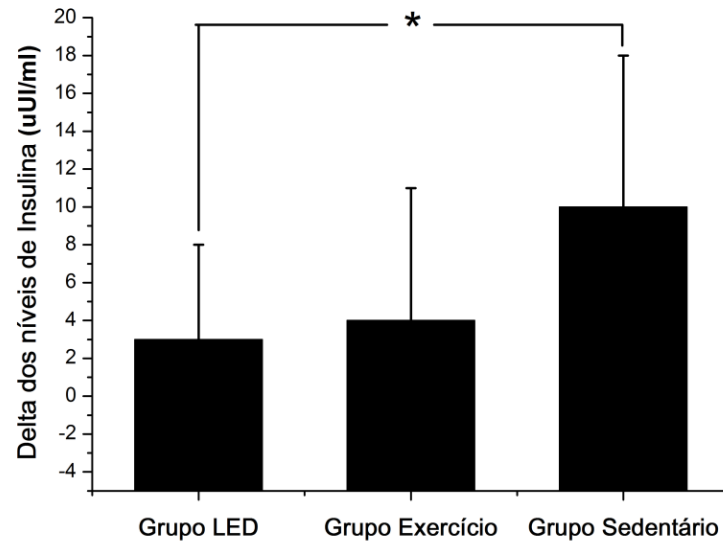
(a)



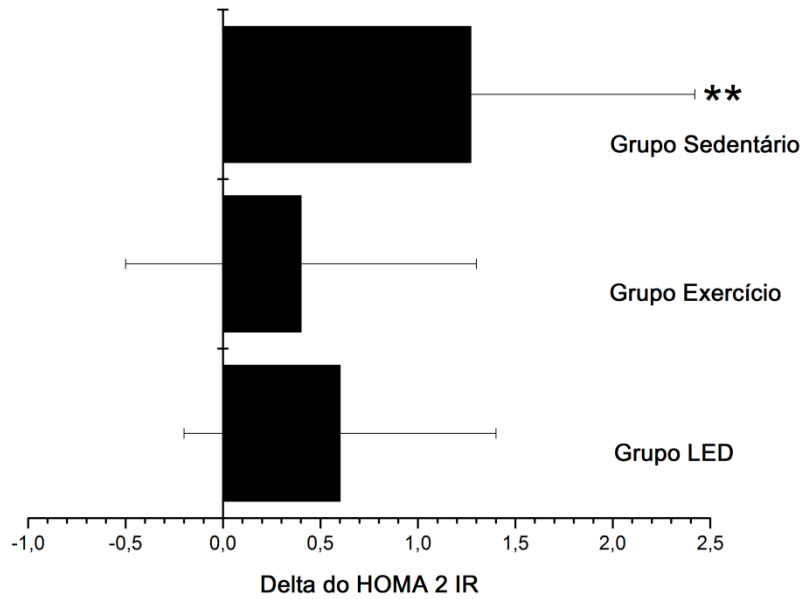
(b)

Figura 23: Resultado do delta dos níveis de colesterol total (a) e Índice de Castelli I (b) no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$). ** Diferença significativa ($p < 0.01$).



(a)



(b)

Figura 24: Resultado do delta dos níveis de insulina (a) e Homa 2 IR (b) no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$).

4.5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE VIDA - QUESTIONÁRIO DA SAÚDE DA MULHER (QSM) E ESCALA DE AVALIAÇÃO DA MENOPAUSA (MRS): 1-6 MESES

Os dados da avaliação da qualidade de vida no período de 6 meses podem ser visualizados na tabela 7.

Não foram constatadas diferenças significativas nos domínios do QSM (depressão, somático, memória, vasomotor, ansiedade, sexual, sono e atratividade) e nos sintomas do MRS (somático, psicológico e urogenital) em todos os grupos. Entretanto, pode-se observar na figura 25 que houve aumento significativo no valor da somatória de todos os domínios do QSM no período pré e pós-tratamento de 6 meses apenas para o grupo LED ($p=0.04$).

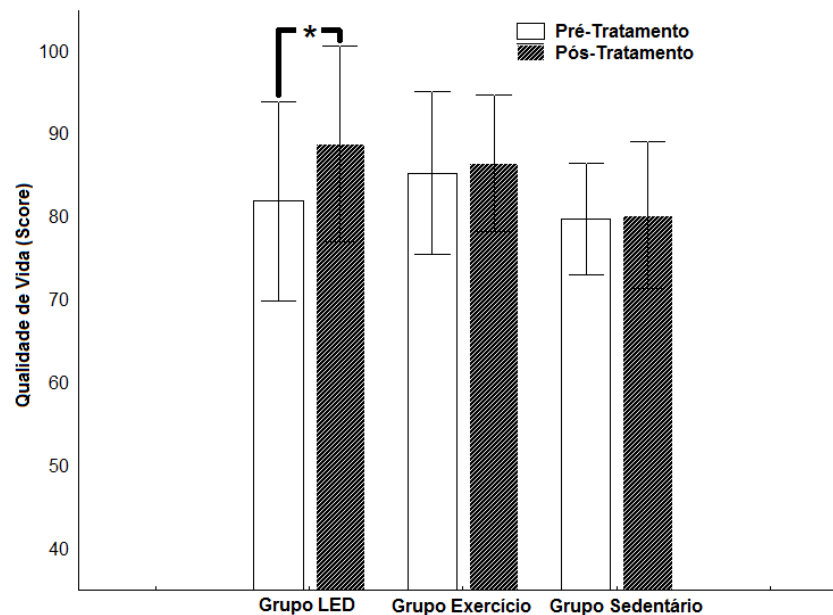


Figura 25: Resultado da somatória de todos os domínios do QSM no período pré e pós-tratamento de 6 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$).

Tabela 7: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da qualidade de vida no período de 6 meses.

Domínios/Sintomas	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
QSM						
Depressão	21±4	23±4	21±4	21±4	21±3	22±3
Somático	18±3	19±4	19±4	18±4	16±2	17±3
Memória	7±2	7±2	7±2	7±2	7±2	6±3
Vasomotor	5±2	6±2	6±2	6±1	5±3	6±2
Ansiedade	10±3	12±3	11±4	13±3	11±2	10±2
Sexual	6±3	8±2	6±3	5±4	6±3	5±4
Sono	6±2	8±2	7±3	8±2	7±1	6±1
Atratividade	8±2	9±2	9±1	9±2	7±2	7±1
Total	82±17	89±17*	85±14	87±12	80±9	80±12
n	31±1	30±2	31±1	30±1	30±1	31±1
MRS						
Somático	6±3	5±3	4±3	5±3	7±3	7±2
Psicológico	6±4	4±2	6±3	5±3	6±2	6±3
Urogenital	5±3	3±3	3±2	3±3	4±3	3±2
Total	18±7	12±5	13±7	14±7	17±5	16±5
n	11±1	10±1	11±1	10±1	11±1	10±1

n = número de questões respondidas

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

4.6. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA - FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS: 1-12 MESES

Os dados da avaliação isocinética no período de 1 ano podem ser visualizados na tabela 8.

Não houve diferenças significativas no pico de torque absoluto e normalizado durante 60°/seg para os grupos LED, exercício e sedentário ($p \geq 0.05$). Entretanto, no teste de fadiga durante 300°/seg houve aumento significativo da potência e trabalho para os grupos LED e exercício ($p < 0.01$), bem como para o grupo sedentário ($p < 0.05$). Ainda, a fadiga reduziu significativamente apenas para o grupo LED ($p < 0.05$), enquanto os grupos exercício e sedentário não mostraram diferenças significativas ($p \geq 0.05$) no índice de fadiga. Quando estes dados foram normalizados pela massa corpórea, o grupo sedentário não mostrou diferenças significativas para a potência e trabalho, enquanto o grupo LED e exercício mostraram aumento significativo destas variáveis ($p < 0.01$).

Os valores do delta para potência, trabalho e fadiga foram significativamente maiores para o grupo LED [Δ potência = 24 ± 11 W, $p = 0.03$ em relação ao grupo exercício (Δ potência = 12 ± 10 W) e $p = 0.02$ em relação ao grupo sedentário (Δ potência = 11 ± 6 W); Δ trabalho = 689 ± 313 J, $p = 0.04$ em relação ao grupo exercício (Δ trabalho = 382 ± 279 J) e $p = 0.02$ em relação ao grupo sedentário (Δ trabalho = 320 ± 199 J); Δ fadiga = -6 ± 4 %, $p = 0.008$ em relação ao grupo exercício (Δ fadiga = 2 ± 6 %), mas não houve diferenças significativas em relação ao grupo sedentário (Δ fadiga = -3 ± 3 %)].

Os resultados que mostraram diferenças significativas nos valores do delta durante o teste isocinético no período de 1 ano podem ser visualizados na figura 26.

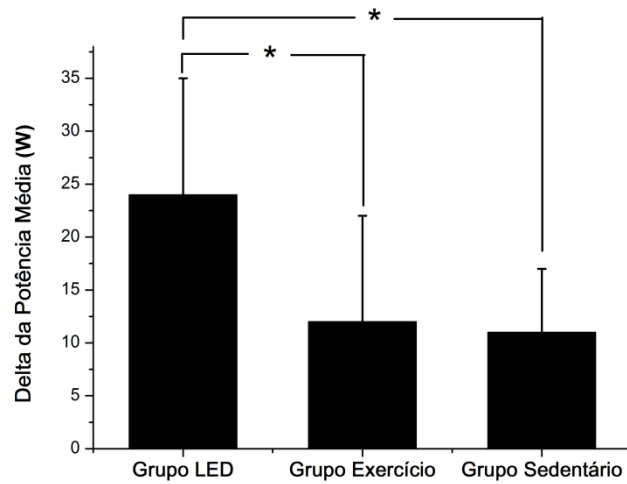
Não foram constatadas diferenças significativas ($p \geq 0.05$) nas variáveis analisadas no teste isocinético no período de 6 e 12 meses.

Tabela 8: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores de força e fadiga no período de 12 meses.

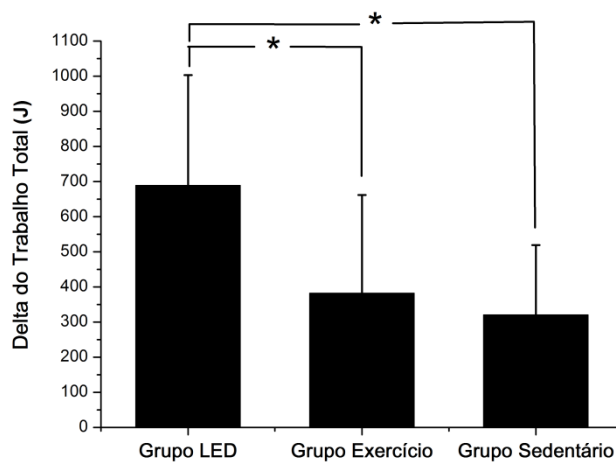
	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
Pico de Torque (N.m)	105±19	107±23	103±23	103±31	105±24	107±27
Pico de Torque /Massa Corpórea (%)	159±52	156±51	156±34	157±41	146±50	147±62
Potência Média (W)	54±15	78±11**	63±13	75±17**	62±11	73±10*
Potência Média/Massa Corpórea (%)	77±28.05	111±27**	96±22	115±26**	83±14	96±14
Trabalho Total (J)	1509±473	2198±367**	1690±392	2072±504**	1745±305	2065±318*
Trabalho Total /Massa Corpórea (%)	2166±886	3144±837**	2561±607	3170±777**	2333±381	2698±399
Fadiga (%)	61±6	55±4*	52±8	53±6	60±6	57±4
Fadiga/Massa Corpórea (%)	86±23	78±20*	79±18	83±22	83±22	77±19
Número de Contrações	60±7	63±6	59±7	61±6	64±5	62±4

*Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

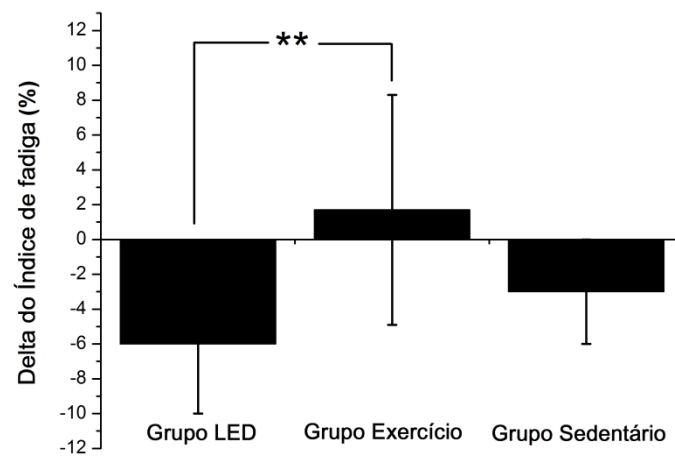
** Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)



(a)



(b)



(c)

Figura 26: Resultados do delta da potência (a), trabalho (b) e índice de fadiga obtidos no período pré e pós-tratamento de 12 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$). ** Diferença significativa ($p < 0.01$).

4.7. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL: 1-12 MESES

Os dados da avaliação antropométrica e da composição corporal no período de 1 ano podem ser visualizados na tabela 9.

Não foram constatadas diferenças significativas no período pré e pós-tratamento de 1 ano nas variáveis analisadas ($p \geq 0.05$). No grupo sedentário, o IMC mostrou aumento ($\Delta \text{IMC} = 1.5 \pm 2.5$), embora não tenha sido significativo ($p \geq 0.05$) e pode ser observado na figura 27.

Também não foram constatadas diferenças significativas ($p \geq 0.05$) nas variáveis antropométricas e na composição corporal no período de 6 e 12 meses.

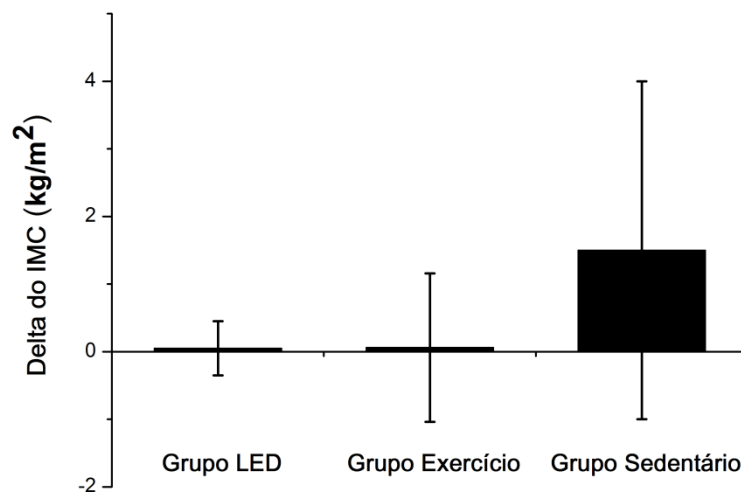


Figura 27: Resultado do IMC no período pré e pós-tratamento de 12 meses.

Tabela 9: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores da composição corporal no período de 12 meses.

	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
<i>Avaliação Antropométrica</i>						
Massa Corpórea (Kg)	70±12	69±12	66±11	66±12	80±18	82±21
Estatura Corpórea (cm)	154±6	154±7	157±5	157±4	156±6	156±7
IMC (Kg/m²)	30±5	29±5	27±4	27±4	33±8	34±10
Cintura (cm)	93±13	93±12	89±12	90±12	104±15	106±20
Quadril (cm)	108±11	107±11	102±7	101±7	112±13	114±18
Relação C/Q (cm/cm)	0.86±0.05	0.87±0.07	0.87±0.08	0.89±0.08	0.92±0.09	0.93±0.09
<i>Composição Corporal</i>						
Gordura Corpórea (%)	39±5	37±6	37±4	37±3	41±5	41±7
Massa Gorda (Kg)	28±7	26±8	25±6	24±5	33±10	33±12
Massa Magra (Kg)	42±4	43±5	41±5	42±6	46±7	49±9

4.8. AVALIAÇÃO DA DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO): 1-12 MESES

Os dados da DMO do fêmur, coluna lombar e terço distal do rádio no período de 1 ano podem ser visualizados na tabela 10.

Não foram constatadas diferenças significativas no período pré e pós-tratamento de 1 ano nas variáveis analisadas ($p \geq 0.05$), exceto para densidade mineral óssea da diáfise ($p=0.0001$) e fêmur total ($p=0.0003$), que mostraram redução significativa no grupo de exercício com mudança do T score ($p=0.001$). A DMO do fêmur total dos grupos LED e exercício pode ser observada na figura 25. No grupo exercício houve perda aproximada de 2.5 % da DMO do fêmur total, enquanto no grupo LED esta perda foi de 1.2 %.

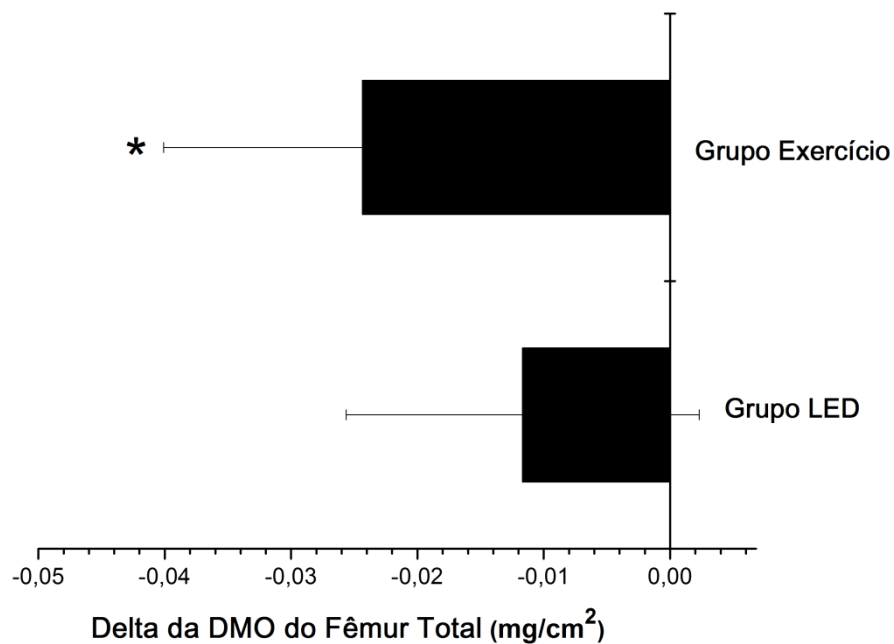


Figura 28: Delta da densidade mineral óssea do fêmur total no período pré e pós-tratamento de 12 meses.

*Diferença significativa ($p < 0.05$).

Tabela 10: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos dos valores da composição corporal no período de 12 meses.

	<u>Grupo LED</u>		<u>Grupo Exercício</u>		<u>Grupo Sedentário</u>	
	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>	<u>Pré</u>	<u>Pós</u>
Terço Distal do Rádio (g/cm²)	0.806±0.038	0.805±0.037	0.809±0.086	0.801±0.081	0.823±0.067	0.824±0.057
T-score	-0.933±0.451	-0.911±0.437	-0.955±1.071	-0.955±0.91	-0.700±0.750	0.711±0.401
Z-score	-0.311±0.407	0.188±0.416	-0.355±1.051	-0.333±0.981	-0.188±0.596	-0.111±0.053
Colo do fêmur (g/cm²)	0.915±0.088	0.917±0.097	0.912±0.109	0.896±0.112	0.902±0.114	0.893±0.106
Triângulo de Wards (g/cm²)	0.786±0.115	0.782±0.095	0.779±0.111	0.779±0.127	0.756±0.127	0.748±0.122
Trocânter (g/cm²)	0.796±0.052	0.781±0.056	0.761±0.106	0.730±0.095	0.775±0.107	0.769±0.106
Diáfise (g/cm²)	1.193±0.091	1.174±0.096	1.183±0.152	1.146±0.153**	1.146±0.168	1.162±0.169
Femur Total (g/cm²)	0.994±0.017	0.982±0.073	0.979±0.130	0.954±0.127**	0.978±0.131	0.971±0.127
T-score	-0.011±0.566	-0.255±0.543	-0.211±1.038	-0.422±1.014**	-0.222±1.044	-0.277±0.17
Z-score	0.422±0.692	0.411±0.707	0.411±1.109	0.411±1.055	0.188±0.802	0.222±0.802
Coluna Lombar L1-L4 (g/cm²)	1.074±0.078	1.042±0.067	1.094±0.100	1.068±0.100	1.013±0.165	1.014±0.149
T-score	-0.877±0.65	-1,444±0.54	-0.711±0.856	-0.911±0.83	-1.377±1.356	-1.366±1.239
Z-score	-0.211±0.797	0.388±0.800	0.077±0.969	-0.077±0.921	-855±1.100	-0.777±0.927

** Diferença significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)

5. DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo que avaliou os efeitos da iluminação-LED associada ao treinamento em esteira ergométrica em mulheres na pós-menopausa. O principal resultado deste estudo é que as mulheres na pós-menopausa ao realizarem este novo procedimento clínico aumentaram a tolerância ao exercício máximo e a força muscular periférica com redução da fadiga. Ainda, o risco de síndrome metabólica e de doenças cardiovasculares foi reduzido com melhoria do metabolismo lipídico. Também houve a prevenção do aumento da massa corpórea e da perda óssea. Estes benefícios convergiram para melhorar a qualidade de vida.

5.1. AVALIAÇÃO DA FC E Pa EM REPOUSO E TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO

O aumento do desempenho físico tem sido investigado em vários estudos que mostraram o efeito imediato da fototerapia (laser ou LED) aplicado em atletas antes do exercício físico, como o aumento do número de contrações (Leal Junior et al. 2008; Leal Junior et al. 2009d; leal Junior 2009c), bem como a redução de lactato sanguíneo (Leal Junior 2009a; Leal Junior 2009c), creatina quinase e proteína C reativa (Leal Junior 2009c) após o exercício físico. Resultados similares referentes à creatina quinase (Sussai et al. 2010; Leal Junior et al. 2010) e lactato sanguíneo (Leal Junior et al. 2010) foram encontrados em estudos com ratos. Entretanto, adaptações cardiovasculares ainda não foram investigadas.

No atual estudo, enquanto o grupo sedentário não apresentou alterações significativas nas variáveis cardiovasculares analisadas, foi observado que as mulheres do grupo LED mostraram melhores resultados comparadas aquelas que realizaram apenas o exercício físico. Foi constatado o aumento do Tlim que reflete maior tolerância ao exercício (Zoll et al. 2006), bem como o aumento dos METs que indica a realização de exercício em maior intensidade (Haskell et al. 2007; Borghi-Silva et al. 2006).

Neste contexto, é importante ressaltar que, de acordo com os dados de Lynch et al. (2002), as mulheres na pós-menopausa apresentam menor VO_{2max} comparadas as mulheres na perimenopausa e conseqüentemente apresentam maior

percentual de gordura e risco de doenças cardiovasculares. Então, o maior METs (múltiplos do VO_2 em repouso) encontrado no grupo LED comparado aos outros grupos é importante para mulheres na pós-menopausa.

Ainda, sugere-se que estudos futuros avaliem medidas diretas de $\text{VO}_{2\text{max}}$ com analisador de gases para complementar a avaliação da fototerapia associada ao exercício.

Outros benefícios observados no LED grupo foram a redução dos valores absolutos da FC no isotime e dos escores da escala de Borg comparados ao grupo exercício, que indicam menor esforço e menor cansaço físico durante a realização do exercício, como resultado do aumento da tolerância ao exercício máximo.

Resultados semelhantes referentes a redução da FC e dos escores da escala de Borg também foram encontradas em estudos com doença obstrutiva pulmonar crônica (Borghini-Silva et al. 2010; Borghini-Silva et al. 2006), bem como em mulheres na pós-menopausa (Teomana, Özcan e Acar 2004) que realizaram treinamento físico e melhoraram a qualidade de vida.

É bastante conhecido que o exercício físico promove benefícios cardiovasculares, principalmente em mulheres na pós-menopausa e vários estudos mostraram estes benefícios (Di Blasio et al. 2010; Teomana, Özcan e Acar 2004; Irwin et al. 2003; Stefanick et al. 1998). Paralelamente, a fototerapia pode melhorar a resposta ao exercício físico, pois segundo Sussai et al. (2010) o estresse metabólico induzido pelo exercício favorece a ação da fototerapia, que tende a ser melhor quando o estado redox da célula é alterado.

O tempo de recuperação só reduziu para o grupo LED e indica melhor condicionamento físico, pois a FC e a Pa retornaram mais rápido aos valores de repouso. Estudos mostram que o treinamento físico acelera o tempo de recuperação, principalmente em atletas, como resultado de adaptações fisiológicas ao exercício, como a modulação autonômica (Ostojic et al. 2010; Lamberts et al. 2010). Paralelamente, vários estudos com fototerapia aplicada antes do exercício físico mostraram acelerada recuperação após o exercício com decréscimo dos níveis de lactato sanguíneo comparado ao grupo controle que não realizou fototerapia (Leal Junior et al. 2009a e Leal Junior et al. 2009c).

No presente estudo, os parâmetros hemodinâmicos não sofreram influências dos sistemas renais e da tireóide, pois as mulheres na pós-menopausa mostraram valores normais nos resultados dos exames de uréia, creatinina e TSH.

Mudanças hemodinâmicas ocorrem durante o exercício (Merla et al. 2009) e também com a aplicação da fototerapia (Yu et al. 2006). A perfusão sanguínea subcutânea é o maior determinante da temperatura da pele que pode ser avaliada por termografia (Kohler et al. 1998; Ferreira et al. 2008). Para compreensão da resposta termogênica e da circulação sanguínea durante o exercício com e sem fototerapia, a investigação de imagens térmicas são importantes (Apêndice 1).

Portanto, as mulheres do grupo LED se exercitaram por maior tempo, em maior intensidade e com menor esforço cardiovascular e rápida recuperação, o que refletem adaptações cardiovasculares benéficas e aumento da capacidade aeróbia. Ainda, a redução da FC observada é importante para reduzir o risco de doenças cardiovasculares.

O sistema nervoso autônomo atua sobre a FC e sua variabilidade. A via eferente parassimpática tem como função reduzir a FC, enquanto a via eferente simpática aumenta a FC. Este aumento da FC reduz a sua variabilidade, declina a função cardíaca e aumenta o risco de infarto do miocárdio. Enquanto a prevalência da atuação vagal, diminui a FC e aumenta a sua variabilidade. Assim, um efeito benéfico do exercício é o balanço entre a atuação simpática e parassimpática sobre o nódulo sinusal (Hautala, Kiviniemi e Tulppo 2009; Montano et al. 2009; De Meersman e Stein 2007; Jurca et al. 2004). Sugere-se investigar os efeitos da fototerapia associada ao exercício sobre a variabilidade da FC como indicativo de desempenho físico.

No estudo de Zhao et al. 2006 foi avaliado os efeitos da fototerapia (laser de CO₂ de baixa intensidade e laser 650 nm) sobre a bradicardia induzida por pituitrina em coelhos. A fototerapia, como técnica de acupuntura-moxabustão, foi realizado para estimulação do ponto Neiguan e os resultados mostraram melhor recuperação da FC com o uso destas tecnologias ópticas, o que pode prevenir e atenuar a lesão isquêmica e de reperfusão do miocárdio. Segundo os autores, este efeito cardíaco benéfico pode ser decorrente da bioestimulação celular (principalmente no nervo mediano), bem como do aumento da temperatura tecidual (efeito térmico).

Como natural fonte de radiação infravermelha, o corpo humano libera calor por radiação próximo de 10 µm que é similar ao comprimento de onda do laser de CO₂, ou seja, 10.6 µm (Zhao et al. 2006). Futuros estudos devem ser realizados para investigar os efeitos do laser de CO₂ de baixa densidade, bem como, do laser e LED infravermelho.

Em relação ao desempenho físico, vários estudos investigam os efeitos das distintas fontes de luz laser e LEDs, bem como dos diferentes comprimentos de onda sobre a resposta terapêutica, embora na atual pesquisa estes estudos comparativos não foram realizados.

Leal Junior e colaboradores (2009b) compararam os efeitos do laser (810 nm) e LEDs (660/850 nm) sobre o desempenho físico e não constataram alterações significativas no número de contração e nos níveis de lactato sanguíneo. Entretanto, constataram a redução significativa da creatina quinase somente no grupo que realizou a aplicação de LEDs antes do exercício. Segundo os autores, este resultado positivo está relacionado com a maior área irradiada com LEDs comparado aos poucos pontos irradiados com Laser.

Estes resultados são importantes, pois eles mostram que a área irradiada é vital para melhorar as respostas fisiológicas ao exercício físico e, no atual estudo, as mulheres na pós-menopausa foram irradiadas em grande área corpórea.

LEDs são uma grande alternativa para fototerapia. Eles não são monocromáticos e nem coerentes. Em relação a monocromaticidade, a banda de absorção de cromóforos é mais estreita e portanto nenhuma energia é irrelevante (Karu 1989). Estudos que comparam a ação do laser e LEDs operando em fluência equivalente mostram que os efeitos terapêuticos produzidos são equivalentes (Lizareli, Panhoca e Bagnato 2009). Em relação a coerência, certos estudos (Whelan et al. 2001; Leal Junior et al. 2009c; Enwemeka 2006) mostram que esta propriedade de fonte de luz não é exclusivamente responsável para resposta celular ou somente mostra pouca influência sobre os resultados da fototerapia (Peplow, Chung e Baxter 2010; Eells et al. 2004).

Embora na atual pesquisa só foi utilizado a radiação infravermelha, muitos estudos tem utilizado múltiplos comprimentos de onda (Whelan et al. 2001; Leal Junior et al. 2009c) através de dispositivos que contém diferentes emissores LEDs. A idéia nestes casos é que diferentes comprimentos de onda podem agir em diferentes locais do tecido, por exemplo, a luz vermelha age na mitocôndria, enquanto o infravermelho age na membrana da mitocôndria e isto pode ser uma vantagem para bioestimulação. De acordo com Enwemeka (2009) “pacientes tratados com apropriado comprimento de luz policromático ou com comprimento de onda infravermelho combinado com vermelho oferece as seguintes vantagens: 1) capacidade para o tratamento de lesões profundas e superficiais simultaneamente e,

2) capacidade para atuar num amplo espectro de comprimento de onda na janela terapêutica para reparação tecidual e tratamento da dor; que baseado na literatura, encontra-se dentro da amplitude de 600-1000nm". Portanto, arranjos de LEDs podem ser configurados com múltiplos comprimentos de onda e ser utilizados durante o exercício físico.

A dor não foi avaliada no presente estudo, mas o alívio da dor pode ter influenciado nos resultados, pois, no decorrer do procedimento experimental, as mulheres do grupo exercício relataram dores nas pernas, nas costas e nos ombros, mas não interromperam o treinamento físico. Já as mulheres do grupo LED relataram a melhora da dor nas mesmas regiões corpóreas.

O exercício físico tem efeito sobre a regulação de mecanismos endógenos de controle da dor (sistemas opióides), com combinada ação, por exemplo, de betaendorfina, cortisol, epinefrina, norepinefrina e serotonina (Bender et al. 2007; Jacob et al. 2004). Paralelamente, a fototerapia pode induzir ao alívio da dor através da modulação da nocicepção (Chow; David e Armati 2007; Vinck et al. 2005), bem como pelo aumento da produção de serotonina (Ceylan, Hizmetle e Silig 2004), betaendorfina (Hagiwara et al. 2007) e de antioxidantes com redução de mediadores inflamatórios (Fillipin et al. 2005). Ainda, a modulação da transmissão sináptica gera efeitos de relaxamento muscular (Castano et al. 2007). Outro mecanismo que pode explicar o alívio da dor é o efeito térmico da fototerapia (Anexo 1).

Ainda, aumento da tolerância ao exercício máximo também pode ter sido influenciado pelo aumento do desempenho do quadríceps que é o principal atuador durante o exercício na esteira ergométrica.

5.2. AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA - FORÇA E FADIGA DO QUADRÍCEPS

Não houve mudança significativa no pico de torque extensor do joelho no período de 6 meses e 1 ano nos grupos LED, exercício e sedentário. No entanto, o pico de torque é um indicador da capacidade de força muscular máxima e geralmente os aumentos significativos são decorrentes dos treinamentos de força, como a musculação (Lopez et al. 2000).

Resultados similares no pico de torque extensor do joelho foram encontrados em estudo que investigou os efeitos imediatos de produtos, como meias e bandagens, que ativados antes do exercício emitem infravermelho. Neste estudo

não foi constatado diferenças significativas no pico de torque extensor do joelho durante 60°/seg e 180°/seg em dinamômetro isocinético, entretanto, constataram o aumento significativo do pico de torque flexor a 180°/seg (Kim et al. 2006). Segundo os autores, o infravermelho aumentou o desempenho do bíceps femoral durante a velocidade rápida devido aos benefícios da fototerapia (como o aumento da temperatura, do fluxo sanguíneo, da síntese de ATP e da condutividade neural), mas a ausência de resultados para velocidade lenta e para o quadríceps pode estar relacionado com o tempo reduzido de aquecimento do produto para emitir infravermelho que não foi suficiente para facilitar o desempenho devido a maior demanda muscular nestas circunstâncias.

Em outro estudo, Ferraresi e colaboradores (2010) mostraram que o treinamento de força associado à fototerapia (laser com 6 diodos, 850 nm) em jovens do sexo masculino, durante 3 meses, aumentou o desempenho do quadríceps comparado ao grupo treinado sem fototerapia e ao grupo sedentário. Foi constatado no grupo que fez fototerapia o aumento significativo de ~56% e ~5% do desempenho muscular respectivamente no teste de uma repetição máxima (1 RM) no leg-press e no pico de torque extensor do joelho em dinamômetro isocinético durante 60°/s. A hipótese citada pelos autores sugere que a fototerapia induz: (i) a formação de mitocôndria gigante, (ii) integração entre a via aeróbia e anaeróbia para produção de ATP com maior re-síntese de fosfocreatina e (iii) remoção e oxidação de ácido láctico pela via aeróbia.

As mulheres na pós-menopausa não mostraram aumento do pico de torque em velocidade angular lenta (60°/seg) e nem realizaram treinamento de força, mas mostraram aumento da potência e trabalho muscular com redução da fadiga no teste isocinético em velocidade angular rápida (300°/seg).

O aumento da potência muscular no grupo LED indica a maior capacidade funcional para gerar força rapidamente ao longo do tempo durante tarefas motoras que requerem ações musculares consecutivas (em particular contrações musculares concêntricas, como subir escadas, caminhar e correr) com reduzida fadiga comparada aos grupos exercício e sedentário. Neste contexto, o presente estudo é muito importante, pois, com o processo de envelhecimento ocorre atrofia das fibras musculares tipo I e II, com maior extensão para as fibras tipo II, pois os movimentos se tornam mais lentos devido ao menor recrutamento de unidades motoras rápidas e atrofia das fibras glicolíticas, que contribuem para perda destes motoneurônios e na

degeneração muscular com perda de massa, força e potencia muscular, bem como, no aumento da fadiga (Adomo e Farrar 2006; Macaluso e De Vito 2004).

Os efeitos da fototerapia sobre o sistema neuromuscular pode gerar re-inervação (Snyder et al. 2002) com acelerada recuperação funcional neural (Barbosa et al. 2010) e regeneração muscular (Shefer et al. 2002). Ainda, o treinamento de alta intensidade utiliza o metabolismo aeróbio e anaeróbio (Rose et al. 2009) com recrutamento de fibras musculares oxidativas (lentas ou tipo I) e glicolíticas (rápidas ou tipo II).

Além da maior potência muscular constatada na atual pesquisa, as mulheres na pós-menopausa do grupo que treinou com infravermelho mostraram aumento significativo do trabalho muscular e redução do índice de fadiga comparado aos grupos exercício e sedentário. Estes dados foram evidentes no período de 6 meses e 1 ano, embora não foram constatadas diferenças significativas no período entre 6 meses e 1 ano, indicando que houve manutenção da função muscular neste período.

Trabalho indica a capacidade de gerar força muscular em uma determinada amplitude de movimento e o conceito de fadiga é multidimensional (Allard, Stokes e Bianchi 1995; Latash 1993; Winter, 1990).

O termo fadiga pode ser confundido com fraqueza, intolerância ao exercício, falta de concentração, falência de energia, exaustão e pode gerar problemas sociais e de bem-estar, esta é a dimensão psicológica da percepção da fadiga. Na concepção fisiológica, a fadiga muscular é definida como o declínio da capacidade de gerar força muscular voluntária máxima induzida pelo exercício com mudanças metabólicas, iônicas e elétricas, e sua origem pode ser: (i) central, no qual o sistema nervoso central reduz o input para o motoneurônio, que resulta na ativação voluntária insuficiente para obter a força máxima e; (ii) periférica, referente a força contráctil limitada pela excitabilidade da membrana devido à mudanças no tecido muscular, como o acúmulo de lactato, potássio extracelular, redução do pH, entre outros (Gandevia 2001; Vollestad 1997; Zwarts, Bleijenberg e Engelen 2008).

A redução da fadiga com maior número de contrações observada no grupo LED pode estar relacionada com o maior aumento da potência e trabalho comparado aos grupos exercício e sedentário. Ainda, o aumento da temperatura cutânea (Apêndice 1) ocorre devido o reflexo vasodilatador e resulta em aumento da microcirculação que favorece a chegada de nutrientes (por exemplo, o oxigênio)

para os músculos ativos (principalmente o quadríceps) que associado com a ativação da bomba muscular esquelética, aumenta o retorno venoso e favorece o transporte dos substratos metabólicos (Paolillo, Paolillo e Cliquet 2005) que podem ter gerado maior remoção e oxidação de ácido láctico pela via aeróbia (Ferraresi et al. 2010; Leal Junior 2009b; Leal Junior 2009c). A redução da fadiga também pode ser observada em diversos estudos mostrados abaixo.

Resultados obtidos por Baroni et al. (2010a) mostraram que a Ledterapia (660/850 nm) promoveu efeitos imediatos no desempenho do quadríceps de jovens do sexo masculino comparado ao grupo controle que não recebeu fototerapia. Foi constatado menor decréscimo do torque isocinético avaliado durante as contrações voluntárias máximas (CVMs) no pré e pós-teste de fadiga isocinética em 180°/seg. A hipótese citada pelos autores sugere que a fototerapia melhora a microcirculação periférica que propicia melhores condições para realização de exercício utilizando a via aeróbia com aumento da síntese de ATP e redução do acúmulo de lactato sanguíneo.

Em outro estudo, Baroni et al. (2010b) investigou os efeitos da Laserterapia (810 nm) sobre o desempenho do músculo quadríceps através de marcadores bioquímicos de lesão muscular (lactato desidrogenase e creatina quinase) e CVMs antes do exercício, imediatamente depois, bem como, 24 e 48 horas após o exercício em teste de fadiga isocinética em 180°/seg. Os autores constataram a redução dos marcadores de lesão muscular, menor decréscimo do torque isocinético e aumento da resistência à fadiga. A hipótese citada pelos autores sugere que a fototerapia promove efeito anti-inflamatório, com redução de espécie reativa de oxigênio e aumento da capacidade antioxidante, além de melhorar a função mitocondrial e aumentar a síntese de ATP.

Em estudos com ratos, os efeitos da fototerapia com Lâmpada PHILIPS® 780-1400nm (Abou-Hala et al. 2007) e Laser Ga-Al-As 655 nm (Lopes-Martins et al. 2006) sobre a fadiga induzida por estimulação elétrica neuromuscular mostraram o aumento da resistência à fadiga associado ao maior pico de força e trabalho muscular.

Por outro lado, no estudo de Gorgey, Wadee e Sobhi (2008), a fototerapia (laser 808 nm) foi aplicada antes da fadiga induzida por estimulação elétrica neuromuscular em jovens e não foram constatadas diferenças significativas no pico de torque durante as CVMs com e sem fototerapia. Entretanto, a grande limitação

deste estudo foi a realização do experimento com um reduzido número de sujeitos (n=5).

No atual estudo as mulheres dos grupos LED e exercício se exercitaram em alta intensidade de treinamento e segundo Sussai et al. (2009), o exercício de alta intensidade gera lesões musculares, dor tardia após o exercício, fadiga, processo inflamatório e apoptose celular. Neste contexto, a fototerapia tem efeito de proteção durante a realização do treinamento físico.

Liu et al. (2009) aplicou fototerapia (laser 632.8 nm) em ratos após a indução de lesão muscular através do exercício excêntrico em esteira ergométrica. Os autores constataram pouca infiltração de células inflamatórias e menos fibras necróticas associada à redução dos níveis de creatina quinase, aumento da atividade do superóxido dismutase e redução do malondialdeído comparado ao grupo sem fototerapia. Este aumento da atividade antioxidante e a redução da reação inflamatória são importantes para aumentar a função muscular.

Em estudo prévio (Paolillo et al. 2011) para elaboração do atual protocolo foi constatado maior função do quadríceps com aumento da potência e prevenção da fadiga com a iluminação-LED durante 30 minutos de alta intensidade de treinamento em esteira ergométrica e dose de 55.8 J/cm². Entretanto, no atual estudo foram obtidos melhores resultados, pois o tempo de treinamento foi de 45 minutos e a dose utilizada foi de 108 J/cm². Portanto, sugere-se que a potência do emissor seja aproximadamente 100 mW, como a utilizada neste estudo, pois gera efeitos terapêuticos e não causa queimaduras.

Além dos efeitos da fototerapia sobre o desempenho do quadríceps também foram constatados efeitos positivos na função do quadríceps no grupo sedentário.

Durante o período de avaliações, as mulheres do grupo sedentário mostraram aumento significativo nos resultados absolutos de potência e trabalho muscular com redução da fadiga, mas quando estes dados foram normalizados pela massa corpórea não houve diferenças significativas. Isto indica que a massa corpórea influenciou nos resultados obtidos pelas mulheres sedentárias.

Este efeito positivo na função do quadríceps das mulheres sedentárias pode estar relacionado com o aumento significativo do IMC, pois é necessário transpor a sobrecarga corpórea durante atividades de vida diária e de lazer, resultando possivelmente em efeito de sobrecarga corpórea (Douchi et al. 2003; Borer et al. 2007). O excesso de massa corpórea transposto cronicamente é semelhante ao

exercício de impacto e favorece o desempenho muscular (Wang et al. 2006; Borer et al. 2007). Ainda, é importante ressaltar que estas mulheres do grupo sedentário não mostraram diferenças significativas nos valores de VO_{2max} ao longo do tempo e portanto apresentaram nível similar de atividade física durante o período de avaliações.

5.3. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E COMPOSIÇÃO CORPORAL

Os resultados da avaliação isocinética não foram influenciados por perda de massa muscular, que pode ser estimada pela análise da excreção de creatinina, porque todos os grupos mostraram valores normais de creatinina e os resultados da composição corporal mostraram manutenção da massa magra e da porcentagem de gordura.

Com o processo de envelhecimento ocorre redução da capacidade aeróbia e perda de massa muscular que reduzem a energia expendida e conduzem ao aumento de massa gorda, com acúmulo de gordura nas regiões abdominal, visceral e muscular, incluindo órgãos como o fígado, coração e músculos esqueléticos, que resulta em conseqüente aumento da secreção de citocinas (Zamboni et al. 2008). Entretanto, as mulheres dos grupos LED e exercício apresentaram manutenção do percentual de gordura, IMC, perímetro de cintura e relação C/Q no período de 6 meses e 1 ano. Estes dados são importantes para prevenção de doenças cardiovasculares.

Em relação a manutenção da porcentagem de gordura, alta intensidade de treinamento aeróbio pode aumentar a sensação de fome, como mecanismo compensatório para o aumento da taxa metabólica e se há aumento do consumo calórico pode resultar em manutenção ou até aumento da porcentagem de gordura (Fenkci et al. 2006), exceto quando é imposta a dieta hipocalórica (Fujibayashi et al. 2009).

No estudo de Riesco et al. (2008) foi constatado que mulheres na pós-menopausa ao realizarem programas de exercício aeróbio e restrição calórica reduziram a massa corpórea, mas estas mulheres reduziram não só o percentual de gordura, como também perderam massa magra.

Neste contexto, estudos com animais e dietas controladas são fundamentais para investigar os efeitos da fototerapia sobre o metabolismo adiposo e o perfil

lipídico, glicêmico e insulínico. Também, sugere-se que em estudos com seres humanos seja realizado o DEXA de corpo inteiro, para avaliação da composição corporal (Segal et al. 2008), por ser uma técnica mais precisa comparada a bioimpedância (Fujibayashi et al. 2009) e dobras cutâneas (Moreno et al. 2006). Entretanto, o DEXA pode ter algumas limitações em indivíduos obesos e também por não apresentar sensibilidade para discriminar a massa muscular da massa magra não contráctil (Segal et al. 2009).

Embora, o treinamento com LED não tenha gerado mudanças na composição corporal, foi constatado a melhora da estética corpórea com tratamento da celulite (Apêndice 2). Ainda, a avaliação nutricional (Apêndice 3) indica que as mulheres do grupo LED mostraram consumo de gordura acima do recomendado e, mesmo assim, mantiveram a porcentagem de gordura, enquanto o grupo exercício mostrou quantidade recomendada do consumo de gordura e o grupo sedentário, consumo reduzido.

Em relação ao grupo sedentário, houve aumento significativo do IMC no período de 6 meses, mas no período de 1 ano não foi constatado diferenças significativas.

Embora não foram constatadas diferenças significativas no consumo calórico para todos os grupos, a composição da dieta e porcentagem de consumo dos macronutrientes (proteínas, carboidratos e gorduras) podem influenciar nos resultados da composição corporal e exames sanguíneos (Apêndice 3).

5.4. EXAMES BIOQUÍMICOS

Foi constatado na atual pesquisa que a maioria das mulheres melhorou o perfil lipídico, com redução significativa do colesterol total e do LDL, entretanto, o índice de Castelli I mostrou redução significativa apenas para os grupos LED e exercício. Estes resultados indicam a redução do risco de doenças cardiovasculares. Entretanto, o grupo sedentário mostrou níveis do índice de Castelli I e II próximos do limite superior o que indica maior risco de doenças cardiovasculares, principalmente quando associado com a hiperglicemia e aumento significativo da insulina e resistência à insulina.

Mulheres na pós-menopausa podem ter maior risco de doenças cardiovasculares, devido à mobilização de gordura dos adipócitos, principalmente da região central corpórea (Gorodeski 2002), bem como, por apresentar alterações na utilização de glicose e conduzir à resistência à insulina (Llaneza et al. 2008).

O estudo de Ebrahimpour et al. (2010) mostra o aumento da prevalência de síndrome metabólica de acordo com o status menopausal, ou seja, o maior acúmulo de gordura abdominal (andróide), a hipertensão e a dislipidemia tem maior incidência nas mulheres em pós-menopausa comparada aquelas que apresentam ciclo menstrual irregular (perimenopausa) e regular.

Em estudo populacional foi investigado os efeitos do status menopausal sobre o perfil lipídico de 9309 mulheres italianas que não realizaram reposição hormonal. Os resultados mostraram maiores níveis de colesterol total, LDL e triglicérides durante a pós-menopausa comparado a perimenopausa, embora não foi constatado diferenças no HDL (Aloysio et al. 1999). No entanto, é importante ressaltar que este estudo não considerou o nível de atividade física destas mulheres.

Portanto, elevados níveis de triglicérides, colesterol total e LDL, bem como baixos níveis de HDL conduzem ao maior risco de doença arterial coronariana que pode resultar em morbidade e mortalidade, principalmente nas mulheres a partir da meia idade. Várias estratégias são desenvolvidas para diminuir estes fatores de risco, por exemplo, uso de medicamentos (Koh et al. 2010), programas de dieta (Nicklas et al. 1997) e exercício físico (Hagner et al. 2009), que podem ser associados ou não.

Na atual pesquisa as mulheres na pós-menopausa não apresentaram modificações na massa corpórea e na porcentagem de gordura, a redução significativa do colesterol total e LDL nos grupos LED e exercício devem ser decorrentes do aumento do desempenho físico observado e pela ação da fototerapia, pois no grupo LED o consumo de gordura na dieta aumentou e foi caracterizado acima da quantidade recomendada (Apêndice 3). A ação da fototerapia sobre o perfil lipídico é evidente, pois o HDL é uma variável que se modifica com o treinamento físico, fato que não ocorreu neste estudo, entretanto outras variáveis, como o colesterol total e LDL mostraram redução significativa, principalmente no grupo LED.

No estudo de Heeren et al. (2009) foi investigado o efeito do exercício sobre a variabilidade da FC e o perfil lipídico em ratas ovariectomizadas. Seus resultados

mostraram que o exercício gerou a modulação entre o sistema simpático e parassimpático com redução do colesterol total e aumento do HDL, embora não foi constatado diferenças significativas nos níveis de LDL e VLDL. Segundo os autores os benefícios cardiovasculares propiciados pelo exercício são decorrentes da redução do estresse oxidativo.

O exercício físico gera modulação das EROs com consequente sinalização celular, regulação gênica e efeito antioxidante (Ji 2008; Gomez-Cabrera, Domenech e Viña 2008; Gomez-Cabrera et al. 2006). Paralelamente, a fototerapia também modula a EROs (Zhang, Xing e Gao 2008), o que pode potencializar os efeitos benéficos do exercício físico.

Provavelmente, o aumento da capacidade cardiovascular, muscular e metabólica nas mulheres dos grupos LED e exercício também podem estar relacionados com a liberação de óxido nítrico (ON) estimulada pelo efeito do exercício (Huzim 2002) e da fototerapia (Karu, Piatybrat e Afanasyeva 2004).

O radical livre óxido nítrico participa de vários eventos fisiológicos e patofisiológicos, é uma importante substância vasodilatadora que atua, por exemplo, no aumento do fluxo sanguíneo, produção de energia e biogênese mitocondrial. Vários estudos são realizados para investigar a relação da luz vermelha e infravermelha com o ON na função regulatória do metabolismo celular (Karu, Piatybrat e Afanasyeva 2004; Karu, Piatybrat e Afanasyeva 2005).

Imamura e colaboradores (2001) ressaltaram o importante papel do ON na prevenção da aterosclerose e constataram a redução significativa da Pa, glicose plasmática e o aumento da função endotelial de pacientes com risco de doenças coronarianas que realizaram sauna seca com infravermelho durante 15 minutos diários no período de duas semanas.

O grupo sedentário também mostrou redução do colesterol total e LDL que pode estar relacionado com a dieta de baixa ingestão de gordura satura (Apêndice 3). Resultados similares foram encontrados por Nicklas et al. (1997). Em seu estudo as mulheres na pós-menopausa, que realizaram a dieta de baixa ingestão de gordura, reduziram o colesterol total e LDL. Entretanto, também houve a redução do HDL nestas mulheres, diferentemente dos resultados obtidos nos grupos LED, exercício e sedentário que não mostraram redução do HDL.

Embora as mulheres na pós-menopausa da atual pesquisa não mostraram aumento nos níveis do HDL, seus valores estão satisfatórios (>40 mg/dL) e este

parâmetro é importante, pois sua função é antioxidante, anti-inflamatória, anticoagulante e protege os vasos sanguíneos (Singh, Shishehbor e Ansell 2007).

O aumento significativo da insulina no grupo sedentário ocorreu provavelmente para conter o aumento da glicemia (mecanismo compensatório), principalmente porque houve aumento significativo do HOMA 2 B e aumento do HOMA 2 IR, o que indica disfunção das células β pancreáticas e maior resistência à insulina com aumento do risco do desenvolvimento de diabetes mellitus tipo 2. Então, os grupos que realizaram exercício com e sem LED mostraram menor risco do desenvolvimento de diabetes mellitus tipo 2.

Também, não foi constatado diferenças significativas na ingestão de carboidrato em todos os grupos, entretanto, o consumo elevado de carboidrato pode ter sido omitido pelas mulheres da atual pesquisa durante a avaliação (Apêndice 3), o que pode explicar o aumento do IMC no grupo sedentário e o motivo pelo qual não houve melhora da sensibilidade à insulina (HOMA 2 S) para nenhum grupo, nem para as mulheres que realizaram treinamento físico.

Outro motivo que pode ter resultado em ausência de resposta para sensibilidade à insulina é a frequência e o volume de treinamento, bem como da consequente dose da fototerapia, que podem não ter sido suficientes para aumentar a sensibilidade à insulina em mulheres na pós-menopausa. É importante ressaltar que estas mulheres apresentam maior risco do desenvolvimento de resistência à insulina e síndrome metabólica devido ao processo de envelhecimento e declínio hormonal (Llaneza et al. 2009; Romaguera et al. 2010).

A melhora no metabolismo lipídico para todos os grupos, inclusive o sedentário, pode estar relacionado com o estímulo ao autocuidado, principalmente aos hábitos alimentares, pois neste projeto todos os dados dos exames foram fornecidos e também foram realizadas as recomendações de nutrição saudável para todas as mulheres participantes da pesquisa. Outro fator que pode ter influenciado nos resultados desta pesquisa é a qualidade de vida.

5.5. QUALIDADE DE VIDA

Os domínios do QSM (depressão, somático, memória, vasomotor, ansiedade, sexual, sono e atratividade) não mostraram diferenças significativas para os grupos

LED, exercício e sedentário, provavelmente pelo fato de que os sintomas da menopausa são dificuldades em comum encontradas pelas mulheres neste período. Ainda, os sintomas são mais intensos no início da menopausa (Chedraui et al. 2010) e as mulheres desta pesquisa estavam na fase tardia e possivelmente por este motivo não houve diferenças significativas na pontuação dos domínios do RMS (somático, psicológico e urogenital) para todos os grupos. De acordo com De Lorenzi et al. (2009), pontuações de 0-10, como as observadas nas mulheres do atual estudo, refletem sintomas ausentes, ocasionais, leves e moderados.

Diferentemente do atual estudo, Karacan (2010) constatou que de 3 a 6 meses de prática regular de exercício houve o aumento do desempenho físico e redução dos sintomas da menopausa avaliado por RMS.

Entretanto, a menopausa ocorre num momento em que vários aspectos negativos convergem na vida da mulher e causam dificuldades físicas e psicológicas. A frequência e severidade dos sintomas ocorrem no início da menopausa, entretanto, a saúde e a qualidade de vida destas mulheres dependem de vários fatores, tais como o declínio hormonal, nível sócio-econômico-cultural e educacional, status marital e aspectos familiares, bem como fatores de comorbidade. Assim, serviços de saúde, programas sociais e educacionais devem ser estimulados (Chedraui et al. 2010) para aumentar a qualidade de vida destas mulheres.

Então, é importante ressaltar que na atual pesquisa houve o aumento do escore total do QSM no período pré e pós-tratamento apenas para o grupo LED. De acordo com Dias et al. (2002) quanto maior a pontuação obtida melhor a qualidade de vida.

Asbury, Chandruangphen e Collins 2006 também constataram o aumento da qualidade de vida com o uso do SF-36 em mulheres na pós-menopausa que realizaram treinamento em esteira ergométrica com intensidade referente a 50% da FC_{max} durante 6 semanas. Outros resultados obtidos foram o bem estar psicológico com redução da ansiedade e depressão avaliada através de protocolos específicos.

Paralelamente aos benefícios psicológicos do exercício físico, a fototerapia aplicada durante 60 minutos diários por 4 semanas resultou em efeito antidepressivo avaliado em modelo experimental (Tsai, Hsiao e Wang 2007). Neste estudo a depressão foi avaliada através do tempo de imobilização de ratos durante a natação forçada, por caracterizar um comportamento de desespero e sobrevivência. Os

autores deste estudo sugerem que o efeito antidepressivo do infravermelho é similar ao encontrado com o sol do verão.

Outro fator que pode ter ocorrido no grupo LED, mas não nos grupos exercício e sedentário, é o aumento da autoestima, pois as mulheres estavam realizando um novo procedimento clínico para melhorar não só o estado de saúde geral, mas também a estética corpórea (Apêndice 2).

Assim, a realização de atividade física e o uso de tecnologias podem melhorar a capacidade funcional e a qualidade de vida das mulheres de meia idade que apresentam perda de massa óssea desde o início da menopausa.

5.6. DENSIDADE MINERAL ÓSSEA (DMO)

Para todos os grupos houve prevenção da perda de massa óssea do terço distal do rádio e da coluna lombar. Entretanto, observou-se a perda significativa de massa óssea no fêmur apenas no grupo exercício, enquanto no grupo LED foi constatado que houve atenuação de 50% da perda óssea comparado ao grupo exercício.

No estudo de Borer et al. (2007) foi constatado o aumento da massa óssea nas pernas e pelve das mulheres na pós-menopausa que realizaram treinamento na esteira ergométrica em alta intensidade no período de 6 meses. Entretanto, neste estudo a massa óssea foi mensurada por DEXA de corpo inteiro. É importante ressaltar que o DEXA realizado nos diferentes segmentos corpóreos tem mais especificidade e que o processo de osteogênese é lento e estudos devem ser realizados em no mínimo 1 ano. Entretanto, estudos longitudinais realizados acima de 2 anos são mais indicados para avaliação da massa óssea (Kemmler et al 2004).

Vainionpää et al. 2007 avaliou a DMO em mulheres durante o período de 1 ano e constatou que a mudança na geometria óssea está relacionada com o aumento da intensidade de impacto, então para que haja estímulo osteogênico é necessário que não haja adaptação à carga mecânica e estratégias de treinamento físico devem ser elaboradas para os exercícios de impacto.

No atual estudo, as mulheres do grupo exercício treinaram em menor intensidade de exercício comparado ao grupo LED, embora a FC tenha sido similar. Portanto, o impacto, bem como o ganho de potência muscular foi maior para o grupo LED e provavelmente, este fator atenuou a perda de massa óssea no fêmur.

Entretanto, nos últimos 6 meses de treinamento a intensidade de exercício poderia ter sido reelaborada a partir do resultado da FC_{max} obtida na avaliação do teste de esforço realizado no 6º mês. Entretanto, as mulheres tiveram receio de lesar os joelhos e a elaboração da intensidade pela FC_{max} continuou a ser referente à avaliação inicial. Este fator pode ter gerado adaptação da carga mecânica.

A carga mecânica gerada pela força de reação do solo, sobrecarga corpórea e contrações musculares, bem como, os agentes físicos, como os estímulos elétricos, mecânicos e eletromagnéticos possibilitam o efeito piezoelétrico, isto é, a carga mecânica transformada em sinal elétrico (Carvalho et al. 2002). Assim, nos locais de pressão há sinais negativos e estimulação osteogênica, enquanto nas outras regiões os sinais são positivos. Nos locais de carga mecânica (por exemplo, deformação e tração) há deslocamento do fluxo de fluido intersticial que promove força de cisalhamento sobre a membrana celular de osteócitos (osteoblastos maduros), o qual resulta em aumento de nutrientes e de transporte metabólico dentro dos canaliculos dos ossos. Ainda, os osteócitos enviam sinais bioquímicos, como as prostaglandinas, fatores de crescimento e citocinas, para células osteoprogenitoras e osteoblastos, que resultam em aumento da quantidade da matrix óssea. Então, o remodelamento ósseo ocorre pela atividade de osteoclasto (que reabsorve osso) e osteoblasto (que forma osso), caracterizado pela fase de ativação, absorção e formação óssea (Carvalho, Carvalho e Cliquet Jr. 2001).

Resultados similares ao atual estudo foram encontrados por Kemmler et al. (2004). Neste estudo longitudinal de 2 anos, mulheres na pós-menopausa realizaram um programa de exercício físico durante 4 vezes por semana e cada sessão teve a duração de 60-70 minutos. Este programa incluiu exercícios de salto, força e flexibilidade, bem como o treino aeróbio, que resultaram na redução da perda de massa óssea, embora no aumento do desempenho físico e melhora no perfil lipídico (Kemmler et al 2004).

A manutenção ou atenuação da perda de massa óssea é importante, pois o declínio de estrógeno em mulheres na menopausa pode gerar perda óssea de aproximadamente 2% ao ano (Guthrie et al. 2004).

O treinamento das mulheres dos grupos LED e exercício foram duas vezes por semana durante 45 minutos. A frequência, intensidade, duração e volume de treinamento não foram suficientes para prevenir a perda significativa de massa

óssea somente no grupo exercício, enquanto o grupo LED mostrou menor perda óssea, provavelmente, devido aos efeitos da fototerapia sobre a massa óssea.

Pretel, Lizarelli e Ramalho 2007 constataram que a fototerapia (Laser Ga Al As 780 nm), aplicada no defeito ósseo da mandíbula de ratos, acelerou o processo de reparação do tecido ósseo. A hipótese citada pelos autores é que a fototerapia aumenta a produção de ATP e a atividade mitótica celular que otimiza o processo de reparação óssea por acelerar a capacidade de cicatrização do tecido conectivo além de propiciar a formação de novos vasos a partir dos pré-existentes.

Outro estudo realizado com fototerapia investigou os efeitos de diferentes comprimentos de onda [vermelho (laser 660) e infravermelho (laser 780 nm)] sobre a massa óssea e foi constatado que somente o infravermelho mostrou efeitos de bioestimulação óssea para acelerar o processo de reparação do defeito ósseo no fêmur de ratos (Queiroga et al. 2008). Segundo, os autores este benefício ocorreu, pois o infravermelho tem maior penetrabilidade comparado à luz vermelha.

Em relação à penetrabilidade, diferenças entre os estudos com animais e humanos devem ocorrer, pois o volume tecidual é maior nos humanos, devido ao maior percentual de gordura e massa muscular, o que pode diminuir a propagação do infravermelho até o osso. Entretanto, paralelamente ao efeito do treinamento de impacto, no atual estudo, o aumento do desempenho do quadríceps no grupo LED pode ter prevenido a perda significativa de massa óssea, bem como, o infravermelho pode ter efeitos sobre a síntese de vitamina D e conseqüentemente, na fixação de cálcio e aumento da mineralização óssea.

A vitamina D é sintetizada pela pele quando exposta à luz solar ou ultravioleta (UV) e também pela dieta (Lee et al. 2009). A radiação ultravioleta transforma o 7-deidrocolesterol (precursor do colesterol) presente na pele em vitamina D₃. Esta pro-vitamina D é produzida dentro da membrana celular, enquanto a pré-vitamina D₃ é isomerizada, ou seja, transformada pelo rearranjo de átomos e moléculas na presença de calor (infravermelho) por ter características termodinâmicas instáveis. A vitamina D é liberada das membranas celulares da pele, através da difusão para rede capilar da derme e transportada pelo plasma através da proteína de ligação da vitamina D até o fígado, aonde a transforma em calcidiol (25 hidroxí vitamina D₃) e conseqüentemente no hormônio calcitriol (1,25 dihidroxí vitamina D₃, forma ativa da vitamina D). Os mecanismos de controle, através de feedback negativo, também envolvem o sistema renal, a hormona paratiroideia, bem como os íons cálcio e

fósforo (Lehmann, Querings e Reichrath 2004; Holick 1995; Diffey 1991). A vitamina D é importante não só para o metabolismo ósseo, mas para vários sistemas, como o imune e cardiovascular, principalmente pela ação anti-inflamatória (Holick 2003).

Durante o processo de envelhecimento há diminuição da síntese de vitamina D pela reduzida função renal e hepática que resulta em maior excreção de cálcio. Assim, a mulher na pós-menopausa mostra desequilíbrio no metabolismo de cálcio que contribui para maior perda óssea (Bruyere e Reginster 2008; Lanham-New 2008; Bloomfield 1997; Dec, Sparrow e McKeag 2000). No atual estudo, a suplementação de cálcio e vitamina D não foi prescrita, o que pode ter diminuído os efeitos terapêuticos sobre a massa óssea.

Sugere-se que futuros estudos com maior frequência, intensidade, duração e volume de treinamento associados à suplementação de cálcio e vitamina D, com duração mínima de 2 anos de tratamento sejam realizados simultaneamente com a fototerapia. Desta maneira, a dose de infravermelho também será maior.

Ainda, a aplicação da fototerapia (laser ou LEDs) pode ser sequencial ou aleatória, de maneira pontual ou em varredura e com contato direto ou indireto (à distância). O tratamento com aplicação aleatória pode gerar maior erro no cálculo de dose comparado ao tratamento sequencial. A grande vantagem para o modo de contato é a perda mínima de energia. Entretanto, no modo indireto ocorre reflexão e refração da luz que resultam em maior perda de energia. Ainda, o modo indireto geralmente é realizado em varredura (Enwemeka 2009). No atual estudo, mesmo utilizando o modo indireto, a vantagem dos arranjos de LEDs é a irradiação de grande área corpórea por tempo prolongado.

Em estudo experimental, Renno e colaboradores (2006) constataram que a fototerapia (laser Ga Al As, 830 nm), aplicada apenas em único ponto no fêmur de ratas osteopênicas, imediatamente depois do exercício resistido na água não promoveu efeitos adicionais ao encontrado no grupo que só realizou treinamento físico. Segundo os autores, o possível motivo pela ausência de efeitos adicionais foi que as ratas foram irradiadas em apenas um ponto. Então, sugere-se que seja feita a Ledterapia para que grande área seja irradiada para potencializar os efeitos terapêuticos sobre a massa óssea.

Também, foi constatado que as mulheres na pós-menopausa do grupo sedentário não mostraram perda significativa da massa óssea, principalmente na região do fêmur. Neste grupo sedentário é observado um maior número de mulheres

que apresentam IMC maior que 30 Kg/m^2 (obesidade), ainda no período de seis meses houve o aumento significativo do IMC, este fator pode ter influenciado no resultado da densidade mineral óssea do fêmur.

A prevenção da perda de massa óssea no grupo sedentário pode estar relacionada com a gordura que é precursora hormonal, bem como com o efeito de sobrecarga corpórea.

Na massa gorda, os andrógenos são convertidos em estrógenos, uma fonte hormonal importante no período de menopausa (Li et al. 2004; Douchi et al. 2003); (Rossi e Vergnanini 2000), bem como, os estrógenos estimulam a lipogênese (Rossi e Vergnanini 2000). A gordura é precursora de estrógenos e a leptina produzida principalmente na célula adiposa induz a diferenciação das células da medula óssea e favorece a formação óssea (Li et al. 2004; Douchi et al. 2003; Rossi e Vergnanini 2000).

Ainda, neste contexto, momentos articulares produzidos pelas contrações musculares e descarga corpórea podem favorecer o desempenho muscular e aumentar a massa óssea (Borer et al. 2007) devido ao efeito de sobrecarga corpórea, bem como ao aumento dos valores absolutos de potência e trabalho muscular na atual pesquisa.

Estes resultados são importantes não só para o processo de envelhecimento, mas para os astronautas e portadores de lesão neurológica que desenvolvem sarcopenia e osteopose por desuso ou decorrente da ausência de carga gravitacional (Edgerton et al. 2000).

Então, a tecnologia óptica (LEDs e laser) pode ser associada aos treinamentos de força e marcha, bem como, a outros agentes físicos, por exemplo, a estimulação elétrica neuromuscular (Paolillo, Paolillo e Cliquet 2004; Paolillo, Paolillo e Cliquet 2005), dispositivo robótico (Paolillo, Paolillo e Cliquet, 2006), sistema de suspensão corpórea (Cliquet et al. 2009), plataforma vibratória (Roelants, Delecluse e Verschueren 2004), ultra-som (Alves et al. 1996) e biomateriais (Pecheva et al. 2008) que são fundamentais para o aumento da função muscular e/ou da massa óssea.

6. CONCLUSÃO

Portanto, a iluminação-LED associada ao treinamento em esteira ergométrica nas mulheres durante a pós-menopausa avaliadas no atual estudo resultou em:

- Aumento da tolerância ao exercício máximo devido ao maior Tlim que indica a realização de maior tempo de exercício, maior METs que indica a realização de exercício em maior intensidade e menor FC no *isotime* que indica menor esforço cardiovascular, além da rápida recuperação pós-exercício.
- Aumento da força muscular periférica devido à maior potência e trabalho do músculo quadríceps com redução da fadiga.
- Redução do risco de doenças cardiovasculares, com prevenção do aumento de massa corpórea e melhora do perfil lipídico, glicêmico e insulínico.
- Aumento da qualidade de vida.
- Atenuação da perda de massa óssea no fêmur.
- A termografia (Apêndice 1) pode explicar um dos possíveis mecanismos para propiciar estes efeitos terapêuticos observados, bem como a melhora na estética corpórea com tratamento da celulite (Apêndice 2).

A partir destes resultados sugere-se que a potência do emissor seja aproximadamente 100 mW como utilizada na atual pesquisa. Neste contexto, este novo procedimento clínico pode ser potencialmente utilizado nos protocolos de esporte, reabilitação e estética.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abou-Hala, A.Z., Barbosa, D.G., Marcos, R.L., Pacheco-Soares, C., Silva, N.A. (2007). Effects of the Infrared Lamp Illumination During the Process of Muscle Fatigue in Rats. *Brazilian Archives of Biology And Technology*. 50(3), 403-407.
- Adamo, M.L., Farrar, R.P. (2006). Resistance Training, and IGF Involvement in the Maintenance of Muscle Mass during the Aging Process. *Ageing Research Reviews*. 5, 310-331.
- Ahmed, M.S., Matsumura, B., Cristian, A. (2005). Age-Related Changes in Muscles and Joints. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 16, 19-39.
- Aldricha, N.D., Reicksa, M.M., Sibleyb, S.D., Redmonb, J.B., Thomasc, W., Raatza, S.K. (2011). Varying Protein Source and Quantity do Not Significantly Improve Weight Loss, Fat Loss, or Satiety in Reduced Energy Diets Among Midlife Adults. *Nutrition Research*. 31, 104-112.
- Allard, P., Stokes, I.A.F., Bianchi, J.P. *Three-Dimensional Analysis of Human Movement*. USA, Human Kinetics, 1995.
- Aloysio, D., Gambacciani, M., Meschia, M., et al. (1999). The Effect of Menopause on Blood Lipid and Lipoprotein Levels. *Atherosclerosis* 147, 147-153.
- Alster, T.S., Therani, M. (2006). Treatment of Cellulite with Optical Devices: An Overview with Practical Considerations. *Lasers in Surgery and Medicine*. 38, 727-730.
- Alves, J.M., Xu, W., Lin, D., Siffert, R.S., Ryaby, J.T., Kaufman, J.J. (1996). Ultrasonic Assessment of Human and Bovine Trabecular Bone: A Comparison Study. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 43(3), 249-258.
- Aoi, W., Naito, Y., Takanami, Y., et al. (2004). Oxidative Stress and Delayed-Onset Muscle Damage after Exercise. *Free Radical Biology & Medicine*. 37, 480-487.
- Asbury, E.A., Chandruangphen, P., Collins, P. (2006). The Importance of Continued Exercise Participation in Quality of Life and Psychological Well-Being in Previously Inactive Postmenopausal Women: A Pilot Study. *Menopause: The Journal of The North American Menopause Society*. 13(4), 561-567.
- Assis, A.K.T. *Óptica - Issac Newton*. Ed. Edusp (Ed. da Universidade de São Paulo), 2002.
- Bagnato, V.S. *Laser e suas aplicações em Ciência e tecnologia*. 2008a. pp. 1-87.
- Bagnato, V.S. *Novas Técnicas Ópticas*. Ed. Livraria da Física. 2008b. pp. 1-239.

- Bagnato, V.S., Kurachi, C., Ferreira, J. et al. (2006). New Photonic Technologies for the Treatment and Diagnosis of Hepatic Diseases. An Overview of Experimental Work Performed in Collaboration, between Physics Institute of São Carlos and Ribeirão Preto Faculty of Medicine of the University of São Paulo. *Acta Cirúrgica Brasileira*. 21, 3-11.
- Bagnoli, V.R., Fonseca, A.M., Halbe, H.W.; Sauerbronn A.V.D., Pinotti, J.A. (2007). Como Diagnosticar e Tratar. Síndrome do Climatério. *Revista Brasileira de Medicina*. 64, 99-109.
- Bakeeva, L.E., Manteifel, V.M., Rodichev, E.B., Karu, T.I. (1993). Formation of Gigantic Mitochondria in Human Blood Lymphocytes under the Effect of a He-Ne Laser. *Mol Biol (Mosk)*. 27, 608-617.
- Barbosa, I.R., Marcolino, A.M., Guirro, R.R.J., Mazzer, N., Barbieri, C.H., Fonseca, M.C.R. (2010). Comparative Effects of Wavelengths of Low-Power Laser in Regeneration of Sciatic Nerve in Rats Following Crushing Lesion. *Lasers Med. Sci*. 25, 423-430.
- Barnes, B.B.E., Chang-Claude, J., Flesch-Janys, D. et al. (2009). Cancer Risk Factors Associated with Insulin-Like Growth Factor (IGF)-I and IGF-Binding Protein-3 Levels in Healthy Women: Effect Modification by Menopausal Status. *Cancer Causes Control* 20, 1985-1996.
- Barnes, R.B. (1963). Thermography of the Human Body. Infrared-Radiant Energy Provides New Concepts and Instrumentation for Medical Diagnosis. *Science*. 140, 870-877.
- Baroni, B.M., Leal Junior, E.C.P, Geremia, J.M., Fernando Diefenthaler, F., Vaz, F.M. (2010a). Effect of Light-Emitting Diodes Therapy (LEDT) on Knee Extensor Muscle Fatigue. *Photomedicine and Laser Surgery*. 28, 653-658.
- Baroni, B.M., Leal Junior, E.C.P., De Marchi, T., Lopes, A.L., Salvador, M., Vaz, M.A. (2010b). Low Level Laser Therapy Before Eccentric Exercise Reduces Muscle Damage Markers in Humans. *Eur J Appl Physiol*. 110, 789-796.
- Belski R., Mori, T.A., Puddey, I.B., Sipsas, S., Woodman, R.J. et al. (2010). Effects of Lupin-Enriched Foods on Body Composition and Cardiovascular Disease Risk Factors: A 12-Month Randomized Controlled Weight Loss Trial. *International Journal of Obesity*. 1-10.
- Bender, T., Nagy, G., Barna, I., Tefner, I., Kádas, E., Géher, P. (2007). The Effect of Physical Therapy on Beta-Endorphin Levels. *Eur J Appl Physiol*. 100, 371-382.

- Bermejo, J.B. (2008). Validation of a Menopause Quality Of Life Scale: The MENCAV scale. *Maturitas*. 59, 28-37.
- Bloomfield, S. (1997). Changes in Musculoskeletal Structure and Function with Prolonged Bed Rest. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 29 (2), 197-206.
- Borer. K.T., Fogleman, K., Gross, M., New, J.M., Dengel, D. (2007). Walking Intensity for Postmenopausal Bone Mineral Preservation and Accrual. *Bone*. 41, 713–721.
- Borghi-Silva, A., Baldissera, V., Sampaio, L.M.M. et al. (2006). L-carnitine as an Ergogenic Aid for Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease Submitted to Whole-Body and Respiratory Muscle Training Programs. *Braz J Med Biol Res*. 39, 465-474.
- Borghi-Silva, A., Di Thommazo, L., Pantoni, C.B.F., Mendes, R.G., Salvini, T.F., Costa, D. (2009). Non-invasive Ventilation Improves Peripheral Oxygen Saturation and Reduces Fatigability of Quadriceps in Patients with COPD. *Respirology* 14, 537-544.
- Borghi-Silva, A., Mendes, R.G., Toledo, A.C., Sampaio, L.M.M., Silva, T.P., Kunikushita, L.N., Souza, H.C.D., Salvini, T.F., Costa, D. (2010). Adjuncts to Physical Training of Patients with Severe COPD: Oxygen or Noninvasive Ventilation? *Respiratory Care*. 55(7), 885-894.
- Bossini PS, Fangel R, Habenschus RM, et al. (2008). Low-Level Laser Therapy (670 nm) on Viability of Random Skin Flap in Rats. *Lasers Med Sci*. 24, 209-213.
- Brehm, B.J., D'Alessio, D.A. (2008). Benefits of High-Protein Weight Loss Diets: Enough Evidence for Practice? *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 15, 416-421.
- Brehm, B.J., Seeley, R.J., Daniels, S.R., D'Alessio, D.A. (2003). A Randomized Trial Comparing a Very Low Carbohydrate Diet and a Calorie-Restricted Low Fat Diet on Body Weight and Cardiovascular Risk Factors in Healthy Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 88(4), 1617-1623.
- Brotherhood, J.R. (2008). Heat Stress and Strain in Exercise and Sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 11, 6-19.
- Bruyere, O., Reginster, J.Y. (2008). Vitamin D Status and Response to Antiosteoporotic Therapy. *Women's Health*. 4(5), 445-447.
- Buckwalter, J.A. (2000). Advancing thr science and art of orthopaedics. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 82, 1782-1803.
- Bunout, D., Backhouse, C., Leiva, L., et al. (2009). Relationship between Protein and Mitochondrial DNA Oxidative Injury and Telomere Length and Muscle Loss in Healthy Elderly Subjects. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 48, 335-339.

- Carvalho de Abreu, D.C., Cliquet Jr. A., Rondina, J.M. Cendes, F. (2009). Electrical Stimulation During Gait Promotes Increase of Muscle Cross-sectional Area in Quadriplegics. *Clin Orthop Relat Res.* 467, 553-557.
- Carvalho, D.C., Carvalho, M.M.; Cliquet Jr., A. (2001). Osteoporose por Desuso: Aplicação na Reabilitação do Lesado Medular. *Acta Ortopédica.* 9(3), 34-43.
- Carvalho, D.C., Rosimb, G.C., Gamab, L.O.R., et al. (2002). Tratamentos Não Farmacológicos na Estimulação da Osteogênese. *Rev Saúde Pública.* 36(5), 647-54.
- Castano, A.P. Dai, T., Yaroslavsky, I., et al. (2007). Low-Level Laser Therapy for Zymosan-Induced Arthritis in Rats: Importance of Illumination Time. *Lasers in Surgery and Medicine.* 39, 543-550.
- Castelo-Branco, C., Palacios, S., Ferrer-Barriendos, J., et al. (2009). Impact of Anthropometric Parameters on Quality of Life during Menopause. *Fertility and Sterility* 96:1947-1952.
- Ceylan, Y., Hizmetle S., Silig Y. (2004). The Effects of Infrared Laser and Medical Treatments on Pain and Serotonin Degradation Products in Patients with Myofascial Pain Syndrome. A Controlled Trial. *Rheumatol. Int.* 24, 260-263.
- Chedraui, P., Pérez-López, F.R., Mendoza, M., et al. (2010). Severe Menopausal Symptoms in Middle-Aged Women are Associated to Female and Male Factors. *Arch Gynecol Obstet.* 281, 879-885.
- Chow, R.T; David, M.A.; Armati P.J. (2007). 830 nm Laser Irradiation Induces Varicosity Formation, Reduces Mitochondrial Membrane Potential and Blocks Fast Axonal Flow in Small and Medium Diameter Rat Dorsal Root Ganglion Neurons: Implications for the Analgesic Effects of 830 nm Laser. *Journal of the Peripheral Nervous System* 12, 28-39.
- Christ, C., Brenke, R., Sattler, G., Siems, W., Novak, P., Daser, A. (2008). Improvement in Skin Elasticity in The Treatment of Cellulite and Connective Tissue Weakness by Means of Extracorporeal Pulse Activation Therapy. *Aesthetic Surg. J.* 28, 538-544.
- De Lorenzi, D., Catan, L.B., Cusin, T., Feline, R., Bassani, F., Arpini, A.C. (2009). Caracterização da Qualidade de Vida Segundo o Estado Menopausal entre as Mulheres da Região Sul do Brasil. *Rev. Bras. Saúde Matern Infant.* 9:459-466.
- De Meersman, R.E., Stein, P.K. (2007). Vagal Modulation and Aging. *Biological Psychology.* 74, 165-173.
- Dec, K.L.; Sparrow, K.J.; Mckeag, D.B. (2000). The Physically-Challenged Athlete: Medical Issues and Assessment. *Sports Med.* 29 (4), 245-258.

- Delaney, M.F. (2006). Strategies for the Prevention and Treatment of Osteoporosis During Early Postmenopause. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 194, S12-23.
- Devkota, S., Layman D.K. (2010). Protein Metabolic Roles in Treatment of Obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 13, 403-407.
- Di Blasio, A., Di Donato, F., Mastrodicasa, M., et al. (2010). Effects of the Time of Day of Walking on Dietary Behaviour, Body Composition and Aerobic Fitness in Post-Menopausal Women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 50(2), 196-201.
- Dias, R.S., Ramos, C.C., Kerr-Corrêa, F., Trinca, L.A., Cerqueira, A.T.A.R., Dalben, I., Moreno, R.A. (2002). Adaptação para o Português do Questionário de Auto-Avaliação de Percepção de Saúde Física e Mental da Mulher de Meia-Idade - Questionário da Saúde da Mulher. *Rev Psiq Clín* 29, 181-189.
- Diffey, B. L. (1991). Solar Ultraviolet Radiation Effects on Biological Systems. *Review in Physics in Medicine and Biology*. 36(3), 299-328.
- Douchi T, Matsuo T, Uto H, Kuwahata T, Oki T, Nagata Y (2003) Lean Body Mass and Bone Mineral Density in Physically Exercising Postmenopausal Women. *Maturitas: The European Menopause Journal* 45, 185-190.
- Dua, R. Chakraborty, S. (2005). A novel Modeling and Stimulation Technique of Photothermal Interaction between Lasers and Living Biological Tissues Undergoing Multiple Changes in Phase. *Computers in Biology and Medicine*. 35, 447-462.
- Ebrahimpour, P., Fakhrzadeh, H., Heshmat, R., Ghodsi, M., Bandarian, F., Larijani, B. (2010). Metabolic Syndrome and Menopause: A Population-Based Study. *Diabetes & Metabolic Syndrome. Clinical Research & Reviews*. 4, 5-9.
- Edgerton, V.R.; Roy, R.R.; Hodgson, J.Á.; Day, M.K.; Weiss, J.; Harkema, S.J. et al. (2000). How the Science and Engineering of Spaceflight Contribute to Understanding the Plasticity of Spinal Cord Injury. *Acta Astronautica*. 47, 51-62.
- Eells, J.T., Wong-Riley, M.T.T., VerHoeve, J. et al. (2004). Mitochondrial Signal Transduction in Accelerated Wound and Retinal Healing by Near-Infrared Light Therapy. *Mitochondrion* 4, 559-567.
- Enwemeka, C.S. (2006). The Place of Coherence in Light Induced Tissue Repair and Pain Modulation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 24, 457.
- Enwemeka, C.S. (2009). Intricacies of Dose in Laser Phototherapy for Tissue Repair and Pain Relief. *Photomedicine and Laser Surgery*. 27, 387-393.

- Fenkci, S., Sarsan, A., Rota, S., Ardic, F. (2006). Effects of Resistance or Aerobic Exercises on Metabolic Parameters in Obese Women Who Are Not on a Diet. *Advances in Therapy*. 23, 404-413.
- Ferraresi, C., Oliveira, T.B., Zafalon, L.O., et al. (2010). Effects of Low Level Laser Therapy (808 nm) on Physical Strength Training in Humans. *Lasers Med Sci*. Online First™, 17 November 2010.
- Ferreira, J.J.A., Mendonça, L.C.S., Nunes, L.A.O., Andrade Filho, A.C.C., Rebelatto, J.R., Salvini, T.F. (2008). Exercise-Associated Thermographic Changes in Young and Elderly Subjects. *Annals of Biomedical Engineering*. 36(8), 1420-1427.
- Fillipin, L.I., Mauriz, J.L., Vedovelli, K., et al. (2005). Low-Level Laser Therapy (LLLT) Prevents Oxidative Stress and Reduces Fibrosis in Rat Traumatized Achilles Tendon. *Lasers in Surgery and Medicine*. 37, 293-300.
- Fujibayashi, M., Hamada, T., Matsumoto, T., et al. (2009). Thermoregulatory Sympathetic Nervous System Activity and Diet-Induced Waist-Circumference Reduction in Obese Japanese Women. *American Journal of Human Biology*. 21, 828-835.
- Gál, P., Mokry, M., Vidinsky, B. (2008). Effect of Equal Daily Doses Achieved by Different Power Densities of Low-Level Laser Therapy at 635 nm on Open Skin Wound Healing in Normal and Corticosteroid-Treated Rats. *Lasers Med Sci*. 24(4), 539-547.
- Gandevia, S.C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*. 81(4), 1726-1771.
- Gold, J.E., Cherniack, M., Hanlon, A., Dennerlein, J.T., Dropkin, J. (2009). Skin Temperature in The Dorsal Hand of Office Workers and Severity of Upper Extremity Musculoskeletal Disorders. *Int Arch Occup Environ Health*. 82, 1281-1292.
- Gomez-Cabrera, M.C., Domenech, E., Viña, J. (2008). Moderate Exercise is an Antioxidant: Upregulation of Antioxidant Genes by Training. *Free Radical Biology & Medicine*. 44, 126-131.
- Gomez-Cabrera, M.C., Domenech, E., Ji, L.L., Viña, J. (2006). Exercise as an Antioxidant: it up-regulates Important Enzymes for Cell Adaptations to Exercise. *Science & Sports*. 21, 85–89
- Gorgey, A.S., Wadee, A.N., Sobhi, N.N. (2008). The Effect of Low-Level Laser Therapy on Electrically Induced Muscle Fatigue: A Pilot Study. *Photomedicine and Laser Surgery*. 26(5), 501–506.

- Gorodeski, E.Z., Gorodeski, G.I. (2007). Epidemiology and Risk Factors of Cardiovascular Disease in Postmenopausal Women. In Lobo RA (ed.) Treatment of the Menopausal Women: Basic and Clinical Aspects, 3rd ed., San Diego, CA: Academic Press, pp. 405-452.
- Gorodeski, G.I. (2002). Update on Cardiovascular Disease in Post-Menopausal Women. Best Practice & Research Clinical Obstetrics and Gynaecology. 16, 329-355.
- Guthrie, J.R., Dennerstein,L., Taffe,J.R., Lehert,P., Burger,H.G. (2004). The Menopausal Transition: A 9-Year Prospective Population-Based Study. The Melbourne Women's Midlife Health Project. Climacteric. 7, 375-389.
- Hagiwara, S., Iwasaka, H., Okuda, K., Noguchi, T. (2007). GaAAs (830 nm) Low-Level Laser Enhances Peripheral Endogenous Opioid Analgesia in Rats. Lasers in Surgery and Medicine. 39, 797-802.
- Hagiwara, S., Iwasaka, H., Okuda, K., Noguchi, T. (2007). GaAAs (830 nm) Low-Level Laser Enhances Peripheral Endogenous Opioid Analgesia in Rats. Lasers in Surgery and Medicine. 39, 797-802.
- Hagner, W., Hagner-Derengowska, M., Wiacek, M., Zubrzycki, I.Z. (2009). Changes in Level of VO_{2max} , Blood Lipids, and Waist Circumference in the Response to Moderate Endurance Training as a Function of Ovarian Aging. Menopause: The Journal of The North American Menopause Society. 16(5), 1009-1013.
- Haskell, W.L., Lee I.M., Pate, R.R. (2007). Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Medicine & Science in Sports & Exercise 39, 1423-1434.
- Hautala, A.J., Kiviniemi, A.M., Tulppo, M.P. (2009). Individual Responses to Aerobic Exercise: The Role of The Autonomic Nervous System. Neuroscience and Biobehavioral Reviews. 33, 107-115.
- Heerena, M.V., De Sousab, L.E., Mostardab, C. et al. (2009). Exercise Improves Cardiovascular Control in a Model of Dislipidemia and Menopause. Maturitas. 62, 200-204.
- Holick, M.F. (1995). Environmental Factors that Influence The Cutaneous Production of Vitamin D. Am J Clin Nutr. 61, 638S-45S.
- Holick, M.F. (2004). Vitamin D: Importance in The Prevention of Cancers, Type 1 Diabetes, Heart Disease, and Osteoporosis. Am J Clin Nutr. 79, 362-71.

- Hom, C., Vasquez, P., Pozos, R.S. (2004). Peripheral Skin Temperature Effects on Muscle Oxygen Levels. *Journal of Thermal Biology*. 29, 785-789.
- HOMA Calculator. Universidade de Oxford: Diabetes Trials Unit - The Oxford Centre for Diabetes, endocrinology & Metabolism. Disponível na Internet [12 Fev 2010]. <http://www.dtu.ox.ac.uk/homacalculator/index.php>
- Howard, B.V., Horn, L.V., Manson, J.E., Stefanic, M.L., Wassertheil-Smoller, S. et al., (2006). Low-Fat Dietary Pattern and Risk of Cardiovascular Disease The Women's Health Initiative Randomized Controlled Dietary Modification Trial. *JAMA*. 295, 655-666.
- Hunter, M. (2000). The Women's Health Questionnaire (WHQ): The development, Standardization and Application of a Measure of Mid-Aged Women's Emotional and Physical Health. *Quality of Life Research* 9, 733-738.
- Husain, K. (2002). Exercise Conditioning Attenuates the Hypertensive Effects of Nitric Oxide Synthase Inhibitor in Rat. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 231, 129-137, 2002.
- Huzim, K. Exercise Conditioning Attenuates the Hypertensive Effects of Nitric Oxide Synthase Inhibitor in Rat. (2002). *Molecular and Cellular Biochemistry*. 231, 129-137.
- Imamura, M., Biro, S., Kihara, T., et al. (2001). Repeated Thermal Therapy Improves Impaired Vascular Endothelial Function in Patients With Coronary Risk Factors. *Journal of the American College of Cardiology*. 38(4), 1083-1088.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível na Internet. www.ibge.gov.br [10 julho 2006].
- Irwin, M.L., Yasui, Y., Ulrich, C.M. et al. (2003). Effect of Exercise on Total and Intra-abdominal Body Fat in Postmenopausal Women. A Randomized Controlled Trial. *JAMA*. 289, 323-330.
- Iwase, S., Cui, J., Wallin, B.G., Kamiya, A., Mano, T. (2002). Effects of Increased Ambient Temperature on Skin Sympathetic Nerve Activity and Core Temperature in Humans. *Neuroscience Letters*. 327, 37-40.
- Jacob, C., Zouhal, H., Gratas-Delamarche, J.P.A., Delamarche, D.B.F.P. (2004). Effect of The Intensity of Training on Catecholamine Responses to Supramaximal Exercise in Endurance-Trained Men. *Eur J Appl Physiol*. 91, 35-40.
- Ji, L.L. (2008). Modulation of Skeletal Muscle Antioxidant Defense by Exercise: Role of Redox Signaling. *Free Radical Biology & Medicine*. 44, 142-152.

- Jia, Y., Hwang, S.Y., House, J.D., Ogborn, M.R., Weiler, H.A., Karmin O., Aukema, H.M. (2010). Long-Term High Intake of Whole Proteins Results in Renal Damage in Pigs. *J. Nutr.* 140, 1646-1652.
- Johnson, P.H., Cowley, A.J., Kinnear, W.J.M. (1998). A Randomized Controlled Trial of Inspiratory Muscle Training in Stable Chronic Heart Failure. *European Heart Journal.* 19, 1249-1253.
- Jurca, R., Church, T.S., Morss, G.M., Jordan, A.N., Earnest, C.P. (2004). Eight Weeks of Moderate-Intensity Exercise Training Increases Heart Rate Variability in Sedentary Postmenopausal Women. *Am Heart J.* 147,e21.
- Kangro, T., Henriksen, E., Jonason, T., Leppert, J., Nilsson, H., Siirensen, S., Ringqvist, I. (1995). Effect of Menopause on Left Ventricular Filling in 501Year-Old Women. *The American Journal of Cardiology.* 76, 1093-1096.
- Karacan, S. (2010). Effects of Long-Term Aerobic Exercise on Physical Fitness and Postmenopausal Symptoms with Menopausal Rating Scale. *Science & Sports.* 25, 39-46.
- Karu, T.I. (1989). *Photobiology of Low-Power Laser Therapy.* Harwood Academic Publishers. Chur, Switzerland, pp. 1-187.
- Karu, T.I., Piatybrat, L.V., Afanasyeva, N.I. (2004). A Novel Mitochondrial Signaling Pathway Activated by Visible-to-near Infrared Radiation. *Photochemistry and Photobiology.* 80, 366-372.
- Karu, T.I., Piatybrat, L.V., Afanasyeva, N.I. (2005). Cellular Effects of Low Power Laser Therapy Can be Mediated by Nitric Oxide. *Lasers in Surgery and Medicine.* 36, 307-314.
- Kats, B., McBen J. (2007). The New Laser Liposuction for Man. *Dermatologic Therapy.* 20, 448-451.
- Kaviani, A., Fateh, M., Nooraie, R.Y., Alinagi-Zadeh, M., Ataie-Fashtami (2006). L. Low-Level Laser Therapy in Management of Postmastectomy Lymphedema. *Lasers Med. Sci.* 21, 90-94.
- Keen, R. (2007). Osteoporosis: Strategies for Prevention and Management. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology.* 21, 109-122.
- Kemmler, W., Lauber, D. Weineck, J., Hensen, J., Kalender, W., Engelke, K. (2004). Benefits of 2 Years of Intense Exercise on Bone Density, Physical Fitness, and Blood Lipids in Early Postmenopausal Osteopenic Women. *Arch Intern Med.* 164, 1084-1091.

- Kenedi, R.M. (1998). Biomechanical Highlights - The Personal Miscellany of a Decade. *J. Biomed. Eng.* 10, 477-482.
- Kim, J., Otzel, D., Kim, W., Janelle, C.M. (2006). Near Infrared Light and Expectance Effects on Maximal Isokinetic Strength Performance: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20(2), 378-382.
- Koh, Y., Ben-Ezra, V., Biggerstaff, K.D., Nichols, D.L. (2010). Responses of Blood Lipids and Lipoproteins to Extended-Release Niacin and Exercise in Sedentary Postmenopausal Women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 65A(9), 924-932.
- Kohler, A., Hoffmann, R., Platz, A., Bino, M. (1998). Diagnostic Value of Duplex Ultrasound and Liquid Crystal Contact Thermography in Preclinical Detection of Deep Vein Thrombosis After Proximal Femur Fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 117, 39-42.
- Kulasingam, S., Moineddin, R., Lewis, J.E., Tierney, M.C. (2008). The Validity of The Menopause Specific Quality of Life Questionnaire in older women. *Maturitas* 60, 239-243.
- Kumar, N.B., Lyman, G.H., Allen, K., Cox, C.E., Schapira, D.E. (1995). Timing of Weight Gain and Breast Cancer Risk. *Cancer* 76, 243-249.
- Lamberts, R.P., Swart, J., Capostagno, B., Noakes, T.D., Lambert, M.I. (2010). Heart Rate Recovery as a Guide to Monitor Fatigue and Predict Changes in Performance Parameters. *Scand J Med Sci Sports.* 20, 449-457
- Lambertucci, R.H., Levada-Pires, A.D., Rossoni, L.V., Curi, R., Pithon-Curi, T.C. (2007). Effects of Aerobic Exercise Training on Antioxidant Enzyme Activities and mRNA Levels in Soleus Muscle from Young and Aged Rats. *Mechanisms of Ageing and Development.* 128, 267-275.
- Lanham-New, S.A. (2008). Importance of Calcium, Vitamin D and Vitamin K for Osteoporosis Prevention and Treatment. *Proceedings of the Nutrition Society.* 67, 163-176.
- Latash, M.L. *Control of Human Movement.* USA, Human Kinetics, 1998.
- Layman, D.K., Evans, E.M., Erickson, D., Seyler, J., Weber J. et al. (2009). A Moderate-Protein Diet Produces Sustained Weight Loss and Long-Term Changes in Body Composition and Blood Lipids in Obese Adults. *The Journal of Nutrition.* 139, 514-521.

- Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Almeida P, Ramos L, Iversen VV, Bjordal JM (2010) Effect of Low-Level Laser Therapy (GaAs 904 nm) in Skeletal Muscle Fatigue and Biochemical Markers of Muscle Damage in Rats. *Eur. J. Appl. Physiol.* 108, 1083-1088.
- Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Barone, B.M., et al. (2009a). Effect of 830 nm Low-Level Laser Therapy Applied Before High-Intensity Exercises on Skeletal Muscle Recovery in Athletes. *Lasers Med. Sci.* 24, 857-863.
- Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Baroni, B.M., et al. (2009b). Comparison between Single-Diode Low-Level Laser Therapy (LLLT) and LED Multi-Diode (Cluster) Therapy (LEDT) Applications before High-Intensity Exercise. *Photomedicine and Laser Surgery.* 27, 617-623
- Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Dalan, F., et al. (2008). Effect of 655 nm Low-level Laser Therapy on Exercise-Induced Skeletal Muscle fatigue in Humans. *Photomedicine and Laser Surgery.* 26, 419-424.
- Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Rossi, R.P., et al. (2009c). Effect of Cluster Multi-Diode Light Emitting Diode Therapy (LEDT) on Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue and Skeletal Muscle Recovery in Humans. *Lasers in Surgery and Medicine.* 41, 572-577.
- Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Vanin, A.A., et al. (2009d). Effect of 830 nm Low-Level Laser Therapy in Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue in Humans. *Lasers Med. Sci.* 24, 425-431.
- Lee, C.M., Lopez, M.E., Weindruch, R., Aiken J.M. (1998). Association of Age-Related Mitochondrial Abnormalities with Skeletal Muscle Fiber Atrophy. *Free Radical Biology & Medicine.* 25, 964–972.
- Lee, G.S., Byun, H.S., Yoon, K.H., Lee, J.S., Choi, K.C., Jeung, E.B. (2009). Dietary Calcium and Vitamin D2 Supplementation with Enhanced Lentinula Edodes Improves Osteoporosis-Like Symptoms and Induces Duodenal and Renal Active Calcium Transport Gene Expression In Mice. *Eur J Nutr.* 48, 75-83.
- Lee, M.W.C. (2003). Combination 532-nm and 1064-nm Lasers for Noninvasive Skin Rejuvenation and Toning. *Arch Dermatol.* 139, 1265-1277.
- Lehmann, B., Querings, K., Reichrath, J. (2004). Vitamin D and Skin: New Aspects for Dermatology. *Exp Dermatol.* 13(4), 11-15.
- Lehninger, A.L. *Princípios de Bioquímica.* 2ª ed. Sarvier, 1995.

- Li, S., Wagner, R., Holm, K., Lehotsky, J., Zinaman, M.J. (2004). Relationship between Soft Tissue Body Composition and Bone Mass in Perimenopausal Women. *Maturitas: The European Menopause Journal* 47, 99-105.
- Li, Z., Treyzon, L., Chen, S., Yan, E., Thames, G., Carpenter, C.L. (2010). Protein-Enriched Meal Replacements do Not Adversely Affect Liver, Kidney or Bone Density: an Outpatient Randomized Controlled Trial. *Nutrition Journal* 2010. 9, 2-7.
- Lima-Cabello, E., Cuevas, M.J., Garatachea, N., Baldini, M., Almar, M., González-Gallego, J. (2010). Eccentric Exercise Induces Nitric Oxide Synthase Expression through Nuclear Factor-B Modulation in Rat Skeletal Muscle. *J Appl Physiol.* 108, 575-583.
- Liu, X.G., Zhou, Y.J., T.C,Y., Yuan, J.Q. (2009). Effects of Low-Level Laser Irradiation on Rat Skeletal Muscle Injury after Eccentric Exercise. *Photomedicine and Laser Surgery.* 27(6):863-869.
- Lizareli, R.F.Z., Panhoca, V.H., Bagnato, V.S. (2009). Comparative Clinical Study of Temporomandibular Joint Dysfunction (TMJ) using red and infrared Led-Therapy. Abstracts from 7th International Congress of the World Association for Laser Therapy. *Photomedicine and Laser Surgery.* 27, 198-198.
- Llaneza, P., González, C., Fernandez-Iñarrea, J., Alonso, A., Arnott, I., Ferrer-Barriendos, J. (2009). Insulin Resistance and Health-Related Quality of Life in Postmenopausal Women. *Fertility and Sterility.* 91S:1370-1373.
- Lopes-Martins,R.A.B, Marcos, R.L., Leonardo, P.S. et al. (2006). Effect of Low-Level Laser (Ga-Al-As 655 nm) on Skeletal Muscle Fatigue Induced by Electrical Stimulation in Rats. *J Appl Physiol.* 101, 283-288.
- Lopez, M.E., Zainal, T.A., Chung, S.S., Aiken, J.M., Weindruch, R. (2000). Aging: Oxidative Stress and the Pathogenesis of Sarcopenia. *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise.* 29, 831-880.
- Lopez, M.E., Zainal, T.A., Chung, S.S., Aiken, J.M., Weindruch, R. (2000). Aging: Oxidative Stress and the Pathogenesis of Sarcopenia. *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise.* 29, 831-880.
- Lumini-Oliveira, J., Magalhães, J., Pereira, C.V., Aleixo, I., Oliveira, P.J., Ascensão, A. (2009). Endurance Training Improves Gastrocnemius Mitochondrial Function Despite Increased Susceptibility to Permeability Transition. *Mitochondrion.* 9, 454-462.
- Lumini-Oliveira, J., Magalhães, J., Pereira, C.V., Moreira, A.C., Oliveira, P.J., Ascensão, A. (2011) Endurance Training Reverts Heart Mitochondrial Dysfunction, Permeability

- Transition and Apoptotic Signaling in Long-Term Severe Hyperglycemia. *Mitochondrion*. 11, 54-63.
- Lynch, N.A., Ryan, A.S., Berman, D.M., Sorkin, J.D., Nicklas, B.J. (2002). Comparison of VO_{2max} and Disease Risk Factors between Perimenopausal and Postmenopausal Women. *Menopause: The Journal of The North American Menopause Society*. 9(6), 456-462.
- Macaluso, A., DeVito, G. (2004). Muscle Strength, Power and Adaptations to Resistance Training in Older People. *Eur. J. Appl. Physiol*. 91, 450–472.
- Maffiuletti, N.A., Jubeau, M., Munzinger, U. et al. (2007). Differences in Quadriceps Muscle Strength and Fatigue between Lean and Obese Subjects. *Eur J Appl Physiol* 101, 51-59
- Mahmoud, B.H., Hexsel, C.L., Hamzavi, I.H., Lim, H.W. (2008). Effects of Visible Light on the Skin. *Photochemistry and Photobiology*. 84, 450-462.
- Makihara, E., Makihara, M., Masumi, S.I., Sakamoto, E. (2005). Evaluation of Facial Thermographic Changes Before and After Low-Level Laser Irradiation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 23(2), 191-195.
- Mcardle W.D., Katch F.I., Katch V.L. *Essentials of Exercise Physiology*. USA, Lea & Febiger, 1994.
- Mcardle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 3º ed. Rio de Janeiro, RJ, Copyright, 1991.
- Meersman, R.E., Stein, P.K. (2007). Vagal Modulation and Aging. *Biological Psychology*. 74, 165-173.
- Merla, A., Mattei, P.A., Di Donato, L., Romani, G.L. (2010). Thermal Imaging of Cutaneous Temperature Modifications in Runners During Graded Exercise. *Annals of Biomedical Engineering*. 38, 158-163.
- Miland, A.O., Mercer, J.B. (2006). Effect of a Short Period of Abstinence from Smoking on Rewarming Patterns of The Hands Following Local Cooling. *Eur J Appl Physiol*. 98:161-168.
- Mirrashed, F., Sharp, J.C., Krause, V., Morgan, J., Tomanek, B. (2004). Pilot Study of Dermal and Subcutaneous Fat Structures by MRI in Individuals Who Differ in Gender, BMI, and Cellulite Grading. *Skin Research and Technology*. 10,161-168.
- Montano N., Porta, A., Cogliati C., Costantino, G. Heart Rate Variability Explored in the Frequency Domain: A Tool to Investigate the Link between Heart and Behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 33, 71-80.

- Moreno, L.A., Mesana, M.I., González-Gross, M. et al (2006). Anthropometric Body Fat Composition Reference Values in Spanish Adolescents. The AVENA Study. *European Journal of Clinical Nutrition*. 60:191-196.
- Nicklas, B.J., Katznel, L.I., Bunyard, L.B., Dennis, K.E., Goldberg, A.P. (1997). Effects of an American Heart Association Diet and Weight Loss on Lipoprotein Lipids in Obese, Postmenopausal Women. *Am J Clin Nutr*. 66, 853-9.
- Nootheti, P.K., Magpantay, A., Yosowitz, G., Calderon, S., Goldman, M.P. (2006). A Single Center, Randomized, Comparative, Prospective Clinical Study to Determine The Efficacy of The Velasooth System Versus The Triactive System for The Treatment of Cellulite. *Lasers in Surgery and Medicine*. 38, 908-912.
- Nose, H., Takamata, A. (1997). Integrative Regulations of Body Temperature and Body Fluid in Humans Exercising in a Hot Environment. *Int J Biometeorol*. 40,42-49.
- Nybo, L., Nielsen, B. (2001). Middle Cerebral Artery Blood Velocity is Reduced with Hyperthermia During Prolonged Exercise in Humans. *Journal of Physiology*. 534.1, 279-286.
- Nybo, L., Secher, N.H., Nielsen, B. (2002). Inadequate Heat Release from The Human Brain During Prolonged Exercise with Hyperthermia. *Journal of Physiology*, 545.2, 697-704.
- Ostojic, S.M., Markovic, G., Calleja-Gonzalez J., Jakovljevic, D.G., Vucetic, V., Stojanovic, M.D. (2010). Ultra Short-Term Heart Rate Recovery After Maximal Exercise in Continuous Versus Intermittent Endurance Athletes. *Eur J Appl Physiol*. 108, 1055-1059.
- Paolillo, A.R.; Paolillo, F.R.; Cliquet Jr, A. (2004). Reabilitação Sensório-Motora de Tetraplégicos. *Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo*. 17(2), 72-79.
- Paolillo, A.R.; Paolillo, F.R.; Cliquet Jr. (2006). Engenharia Biomédica: a Tecnologia Aplicada à Reabilitação. *Revista Brasileira de Medicina*. 63(5), 238-243.
- Paolillo, F.R., Borghi-Silva, A., Parizotto, N.A., Kurachi, C., Bagnato, V.S. (2011). New Treatment of Cellulite with Infrared-Led Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*. In press.
- Paolillo, F.R., Milan J.C.; Aniceto, I.V., Barreto, S.G., Rebelatto, J.R., Borghi-Silva, A., Parizotto, N.A., Kurachi, C., Bagnato, V.S. (2011). Effects of Infrared-Led Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. *Photomedicine and Laser Surgery*. In press.

- Paolillo, F.R., Paolillo, A.R., Cliquet Jr., A. (2005). Cardiorespiratory Responses of Patients with Spinal Cord Injuries. *Acta Ortop Bras.* 13(3):148-151.
- Pecheva, E. Petrov, T., Lungub,C., Montgomeryc, P., Pramatarova, L. (2008). Stimulated in Vitro Bone-Like Apatite Formation by a Novel Laser Processing Technique. *Chemical Engineering Journal.* 137, 144-153.
- Peplow, P.V., Chung, T.Y., Baxter, G.D. (2010). Laser Photobiomodulation of Wound Healing: A Review of Experimental Studies in Mouse and Rat Animal Models. *Photomedicine and Laser Surgery.* 28, 291-325.
- Pincivero, D.M., Gandaio, C.B., Ito, Y. (2003). Gender-Specific Knee Extensor Torque, Flexor Torque, and Muscle Fatigue Responses during Maximal Effort Contractions. *Eur J Appl Physiol.* 89, 134-141.
- Powers, S.K., Howley, E.T. *Exercise Physiology – Theory and Application to Fitness and Performance.* 2^a ed. Dubuque, Iowa, Brown & Benchmark, 1994.
- Pretel, H., Lizarelli, R.F.Z., Ramalho, L.T.O. (2007). Effect of Low-Level Laser Therapy on Bone Repair: Histological Study in Rats. *Lasers in Surgery and Medicine.* 39, 788-796.
- Prisby, R.D., Lafage-Prost, M.H., Malaval, L., Belli, A., Vico, L. (2008). Effects of Whole Body Vibration on the Skeleton and Other Organ Systems in Man and Animal Models: What We Know and What We Need to Know. *Ageing Research Reviews.* 7, 319-329.
- Queiroga, A.S., Sousa, F.B., Araújo, J.M.S., et al. (2008). Evaluation of Bone Repair in the Femur of Rats Submitted to Laser Therapy in Different Wavelengths: An Image Segmentation Method of Analysis. *Laser Physics.* 18(9), 1087-1091.
- Querleux, B., Cornillon, C., Jolivet, O., Bittoun, J. (2002). Anatomy and physiology of subcutaneous adipose tissue by in vivo magnetic resonance imaging and spectroscopy: relationships with sex and presence of cellulite. *Skin Research and Technology.* 8, 118-124.
- Raguso, C.A., Kyle, U., Kossovsky, P., et al. (2006). A 3-Year Longitudinal Study on Body Composition Changes in the Elderly: Role of Physical Exercise. *Clinical Nutrition.* 25, 573-580.
- Rawlings, A.V. (2006). Cellulite and Its Treatment. *International Journal of Cosmetic Science.* 28, 175-190.
- Reilly, T., Waterhouse, J. (2009). Circadian Aspects of Body Temperature Regulation in Exercise. *Journal of Thermal Biology.* 34, 161-170.

- Renno, A.C.M., Moura, F.M., Santos, N.S.A., Tirico, R.P., Bossini, P.S., Parizotto, N.A. (2006). The Effects of Infrared-830 nm Laser on Exercised Osteopenic Rats. *Lasers Med. Sci.* 21, 202-207.
- Riesco, E., Roussel, M., Lemoine, S., et al. (2008). What is the Influence of Menopausal Status on Metabolic Profile, Eating Behaviors, and Perceived Health of Obese Women After Weight Reduction? *App. Physiol. Nutr. Metabolic.* 33:957-965.
- Rizzi, C.F., Mauriz, J.L., Corrêia, D.S.F., et al. (2006) Effects of Low-Level Laser Therapy (LLLT) on the Nuclear Factor (NF)- κ B Signaling Pathway in Traumatized Muscle. *Lasers in Surgery and Medicine.* 38, 704-713.
- Roelants, M., Delecluse, C.,Verschueren, S.M. (2004). Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *Journal of American Geriatrics Society.* 52, 901-908.
- Romaguera, J., Ortiz, A.P., Roca, F.J., Colón, G., Suárez, E. (2010). Factors Associated with Metabolic Syndrome in a Sample of Women in Puerto Rico. *Menopause: The Journal of The North American Menopause Society.* 17(2), 388-392.
- Rona, C., Carrera, M., Berardesca, E. (2006). Testing Anticellulite Products. *International Journal of Cosmetic Science.* 28, 169-173.
- Rose, A.J., Bisiani, B., Vistisen, B., Kiens, B., Richter, E.A. (2009). Skeletal Muscle eEF2 and 4EBP1 Phosphorylation during Endurance Exercise is Dependent on Intensity and Muscle Fiber Type. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 296, 326-333.
- Rossi, A.B.R., Vergnanini, A.L. (2000). Cellulite: a Review. *European Academy of Dermatology and Venereology JEADV.* 14,251-262.
- Rutkove, S.B., Kothari, M.J., Shefner, J.M. (1997). Nerve, Muscle, and Neuromuscular Junction Electrophysiology at High Temperature. *Muscle & Nerve.* 20, 431-436.
- Ryan, C.W., Huo, D., Stallings, J.M., Davis, R., Berr, T.M., Mcwhorter, L.T. (2007). Lifestyle Factors and Duration of Androgen Deprivation Affect Bone Mineral Density of Patients with Prostate Cancer During First Year of Therapy. *Urology.* 70, 122-126.
- Schlader, Z.J., Stannard, S.R., Mündel, T. (2010). Human Thermoregulatory Behavior During Rest and Exercise - A Prospective Review. *Physiology & Behavior.* 99, 269-275.
- Segal, N.A., Glass, N.A., Baker, J.L., Torner, J.C. (2009). Correcting for Fat Mass Improves DXA Quantification of Quadriceps Specific Strength in Obese Adults Aged

- 50e59 Years. *Journal of Clinical Densitometry: Assessment of Skeletal Health*. 12(3):299-305.
- Shefer, G., Partridge, T.A., Heslop, L., Gross, J.G., Oron, U., Halevy, O. (2002). Low-Energy Laser Irradiation Promotes the Survival and Cell Cycle Entry of Skeletal Muscle Satellite Cells. *Journal of Cell Science*. 115, 1461-1469.
- Singh, I.M., Shishehbor, M.H., Ansell, B.J. (2007). High-Density Lipoprotein as a Therapeutic Target: A Systematic Review. *JAMA*. 298(7), 786-798.
- Snyder, S.K., Byrnes, K.R., Borke, R.C., Sanchez, A., Anders, J.J. (2002). Quantitation of Calcitonin Gene-Related Peptide mRNA and Neuronal Cell Death in Facial Motor Nuclei Following Axotomy and 633 nm Low Power Laser Treatment. *Lasers in Surgery and Medicine*. 31, 216-222.
- Stadler, I., Lanzafame, R.J., Oskoui, P., Zhang, R.Y., Coleman, J., Whittaker, M. (2004). Alteration of Skin Temperature During Low-Level Laser Irradiation at 830 nm in a Mouse Model. *Photomedicine and Laser Surgery*. 22(3), 227-231.
- Stefanick, M.L., Mackey, S.M., Sheehan, M., Ellsworth, N., Haskell, W., Wood P.D. (1998). Effects of Diet and Exercise in Men and Postmenopausal Women with Low Levels of HDL Cholesterol and High Levels of LDL Cholesterol. *The New England Journal of Medicine*. 339, 12-20.
- Sussai, D.A., Carvalho, P.T.C., Dourado, P.M., Belchior, A.C.G., Reis, F.A., Pereira, D.M. (2010). Low-Level Laser Therapy Attenuates Creatine Kinase Levels and Apoptosis During Forced Swimming in Rats. *Lasers Med. Sci*. 25, 115-120.
- Teomana, N., Özcan, A., Acar B. (2004). The Effect of Exercise on Physical Fitness and Quality of Life in Postmenopausal Women. *Maturitas*, 47, 71-77.
- Terranova, F., Berardesca, E., Maibach, H. (2006). Cellulite: Nature and Aetiopathogenesis. *International Journal of Cosmetic Science*. 28, 157-167.
- Tonner, P.H., Kampen, J., Scholz, J. (2003). Pathophysiological Changes in The Elderly. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 17(2), 163-177.
- Tremblay, M. (1996). Going Back to Civvy Street: a Historical Account of the Impact of the Everest and Jennings Wheelchair for Canadian World War II Veterans with Spinal Cord Injury. *Disability & Society*. 11, 149-169.
- Tsai, J.F., Hsiao, S., Wang, S.Y. (2007). Infrared Irradiation Has Potential Antidepressant Effect. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*. 31, 1397-1400.

- Vainionpää, A., Korpelainen, R., Sievänen, H., Vihriälä, E., Leppäluoto, J., Jämsä, T. (2007). Effect of Impact Exercise and Its Intensity on Bone Geometry at Weight-Bearing Tibia and Femur. *Bone*. 40, 604-611.
- Vinck E., Coorevits, P., Cagnie, B., Muynck M.D., Vanderstraeten, G., Cambier, D. (2005). Evidence of Changes in Sural Nerve Conduction Mediated By Light Emitting Diode Irradiation. *Lasers Med. Sci.* 20, 35-40.
- Vladimirov, Y.A., Osipov, A.N., Klebanov, G.I. (2004). Photobiological Principles of Therapeutic Applications of Laser Radiation. *Biochemistry (Moscow)*. 69, 81-90.
- Voet, D., Voet, J. *Bioquímica*. 3ª ed. Artimed, 2006.
- Vollestad, N.K. (1997). Measurement of Human Muscle Fatigue. *Journal of Neuroscience Methods*. 74, 219-227.
- Wakefield, A.P., House J.D., Ogborn, M.R., Weiler, H.A., Aukema, H.M. (2011). A Diet With 35% of Energy From Protein Leads to Kidney Damage in Female Sprague-Dawley Rats. *British Journal of Nutrition*. 1-8.
- Wang, M.Y., Flanagan, S.P., Song, J.E., Greendale, G.A., Salem, G.J. (2006). Relationships among Body Weight, Joint Moments Generated during Functional Activities, and Hip Bone mass in Older Adults. *Clinical Biomechanics* 21, 717-725.
- Whelan, H.T., Smits Jr., R.L., Buchman, E.V., et al. (2001). Effect of NASA Light-Emitting Diode Irradiation on Wound Healing. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 19, 305-314.
- Wikipedia. Biotecnologia. Disponível na Internet [10 Set 2010]. <http://pt.wikipedia.org/wiki/Biotecnologia>.
- Wikipedia. Diodo emissor de luz. Disponível na Internet [5 Fev 2011]. http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz.
- Wilmore J.H., Costill D.L. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, USA, Human Kinetics, 1994.
- Wilson, P.W.F., Anderson, K.M., Harris,T., Kannel, W.B., Castelli, W.P. (1994). Determinants of Change in Total Cholesterol and HDL-C with Age: The Framingham Study. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 49, M252-M257.
- Winter, D.A. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 2ª ed., New York, Wiley Inter-Science, 1990.
- Yo, S.Y., Chiu, J.H., Yang, S.D., Hsu, Y.C., Lui, W.Y., Wu, C.W. (2006). Biological Effect of Far-Infrared Therapy on Increasing Skin Microcirculation in Rats. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*. 22, 78-86.

- Zamboni, M., Mazzali, G., Fantin, F., Rossi, A., Francesco, V.D. (2008). Sarcopenic Obesity: A New Category of Obesity in the Elderly. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 18, 388-395.
- Zhang, J., Xing, D., Gao, X. (2008). Low-Power Laser Irradiation Activates Src Tyrosine Kinase through Reactive Oxygen Species-Mediated Signaling Pathway. *Journal of Cellular Physiology*. 217, 518-528.
- Zhao, L., Shen, X.Y., Gao, J.P., et al. (2006). Effect of Different LLLT on Pituitrin-Induced Bradycardia in the Rabbit. *Lasers Med Sci*. 21:61-66.
- Zoll, J., Ponsot, E., Dufour, S., et al. (2006). Exercise Training in Normobaric Hypoxia in Endurance Runners. III. Muscular Adjustments of Selected Gene Transcripts. *J Appl Physiol*. 100, 1258-1266.
- Zontak, A., Sideman, S., Verbitsky, O., Beyar, R. (1998). Dynamic Thermography: Analysis of Hand Temperature During Exercise. *Annals of Biomedical Engineering*. 26, 988-993.
- Zwarts M.J., Bleijenberg, G., Engelen, B.G.M. (2008). Clinical Neurophysiology of Fatigue. *Clinical Neurophysiology*. 119, 2-10.

APÊNDICE 1

AVALIAÇÃO TERMOGRÁFICA DURANTE O EXERCÍCIO COM E SEM ILUMINAÇÃO-LED INFRAVELHA

O corpo humano transforma energia química (ATP) em trabalho liberando calor através do metabolismo anaeróbio e aeróbio. A termogênese (produção de calor) pode ocorrer não somente durante a atividade muscular, mas também em repouso com a liberação de substâncias vasoconstritoras, como a noradrenalina (ação calorígenica de hormônios). A termorregulação ocorre no hipotálamo via sistema nervoso autônomo, com vasoconstrição e vasodilatação dos vasos sanguíneos (Roelands e Meeusen 2010; Miland e Mercer 2006).

A perda de calor do corpo humano para o meio ambiente ocorre por meios físicos, como a condução, convecção, evaporação e radiação (Merla et al. 2009). Um papel importante da superfície da pele é manter a temperatura corpórea constante (Schlader, Stannard e Mündel 2010).

Com o processo de envelhecimento ocorre perda muscular, declínio da atividade endócrina, redução da taxa metabólica, atrofia cutânea, disfunção autonômica, com reduzida resposta vasodilatadora e vasoconstritora (por exemplo, menor sensibilidade à noradrenalina) e diminuição da produção de suor (por exemplo, pela perda de glândulas sudoríparas), entre outros fatores que afetam a produção, conservação, dissipação, controle e liberação de calor (Reilly e Waterhouse 2009; Ferreira et al. 2008).

Um método preciso para medir a temperatura da superfície da pele e suas mudanças é a termografia por infravermelho, que fornece dados para diagnóstico médico, bem como, investigações e intercepções aeroespacial (Barnes 1963).

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da iluminação-LED sobre a temperatura cutânea durante o exercício na esteira ergométrica.

Participaram deste estudo 18 mulheres na pós-menopausa, caucasianas, com idade entre 50 e 60 anos que estavam ingressando no programa de 1 ano de exercício com e sem LEDs-infravermelho. Foi realizado teste de esforço máximo ou limitado por sintomas em esteira ergométrica (Protocolo Bruce modificado) para elaboração da intensidade do exercício que foi de 85% a 90% da FC_{max} . O exercício teve a duração de 45 minutos. Os parâmetros de irradiação foram 100 mW, 40 mW/cm² e 108 J/cm². Para avaliar a temperatura cutânea durante o exercício em esteira ergométrica com e sem LEDs-infravermelho foi realizado a termografia por infravermelho.

Foi utilizada uma câmera termográfica IR-CAM (FLUKE Corp., Washington, EUA) com capacidade de detectar radiações no infravermelho distante,

precisamente entre 8 μm e 14 μm , com sistema para compor imagens entre 0 e 50 $^{\circ}\text{C}$. A Câmera conectada ao computador pode ser visualizada na figura 29. Para aquisição das imagens foi utilizado o software Pixel View Play TV Pro v8.01b (ProLink Microsystems Corporation, Taiwan, China).



Figura 29: Câmera termográfica por infravermelho conectado em computador.

Esta câmera faz uma calibração automática entre dois pontos (máximo e mínimo de temperatura) para distribuição da escala em cinza. Para a definição dos valores de temperatura destes pontos foi necessário desenvolver um sistema de calibração. Foi desenvolvido pelo Grupo de Óptica do IFSC-USP um sistema (Figura 30) composto por sensores, controladores e atuadores (dois peltiers). Este sistema controla dois peltiers que tiveram suas temperaturas fixas em aproximadamente 30 e 40 $^{\circ}\text{C}$ (ponto mínimo e máximo, respectivamente). As temperaturas de cada peltier foi medida por termômetro digital para que se pudesse comparar com a temperatura obtida pela câmera termográfica.



Figura 30: sistema de calibração da câmera termográfica.

As avaliações termográficas foram desenvolvidas em laboratórios climatizados com temperatura de 22°C a 24°C e umidade relativa do ar entre 50% e 60%, no mesmo período do dia.

As mulheres ficaram de biquíni para realização do protocolo. Elas permaneceram por 10 minutos dentro da sala para adaptação térmica (Ferreira et al. 2008). A câmera foi posicionada a 75 cm de altura e 180 cm de distância das mulheres. As imagens foram registradas em repouso na postura em pé e imediatamente antes do exercício (0'), durante 10, 35 e 45 minutos de exercício na esteira ergométrica (10', 35' e 45') e depois de 5 minutos de recuperação em pé (50').

Em cada imagem termográfica de cada paciente um processamento matemático foi aplicado, onde foram selecionadas duas regiões de interesse definida como: (i) porção anterior das coxas direita e esquerda, referente aos músculos quadríceps; (ii) porção anterior superiora das pernas direita e esquerda, referentes a porção superiora dos músculos tibiais anteriores. Foi calculada a temperatura média e o desvio padrão de cada região de interesse. De acordo com Ferreira et al. 2008, a utilização da temperatura média calculada sobre a área de interesse minimiza erros de posicionamento. Este fator é importante para o atual estudo, pois as imagens foram registradas não só em repouso, mas durante o exercício (em tempo real) e a aquisição da imagem é bi-dimensional (2-D), enquanto a estrutura avaliada é tri-dimensional (3-D) e está em movimento. Os dados foram organizados em função do tempo de realização do exercício físico, revelando o comportamento dinâmico da temperatura. Para o processamento das imagens foi utilizado o software Matlab 7.0.4 - R14 (The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA).

Para comparar as mudanças de temperatura foi utilizada ANOVA Two way para medidas repetidas com post hoc Bonferroni. A temperatura foi analisada em relação ao instante imediatamente precedente, bem como todas as temperaturas foram comparadas com o instante 0'.

Para comparação das medidas de temperaturas entre os grupos foi utilizada ANOVA One Way com post hoc Bonferroni.

Para análise estatística foi utilizado o software Statistica for Windows Release 7 (Statsoft Inc., Tulsa, Ok, USA). O nível de significância estatística foi de 5% ($p \leq 0.05$).

As imagens termográficas podem ser observadas nas figuras 31 e 32. Os resultados dos valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos podem ser visualizados nas tabelas 11 e 12, respectivamente. As figuras 33 e 34 mostram o comportamento dinâmico da temperatura antes, durante e depois do exercício físico com e sem LEDs-infravermelho.

As temperaturas das coxas para o grupo LED não mostraram diferenças significativas comparado às temperaturas referentes aos instantes imediatamente precedentes ($p \geq 0.05$), enquanto o grupo exercício mostrou redução significativa da temperatura das coxas no instante 35' comparado ao instante 10' ($p=0.03$). O grupo LED mostrou aumento significativo da temperatura das coxas no instante 45' comparado à temperatura pré-exercício ($p=0.03$), enquanto o grupo exercício mostrou redução significativa das temperaturas das coxas nos instantes 35' ($p=0.03$) e 45' ($p=0.02$) comparado à temperatura pré-exercício. O grupo LED mostrou maiores valores de temperatura das coxas comparado ao grupo exercício nos instantes 35' ($p=0.0003$), 45' ($p=0.00005$) e 50' ($p=0.006$).

As temperaturas da porção superior anterior da perna no grupo LED e exercício não mostraram diferenças significativas comparadas às temperaturas referentes aos instantes imediatamente precedentes e à temperatura pré-exercício ($p \geq 0.05$). Entretanto, foi constatado que o grupo LED mostrou valores elevados de temperatura comparada ao grupo exercício nos instantes 35' ($p=0.01$), 45' ($p=0.006$) e 50' ($p=0.04$).

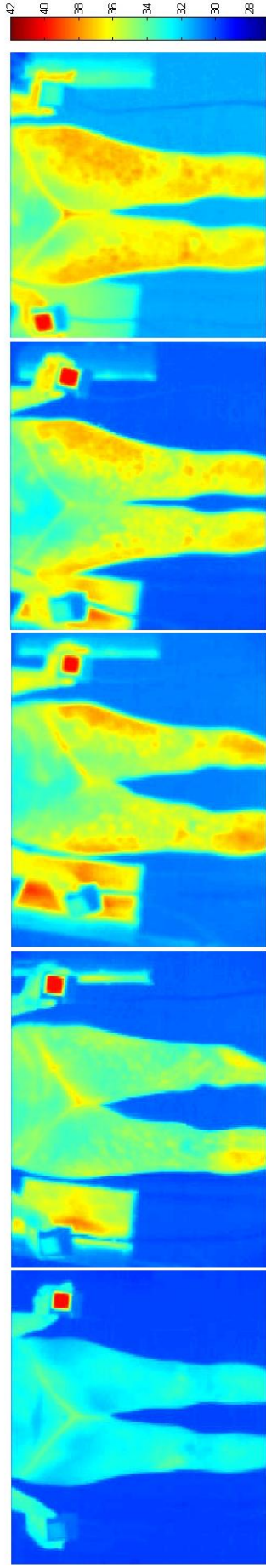


Figura 32: imagens termográficas durante o repouso (no instante 0'), exercício em esteira ergométrica (nos instantes 10', 35' e 45') com iluminação-LED infravermelha e na recuperação (no instante 50').

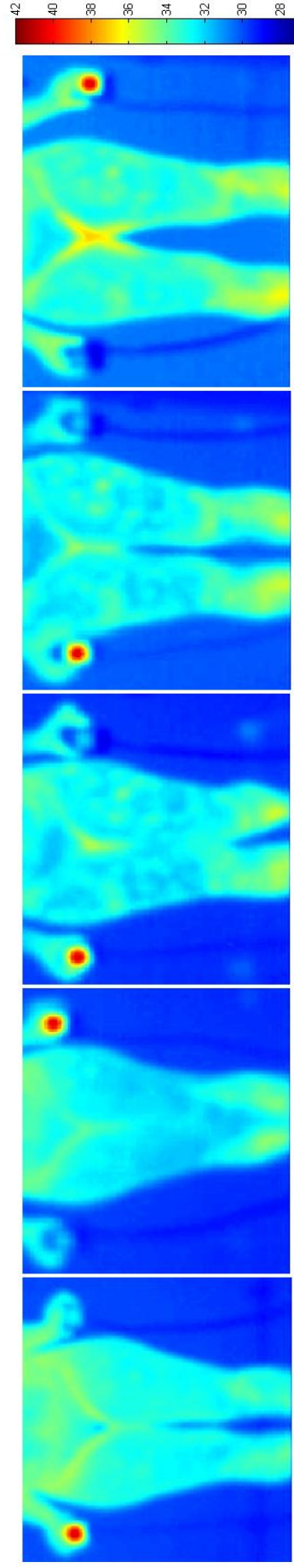


Figura 31: imagens termográficas durante o repouso (no instante 0'), exercício em esteira ergométrica (nos instantes 10', 35' e 45') sem iluminação-LED infravermelha e na recuperação (no instante 50').

Tabela 11: Temperatura cutânea (°C) da coxa mensurada antes, durante e depois do exercício com e sem iluminação-LEDs infravermelha.

	Pré-exercício		Exercício		Pós-exercício	
	0'	10'	35'	45'	50'	50'
Grupo LED	33.5±0.8	34.1±0.5	34.5±0.9#	34.6±0.9##	34.5±0.9#	34.5±0.9#
Grupo Exercício	33.5±0.6	33.7±0.6	32.9±0.9**	32.7±0.7*	33.1±0.5	33.1±0.5

*Diferença significativa intragrupo comparado à temperatura no instante imediatamente precedente (p<0.05)

‡Diferença significativa intragrupo comparado à temperatura pré-exercício (p<0.05)

#Diferença significativa intergrupo (p<0.01)

Tabela 12: Temperatura cutânea (°C) da porção anterior da perna (entre a articulação do joelho e o ponto médio da perna) mensurada antes, durante e depois do exercício com e sem iluminação-LED infravermelha.

	Pré-exercício		Exercício		Pós-exercício	
	0'	10'	35'	45'	50'	50'
Grupo LED	33.7±0.8	34.3±0.7	34.7±0.9 [‡]	34.9±0.9 [‡]	34.7±0.9 [‡]	34.7±0.9 [‡]
Grupo Exercício	33.7±0.7	34.1±0.8	33.7±0.5	33.6±0.6	33.8±0.5	33.8±0.5

[‡]Diferença significativa intergrupo (p<0.05)

^{##}Diferença significativa intergrupo (p<0.01)

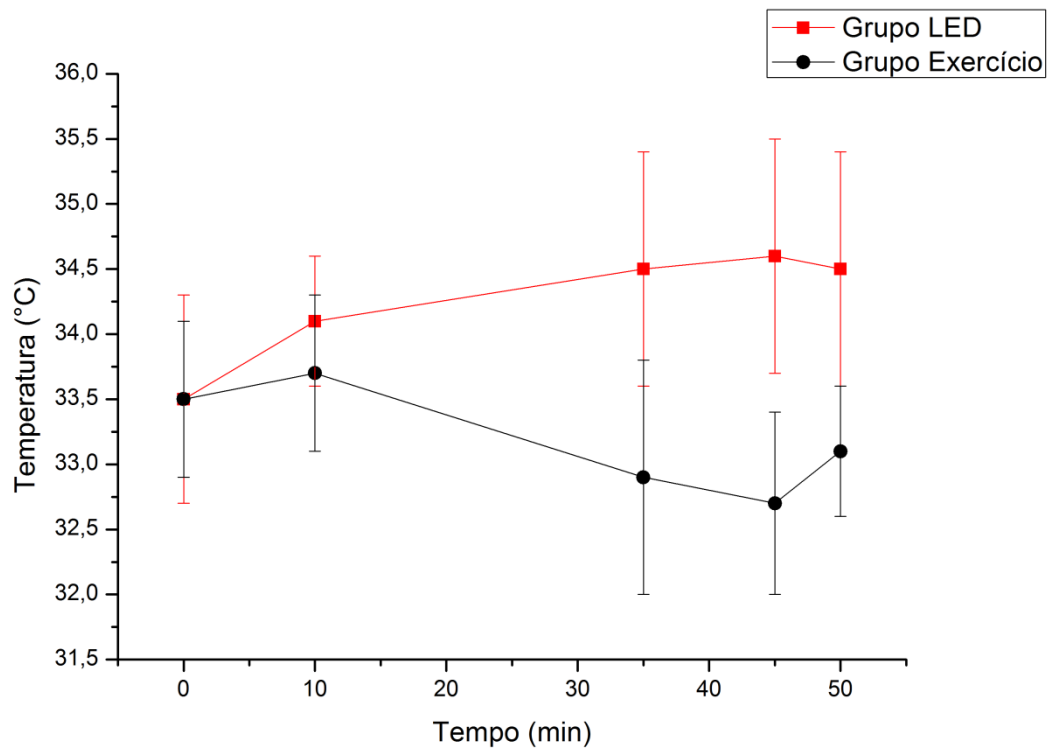


Figura 33: Comportamento dinâmico da temperatura da coxa.

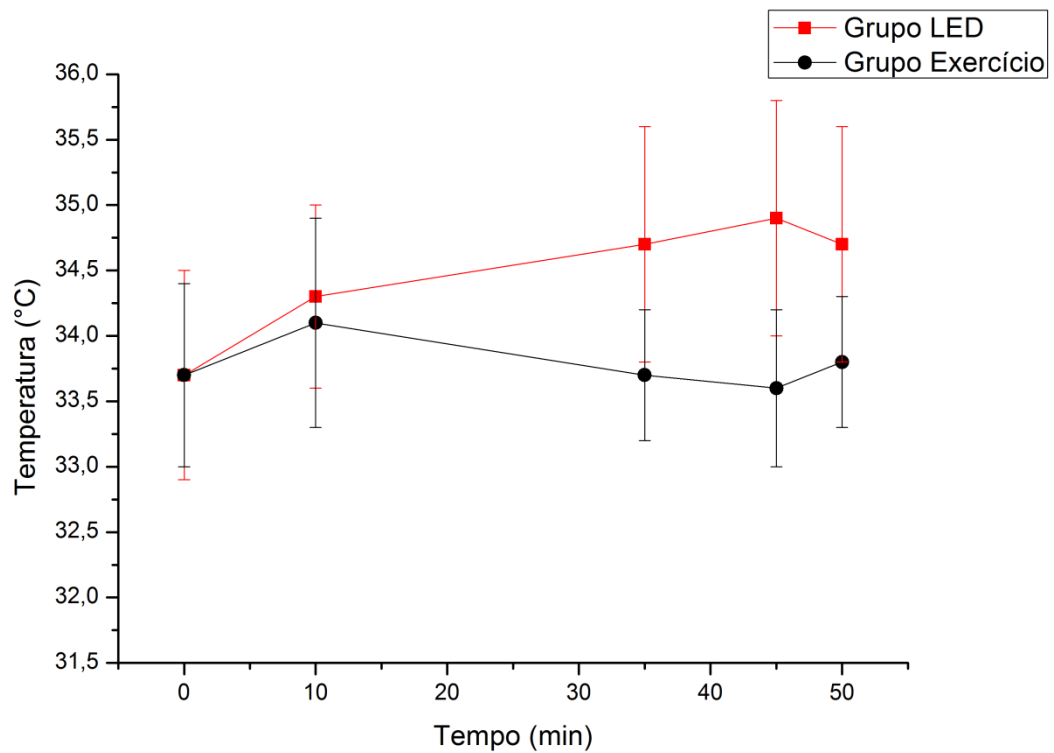


Figura 34: Comportamento dinâmico da temperatura da perna (porção anterior e superior).

Este estudo é relevante, pois ele pode explicar um dos mecanismos de tratamento da fototerapia.

O principal resultado deste estudo é que a iluminação-LED infravermelha promove aumento da temperatura da perna durante o exercício físico, enquanto o grupo que realizou somente exercício mostrou redução da temperatura da perna. Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos na literatura.

Merla et al. (2010) mostrou que a temperatura cutânea das pernas e de outras regiões corpóreas (tronco e membros superiores) foram reduzidas durante todo teste de exercício com intensidade crescente em esteira ergométrica e isto indica resposta vasoconstritora cutânea contínua decorrente do aumento de catecolaminas e outros hormônios vasoconstritores decorrentes do aumento da intensidade do exercício. Ainda, a demanda cardiovascular e muscular também são crescentes durante o exercício e o fluxo sanguíneo é direcionado para os músculos ativos, reduzindo o fluxo central. Isto sugere presença de estímulo vasoconstritor dominante com supressão da termoregulação durante o exercício. Os autores também constataram o aumento da temperatura cutânea após o exercício, que indica resposta vasodilatadora cutânea, representadas pelas áreas quentes identificadas nas imagens. Isto é indicativo de perfusão sanguínea entre o músculo e a pele. A difusão de calor destas áreas hipertérmicas se estende às áreas circundantes e, possivelmente, são decorrente das respostas hemodinâmicas e termorregulatórias da transição do exercício para o repouso.

Outro estudo (Zontak et al. 1998) investigou os efeitos térmicos das mãos durante dois testes de exercícios, com cargas crescentes e constantes, em cicloergômetro. Foi constatada a redução da temperatura das mãos durante o exercício com carga crescente, por outro lado, durante 20 minutos em exercício com carga constante, as respostas térmicas das mãos mostraram três fases: a inicial é descendente (~7 min), seguida por ascendente (~8 min) e regime permanente (~5 min). Estas fases indicam que no início do trabalho houve reflexo vasoconstritor cutâneo, devido a maior demanda de fluxo sanguíneo para os músculos atuadores, e com o aumento desta carga hemodinâmica ocorreu o reflexo vasodilatador em resposta à termorregulação e ao aumento da temperatura corpórea típica do exercício.

Entretanto, os resultados do atual estudo diferem dos resultados do teste de carga constante obtidos por Zontak et al. (1998), pois as mulheres na pós-

menopausa mostraram aumento inicial da temperatura, seguido por queda e regime permanente nos instantes finais. É importante ressaltar, que no estudo de Zontak et al. (1998), eles avaliaram a resposta termodinâmica das mãos de homens jovens durante o exercício no cicloergometro (que extrai o efeito da sobrecarga corpórea), realizado em diferente intensidade e tempo de exercício comparados ao atual estudo que avaliou durante carga constante a região referente aos músculos atuadores (pernas) e na esteira ergométrica. É importante ressaltar que as mãos não são os principais atuadores durante o exercício com as pernas e, portanto, não tem ação da bomba muscular esquelética (Paolillo, Paolillo e Cliquet 2005).

Ainda, diferenças nas respostas hemodinâmicas de jovens e idosos foram encontradas por Ferreira e colaboradores (2008), que constataram nos idosos menor temperatura da perna durante o repouso, bem como, lenta dissipação de calor no pós-exercício comparado aos jovens, devido ao fluxo sanguíneo limitado que foi associado ao lento recrutamento e enchimento dos microvasos da pele em idosos.

Para compreender a termorregulação durante o exercício é importante o conhecimento sobre a resposta térmica em repouso.

Em repouso, a perda de calor ocorre com o aumento do fluxo sanguíneo periférico com reflexo vasodilatador e estímulos às glândulas sudoríparas écrinas através da estimulação noradrenérgica. Quando ocorre queda de temperatura central, há redução da perda de calor para o meio externo, através do aumento de calor metabólico por estimulação endócrina ou arrepiamento por estimulação autonômica (Reilly e Waterhouse 2009). Ainda, para minimizar a perda de calor para o meio ambiente, ocorre vasoconstrição cutânea com resfriamento da pele do corpo todo (reflexo mediado) ou com resfriamento local da pele (localmente mediado) através da ação da noradrenalina (Miland e Mercer 2006).

A maior contribuição para produção de calor é a taxa metabólica que aumenta consideravelmente durante o exercício intenso. Aproximadamente 80% da energia utilizada durante o exercício contribuem para produção de calor, enquanto 20% é decorrente da carga mecânica (Reilly e Waterhouse 2009).

O resultado do atual estudo é similar ao discutido por Reilly e Waterhouse (2009), ou seja, no início do exercício há produção de calor com aumento de fluxo sanguíneo no músculo ativo para auxiliar no aumento do transporte de oxigênio. O corpo age como dissipador de calor até o aumento do débito cardíaco, depois o fluxo sanguíneo é desviado para pele para transferir o calor para o meio ambiente. O

fornecimento de sangue para os órgãos inativos (como o rim) ocorre através destes deslocamentos. A temperatura interna começa a subir e a resposta vasodilatadora cutânea é aumentada para que ocorra perda de calor e o início da secreção de suor pela superfície da pele para o resfriamento evaporativo. Ainda, segundo Reilly e Waterhouse (2009), este período de produção, dissipação e perda de calor ocorre até os 10 primeiros minutos de exercício. Por isso houve o aumento inicial da temperatura cutânea nas mulheres que se exercitaram com e sem LEDs. Após este período, os mecanismos de perda de calor são reduzidos e a temperatura corporal é elevada (Reilly e Waterhouse 2009), por isso observamos no grupo exercício a redução da temperatura cutânea. Entretanto, com o uso de LEDs durante o exercício a temperatura cutânea continuou a aumentar, mas não reflete hipertermia.

Embora no atual estudo, a temperatura corpórea (seja a auricular, esofágica ou retal) não tenha sido medida, provavelmente não ocorreu hipertermia (no qual a produção de calor excede a perda, resultando em temperatura corpórea de aproximadamente 40°C), pois não houve redução do desempenho físico e a produção de calor não foi só metabólica, mas também artificial e localmente aplicada nas coxas. Segundo Brotherhood (2008), Nybo e Nielsen (2001), Nose e Takamata (1997), na hipertermia pode se observar o aumento do fluxo sanguíneo e da temperatura cutânea com redução do fluxo sanguíneo central (visceral, renal e muscular), do retorno venoso, do volume sistólico e do débito cardíaco que resulta em diminuição do fluxo sanguíneo nas pernas. Com isso ocorre o aumento compensatório da FC para aumentar o débito cardíaco, seguido por queda de Pa, aumento da ventilação e redução da pressão parcial de oxigênio. Assim, um importante mecanismo da regulação do fluxo sanguíneo da pele no ambiente quente durante o exercício são os baroreflexos cardiopulmonar (Nose e Takamata 1997).

Com o aumento do débito cardíaco, a demanda do fluxo sanguíneo para a perna é aumentada. Ainda, altas temperaturas cutâneas na área exercitada são provavelmente consequência do transporte de calor metabólico para pele e conseqüentemente para o meio externo, através do reflexo vasodilatador e aumento do suor (Iwase et al. 2002). Entretanto, não foi observado no estudo hipovolemia ou desidratação, seguida por queda de Pa durante o exercício. Ainda, estudos sobre hipertermia indicam redução do fluxo sanguíneo cerebral (Nybo e Nielsen 2001; Nybo, Secher e Nielsen 2002); e aumento da fadiga muscular central e periférica (Roelands and Romain Meeusen).

Por outro lado, Iwase et al 2002, constatou que em condições de calor houve a redução da condução neural vasoconstritora na pele e conduziu à diminuição da temperatura corpórea central depois de aproximadamente 8 minutos através do mecanismo de feedback termoregulatório. Também, destaca-se o estudo de Rutkove, Kothari e Shefner, que não constataram modificações que prejudiquem a transmissão neuromuscular em alta temperatura.

Então no grupo LED, provavelmente, houve uma resposta compensatória de perda de calor para não gerar hipertermia durante a fonte de calor artificial: LEDs-infravermelho.

No estudo de Stadler et al. (2004), ratos foram irradiados com infravermelho (laser 830 nm) e avaliados com termografia. Os resultados mostraram aumento da temperatura cutânea, entretanto, os ratos pretos mostraram maior temperatura cutânea comparada aos ratos brancos. Segundo os autores o menor efeito térmico nos ratos brancos pode ter ocorrido devido à reflexão da luz.

Em outro estudo, Makihara et al. (2005) aplicaram fototerapia (laser CO₂, modo contínuo, 1W, 7.64 J/cm²) à 10 cm de distância da pele em padrão elíptico na face direita de 9 sujeitos jovens que foram avaliados por termografia. Foi constatado o aumento da temperatura da face, tanto no lado da face onde foi aplicada a fototerapia, quanto no lado oposto. Segundo os autores este efeito térmico pode ter ocorrido devido ao aumento do fluxo e volume sanguíneo, bem como do diâmetro dos vasos sanguíneos.

Assim, a melhora hemodinâmica está relacionada à maior produção e utilização de ON que gera relaxamento das células da musculatura lisa vascular com efeito vasodilatador, além de agir como modulador, por exemplo das reações inflamatória ou anti-inflamatórias (Karu, Piatybrat e Afanasyeva 2004; Karu, Piatybrat e Afanasyeva 2005). Durante o processo inflamatório ocorre produção excessiva de radicais livres, EROs e espécies reativas de nitrogênio (ERNs) que resultam em estresse oxidativo e nitrosativo que estão associados com a redução da defesa antioxidante. Estas espécies reativas podem ser tóxicas ao organismo, mas também podem aumentar a expressão da enzima óxido nítrico sintase (NOS), que é subdividida em 3 isoformas: óxido nítrico sintase neuronal (nNOS), óxido nítrico sintase endotelial (eNOS), que são constitutivas e; óxido nítrico sintase induzida (iNOs). O óxido nítrico (ON) é sintetizado por estas enzimas (Lima-Cabello et al. 2010) e participa de vários eventos fisiológicos e patofisiológicos.

Além do efeito anti-inflamatório, o efeito térmico também gera o aumento da perfusão sanguínea com aumento do metabolismo local e pode ser um dos mecanismos da fototerapia para o alívio da dor (Makihara et al. 2005) quando aplicado em regiões inflamadas, que são caracterizada por temperatura frias com reduzida circulação sanguínea, como no caso das disfunções músculo-esqueléticas (Gold et al. 2009).

Este também pode ser um dos mecanismos para explicar a redução da fadiga, pois o aumento da temperatura cutânea é decorrente do reflexo vasodilatador e resulta no aumento da microcirculação que favorece a chegada de nutrientes para os músculos ativos e associado à ativação da bomba muscular esquelética aumenta o retorno venoso que favorece o transporte dos substratos metabólicos (Paolillo, Paolillo e Cliquet 2005) e podem gerar maior remoção e oxidação de ácido láctico pela via aeróbia (Ferraresi et al. 2010; Leal Junior 2009b; Leal Junior 2009c).

Hom, Vasquez e Pozos 2004 investigaram os efeitos imediatos do aquecimento e esfriamento da pele antes do exercício físico. Foi constatado que a fonte de calor resultou em menor redução da saturação de oxigênio muscular e hemoglobina total, que indica efeitos benéficos, tornando o músculo menos vulnerável ao desenvolvimento da fadiga comparada ao esfriamento da pele que gerou efeito oposto.

O tratamento da celulite também pode ser explicado pelo aumento da temperatura cutânea, pois os locais de celulites são caracterizados por áreas de circulação sanguínea deficitária e as tecnologias anticelulites são desenvolvidas para aumentar o fluxo sanguíneo local e conseqüentemente a temperatura cutânea (Rona, Carrera e Berardesca 2006). Este aumento da circulação sanguínea melhora a suplementação de oxigênio e promove a regeneração tecidual, principalmente na pele (Bossini et al. 2008; Lee 2003), bem como favorece a drenagem linfática (Kaviani et al. 2006).

Portanto, as imagens termográficas mostraram um dos possíveis mecanismos da fototerapia para promover efeitos terapêuticos que possibilitam maior desempenho físico e o tratamento da celulite (Paolillo et al. 2011).

APÊNDICE 2

AVALIAÇÃO ESTÉTICA: CELULITE

Obesidade e gordura localizada não são sinônimos de celulite, mas podem estar associadas. Na obesidade há hiperplasia e hipertrofia dos adipócitos, enquanto na gordura localizada há hipertrofia dos adipócitos que se apresentam em diferentes formas e tamanhos, desagregadas ou unidas. A celulite ocorre tanto em mulheres obesas quanto nas magras, este problema estético é caracterizado por alterações da microcirculação e do sistema linfático, bem como por disfunção do tecido adiposo e cutâneo com reação fibrótica que conduz o aspecto da pele parecido com casca de laranja (Rawlings 2006).

Outros termos utilizados para designar celulite são Paniculose Ginóide, Fibroedema Gelóide Subcutâneo, Lipodistrofia Ginóide, Lipoesclerose Nodular ou apenas Paniculose (Rossi e Vergananini 2000; Terranova, Berardesca e Maibach 2006).

Celulite é uma condição comum na mulher e ocorre com maior frequência nas regiões das coxas e nádegas e tem 4 graus ou estágios evolucionários (Mirrashed et al. 2004). A etiologia da celulite é multifatorial e inclui causas endócrinas, genéticas e estruturais, bem como idade, dieta, estilo de vida sedentário e sexo. Em relação ao sexo, ela é predominantemente encontrada na mulher porque a sua arquitetura tecidual (Figura 35) é diferente do homem (Nootheti et al. 2006). Nas mulheres, as fibras são dispostas de maneira perpendicular à superfície cutânea, enquanto os homens apresentam septos fibrosos cruzados (Mirrashed et al. 2004; Querleux 2002). Ainda, as mulheres apresentam matrix do tecido conectivo alterada e adipogênese aumentada o que explica as invaginações hipodérmicas (gordura subcutânea) dentro da derme (tecido conjuntivo) que causa a deformidade (Rawlings 2006; Terranova, Berardesca e Maibach 2006; Christ et al. 2008).



Figura 35: Esquema representativo da arquitetura tecidual nos homens (a) e nas mulheres (b).

Problemas cosméticos são indesejáveis pelas mulheres, principalmente a celulite. Assim, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos de uma técnica não invasiva e não farmacológica (fototerapia associada ao treinamento em esteira ergométrica) sobre a estética corpórea e celulite.

Participaram deste estudo 20 mulheres caucasianas com idade entre 25 e 55 anos. Foi realizado teste de esforço máximo ou limitado por sintomas em esteira ergométrica (Protocolo Bruce para Jovens e Protocolo Bruce modificado para mulheres de meia idade) para diagnóstico e elaboração da intensidade de treinamento. O treinamento em esteira ergométrica, com intensidades entre 85% e 90%, com e sem iluminação-LED (Figura 36) foi realizada 2 vezes por semana no período de 3 meses e cada sessão durou 45 minutos. Os parâmetros de irradiação foram 100 mW, 40 mW/cm² e 108 J/cm². O tratamento foi avaliado pela interpretação dos parâmetros de composição corporal [antropometria (massa e altura corpórea, cintura, quadril, culote, bem como, 10, 20 e 30 cm da articulação do quadril) e bioimpedância (porcentagem de gordura, massa gorda e massa magra)] e análise da documentação fotográfica. T test Students pareado foi utilizado para comparar os dados pré e pós-tratamento usando o Statistica 7 (Statsoft Inc., Tulsa, Ok, USA). O nível de significância estatística foi de 5% ($p \leq 0.05$).

Os resultados obtidos na avaliação antropométrica e composição corporal podem ser observados na tabela 13 e o tratamento da celulite em mulheres jovens e de meia idade pode ser visualizado nas figuras 37 e 38, respectivamente.

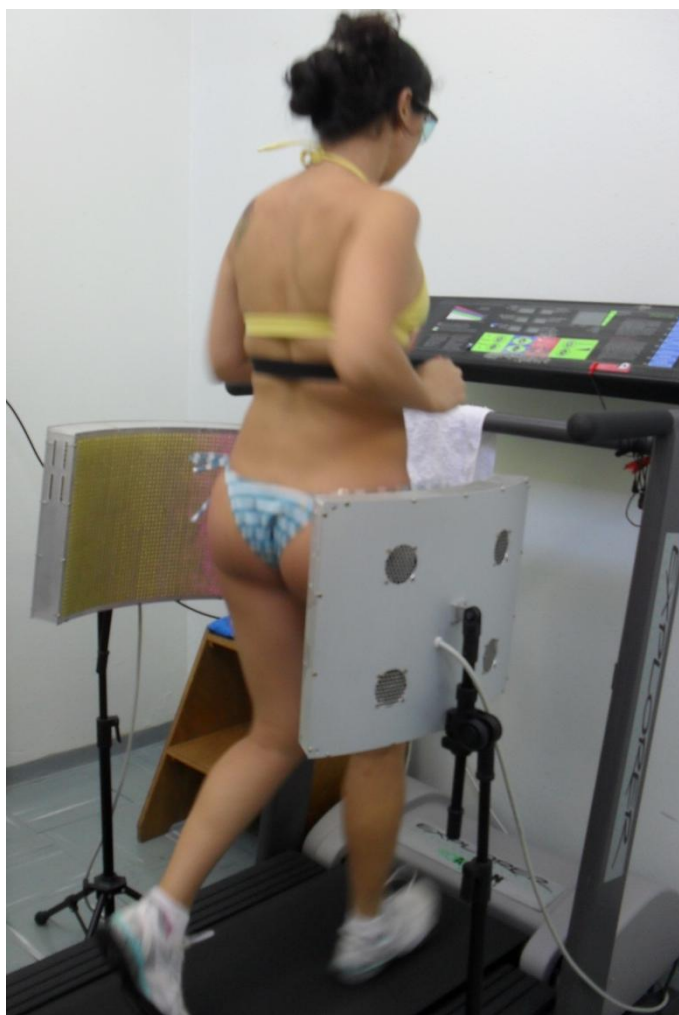


Figura 36: Mulher jovem realizando o tratamento estético.



Pré-Tratamento e com contração de glúteos Pós-Tratamento e com contração de glúteos



Pré-Tratamento e sem contração de glúteos Pós-Tratamento e sem contração de glúteos

Figura 37: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de mulher com 27 anos de idade.



Pré-Tratamento

Pós-Tratamento

Figura 38: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de mulher com 55 anos de idade.

Tabela 13: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação antropométrica e composição corporal.

	Grupo LED		Grupo Exercício	
	Pré-Tratamento	Pós-Tratamento	Pré-Tratamento	Pós-Tratamento
Altura Corpórea (cm)	157.05±7	157.1±7.5	65.7±11.9	65.1±11.6
Massa Corpórea (Kg)	71.1±11.5	70.3±10.8	156.8±5.8	156.7±5.6
IMC (Kg/m ²)	28.7±4.7	28.5±4.5	26.1±3.9	26.5±3.9
Cintura (cm)	92.7±10.9	91.4±10.6	86.2±11.1	86.5±11.5
Quadril (cm)	108.6±11.2	107.3±10.5	102.6±6.3	101.7±6.8
Relação Cintura-Quadril (cm/cm)	0.85±0.08	0.85±0.09	0.83±0.08	0.83±0.09
Culote Direito (cm)	65.9±7	63.9±7.1**	62.2±5.5	61.5±4.7
Culote Esquerdo (cm)	66.1±7.6	63.8±7.4**	61.1±6.3	60.9±6.1
Coxa Direita (10 cm)	64±7.1	62.6±7.2**	58.8±4.6	59.2±5.2
Coxa Esquerda (10 cm)	62.8±6.3	61.4±6.5**	59.5±5.1	58.9±5.5
Coxa Direita (20 cm)	55.5±7.2	53.6±7.58**	49.5±4.8	50.2±5.9
Coxa Esquerda (20 cm)	54.9±6.8	53.6±6.7**	48.9±5.1	48.1±5.8
Coxa Direita (30 cm)	46.2±6.1	45±6**	41.7±4.9	42.1±5.2
Coxa Esquerda (30 cm)	45.6±7.5	44.3±7.4*	42.9±4.6	42.1±5.2
Porcentagem de Gordura (%)	38.4±5.2	37.6±5.5	35.7±2.7	36.9±3.6
Massa Gorda (Kg)	27.3±8	27.1±6	23.8±5.5	24.3±6.1
Massa Magra (Kg)	44.1±4.3	43±6	42.7±5.7	41.3±6.2

*Diferencia significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

**Diferencia significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.01)

Embora não foi constatado modificações na composição corporal, houve redução significativa dos perímetros dos culotes e coxas direita e esquerda. Esta redução de medida não está relacionada com o deslocamento da gordura periférica para a região abdominal, pois não houve aumento do perímetro de cintura e C/Q. A redução de medidas pode estar relacionada com efeitos do infravermelho que resultaram em aumento da microcirculação e em drenagem linfática.

Kaviani e colaboradores (2005) aplicaram três vezes semanais o infravermelho (Laser Ga-As 890 nm) no membro superior de mulheres que tiveram câncer de mama e apresentavam linfedema após mastectomia. Os resultados de 22 semanas de tratamento mostraram redução significativa das medidas do membro em decorrência da ativação da microcirculação, bem como, da redução de fluido e concentração proteica excedente, que resultou em desintoxicação metabólica e melhora do membro.

Pesquisa em estética corpórea também mostra a redução de medidas da coxa de mulheres que utilizaram o VellaSmooth System [combinação de infravermelho (700-1500 nm), radiofrequência e manipulação mecânica] e Triactive System [combinação de infravermelho (laser de diodo 810 nm), resfriamento, sucção e massagem]. Estudos com estes dispositivos ópticos evidenciam a melhora do aspecto da celulite e da textura da pele, como a flacidez. Entretanto, o eritema e edema são efeitos colaterais destes sistemas (Alster e Tehrani 2006; Nootheti et al. 2006).

O atual procedimento clínico que associa o exercício físico e o infravermelho não apresentou efeitos colaterais. Ainda, a iluminação-LED infravermelha aumentou a microcirculação, e possivelmente, a drenagem linfática e a síntese de colágeno que resultaram em redução dos perímetros dos culotes e das coxas direita e esquerda, além da melhora na textura da pele, devido ao rejuvenescimento e tratamento da celulite.

De acordo com o observado pelos pesquisadores e relatos das mulheres que realizaram iluminação-LED e treinamento na esteira ergométrica, a pele se tornou mais lisa, macia e rejuvenescida.

Alguns relatos foram:

“meu marido perguntou se eu estava usando algum creme novo”;

“minha pele está mais lisa e macia”;

“minha celulite regrediu”.

A partir destes relatos, sugerem-se estudos que avaliem a viscoelasticidade e hidratação da pele.

Como a celulite também é decorrente da vascularização inadequada, a termografia mostra imagens de regiões mais frias correspondentes à área de celulite, mas provavelmente ela não tenha sensibilidade para registrar estas mudanças de temperatura em repouso no período pré e pós-tratamento e, portanto, sugere-se avaliação da intensidade de infravermelho por espectroscopia.

No estudo de Zhou et al. (2009), foi constatado que o pico de radiação infravermelha é menor no ponto de acupuntura de pacientes com doença arterial coronariana comparado aos sujeitos saudáveis, o que sugere hipoatividade metabólica. Enquanto a maior intensidade nos sujeitos saudáveis está relacionado com a maior síntese de ATP e maior ativação metabólica.

Portanto, este novo procedimento clínico que associa a iluminação-LED com o treinamento em esteira ergométrica pode promover o tratamento da celulite, atenuando a aparência de casca de laranja da pele e melhorando a estética corpórea.

Outras documentações fotográficas podem ser observadas a seguir (Figura 39) e também mostram a melhora na estética corpórea:



Figura 39: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de 2 mulheres de meia idade.

Este procedimento também é um importante coadjuvante da lipoescultura, com redução do eritema e edema, relatado pela paciente e seu médico cirurgião plástico, potencializando a estética corpórea em 3 meses de tratamento (Figura 37). Assim, sugere-se a realização de estudos sobre a associação da iluminação-LED, esteira ergométrica e técnicas invasivas para estética corpórea.



Figura 40: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento de Lipoescultura associado à iluminação-LED infravermelha e treinamento em esteira ergométrica em mulher de 31 anos de idade.

Também foi possível observar o efeito sistêmico da iluminação-LED infravermelha, como a melhora da dermatite em outras áreas do corpo que não foram irradiadas (Figura 41). Vários estudos reportam o efeito positivo da fototerapia sobre a cicatrização de lesões na pele (Peplow, Chung e Baxter 2010; Enwemeka 2009; Gál et al. 2008; Whelan et al. 2001).

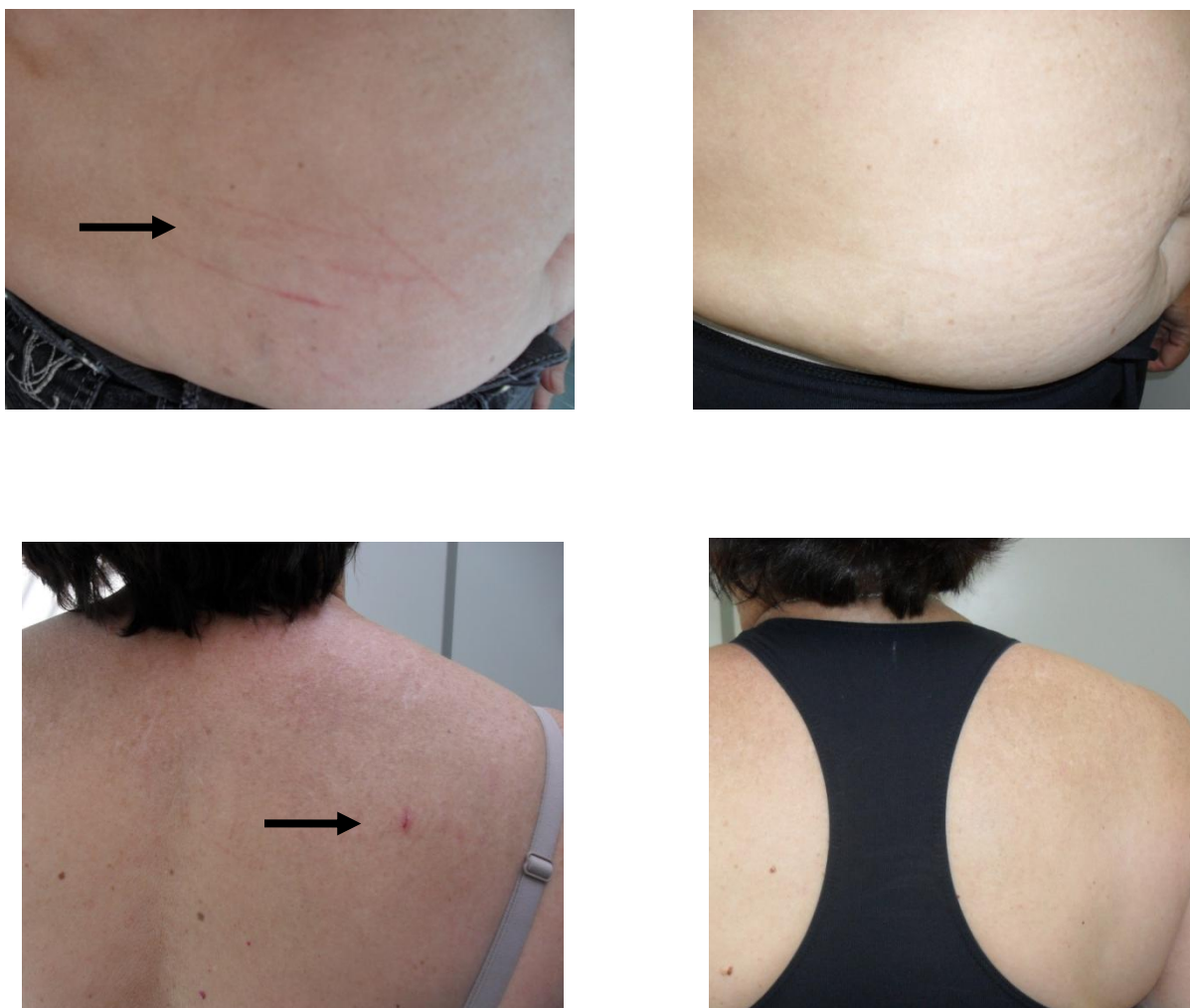


Figura 41: Documentação fotográfica pré e pós-tratamento da melhora na dermatite sem aplicação direta dos LEDs-infravermelho (efeito sistêmico).

APÊNDICE 3

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL NO PERÍODO DE 1-6 MESES

No período pré-tratamento, foi realizado o inquérito alimentar de 3 dias (Borghini-Silva et al. 2006), que consistiu no registro escrito de todos os alimentos consumidos pelas pacientes durante 3 dias, estimando a quantidade e tamanho das porções, para obter informações sobre o hábito alimentar.

Posteriormente, as voluntárias do projeto assistiram duas palestras, consecutivamente, uma sobre as consequências do envelhecimento (ministrada por Fernanda Rossi Paolillo) e a outra sobre os alimentos que podem ser benéficos ou maléficos à saúde (ministrado por Nutricionista).

Após 6 meses, foi realizado o recordatório de 24 horas, que consiste no registro de todos os alimentos ingeridos no dia anterior a esta avaliação, estimando a quantidade e tamanho das porções, para obter informações sobre o hábito alimentar.

Para análise dos nutrientes foi utilizado o DietWin software, version 2.0.23 (dietWin Software, Porto Alegre, RGS, Brazil).

Para análise estatística foi utilizada ANOVA Two way para medidas repetidas e ANOVA One way com post hoc Bonferroni.

Esta avaliação nutricional é qualitativa e não é precisa, pois as pacientes podem omitir o consumo de algum alimento. Entretanto, é importante ter uma noção da nutrição das mulheres na pós-menopausa participantes do projeto para ajudar na compreensão dos resultados obtidos referentes à composição corporal e exames sanguíneos.

Observa-se nas tabelas 14 e 15 os resultados da avaliação nutricional no período pré e pós-tratamento de 6 meses. A figura 42 mostra a redução significativa do consumo de gorduras saturadas ($p=0.02$) no grupo sedentário.

É importante ressaltar que não houve mudanças significativas no consumo calórico e que o consumo de proteína em todos os grupos está acima do recomendado, enquanto o de carboidrato está abaixo do recomendado. Quanto ao consumo de gordura, o grupo LED apresenta consumo acima do recomendado, enquanto o grupo exercício apresenta consumo próximo do recomendado e o grupo sedentário apresenta consumo abaixo do recomendado. Ainda, a vitamina D e o cálcio também estão abaixo do recomendado para todos os grupos.

Tabela 14: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação nutricional (caloria consumida e macronutrientes).

	Grupo LED		Grupo Exercício		Grupo Sedentário	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Caloria Consumida (Kcal)	1907±549	1852±422	1613±628	1277±318	1661±446	1587±474
Macronutrientes						
Proteína [g (%)]	88±27(19±5)	89±30(21±5)	79±43(19±5)	65±24(21±7)	80±16(20±6)	82±25(22±8)
Carboidrato [g (%)]	234±66(50±8)	181±69(42±6)	191±60(50±12)	158±46(51±12)	208±66(50±9)	201±90(51±8)
Gorduras [g (%)]	68±28(31±7)	69±25(36±4)	59±44(31±33)	42±24(28±10)	57±26(30±9)	43±13(26±5)
Monoinsaturada (g)	13±7	26±23	11±6	7±7	14±10	9±6
Poliinsaturada (g)	8±5	11±7	4±2	3±3	6±5	5±3
Saturada (g)	22±11	23±10	22±16	16±13	21±11	13±6*
Colesterol (mg)	271±216	364±188	221±117	241±173	274±217	326±200
Fibras (g)	24±11	19±8	23±11	16±8	26±6	25±10

*Diferencia significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

Tabela 15: Valores de média, desvio padrão e resultados estatísticos da avaliação nutricional (micronutrientes e minerais).

	Quantidades	Grupo LED		Grupo Exercício		Grupo Sedentário	
		Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Micronutrientes							
Retinol - vitamina A (mg)	800	940±1630	680±629	922±765	444±262	275±168	515±313
Tiamina – vitamina B1 (mg)	1	1.2±0.7	1.1±1	1.1±0.5	0.7±0.4*	0.9±0.4	0.8±0.2
Riboflavina – vitamina B2 (mg)	1.2	1.6±0.7	1.3±0.4	1.6±0.7	1±0.6*	1.6±0.5	1.2±0.3
Niacina – vitamina B3 (mg)	13	17±8	16±8	18±20	14±8	17±6	18±10
Piridoxina – vitamina B6 (mg)	1.6	0.8±0.3	1±0.7	1.2±1	0.7±0.4	1±0.4	1.4±1
Folato – vitamina B9 (mg)	180	155±116	150±58	181±78	93±64*	139±126	48±72
Cianocobalamina – vitamina B12 (mg)	2	3±3	3±2	4±3	3±5	5±2	4±2
Ácido ascórbico – vitamina C (mg)	60	86±105	99±85	138±69	70±66	78±90	50±35
Colecalciferol - vitamina D (mg)	5	3±3	2±2	1±1	1±2	4±3	3±2
Tocoferol - vitamina E (mg)	8	9±8	7±6	5±3	4±4	8±7	6±3
Minerais							
Cálcio (mg)	800	714±355	694±334	818±393	547±280	750±233	577±180
Selênio (mcg)	55	0.3±0.6	0.1±0.3	0.1±0.2	0.1±0.3	0.1±0.2	0.1±0.1
Zinco (mg)	12	7±5	9±3	9±6	3±2*	13±5	10±7
Ferro (mg)	10	13±5	11±3	11±5	10±3	14±4	14±5

*Diferencia significativa entre o pré e pós-tratamento (p<0.05)

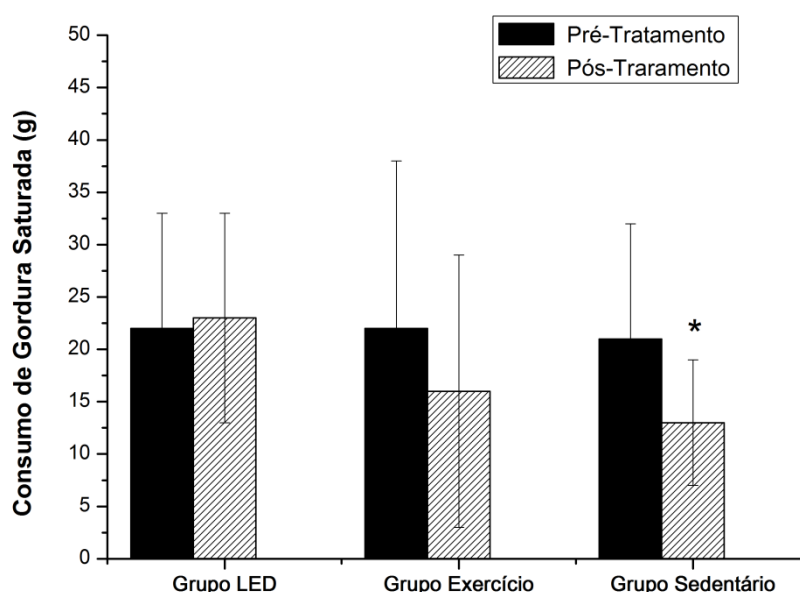


Figura 42: Consumo de gordura saturada no período de 6 meses.

O consumo de proteínas acima do recomendado pode resultar em excesso de proteína no organismo e quando associado à inatividade física pode ocorrer a transformação de proteína em gordura (Lehninger, 1995; Voet e Voet, 2006), bem como pode estimular a síntese de proteína no músculo esquelético e prevenir a perda de massa muscular (Devkota e Layman 2010).

Efeitos sobre o IMC nas mulheres do grupo sedentário podem ter sido influenciado pelo consumo de proteínas, pois o aumento do percentual de gordura (embora não significativo), pode ser explicado pela transformação de proteína em gordura quando associado à inatividade física, mas como elas são ativas na rotina de vida diária, a dieta de proteína associada aos efeitos da sobrecarga corpórea pode ter influenciado na função e massa muscular.

Entretanto, a partir dos 6 meses não houve mais aumento significativo do IMC no grupo sedentário, provavelmente porque dieta com alto consumo de proteína por período prolongado, como 12 meses, pode resultar em benefícios na composição corporal e nos parâmetros metabólicos (Layman et al. 2009).

De acordo com vários estudos (Brehm e D'Alessio 2008; Devkota e Layman 2010) o consumo de proteína favorece a saciedade, a termogênese e a energia expendida contribuindo para que as pessoas não engordem (Brehm e D'Alessio 2008). Então, a dieta de proteína nem sempre promove emagrecimento (Aldrich et al. 2011; Belski et al. 2010). Entretanto, a dieta de alto consumo de proteína quando

associado a uma dieta de baixo consumo de carboidrato pode resultar em emagrecimento (Brehm et al. 2003). A dieta de alto consumo de proteína também tem efeitos positivos sobre o perfil lipídico (Layman et al. 2009), glicêmico e insulínico (Devkota e Layman 2010; Belski et al. 2010). Entretanto, no atual estudo não foi constatado benefícios sobre o perfil glicêmico e insulínico, principalmente no grupo sedentário.

Outra hipótese que pode explicar o aumento do IMC e a hiperinsulinemia no grupo sedentário, bem como a ausência de resultados para melhorar a sensibilidade à insulina (HOMA 2 S) em todos os grupos e motivo pelo qual as mulheres não emagreceram, principalmente aquelas dos grupos que realizaram treinamento físico é que o consumo elevado de carboidrato pode ter sido omitido pelas mulheres da atual pesquisa durante a avaliação, pois não foi constatado diferenças significativas na ingestão de carboidrato em todos os grupos.

Entretanto, um aspecto negativo da dieta predominante de proteína é a possibilidade de prejudicar a função do fígado e dos rins (Wakefiel et al. 2011; Jia et al. 2010). Entretanto, este assunto ainda é controverso e outros estudos não mostram estes efeitos colaterais (Li et al. 2010; Brehm e D'Alessio 2008).

O maior consumo de proteína (Layman et al. 2009), bem como a redução significativa do consumo de gorduras saturadas (sanduíches, chocolates, bolachas, frituras, entre outros) no grupo sedentário pode explicar a melhora do perfil lipídico neste grupo (Howard et al. 2006).

A porcentagem do consumo de gordura estava acima do recomendado para o grupo LED e mesmo assim, houve a manutenção da porcentagem de gordura corpórea e a melhora do perfil lipídico, que podem estar relacionadas com os benefícios da fototerapia, enquanto a maioria das mulheres do grupo exercício mostrou quantidade recomendada do consumo de gordura.

Ainda, sugere-se suplementação de cálcio e vitamina D (Delaney 2006) para todas as mulheres avaliadas para auxiliar no metabolismo ósseo, pois mostraram quantidade destes nutrientes abaixo do recomendado.

ANEXO 1**APROVAÇÃO NACIONAL E LOCAL DO PROJETO DE PESQUISA**

Aprovação pelo Ministério da Saúde,
Conselho Nacional de Saúde e
Comitê Nacional de Pesquisa - CONEP



MINISTÉRIO DA SAÚDE
Conselho Nacional de Saúde
Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP

PARECER Nº 688/2009

Registro CONEP: 15218 (Este nº deve ser citado nas correspondências referentes a este projeto)

CAAE: 0104.0.135.000-08

Processo nº 25000. 003092/2009-57

Projeto de Pesquisa: "Efeitos da Radiação visível e infravermelho sobre os tecidos musculares, ósseo e adiposos em mulheres na pós-menopausa".

Pesquisador Responsável: Fernanda Rossi Paolillo

Instituição: Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR (CENTRO ÚNICO)

CEP de origem: Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Área Temática Especial: Novos equipamentos

Patrocinador: Instituto de Física de São Carlos- IFCS- USP, Programa CEPID-FAPESP

Sumário geral do protocolo

Trata-se de um estudo de Engenharia Biomédica que pretende avaliar os efeitos da radiação visível e infravermelho, associada ao treinamento aeróbio em esteira ergométrica em 40 mulheres pós-menopausa.

A Engenharia Biomédica é uma área específica da Biotecnologia, que consiste no desenvolvimento de instrumentação médica para diagnóstico, prognóstico e tratamento de diversas patologias, através de dispositivos ópticos, fotônicos, eletrônicos, mecatrônicos, magnéticos, sensores, inteligência artificial e biomateriais.

No ponto de vista patológico, a redução na capacidade aeróbia e a perda de massa muscular, reduzem a energia expendida, o que conduz ao aumento do percentual de gordura. A distribuição da gordura corporal muda com o passar dos anos e resulta na diminuição da gordura subcutânea e no aumento da gordura visceral e abdominal, com conseqüente aumento da secreção de citocinas pró-inflamatória. A perda muscular e o aumento no percentual de gordura podem conduzir a sarcopenia (perda de massa/força muscular) e ao processo inflamatório, de modo que se verifique uma inter-relação metabólica dos tecidos adiposos, musculares e ósseos, que são modificados por esforços mecânicos. Destaca-se o treinamento aeróbio em esteira ergométrica, que pode reduzir o percentual de gorduras por aumentar a capacidade oxidativa e utilizar o metabolismo de gorduras, bem como, propiciar a ação da força de reação do solo, momentos articulares produzidos pelas contrações musculares e descarga corpórea, que podem favorecer o aumento da massa/força muscular e óssea.

A osteopenia/osteoporose pode ser decorrente da ausência de carga mecânica ou atribuída à idade e deficiência de estrógeno, principalmente em mulheres no período da pós-menopausa. A osteoporose é uma doença sistêmica, caracterizada pela diminuição da massa óssea e deterioração da arquitetura do tecido ósseo, resultando em fragilidade óssea e risco de fraturas, com maior incidência no quadril, vértebras e terço distal do antebraço.

Para que haja o remodelamento ósseo, a presença de cargas no sistema músculo-esquelético, principalmente nos membros inferiores, é essencial para a prevenção e tratamento da osteoporose, devido ao efeito piezoelétrico, ou seja, carga mecânica transformada em sinal elétrico.

Cont. Parecer CONEP nº 688/2009

A interpretação dos dados fisiológicos e biomecânicos fornecem parâmetros para diagnóstico, prognóstico e intervenções terapêuticas em diversas patologias, auxiliando na elaboração de protocolos de tratamento mais direcionados ao quadro clínico de cada paciente, além de avaliar a instrumentação biomédica, por exemplo, os Lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) e LEDs (Light Emitting Diodes). A aplicação do laser ou LEDs incluem radiações visível (vermelha) e invisível (infravermelho) que são importantes para atividade mitocondrial e processo de regeneração celular.

Estudos realizados no Brasil mostram o aumento da força muscular e da capacidade oxidativa em decorrência das adaptações fisiológicas ao treinamento aeróbico em esteira ergométrica ou cicloergômetro associado ao laser de baixa intensidade. Portanto, é importante investigar a influência de radiação visível e infravermelho no processo metabólico em tecidos sujeitos à esforços mecânicos, avaliando a resistência à fadiga, a massa muscular e óssea, bem como o percentual de gordura em humanos. Estes aspectos são relevantes pois podem auxiliar na prevenção e tratamento de diversas patologias, para os astronautas, atletas, trabalhadores e, com destaque, para população em processo de envelhecimento, como as mulheres na pós-menopausa.

Os objetivos específicos do estudo são: 1) Investigar a capacidade funcional aerobia, o comportamento da frequência cardíaca em teste ergométrico, a força e a fadigabilidade dos extensores do joelho; 2) Investigar a força e fadiga muscular durante a extensão do joelho, com mensuração de torque, potência e trabalho através de contrações concêntricas no dinamômetro isocinético; 3) Investigar o percentual de gordura e a massa muscular através de Antropometria, Adipometria e Bioimpedância; 4) Investigar a densidade mineral óssea do colo do fêmur, punho e coluna lombar através da Densitometria Óssea.

Esta pesquisa oferecerá um Programa de Revitalização Geriátrica e Tecnologia em um período de 18 meses para a Comunidade de São Carlos, UFSCar e Faculdade Aberta da Terceira Idade (UATI). O programa de treinamento está descrito no protocolo.

Os critérios de inclusão das 40 participantes/sujeitos de pesquisa são: sexo feminino, de raça branca, com idade entre 45 e 65 anos, que não menstruam há mais de doze meses e que apresentam osteopenia/osteoporose. Questionada pelo CEP, a pesquisadora justifica o fato de mulheres brancas preencherem um dos critérios de inclusão tendo em vista que as mesmas estão mais suscetíveis à perda óssea se comparadas às mulheres de raça negra e que a incidência de osteopenia está relacionada à etnia (pag 37 do protocolo, numeração do CEP).

Os critérios de exclusão são mulheres com doenças neurológicas, metabólicas, inflamatórias e cardiopatias severas, bem como, osteoporose intensa e marcha patológica. Também não poderão ingerir bebida alcóolica excessivamente e usar medicamentos, como o corticóide. As mulheres serão instruídas a não mudarem seus hábitos alimentares.

As participantes da pesquisa serão divididas em três grupos, aleatoriamente, após passarem por uma anamnese. São eles: Grupo TR: Treinamento aeróbico em esteira ergométrica instrumentalizada com LEDs que emitem radiação visível e infravermelha (n=15); Grupo T: Treinamento aeróbico em esteira ergométrica sem irradiação (n=15) e; Grupo C: Não realiza treinamento e não é irradiado (n=10). O grupo controle que não realiza treinamento e não é irradiado será beneficiado com todos os exames que serão realizados. Ainda, após o término desta pesquisa este grupo será incluído no Programa de Revitalização Geriátrica.

Cont. Parecer CONEP nº 688/2009

A fotoestimulação será realizada durante o treinamento em esteira ergométrica instrumentalizada com LEDs que emitem radiação visível (630 μm) e infravermelho (850 μm). Esta instrumentação biomédica foi desenvolvida pelo Prof. Dr. Vanderlei S. Bagnato e será disponibilizada pelo Grupo de Óptica e Fotônica do Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da Universidade de São Paulo (USP).

O dispositivo com LEDs apresenta duas faces com mais de uma centena de pontos de irradiação. Será acoplado na esteira ergométrica e permitirá ajustes para determinar a distância ideal de irradiação das regiões glúteas e das coxas de acordo com as necessidades de cada mulher. Estas regiões serão irradiadas, pois os músculos quadríceps e glúteos são os principais atuadores durante a postura ereta e a marcha. Ainda, nesta região, há maior incidência de perda óssea (colo do fêmur) e acúmulo de gordura localizada.

A radiação será aplicada durante o exercício em esteira e a intensidade será de 200 mW/cm^2 . As participantes de pesquisa utilizarão óculos de proteção fornecidos pela equipe de pesquisa.

Os quatro tipos de avaliação a serem realizadas, quais sejam: avaliação da capacidade funcional, avaliação biomecânica, avaliação da composição corporal e avaliação da densidade mineral óssea, estão descritos no protocolo de pesquisa.

Espera-se obter, como resultados, que a radiação visível e infravermelha associada ao treinamento em esteira ergométrica instrumentalizada favoreça o aumento da capacidade funcional, da resistência à fadiga, da força muscular, da densidade mineral óssea e a redução do percentual de gordura em mulheres pós-menopausa.

Apresentação do protocolo

O cronograma prevê a duração da pesquisa entre o 1º Semestre de 2008 até o 2º Semestre de 2010, incluindo as fases de revisão bibliográfica e defesa da tese. O procedimento experimental está previsto para se iniciar no 1º semestre de 2009 e terminar no 1º semestre de 2010.

O currículo da pesquisadora, também disponível na Plataforma Lattes, demonstra experiência acadêmica no tema da pesquisa em tela, o que a credencia para essa função no estudo.

O orçamento financeiro apresentado prevê gastos da ordem de R\$ 30.800,00 (trinta mil e oitocentos reais).

No Anexo 2 são apresentadas imagens de equipamentos comercializados que emitem radiação para fins terapêuticos.

Considerações sobre a análise das respostas às pendências do Parecer CONEP Nº 190/2009 relativo ao projeto de pesquisa em questão:

1. Na página 12 do protocolo (numeração do CEP), consta a informação de que "As mulheres serão instruídas a não mudarem seus hábitos alimentares". No entanto, o incentivo à manutenção de hábitos alimentares, se eles forem não saudáveis, pode implicar em um risco adicional do estudo (página 12 de protocolo, numeração do CEP), o qual deve estar mencionado no TCLE. Solicita-se adequação.

Resposta: O TCLE foi alterado conforme solicitado.

Análise: Pendência atendida.

2. Consta a informação de que o programa de treinamento teria início em Janeiro de 2009 (página 13 do protocolo, numeração do CEP), necessitando atualização, uma vez que o protocolo segue em análise pelo Sistema CEP-CONEP.

Cont. Parecer CONEP nº 688/2009

Resposta: Foi apresentado cronograma atualizado.

Análise: Pendência **atendida**.

3. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido deverá se adequar à luz da Resolução CNS 196/96, em especial do item IV.1, que dispõe sobre os aspectos a serem incluídos nesse documento. Solicita-se adequação.

Resposta: O TCLE foi modificado de acordo com a Resolução CNS 196/96, item IV.1.

Análise: Pendência **atendida**.

4. No parecer do CEP da UFSCAR, consta a informação de que o número de participantes será de 45 mulheres, diferentemente do que está informado no protocolo e na Folha de Rosto do estudo (n=40).

Resposta: Em resposta a CONEP foi corrigido o número de pacientes para 40 mulheres, como consta na folha de rosto.

Análise: Pendência **atendida**.

5. Solicita-se informar qual profissional avaliará os hábitos alimentares dos indivíduos de pesquisa.

Resposta: Foi informado que os profissionais que irão acompanhar a saúde nutricional destas mulheres serão duas Nutricionistas com Pós Graduação em Fisiologia do Exercício (UFSCAR), que irão avaliar e intervir quando necessário.

Análise: Pendência **atendida**.

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, de acordo com as atribuições definidas na Res. CNS 196/96, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: **Protocolo aprovado.**

Brasília, 01 de outubro de 2009.


Gyselle Saddi Tannous
Coordenadora da CONEP/CNS/MS

Aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da
UFSCar - CEP



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS
 Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676
 CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil
 Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR
cephumanos@power.ufscar.br <http://www.propq.ufscar.br>

CAAE: 0104.0.135.000-08

Projeto de Pesquisa: Efeitos da radiação visível e infravermelha sobre os tecidos musculares, ósseos e adiposos em mulheres na pós-menopausa

Pesquisadores responsáveis: Fernanda Rossi Paolillo, Vanderley Salvador Bagnato e Cristina Kurachi

Parecer nº. 262/2009

Ref.: Avaliação da resolução das pendências apontadas no parecer CONEP 190/2009

Sumário do projeto

O projeto está contextualizado em uma área específica da Biotecnologia, que é a Engenharia Biomédica. A Engenharia Biomédica é responsável pelo desenvolvimento de instrumentação médica para diagnóstico, prognóstico e tratamento de diversas patologias, por meio de dispositivos ópticos, fotônicos, eletrônicos, mecatrônicos, magnéticos, sensores, inteligência artificial e biomateriais.

Considerando-se que parâmetros fisiológicos e biomecânicos devem ser detectados e analisados para otimização de tais sistemas, é papel de uma equipe multidisciplinar participar do desenvolvimento desse tipo de tecnologia, direcionada ao aumento da qualidade de vida das pessoas.

O suporte profissional à pesquisa, conforme indicado no TCLE (médico cardiologista, fisioterapeuta, educador físico, nutricionista e enfermeiro), denota o caráter multidisciplinar do projeto.

Os pesquisadores têm como objetivo avaliar os efeitos da radiação visível e infravermelha associada ao treinamento aeróbio em esteira



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS
 Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676
 CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil
 Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR
cephumanos@power.ufscar.br <http://www.propq.ufscar.br>

ergométrica, em mulheres em pós-menopausa. Será investigado se a utilização desta tecnologia propicia a melhora da capacidade funcional e da resposta da frequência cardíaca, bem como, o aumento da resistência à fadiga e da força/massa muscular, juntamente com a redução do percentual de gordura, além da prevenção e/ou tratamento da osteopenia/osteoporose.

Nesse sentido, o estudo apresenta relevância social, podendo representar uma melhora na qualidade de vida da população em estudo. Serão sujeitos dessa pesquisa 45 mulheres com idade entre 45 e 65 anos que não menstruam há mais de 12 meses e apresentam osteopenia/osteoporose. Os sujeitos serão divididos em três grupos experimentais e receberão, correspondentemente os tratamentos experimentais (procedimentos):

- 1) 15 mulheres que terão treinamento aeróbio em esteira ergométrica instrumentalizada com LEDs que emitem radiação visível e infravermelha;
- 2) 15 mulheres que terão treinamento aeróbio em esteira ergométrica sem irradiação;
- 3) 15 mulheres sem treinamento ou irradiação.

Resolução de pendências referentes ao parecer CONEP n. 190/2009:

I – A pesquisadora, em resposta ao referido parecer da CONEP, reconhece que, de fato, não fará prescrição de dieta, seja no sentido de modificar ou manter a dieta que as participantes apresentam no início do estudo. Por outro lado, conforme o TCLE, as participantes receberão orientação de hábitos saudáveis de alimentação.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR

cephumanos@power.ufscar.br

<http://www.propq.ufscar.br>

II – O tempo despendido no processo de avaliação pelo sistema CEP-CONEP exigiu que cronograma fosse atualizado. Por essa razão, a pesquisa terá início somente no segundo semestre de 2009;

III – O TCLE contempla as modificações solicitadas pelo parecer CONEP. Sugere-se, contudo, melhor ênfase na possibilidade de esclarecimento, e de desistência de participação a qualquer momento do estudo;

IV – O número de participantes foi modificado na Folha de Rosto, passando a ser de 45 participantes, conforme o protocolo;

V – Os pesquisadores enumeraram os profissionais que acompanharão a saúde das mulheres da pesquisa: Patrícia de Godoy Bueno e Sabrina Cavalcante.


Conclusão

Considerando que o projeto "Efeitos da radiação visível e infravermelha sobre os tecidos musculares, ósseos e adiposos em mulheres na pós-menopausa:" apresenta reconhecida relevância social, e atende as pendências apontadas pelo parecer da CONEP, necessárias para que esteja em acordo com o que prescreve as normas da Resolução nº 196 de 1996 do Conselho Nacional de Saúde, concluímos pela aprovação.

Situação: Aprovado.

Cavalcante.

São Carlos, 30 de Julho de 2009.


 Paulo Roberto dos Santos Ferreira

Coordenador do CEP UFSCar

Aprovação do Aditamento Pelo CEP-UFSCar

Aumento do número de voluntárias na pesquisa, inclusão do grupo de jovens e da aquisição de imagens por fotos e termografia no projeto

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Via Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676

CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

Fones: (016) 3351-8028 Fax (016) 3351-8025 Telex 162369 - SCUF - BR

cephumanos@power.ufscar.br<http://www.propq.ufscar.br>**CAAE: 0104.0.135.000-08**

Projeto de Pesquisa: Efeitos da radiação visível e infravermelha sobre os tecidos musculares, ósseos e adiposos em mulheres na pós-menopausa

Pesquisadores responsáveis: Fernanda Rossi Paolillo, Vanderley Salvador Bagnato e Cristina Kurachi

Parecer nº. 188/2010

Ref.: Avaliação das respostas da pesquisadora à solicitação de adiamento objeto do parecer nº. 159/2010, de 19/05/2010.

Conclusão

As pendências apontadas no Parecer nº. 159/2010, de 19/05/2010, foram satisfatoriamente resolvidas. O adiamento proposto pela pesquisadora está aprovado, uma vez que atende as exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

São Carlos, 01 de junho de 2010.

Prof. Dra. Cristina Paiva de Sousa

Coordenadora do CEP UFSCar

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: Mulheres na Pós-Menopausa

Você está sendo convidado para participar da pesquisa sobre tecnologia e atividade física. Você foi selecionado de acordo com os critérios de inclusão relacionado ao período de pós-menopausa. A sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar o seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Quanto ao projeto de pesquisa:

- 1.** O objetivo geral é favorecer a qualidade de vida das mulheres em pós-menopausa através do uso de tecnologias para tratamento e avaliações fisiológicas e biomecânicas referentes à osteoporose, percentual de gordura e funcionalidade dos sistemas cardiovascular e muscular. Este projeto justifica-se pelo fato de procurar desenvolver meios que facilitem o desempenho físico das mulheres no período pós-menopausa. Portanto, as mulheres que participarem do projeto já contarão com os benefícios relacionados aos tratamentos e exames que serão realizados. Posteriormente, muitas mulheres poderão contar com este tipo de tratamento para o período pós-menopausa como um recurso a mais.
- 2.** Não será utilizado nenhum procedimento invasivo. O tratamento é realizado externamente sobre a pele. A luz e a atividade motora não oferecem complicações à integridade física das mulheres. Na presença de luz, as mulheres utilizarão obrigatoriamente óculos especiais para proteção dos olhos. O risco mínimo refere-se ao desconforto que poderá ocorrer durante os exercícios físicos realizados no tratamento e nas avaliações fisiológicas e biomecânicas, mas este desconforto só é um pouco de cansaço muscular e falta de ar à medida que aumenta a intensidade de esforço físico nos testes. Os riscos são aqueles inerentes a um teste de esforço, mas haverá a assistência médica pela Dra. Isabela Verzola Aniceto, cardiologista que acompanhará todo procedimento.
- 3.** Os exames laboratoriais de sangue serão realizados em ambiente hospitalar, com material descartável e equipe de enfermagem especializada. O risco mínimo refere-se ao desconforto durante a introdução da agulha/seringa e possível hematoma.
- 4.** Serão orientados hábitos alimentares saudáveis, quando necessário, de acordo com os exames laboratoriais e necessidade de cada mulher para não gerar problemas de saúde.
- 5.** Os benefícios esperados estão relacionados a melhora do desempenho das mulheres para reduzir os riscos do período menopausal e aliviar as conseqüências sobre o organismo destas mulheres.
- 6.** As avaliações e tratamentos serão realizados por equipe multidisciplinar: médica cardiologista, fisioterapeutas, educadores físicos, nutricionistas e enfermeiras. Os exames, as avaliações e os tratamentos serão oferecidos gratuitamente. Portanto, haverá um benefício inerente a este acompanhamento durante o período de tratamento.
- 7.** Não se conhecem outras alternativas usando tecnologias para este tipo de problema. As atuais alternativas são farmacológicas e proporcionam efeitos colaterais.

8. As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Assim, os resultados dos exames não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação.
9. As mulheres no período de pós-menopausa devem informar ao pesquisador sobre todo e qualquer tipo de tratamento e/ou procedimento realizado externamente.
10. Se você tiver alguma dúvida, poderá requisitar do pesquisador esclarecimentos ao longo de toda a pesquisa.
11. As despesas com os exames e tratamento serão arcadas pela pesquisa, e não está previsto ressarcimento de despesas outras.
12. Caso haja algum dano durante as intervenções da pesquisa, haverá o pagamento do tratamento necessário por meio de recursos da pesquisa.

Você receberá uma cópia (via) deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e a sua participação, agora ou a qualquer momento.

Fernanda Rossi Paolillo (Doutoranda em Biotecnologia sob orientação do Prof. Dr. Vanderlei S. Bagnato e da Prof^a. Dr^a. Cristina Kurachi)

Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Centro
13560-970 - São Carlos, SP
Telefone: (16) 33739810 Ramal: 222

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde, Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) em Brasília e pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

São Carlos, SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura

Nome do Sujeito da Pesquisa: _____

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Mulheres Jovens

Você está sendo convidado para participar da pesquisa sobre tecnologia e atividade física. Você foi selecionado de acordo com os critérios de inclusão relacionado à faixa etária e sexo feminino (mulheres jovens). A sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar o seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição.

Quanto ao projeto de pesquisa:

- 1.** O objetivo geral é favorecer a qualidade de vida das mulheres através do uso de tecnologias para tratamento e avaliações fisiológicas referente ao percentual de gordura e funcionalidade dos sistemas cardiovascular e muscular. Este projeto justifica-se pelo fato de procurar desenvolver meios que facilitem o desempenho físico e a estética corpórea. Portanto, as mulheres que participarem do projeto já contarão com os benefícios relacionados aos tratamentos e exames que serão realizados. Posteriormente, muitas mulheres poderão contar com este tipo de tratamento.
- 2.** Não será utilizado nenhum procedimento invasivo. O tratamento é realizado externamente sobre a pele. A luz e a atividade motora não oferecem complicações à integridade física das mulheres. Na presença de luz, as mulheres utilizarão obrigatoriamente óculos especiais para proteção dos olhos. O risco mínimo refere-se ao desconforto que poderá ocorrer durante os exercícios físicos realizados no tratamento e nas avaliações fisiológicas, mas este desconforto só é um pouco de cansaço muscular e falta de ar à medida que aumenta a intensidade de esforço físico nos testes. Os riscos são aqueles inerentes a um teste de esforço, mas haverá a assistência médica pela Dra. Isabela Verzola Aniceto, cardiologista que acompanhará todo procedimento.
- 3.** Serão orientados hábitos alimentares saudáveis, quando necessário, para não gerar problemas de saúde.
- 5.** Os benefícios esperados estão relacionados a melhora do desempenho/estética das mulheres para prevenir as conseqüências do envelhecimento das mulheres ainda na fase adulta.
- 6.** As avaliações e tratamentos serão realizados por equipe multidisciplinar: médica cardiologista, fisioterapeutas, educadores físicos e nutricionistas. Os exames, as avaliações e os tratamentos serão oferecidos gratuitamente. Portanto, haverá um benefício inerente a este acompanhamento durante o período de tratamento.
- 7.** Não se conhecem outras alternativas usando tecnologias para este tipo de problema. As atuais alternativas são farmacológicas ou invasivas e proporcionam efeitos colaterais.
- 8.** As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Assim, os resultados dos exames não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação.
- 9.** As mulheres devem informar ao pesquisador sobre todo e qualquer tipo de tratamento e/ou procedimento realizado externamente.

10. Se você tiver alguma dúvida, poderá requisitar do pesquisador esclarecimentos ao longo de toda a pesquisa.

11. As despesas com os exames e tratamento serão arcadas pela pesquisa, e não está previsto ressarcimento de despesas outras.

12. Caso haja algum dano durante as intervenções da pesquisa, haverá o pagamento do tratamento necessário por meio de recursos da pesquisa.

Você receberá uma cópia (via) deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e a sua participação, agora ou a qualquer momento.

Fernanda Rossi Paolillo (Doutoranda em Biotecnologia sob orientação do Prof. Dr. Vanderlei S. Bagnato e da Prof^a. Dr^a. Cristina Kurachi)

Av. Trabalhador São-carlense, 400 - Centro
13560-970 - São Carlos, SP
Telefone: (16) 33739810 Ramal: 222

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde, Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) em Brasília e pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br

São Carlos, SP, _____ de _____ de _____.

Assinatura

Nome do Sujeito da Pesquisa: _____

ANEXO 3**PROTÓCOLOS DE AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE DE VIDA (QSM E RMS)**

QUESTIONÁRIO DA SAÚDE DA MULHER (QSM)

WOMEN'S HEALTH QUESTIONNAIRE (WHQ) - Myra Hunter

	1 Sim, sempre	2 Sim, algumas vezes	3 Não, não muito	4 Não, Nunca
1. Você acorda no meio da noite e então dorme mal o resto dela?				
2. Você tem muito medo ou sensação de pânico sem nenhuma razão aparente?				
3. Você se sente triste e infeliz?				
4. Você se sente ansiosa quando sai de casa sozinha?				
5. Você perdeu o interesse pelas coisas?				
6. Você tem palpitações ou sensação de "aperto" no estômago ou no peito?				
7. Você ainda gosta das coisas de que costumava gostar?				
8. Você sente que a vida não vale a pena				
9. Você se sente tensa ou muito nervosa?				
10. Você tem bom apetite?				
11. Você está impaciente e não consegue ficar calma?				
12. Você está mais irritada que o normal?				
13. Você está preocupada com o envelhecimento?				
14. Você tem dores de cabeça?				
15. Você se sente mais cansada que o normal?				
16. Você tem tonturas?				
17. Você tem a sensação de que seus seios estão doloridos ou desconfortáveis?				
18. Você sofre de dor nas costas ou nos membros (braços/pernas)?				
19. Você tem fogachos (ondas de calor)?				
20. Você está mais chata/implicante que o normal?				
21. Você se sente cheia de vida (com energia) e empolgada?				
22. Você tem cólicas ou desconfortos abdominais?				
23. Você se sente nauseada ou com mal-estar constante?				
24. Você perdeu o interesse pelas atividades sexuais?				
25. Você tem sensação de bem-estar?				
26. Você tem hemorragias (útero)?				
27. Você tem suores noturnos?				
28. Você tem sensação de empachamento (estômago)?				
29. Você tem sonolência?				
30. Você freqüentemente sente formigamento nas mãos e nos pés?				
31. Você se sente satisfeita com sua vida sexual? (omita se não for sexualmente ativa)				
32. Você se sente fisicamente atraente?				
33. Você tem dificuldades para se concentrar?				
34. Você acha que suas relações sexuais tornaram-se desconfortáveis em razão de secura vaginal?				
35. Você precisa urinar/beber água mais que antigamente?				
36. Você acha que sua memória está ruim?				
37. Daquilo que foi perguntado acima, há algum(ns) sintoma(s) que você tenha mais dificuldade que os outros para lidar?	SIM () NÃO () Se sim, qual(is)?			

Publicações:

Resultados Preliminares - Doutorado

Artigos Aceitos em Revistas Internacionais

- 1) Paolillo FR; Milan JC; Aniceto IA; Barreto SG; Rebelatto JR; Borghi-Silva A; Parizotto NA; Kurachi C; Bagnato VS. (2011). Effects of Infrared-Led Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. *Photomedicine and Laser Surgery*. In press.

- 2) Paolillo FR; Borghi-Silva A; Parizotto NA; Kurachi C; Bagnato VS. (2011). New Treatment of Cellulite with Infrared-Led Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*. In press.

**EFFECTS OF INFRARED-LED ILLUMINATION APPLIED DURING
HIGH-INTENSITY TREADMILL TRAINING IN POSTMENOPAUSAL
WOMEN**

ABSTRACT

Background Data: Technology and physical exercise can enhance physical performance during aging. **Objective:** To investigate the effects of infrared-LED illumination (850 nm) applied during treadmill training. **Materials and Methods:** Twenty postmenopausal women participated in this study. They were randomly divided into two groups. The LED group performed treadmill training associated with infrared-LED illumination (n=10) and the control group carried out only treadmill training (n=10). The training was performed during three months, twice a week during 30 minutes at intensities between 85-90% of maximal heart rate. The irradiation parameters were 31 mW/cm^2 , treatment time 30 minutes, 14400 J of total energy and 55.8 J/cm^2 of fluence. Physiological, biomechanical and body composition parameters were measured at the baseline and after three months. **Results:** Both groups improved the time of tolerance limit (Tlim; $p < 0.05$) during submaximal constant-speed testing. The peak torque did not differ between both groups. However, the results showed significantly higher values of power [from 56 ± 10 to $73 \pm 8 \text{ W}$ ($p = 0.002$)] and total work [from 1537 ± 295 to $1760 \pm 262 \text{ J}$ ($p = 0.006$)] for the LED group when compared to the control group [power: from 58 ± 14 to $60 \pm 15 \text{ W}$ ($p \geq 0.05$) and total work: from 1504 ± 404 to $1622 \pm 418 \text{ J}$ ($p \geq 0.05$)]. The fatigue significantly increased for the control group [from 51 ± 6 to $58 \pm 5 \%$ ($p = 0.04$)], but not for the LED group [from 60 ± 10 to $60 \pm 4 \%$ ($p \geq 0.05$)]. No significant differences in body composition were observed for either group. **Conclusion:** Infrared-LED illumination associated with treadmill training can improve muscle power and delay leg fatigue in postmenopausal women.

INTRODUCTION

The biochemical theory of aging (wear and tear, accumulation of toxins, free radicals and telomeric or programmed count) invokes damage on DNA, cells, tissues and organs, leading to a decline in functional capacity¹ (cardiovascular, respiratory, neural, muscular, bone and other systems) with a progressive increase in fat mass, particularly in postmenopausal women due to hormonal changes.^{2,3,4,5} Furthermore, these consequences of aging in combination with a decrease in physical activity may lead to a decline of physical performance with early fatigue, poor balance and falls.^{2,4}

The muscle degeneration during aging has been associated with the mitochondrial dysfunction due to the deletions in mitochondrial DNA (mtDNA) and an abnormal electron transport system with progressive shortening of telomeres and proliferative exhaustion of satellite cells.^{6,3} However, phototherapy improves cellular activation via absorption of photons by chromophores present in the protein components of the mitochondrial respiratory chain – mainly NADH dehydrogenases and cytochrome-c oxidase, which leads to increased electron transport, production of ATP and tissue regeneration (skin, muscle, bone and peripheral nerves).^{7,8}

The unbalance between reactive oxygen species (ROS) production and antioxidant capacity leads to a phenomenon, where the skeletal muscle of aged subjects becomes more susceptible to oxidative damage, mainly during physical exercise, due to mitochondria dysfunction.⁹ It can result in inflammation, delayed onset muscle soreness (DOMS) and muscle degeneration.¹⁰ However, phototherapy stimulates the anti-inflammatory effect with analgesia and vasodilatation⁷ which can help experience less pain in muscles and articulations, so that physical exercises can be performed without difficulties.

High intensity treadmill training results in cardiovascular and osteomuscular improvement,² but also generates ROS. ROS not only are toxic but also play an important role in cell signalling and in the regulation of gene expression. These signals result in an upregulation of powerful antioxidant enzymes that can enhance muscle force and fatigue resistance.¹¹ Moreover, phototherapy has not only shown to reduce the release of ROS¹² but has also shown to generate ROS¹³ that may increase antioxidant defense¹⁴ potentiating the effect of physical exercise.

Devices used for phototherapy, e.g. Lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) and LEDs (Light Emitting Diodes) emit light with very specific properties. While lasers are monochromatic, coherent and preserve collimation during

propagation, the light originated from LEDs is neither coherent nor collimated and covers a much broader range of wavelengths. The advantages of LEDs versus lasers is that LEDs have a comparably low operational cost, they allow irradiation of larger areas¹⁵ and can be configured to produce multiple wavelengths⁷ with an absorption of photons by several chromophores.¹⁶

A review in literature shows that phototherapy has only been applied before^{17,18,19,20,21} or after^{22,23,24} physical exercise to enhance muscle performance. In a recent study, Ferraresi et al.²⁴ showed that the strength training associated with phototherapy (Laser with six diodes, 850nm) applied during 3 months increased quadriceps performance. However, the cardiovascular adaptations to exercise performance remains to be investigated.

The objective of this study was to develop and evaluate the effects of a new clinical procedure: infrared radiation originated from LEDs associated with treadmill training in postmenopausal women. LED arrays were developed for an irradiation of a large area, such as hip and quadriceps muscles, main actuators during stance and swing phases. These body parts are furthermore areas where there is incidence of osteoporosis, mainly at femur, localized fat deposits and cellulite. Infrared radiation (850 nm) was selected because this spectral range shows better skin penetration compared to red interval.

Our hypothesis is that the infrared-LED illumination during treadmill training can enhance physical performance, as evaluated by the endurance exercise testing on a treadmill and strength exercise testing in postmenopausal women. The basis for such a hypothesis is based on the fact that the light therapy during the intense metabolic stage caused by exercise may be more efficient.

MATERIALS AND METHODS

The current research has been approved by the National Ethics Committee of Ministry of Health in Brasilia, Brazil and by the Ethics Committee of Federal University of São Carlos (UFSCar) in São Carlos, Brazil. All subjects signed written informed consents before their participation in the study.

Subjects

This study was performed in 20 postmenopausal women, caucasian, ages between 50 and 60 years and non-users of hormone replacement therapy (the postmenopausal period was

defined by absence of menstruation for more than 12 months). The subjects who had neurological, metabolic, inflammatory, endocrinopathic, pulmonary, malignancy and heart diseases were excluded of this study. The volunteers were instructed not to change their eating habits during the duration of this study.

The postmenopausal women were randomly divided into two groups: (i) the LED group that performed treadmill training associated with infrared-LED illumination (n = 10) and (ii) the control group that carried out only treadmill training (n = 10).

Phototherapy and Treadmill Training

For the phototherapy to be performed during treadmill training, the Optics Group from Instituto de Física de São Carlos (IFSC), University of São Paulo (USP), developed one system based on infrared-LEDs to be used during the physical exercises (Figure 1).

Each illumination device with an area of 1110 cm² has two thousand LEDs (850 nm, Everlight Eletronics CO. Ltd., Taiwan, China). The LED array is angled and has a curvature radius of 57cm with adjustable height and portability to allow adjusting the distance. We used the traditional delivered dose in phototherapy. A power meter fieldmaster (Coherent Inc., Santa Clara, California, USA) in the milliwatt range were used. The average power density near the emitter is about 28 mW/cm². The distance between the LED devices and the volunteers' skin was 15cm and the average power density on the skin was 31mW/cm². This small increase of the intensity at the skin surface occurred because of the geometry of the LED array. The curvature results in a small focusing effect of the light (as in curved mirrors) causing the observed increase of the power density. The treatment time was 30 minutes performed bilaterally on thighs. These parameters led to approximately 14400 J overall irradiation energy and a fluence of 55.8 J/cm². The total energy delivered per limb is estimated to be 7200 J.

The volunteers wore safety glasses and swimwear to ensure infrared absorption through the bare skin during the treadmill training with infrared-LED.

Treadmill training with and without phototherapy was performed twice a week, for 3 months, each session lasted 30 minutes. The training began with low intensity and gradually performed until reaching a high intensity, 85-90% maximal heart rate (HR_{max}) obtained during a previous maximal exercise testing. To monitor the HR during the training a cardiofrequencymeter monitor (Polar A3) was used. The values of HR are presented as mean values and standard deviation. The initial phase refers to the adaptation of physical training

and it was maintained for three weeks [LED group: HR=125±9 beats/minute (bpm) and control group: HR=124±9 bpm]. Subsequently, the treadmill speed was increased (LED group: HR=134±7 bpm and control group: HR=133±9 bpm) and the intensity was maintained for 3 weeks. After this period, the speed was increased again (LED group: HR=148±5 bpm and control group: HR=145±9 bpm) and was maintained until the end of the training.

Evaluations were performed on the baseline and after 3 months and each evaluation was made on different days. As heart disease was an exclusion criteria, the electrocardiogram (ECG) and clinical evaluation were performed first. In the second week and on different days, body composition and submaximal constant-speed testing were performed, and in the following week, the concentric isokinetic exercise testing was performed.

Assessment HR at Rest and During Maximal Effort Testing

Under cardiology medical surveillance, the volunteers underwent evaluation of a 12-lead conventional ECG (Ergo, HW Systems - HeartWare Ltda, Belo Horizonte, MG, Brazil) in resting and ergometric test. For the maximal effort test using treadmill, continuous function protocol (Modified Bruce Protocol II) was used.^{25,26} The initial stage was set at 0% of inclination and speed of 1.7 mph or 2.7 Km/h. Two stages following the slope was an increase of 5% and the rate kept at 1.7 mph (2.7 Km/h). The 3rd to the 7th stage tilt was an increase of 2% and the speed of 0.8 mph (1.28 Km/h) and 0.5 mph (0.8 Km/h) from 7th to 9th stage. Each stage was kept during 3 minutes. R-R interval was continuously registered during all test in a ECG monitor. The test was stopped if the patients showed signs and/or limiting symptoms or when it reached the HRmax due to age.

Submaximal Constant-Speed Testing

The test began with 5 minutes of rest in a sitting position. After this, the volunteers started the exercise on a treadmill with constant speed²⁷ (85% HRmax and 15° tilt). The volunteers carried out the exercise up to the maximal time of the tolerance (Tlim) or to a maximum of 20 minutes when evaluated after 3 months of the treadmill training. The HR was measured using the cardiofrequencymeter monitor (Polar S810i).

Isokinetic Concentric Exercise Testing

Peak torque, power, work and fatigue of the dominant quadriceps were measured using the isokinetic dynamometer²⁸ (Biodex Multi Joint System III, Biodex Medical Systems

Inc., New York, USA). Prior the test the load cell has been properly calibrated using standard weight and dynamometer lever arm horizontally positioned and stabilized in relation to the ground, according manufacturer's recommendations. Positioning and stabilization of the volunteers was standardized and the tests were applied. Protocol 1 for the analysis of the maximum isokinetic strength: the volunteers performed five maximal efforts to determine maximal peak torque (N.m) at low angular velocity (ω) of 60°/s. Protocol 2 for the analysis of the isokinetic endurance: the subjects performed efforts during 1 minute at high angular velocity of 300°/s to determine average power (W), total work (J) and fatigue index (%). The muscle fatigue was determined by the following formula: Percent decrease = $100 - [(work\ last\ third / work\ first\ third) \times 100]$.

Body Composition Assessment

To evaluate the body composition, anthropometric measurements and bioelectrical impedance were performed. The anthropometric evaluation²⁹ consisted in performing measurements of height in centimeters (cm), body mass in kilograms (kg) and the anatomical landmarks to measure the circumference (cm), in the upright position of the body were: 1) waist: measured at the midpoint between the lowest rib and the iliac crest.; 2) hip: measured at the level of maximum extension of the buttocks.³⁰ Anthropometric data were used to determine the body mass index [BMI: body weight (in kg) divided by height (in m) squared] and the waist-hip ratio [waist (in cm) divided by hip (in cm)].^{29,30,31} For measurement of body fat and lean mass, the bipolar impedance of the upper limbs (OMRON®, Kyoto, Japan)³¹ was performed, the volunteers were instructed not to exercise, not to use metals in the body and to maintain normal hydration status.

Statistical Analysis

Measurements were expressed by mean and standard deviations. The Shapiro-Wilk test was used to analyze the normality. Two-way repeated measures ANOVA with Bonferroni adjustments were used to compare changes before and after treatment. The delta between situations before and after the treatment (post-pre= Δ) was used to compare groups via one-way ANOVA with Bonferroni adjustments. Data were analyzed using Statistica for Windows Release 7 software, Statsoft, Inc. and the significance level was set at 5% ($p < 0.05$).

RESULTS

Baseline Characteristics, HR at Rest and During Maximal Effort Testing

The mean values and standard deviation were 55 ± 3 years old for the age, and 9 ± 6 years for the duration of menopause. The values of HR_{baseline} and HR_{max} for the LED group were 73 ± 9 bpm and 162 ± 11 bpm, and for the control group was 74 ± 9 bpm and 153 ± 17 bpm, respectively. The Bruce II stage reaching was 3 ± 0.5 for the LED group and 2.5 ± 0.5 for the control group.

Submaximal Constant Speed Testing

The mean value of the speed in the submaximal test for the LED group was 5.9 ± 0.6 km/h and for the control group it was 5.4 ± 0.9 km/h. There was a significant increase in T_{lim} after three months of treatment for both groups [LED group: from 3 ± 1 to 9 ± 4 min ($p=0.001$) and control group: from 3 ± 7 to 7 ± 4 min ($p=0.01$)]. No significant difference was found between the groups in the Δ change between the post and pre treatment ($p\geq 0.05$).

Isokinetic Concentric Exercise Testing

The results of the isokinetic concentric exercise testing during the dominant knee extension in $\omega=60^\circ/s$ and the fatigue test results in $\omega=300^\circ/s$ are shown in Table 1. There was a significant increase in average power ($p=0.002$) and total work ($p=0.006$) for the LED group, but not for the control group ($p\geq 0.05$). There was also a significant increase in fatigue for the control group ($p=0.04$), while the LED group maintained the fatigue index ($p\geq 0.05$). No significant difference was found between the groups in the Δ change between the post and pre treatment ($p\geq 0.05$), except for the results of average power ($p=0.04$) for LED group (figure 2). Negative values in the Δ (average power) for the control group can be seen in Figure 2.

Body Composition Assessment

There was no significant difference in body compositions results for either group (Table 1).

DISCUSSION

This is the first study evaluating the effects of infrared-LED illumination associated with treadmill training in postmenopausal women. The main findings were that in these women the association of LED illumination with treadmill training improved peripheral strength without producing fatigue of the quadriceps. These results suggest LED illumination with treadmill training could be used as an aid during high-intensity physical exercise for postmenopausal women. In addition, treadmill training associated or not with LED can improve submaximal performance of these subjects.

Submaximal Constant Speed Testing

Both groups significantly improved submaximal exercise performance, as shown by the increase in Tlim for both groups. These results can reflect beneficial adaptations promoted by treadmill training,²⁷ independently of the LED illumination. Our findings showed potential effects of the phototherapy on anaerobic performance during isokinetic endurance compared to aerobic performance via submaximal constant speed testing. Studies with phototherapy showed formation of the giant mitochondria³² that may contribute to the greater energy availability in high-intensity exercise.²⁴ This is based on the hierarchical and ramp recruitment of the muscle fibers (from oxidative fibers to glycolytic fibers), as well as, the aerobic energy production (oxidative) is supplemented by anaerobic energy production (glycolytic) as exercise becomes more intense.²⁴

Isokinetic Concentric Exercise Testing

There were no significant changes in the peak torque of the knee extensor for both groups. However, the peak torque is an indicator for the muscle's strength capabilities and show generally significant increases due to the muscular resistance training.³³

The increase in muscle power found in the LED group indicates greater functional capacity to generate force quickly over time during motor tasks requiring consecutive muscle actions (in particular concentric muscle contractions, such as stair climbing and walking or running) with reduced fatigue compared to the control group. In this context, the present study is very important, because the decline in fast powerful movements with aging requires less

recruitment of fast motor units that may contribute to a loss of these motor units (type II) with muscular degeneration and fatigue.³⁴

The therapeutic effects of phototherapy on the neuromuscular system can generate re-innervation³⁵ with early functional nerve recovery,³⁶ as well as muscle regeneration.³⁷ Moreover, the high-intensity training requires use of aerobic and anaerobic metabolism with recruitment of oxidative slow-twitch muscles (type I) and glycolytic fast-twitch muscles (type II).³⁸

Peripheral fatigue is an exercise-induced reduction in maximal voluntary muscle force-generation capacity with metabolic, ionic and electrical changes at or distal to the neuromuscular junction.³⁹ Therefore, fatigue prevention observed in the LED group can be related to the increased power and work of quadriceps. Moreover, the negative difference between pre and post treatment power values indicates that some women in the control group did not improve the quadriceps power, and it may explain the increase of fatigue in the control group.

The increase of physical performance has been investigated in several studies that showed the immediate effect of phototherapy (laser or LED) applied to athletes before exercise, such as increasing the number of contractions^{17,18,20} and the decrease of blood lactate (BL),^{19,20} creatine-kinase (CK) and C-reactive protein levels²⁰ in post-exercise. Similar results in CK^{23,40} and BL⁴⁰ levels were found in a study with rats.

Furthermore, another study shows the failure of the results (number of contractions and BL levels), while a positive result was the reduction of CK only in the group subjected to the application of LEDs (660/850 nm), because the large area irradiated with LEDs was compared to fewer points irradiated with laser (810 nm).²¹ These results are important because they show that the irradiated area is vital to improve physiological responses after a high intensity physical exercise and our new procedure allows the irradiation of a large index area.

LEDs is a great alternative for phototherapy. They are not fully monochromatic neither coherent radiation. Concerning monochromaticity, they are narrower than most absorption bands of endogenous chromophores⁴¹ and therefore no energy is lost. In fact, studies comparing the action of lasers and LEDs operating at equivalent fluence rates show they produce equivalent effects.⁴³ Concerning coherence, certain studies^{7,21,43} have shown that this property of the light source is not exclusively responsible for cellular response or that it has only little influence on the outcomes for phototherapy.^{44,45}

Although we only used infrared radiation, many studies have used multiple wavelengths^{7,21} through devices that contain many different LED emitters. The idea in these cases is that different wavelengths can act on different sites of the tissue.^{16,41} For instance, red light acts on mitochondria while infrared acts on membrane of mitochondria and the combined effect can be of advantage for the final biostimulation. For any multiple wavelengths use, LEDs will be easier to be implemented compared to laser, since the present technology allows for production of a large variety of wavelengths, not yet possible for lasers.^{7,46} According to Enwemeka,⁴⁷ “treating patients with appropriate wavelengths of polychromatic light or a combination of red and infrared wavelengths offers the following advantages: 1) the ability to effectively treat deep and superficial lesions simultaneously, and 2) the ability to cover a broader spectrum of the therapeutic window of wavelengths for tissue repair and pain relief; which, based on the literature, appears to lie within the 600–1000nm range”.

Body Composition Assessment

LEDs plus treadmill training or exercise alone did not promote changes in body composition. During the aging process loss of muscle and accumulation of fat (subcutaneous abdominal, intramuscular and visceral, for example heart and liver) occurs.^{4,5} However, both groups showed maintenance of lean mass, body fat, BMI, waist circumference and waist-to-hip ratio. These data are important for the prevention of cardiovascular diseases. The high-intensity aerobic training is believed to increase the calorie intake as a compensatory mechanism to increase metabolic rate, resulting in maintaining and even increasing of fat percentage,⁴⁸ except when a low-calorie diet is imposed.³¹ However, clinical studies that investigate the reduction of the fat mass are difficult because they require diet control and monitoring. Therefore, future animal studies with phototherapy and exercise should be performed.

CONCLUSION AND SUMMARY

The current study showed that the developed infrared-LED device associated with treadmill training can be useful to improve outcomes related to muscle power and leg fatigue for postmenopausal women. In this context, we considered that a phototherapy associated with treadmill training can be potentially used for sports and rehabilitation protocols where

the main objective is muscle strength. Moreover, LED arrays can be considered as an efficient alternative to the use of Lasers. Future studies will be performed to investigate morphological and cellular adaptations of infrared-LEDs associated with physical exercise and will try to investigate other physiological outcomes.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge the Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Grant no. 98/14270-8 and 05/59427-7, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

DISCLOSURE STATEMENT

No competing financial interests exist.

REFERENCES

1. Ahmed, M.S., Matsumura, B., Cristian, A. (2005). Age-Related Changes in Muscles and Joints. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 16, 19-39.
2. Borer. K.T., Fogleman, K., Gross, M., New, J.M., Dengel, D. (2007). Walking Intensity for Postmenopausal Bone Mineral Preservation and Accrual. *Bone*, 41, 713-721.
3. Bunout, D., Backhouse, C., Leiva, L., et al. (2009). Relationship between Protein and Mitochondrial DNA Oxidative Injury and Telomere Length and Muscle Loss in Healthy Elderly Subjects. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 48, 335-339.
4. Zamboni, M., Mazzali, G., Fantin, F., Rossi, A., Francesco, V.D. (2008). Sarcopenic Obesity: A New Category of Obesity in the Elderly. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases.* 18, 388-395.
5. Raguso, C.A., Kyle, U., Kossovsky, P. et al. (2006). A 3-Year Longitudinal Study on Body Composition Changes in the Elderly: Role of Physical Exercise. *Clinical Nutrition.* 25, 573-580.
6. Lee, C.M., Lopez, M.E., Weindruch, R., Aiken J.M. (1998). Association of Age-Related Mitochondrial Abnormalities with Skeletal Muscle Fiber Atrophy. *Free Radical Biology & Medicine.* 25, 964–972.

7. Whelan, H.T., Smits Jr., R.L., Buchman, E.V., et al. (2001). Effect of NASA Light-Emitting Diode Irradiation on Wound Healing. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 19, 305-314.
8. Vladimirov, Y.A., Osipov, A.N., Klebanov, G.I. (2004). *Photobiological Principles of Therapeutic Applications of Laser Radiation*. Biochemistry (Moscow). 69, 81-90.
9. Lambertucci, R.H., Levada-Pires, A.D., Rossoni, L.V., Curi, R., Pithon-Curi, T.C. (2007). Effects of Aerobic Exercise Training on Antioxidant Enzyme Activities and mRNA Levels in Soleus Muscle from Young and Aged Rats. *Mechanisms of Ageing and Development*. 128, 267-275.
10. Aoi, W., Naito, Y., Takanami, Y., et al. (2004). Oxidative Stress and Delayed-Onset Muscle Damage after Exercise. *Free Radical Biology & Medicine*. 37, 480-487.
11. Ji, L.L. (2008). Modulation of Skeletal Muscle Antioxidant Defense by Exercise: Role of Redox Signaling. *Free Radical Biology & Medicine*. 44, 142-152.
12. Rizzi, C.F., Mauriz, J.L., Corrêia, D.S.F., et al. (2006). Effects of Low-Level Laser Therapy (LLLT) on the Nuclear Factor (NF)-kB Signaling Pathway in Traumatized Muscle. *Lasers in Surgery and Medicine*. 38, 704-713.
13. Zhang, J., Xing, D., Gao, X. (2008). Low-Power Laser Irradiation Activates Src Tyrosine Kinase through Reactive Oxygen Species-Mediated Signaling Pathway. *Journal of Cellular Physiology*. 217, 518-528.
14. Avni, D., Levkovitz, S., Maltz, L., Oron, U. (2005). Protection of Skeletal Muscles from Ischemic Injury: Low-Level Laser Therapy Increases Antioxidant Activity. *Photomedicine and Laser Surgery*. 23, 273-277.
15. Bagnato, V.S., Kurachi, C., Ferreira, J. et al. (2006). New Photonic Technologies for the Treatment and Diagnosis of Hepatic Diseases. An Overview of Experimental Work Performed in Collaboration, between Physics Institute of São Carlos and Ribeirão Preto Faculty of Medicine of the University of São Paulo. *Acta Cirúrgica Brasileira*. 21, 3-11.
16. Karu, T.I., Piatybrat, L.V., Afanasyeva, N.I. (2004). A Novel Mitochondrial Signaling Pathway Activated by Visible-to-near Infrared Radiation. *Photochemistry and Photobiology*. 80, 366-372.
17. Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Dalan, F., et al. (2008). Effect of 655 nm Low-level Laser Therapy on Exercise-Induced Skeletal Muscle fatigue in Humans. *Photomedicine and Laser Surgery*. 26, 419-424.

18. Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Vanin, A.A., et al. (2009a). Effect of 830 nm Low-Level Laser Therapy in Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue in Humans. *Lasers Med. Sci.* 24, 425-431.
19. Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Barone, B.M., et al. (2009b). Effect of 830 nm Low-Level Laser Therapy Applied Before High-Intensity Exercises on Skeletal Muscle Recovery in Athletes. *Lasers Med. Sci.* 24, 857-863.
20. Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Rossi, R.P., et al. (2009c). Effect of Cluster Multi-Diode Light Emitting Diode Therapy (LEDT) on Exercise-Induced Skeletal Muscle Fatigue and Skeletal Muscle Recovery in Humans. *Lasers in Surgery and Medicine.* 41, 572-577.
21. Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Baroni, B.M., et al. (2009d). Comparison between Single-Diode Low-Level Laser Therapy (LLLT) and LED Multi-Diode (Cluster) Therapy (LEDT) Applications before High-Intensity Exercise. *Photomedicine and Laser Surgery.* 27, 617-623.
22. Renno, A.C.M., Moura, F.M., Santos, N.S.A., Tirico, R.P., Bossini, P.S., Parizotto, N.A. (2006). The Effects of Infrared-830 nm Laser on Exercised Osteopenic Rats. *Lasers Med. Sci.* 21, 202-207.
23. Sussai, D.A., Carvalho, P.T.C., Dourado, P.M., Belchior, A.C.G., Reis, F.A., Pereira, D.M. (2010). Low-Level Laser Therapy Attenuates Creatine Kinase Levels and Apoptosis During Forced Swimming in Rats. *Lasers Med. Sci.* 25, 115-120.
24. Ferraresi, C., Oliveira, T.B., Zafalon, L.O., et al. (2010). Effects of Low Level Laser Therapy (808 nm) on Physical Strength Training in Humans. *Lasers Med Sci.* in press.
25. Johnson, P.H., Cowley, A.J., Kinnear, W.J.M. (1998). A Randomized Controlled Trial of Inspiratory Muscle Training in Stable Chronic Heart Failure. *European Heart Journal.* 19, 1249-1253.
26. Green, J.M., Crews T.R., Bosak, A.M., Peveler, W.W. (2003). A Comparison of Respiratory Compensation Thresholds of Anaerobic Competitors, Aerobic Competitors and Untrained Subjects. *Eur J Appl Physiol.* 90, 609-613.
27. Zoll, J., Ponsot, E., Dufour, S. et al. (2006). Exercise Training in Normobaric Hypoxia in Endurance Runners. III. Muscular Adjustments of Selected Gene Transcripts. *J Appl Physiol.* 100, 1258-1266.
28. Pincivero, D.M., Gandaio, C.B., Ito, Y. (2003). Gender-Specific Knee Extensor Torque, Flexor Torque, and Muscle Fatigue Responses during Maximal Effort Contractions. *Eur J Appl Physiol.* 89, 134-141.

29. Ebrahimpour, P., Fakhrzadeh, H., Heshmat, R., Ghodsi, M., Bandarian, F., Larijani, B. (2010). Metabolic Syndrome and Menopause: A Population-Based Study. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*. 4, 5-9.
30. Li, S., Wagner, R., Holm, K., Lehotsky, J., Zinaman, M.J. (2004). Relationship between Soft Tissue Body Composition and Bone Mass in Perimenopausal Women. *Maturitas*. 47, 99-105.
31. Fujibayashi, M., Hamada, T., Matsumoto, T. et al. (2009). Thermoregulatory Sympathetic Nervous System Activity and Diet-Induced Waist-Circumference Reduction in Obese Japanese Women. *American Journal of Human Biology*. 21, 828-835.
32. Bakeeva L.E., Manteifel V.M., Rodichev E.B., Karu T.I. (1993). Formation of Gigantic Mitochondria in Human Blood Lymphocytes under the Effect of an He-Ne Laser. *Mol Biol (Mosk)*. 27, 608-617.
33. Lopez, M.E., Zainal, T.A., Chung, S.S., Aiken, J.M., Weindruch, R. (2000). Aging: Oxidative Stress and the Pathogenesis of Sarcopenia. *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise*. 29, 831-880.
34. Adamo, M.L., Farrar, R.P. (2006). Resistance Training, and IGF Involvement in the Maintenance of Muscle Mass during the Aging Process. *Ageing Research Reviews*. 5, 310-331.
35. Snyder, S.K., Byrnes, K.R., Borke, R.C., Sanchez, A., Anders, J.J. (2002). Quantitation of Calcitonin Gene-Related Peptide mRNA and Neuronal Cell Death in Facial Motor Nuclei Following Axotomy and 633 nm Low Power Laser Treatment. *Lasers in Surgery and Medicine*. 31, 216-222.
36. Barbosa, I.R., Marcolino, A.M., Guirro, R.R.J., Mazzer, N., Barbieri, C.H., Fonseca, M.C.R. (2010). Comparative Effects of Wavelengths of Low-Power Laser in Regeneration of Sciatic Nerve in Rats Following Crushing Lesion. *Lasers Med. Sci*. 25, 423-430.
37. Shefer, G., Partridge, T.A., Heslop, L., Gross, J.G., Oron, U., Halevy, O. (2002). Low-Energy Laser Irradiation Promotes the Survival and Cell Cycle Entry of Skeletal Muscle Satellite Cells. *Journal of Cell Science*. 115, 1461-1469.
38. Rose, A.J., Bisiani, B., Vistisen, B., Kiens, B., Richter, E.A. (2009). Skeletal Muscle eEF2 and 4EBP1 Phosphorylation during Endurance Exercise is Dependent on Intensity and Muscle Fiber Type. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 296, 326-333.

39. Gandevia, S.C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*. 81, 1726-1771.
40. Leal Junior, E.C.P., Lopes-Martins, R.A.B., Almeida, P., Ramos, L., Iversen, V.V., Bjordal, J.M. (2010). Effect of Low-Level Laser Therapy (GaAs 904 nm) in Skeletal Muscle Fatigue and Biochemical Markers of Muscle Damage in Rats. *Eur. J. Appl. Physiol*. 108, 1083-1088.
41. Karu, T.I. (1989). *Photobiology of Low-Power Laser Therapy*. Harwood Academic Publishers. Chur, Switzerland, pp. 1-187.
42. Lizareli, R.F.Z., Panhoca, V.H., Bagnato, V.S. (2009). Comparative Clinical Study of Temporomandibular Joint Dysfunction (TMJ) using red and infrared Led-Therapy. Abstracts from 7th International Congress of the World Association for Laser Therapy. *Photomedicine and Laser Surgery*. 27, 198-198.
43. Vinck, E.M., Cagnie, B.J., Cornelissen, M.J., Declercq, H.A., Cambier, D.C. (2003). Increased Fibroblast Proliferation Induced by Light Emitting Diode and Low Power Laser Irradiation. *Lasers Med Sci*. 18, 95-99.
44. Enwemeka, C.S. (2006). The Place of Coherence in Light Induced Tissue Repair and Pain Modulation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 24, 457.
45. Peplow, P.V., Chung, T.Y., Baxter, G.D. (2010). Laser Photobiomodulation of Wound Healing: A Review of Experimental Studies in Mouse and Rat Animal Models. *Photomedicine and Laser Surgery*. 28, 291-325.
46. Eells, J.T., Wong-Riley, M.T.T., VerHoeve, J. et al. (2004). Mitochondrial Signal Transduction in Accelerated Wound and Retinal Healing by Near-Infrared Light Therapy. *Mitochondrion* 4, 559-567.
47. Enwemeka, C.S. (2009). Intricacies of Dose in Laser Phototherapy for Tissue Repair and Pain Relief. *Photomedicine and Laser Surgery*. 27, 387-393.
48. Fenkci, S., Sarsan, A., Rota, S., Ardic, F. (2006). Effects of Resistance or Aerobic Exercises on Metabolic Parameters in Obese Women Who Are Not on a Diet. *Advances in Therapy*. 23, 404-413.

Table 1. Values of mean, standard deviation and statistical results of isokinetic concentric exercise testing and body composition.

	LED Group		Control Group	
	Pre treatment	Post treatment	Pre treatment	Post treatment
Peak Torque (N.m)	107.9±13.9	110.1±17.5	109.2±25.7	99.6±23.1
Average Power (W)	55.6±9.61	72.7±7.5**	57.7±14.1	59.6±15.4
Total Work (J)	1537.1±295.5	1760.1±261.6**	1504.3±403.6	1621.9±418.1
Fatigue (%)	59.8±9.9	59.8±4.2	51.3±6.1	57.6±5.2*
Body Height (cm)	153.3 ± 6.1	153.7 ± 6.1	156.2 ± 5.2	156.8 ± 5.8
Body Mass (kg)	69.9 ± 12.4	68.6 ± 10.8	63.3 ± 17.7	65.03 ± 11.65
BMI (Kg/m²)	29.1 ± 4.7	28.9 ± 4.1	26.1 ± 3.9	26.5 ± 3.9
Waist (cm)	98.4 ± 13.1	94.6 ± 12.5	86.2 ± 11.1	86.5 ± 11.5
Hip (cm)	105.2 ± 9.6	104.4 ± 9.7	102.6 ± 6.3	101.7 ± 6.8
Waist-to-Hip Ratio (cm/cm)	0.89 ± 0.08	0.90 ± 0.07	0.83 ± 0.08	0.83 ± 0.09
Body Fat (%)	38.8 ± 5.1	40.4 ± 4.6	35.7 ± 2.7	36.9 ± 3.6
Lean Mass (%)	61.1 ± 5.1	59.3 ± 4.3	65.2 ± 3.8	63.1 ± 3.6

*Significant difference for pre vs post treatment (Repeated Measures ANOVA with Bonferroni adjustments, p<0.05)

**Significant difference for pre vs post treatment (Repeated Measures ANOVA with Bonferroni adjustments, p<0.01)

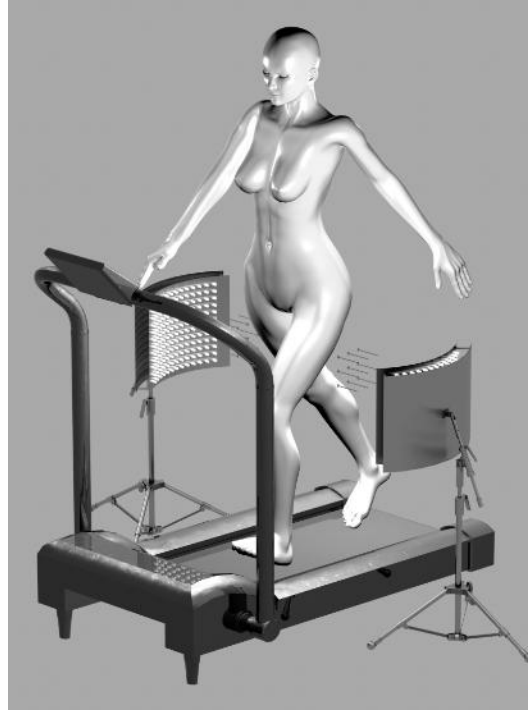


FIG. 1. New clinical procedure combining infrared-LED with treadmill training.

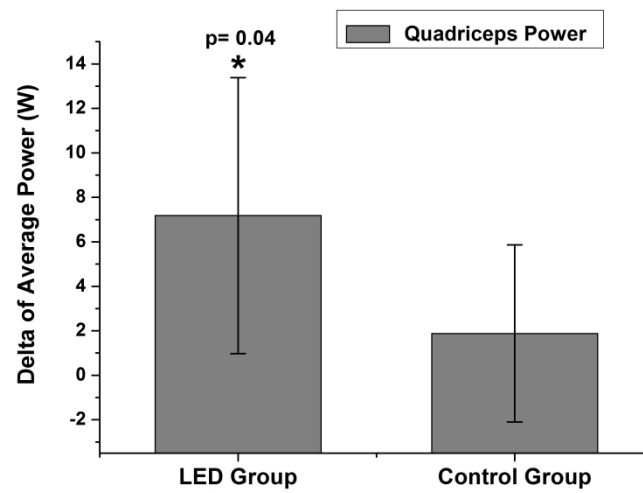


FIG. 2. Delta of average power between the post and pre treatment.

**NEW TREATMENT OF CELLULITE WITH INFRARED-LED
ILLUMINATION APPLIED DURING HIGH-INTENSITY TREADMILL
TRAINING**

Abstract

Phototherapy improves cellular activation which is an important factor for the treatment of cellulite. The objective of this research was to develop and evaluate the effects of a new (noninvasive and nonpharmacological) clinical procedure to improve body aesthetics: infrared-LED (850 nm) plus treadmill training. Twenty women (25 to 55 years old) participated in this study. They were separated in two groups: the control group, which carried out only the treadmill training (n=10) and the LED group, with phototherapy during the treadmill training (n=10). The training was performed over three months, twice a week for 45 minutes at intensities between 85% to 90% maximal heart rate (HR_{max}). The irradiation parameters were 39 mW/cm², the treatment time was 45 minutes and fluence of 106 J/cm². The treatment was evaluated by interpreting body composition parameters, photos and thermography. This was primarily a treatment for cellulite with a reduction of saddlebag and thigh circumference. At the same time, the treadmill training prevented the increase of body fat, as well as the loss of lean mass. Moreover, we present thermal images of the thighs temperature modification. These positive effects can result in a further improvement of body aesthetics using infrared-LED together with treadmill training.

Introduction

Obesity and localized fat are not synonymous with cellulite, but can be associated with it. In obesity there are hyperplasia and hypertrophy of adipocytes, whereas in localized fat there is hypertrophy of adipocytes with different shapes and sizes, either disaggregated or united. With regards to cellulite, it can occur in obese and lean women, because it is characterized by alterations of the microcirculation and the lymphatic system plus a dysfunction of cutaneous and adipose tissue with a fibrotic reaction leading to an 'orange peel' skin appearance.¹ Other terms which have been used for cellulite are nodular liposclerosis, oedemato-fibrosclerotic panniculopathy, panniculosis, gynoid lipodystrophy.^{2,3}

Cellulite is a common condition in women, frequently found on the thigh and buttock regions and it shows four evolutionary grades or stages.⁴ Its etiology is multi-factorial, including structural, genetic and endocrinal causes, as well as age, diet, sedentary lifestyle and gender. Cellulite is predominantly found in women because the skin tissue architecture is different from men.⁵ The fibrous septae network is perpendicular to the women's skin surface, whereas for men it is criss-cross.^{4,6} In addition, the connective tissue matrix is altered and adipogenicity is increased in women. This explains hypodermic (subcutaneous fat) invaginations inside the dermis (connective tissue) causing deformity.^{1,3,7}

The cosmetic problems caused are undesirable for women. The objective of this research was to develop and evaluate the effects of a new (noninvasive and nonpharmacological) clinical procedure to improve body aesthetics using infrared radiation originated from LEDs (850 nm) associated with treadmill training.

Materials and Methods

The current research has been approved by the National Ethics Committee of the Ministry of Health in Brasilia, Brazil and by the Ethics Committee of Federal University of São Carlos (UFSCar) in São Carlos, Brazil. All subjects signed written informed consents before their participation in the study.

The treatment was performed on 20 women, caucasian, aged between 25 and 55 years. They were separated into two groups: the control group, which carried out only the treadmill training (n=10) and the LED group, with phototherapy during the treadmill training (n=10). The volunteers were instructed not to change their eating habits (not being on any diet) during the duration of this study.

The maximal effort test using a treadmill (Bruce Protocol for young women and Modified Bruce Protocol II for middle-aged women)^{8,9,10} was performed for diagnosis and elaboration of training intensities based on HR_{max} via the electrocardiogram (Ergo, HW Systems - HeartWare Ltda, Belo Horizonte, MG, Brazil) and the cardiofrequencímetro monitor (Polar S830i, Polar Electro Inc., Woodbury, NY, USA). Treadmill training at intensities between 85% to 90% HR_{max} with or without phototherapy was performed twice a week, for 3 months, each session lasting 45 minutes. The HR_{max} and HR of the training were respectively 170±13 bpm and 150±15 bpm for the LED group, and these parameters for the control group were respectively 160±8 bpm and 140±9 bpm.

For the phototherapy to be performed during the treadmill training, the Optics Group from Instituto de Física de São Carlos (IFSC), University of São Paulo (USP), developed a system based on infrared-LEDs (850nm) to be used during the physical exercises.¹⁰

A power meter fieldmaster (Coherent Inc., Santa Clara, California, USA) in the milliwatt range was used. The average power density near the emitter is about 35 mW/cm². The distance between the LED devices and the volunteers' skin was 15cm and the average power density on the skin was 39 mW/cm². This small increase of the power density of the emitters to the skin is caused by the curvature of the surface containing the LEDs. Such a curvature causes a small focusing effect of the light (as in a curved mirror) causing the observed increase of the power density. The treatment time was 45 minutes performed bilaterally on thighs and buttocks. These parameters led to approximately 106 J/cm² fluence.

The volunteers wore safety glasses and swimwear to ensure infrared absorption through the bare skin during the treadmill training with infrared-LED (Figure 1).

Always at the same time of the day a, photographic documentation of the skin was carried out in the laboratory before and after the treatment. Body Mass Index [BMI: body weight (in kg) divided by height (in m) squared] and waist-hip ratio [waist (in cm) divided by hip (in cm)] measurements were performed. These consisted in performing measurements of body mass in kilograms (kg) and height in centimeters (m) using a biometric scale. The measurements of the circumferences were performed with a tape measure, applied in a light way (not tight) on the skin surface only, in order to avoid measurement errors due to compression. The anatomical landmarks to measure the circumference (cm) in the upright position of the body were: 1) waist: measured at the midpoint between the lowest rib and the iliac crest; 2) hip: measured at the level of maximum extension of the buttocks; 3) right and left thighs: saddlebags or "culotte de cheval" as well as 10 cm, 20 cm and 30 cm from the hip joint. To measure the body fat and lean mass, the bipolar impedance of the upper limbs

(OMRON®, Kyoto, Japan) was performed.¹¹ Thermal images of the right and left thighs using thermography IR-CAM (FLUKE Corp., Washington, EUA) were performed before (rest) and during exercise (an interval of 45 minutes) with and without infrared-LED.

Measurements were expressed by mean and standard deviations. The Shapiro-Wilk test was used to analyze the normality. The paired Students t test was used to compare changes in body composition before and after the treatment. The unpaired Student t test was used to compare inter-group differences. All data were analyzed using Statistica for Windows Release 7 software, Statsoft, Inc. and the significance level was set at 5% ($p < 0.05$).

Results

The results obtained for the body composition comparing pre- and post-treatment are shown in table 1. The treatment of cellulite is exemplified in figure 2 and 3. The thighs temperature during rest did not show any significant inter-group difference (control group: $T = 33.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and LED group: $T = 33.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $p \geq 0.05$). An increase of $1.08 \pm 0.11^\circ\text{C}$ for the LED group and a decrease of $0.86 \pm 0.15^\circ\text{C}$ during treadmill training for the control group were observed. The delta of the cutaneous temperature during the exercises showed a significant inter-group difference ($\Delta = 1.72 \pm 0.36^\circ\text{C}$, $p = 0.000053$). The thermography images can be seen in figure 4.

Discussion

To the best of our knowledge, this is the first study to report the use of phototherapy during physical exercise to treat cellulite. Other studies have already shown benefits of technologies during rest.⁵

The phototherapy improves cellular activation via absorption of light by chromophores present in the protein components of the respiratory chain. Chromophores are located in the mitochondria, mainly NADH dehydrogenases and cytochrome-c oxidase which lead to increased electron transport increasing the synthesis of ATP and result in therapeutic effects.^{10,12}

The use of Lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) and LEDs (Light Emitting Diodes) are important tools in treating cellulite, because phototherapy can result in several therapeutic effects to rejuvenate^{13,14} the skin and improve body aesthetics¹⁵, such as promoting tissue regeneration¹² with an antioxidant and anti-

inflammatory action^{16,17}, or also increasing collagen synthesis,¹⁶ microcirculation and lymphatic drainage.¹⁸

Moreover, the advantages of LEDs versus lasers are that LEDs have a comparably low operational cost, allowing irradiation of larger areas and producing light with a broad emission band and an absorption of photons by several chromophores.^{10,12,19}

Phototherapy applied before²⁰ or after²¹ physical exercises, as well as during an exercise training¹⁰ has resulted in enhancing physical performance. Our results show that without any diet, the women could prevent an increase of both body mass and fat percentage, as well as a loss of lean mass. It is well known that treadmill training is very important to enhance both aerobic capacity and fat metabolism.^{8,22}

Research on body aesthetics also showed the treatment of cellulite and the reduction of thigh measures in women who used both the VellaSmooth System²³ [combination of infrared (700-1500 nm) and radio frequency with mechanical manipulation of the skin] and Triactive System [combines infrared (diode laser 810 nm), contact cooling, suction and massage].^{5,24} Studies using these optical devices also show that the treatment of cellulite can smoothen the bumpy and dimpling appearance of the skin. However, erythema, swelling and a feeling of warmth have been noted as side effects of these systems.^{5,24}

For the current clinical procedure which combines physical exercise and infrared-LED, no side effects were related by the patients. Still, we believe that the infrared-LED increased microcirculation, lymphatic drainage as well as collagen synthesis. All of these resulted in a significant reduction of the perimeter of the saddlebags and thighs, besides an improvement of the skin texture (buttocks and thigh) due to the rejuvenation and treatment of the cellulite. According to the researchers' observation and the reports of the women who performed the infrared-LED plus treadmill training, the skin became smooth, soft and rejuvenated. Some patients' remarks: "*my husband asked if I was using a new cream*", "*my skin is smooth and soft*", "*my cellulite regressed*".

The mechanism of the treatment of cellulite can be explained using thermal images^{25,26} of cutaneous temperature modifications; in our study these images indicated increased metabolic activity for the LED group, because the infrared-LED resulted in significant temperature increases during the exercise and the images of the control group showed decreases. These results are in line with others studies. Merla et al.²⁷ showed that the cutaneous temperature was reduced during physical exercise and this indicated a

cutaneous vasoconstrictor response. However, Makihara et al.²⁸ showed that the phototherapy increased the facial temperature because it improved the microcirculation via vasodilator reflex with a warming of the same-side of the face that received the application of the laser, as well as a warming of the opposite side of face. This increase of circulation improves oxygen supply and promotes tissue regeneration, mainly of the skin,^{29,30} as well as lymphatic drainage.¹⁸

Conclusion

The current study combines the benefits of physical training with the therapeutic effects of phototherapy. These positive effects lead to an improvement of body aesthetics with a reduction of saddlebag and thigh circumference as well as the treatment of cellulite, possibly, due to the increased metabolic activity as observed in the thermal images, besides also preventing the increase of body fat in both young and middle-aged women.

Acknowledgments

The authors acknowledge the Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – Grant no. 98/14270-8, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Declaration of interest: The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

References

- 1 Rawlings AV. Cellulite and Its Treatment. *International Journal of Cosmetic Science* 2006;28:175-190.
- 2 Rossi ABR, Vergnanini AL. Cellulite: a Review. *Journal of European Academy of Dermatology and Venereology* 2000;14:251-262.
- 3 Terranova F, Berardesca E, Maibach H. Cellulite: nature and aetiopathogenesis. *International Journal of Cosmetic Science* 2006;28:157-167.

- 4 Mirrashed F, Sharp JC, Krause V, Morgan J, Tomanek B. Pilot study of dermal and subcutaneous fat structures by MRI in individuals who differ in gender, BMI, and cellulite grading. *Skin Research and Technology* 2004;10:161-168.
- 5 Nootheti PK, Magpantay A, Yosowitz G, Calderon S, Goldman MP. A Single center, randomized, comparative, prospective clinical study to determine the efficacy of the VelaSmooth System versus the TriActive System for the treatment of cellulite. *Lasers in Surgery and Medicine* 2006;38, 908-912.
- 6 Querleux B, Cornillon C, Jolivet O, Bittoun J. Anatomy and physiology of subcutaneous adipose tissue by in vivo magnetic resonance imaging and spectroscopy: relationships with sex and presence of cellulite. *Skin Research and Technology* 2002;8:118-124.
- 7 Christ C, Brenke R, Sattler G, Siems W., Novak P, Daser A.. Improvement in skin elasticity in the treatment of cellulite and connective tissue weakness by means of extracorporeal pulse activation therapy. *Aesthetic Surg. J* 2008;28:538-544.
- 8 Green JM, Crews TR, Bosak AM, Peveler WW. A comparison of respiratory compensation thresholds of anaerobic competitors, aerobic competitors and untrained subjects. *Eur J Appl Physiol* 2003;90:609-613.
- 9 Johnson PH, Cowley AJ, Kinnear WJM. A randomized controlled trial of inspiratory muscle training in stable chronic heart failure. *European Heart Journal* 1998;19:1249-1253.
- 10 Paolillo FR, Milan JC, Aniceto, IV, et al. Effects of infrared-LED illumination applied during high-intensity treadmill training in postmenopausal women. *Photomedicine and Laser Surgery* 2011; in press.
- 11 Fujibayashi M, Hamada T, Matsumoto T, et al. Thermoregulatory sympathetic nervous system activity and diet-induced waist-circumference reduction in obese Japanese women. *American Journal of Human Biology* 2009;21:828-835.

- 12 Whelan HT, Smits Jr, RL, Buchman EV, et al. Effect of NASA light-emitting diode irradiation on wound healing. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 2001;19:305-314.
- 13 Sadick NS. A study to determine the efficacy of a novel handheld light-emitting diode device in the treatment of photoaged skin. *Journal of Cosmetic Dermatology* 2008;7:263-267.
- 14 Sommer AP, Zhu D. Green tea and red light-a powerful duo in skin rejuvenation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2009;27(6):969-971.
- 15 Kats B, MacBean J. The new laser liposuction for men. *Dermatologic Therapy* 2007;20:448-451.
- 16 Rizzi CF, Mauriz JL, Corrêia DSF, et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) on the nuclear factor (NF)- κ B signaling pathway in traumatized muscle. *Lasers in Surgery and Medicine* 2006;38:704-713.
- 17 Avni D, Levkovitz S, Maltz L, Oron U. Protection of skeletal muscles from ischemic injury: low-level laser therapy increases antioxidant activity. *Photomedicine and Laser Surgery* 2005;23(3):273-277.
- 18 Kaviani A, Fateh M, Nooraie RY, Alinagi-zadeh M., Ataie-Fashtami L. Low-level laser therapy in management of postmastectomy lymphedema. *Lasers Med. Sci* 2006;21:90-94.
- 19 Bagnato VS, Kurachi C, Ferreira J, et al. New photonic technologies for the treatment and diagnosis of hepatic diseases. An overview of experimental work performed in collaboration, between Physics Institute of São Carlos and Ribeirão Preto Faculty of Medicine of the University of São Paulo. *Acta Cirúrgica Brasileira* 2006;21:3-11.
- 20 Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Vanin AA, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med. Sci* 2009;24:425-431.

- 21 Sussai DA, Carvalho PTC, Dourado PM, Belchior ACG, Reis FA, Pereira DM. Low-level laser therapy attenuates creatine kinase levels and apoptosis during forced swimming in rats. *Lasers Med. Sci* 2010;25:115-120.
- 22 Riesco E, Tessier S, Pérusse F, et al. Impact of walking on eating behaviors and quality of life of premenopausal and early postmenopausal obese women. *Menopause: The Journal of The North American Menopause Society* 2010;17(3):529-538.
- 23 Winter ML. Post-pregnancy body contouring using a combined radiofrequency, infrared light and tissue manipulation device. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy* 2009;11:229-235.
- 24 Alster TS; Therani M. Treatment of cellulite with optical devices: an overview with practical considerations. *Lasers in Surgery and Medicine* 2006;38:727-730.
- 25 Rona C, Carrera M; Berardesca E.. Testing anticellulite products. *International Journal of Cosmetic Science* 2006;28:169-173.
- 26 Elman M, Vider I, Harth Y, Gottfried V, Shemer A. Non-invasive therapy of wrinkles and lax skin using a novel multisource phase-controlled radio frequency system. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy* 2010;12:81-86.
- 27 Merla A; Mattei PA, Donato L., Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Annals of Biomedical Engineering* 2010;38:158-163.
- 28 Makihara E, Makihara M, Masumi SI, Sakamoto E. Evaluation of facial thermographic changes before and after low-level laser irradiation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2005;23:191-195.
- 29 Bossini PS, Fangel R, Habenschus RM, et al. Low-level laser therapy (670 nm) on viability of random skin flap in rats. *Lasers Med Sci*. 2008;24:209-213.
- 30 Lee MWC. Combination 532-nm and 1064-nm lasers for noninvasive skin rejuvenation and toning. *Arch Dermatol*. 2003;139:1265-1277.



Figure 1 New clinical procedure for treatment of cellulite.

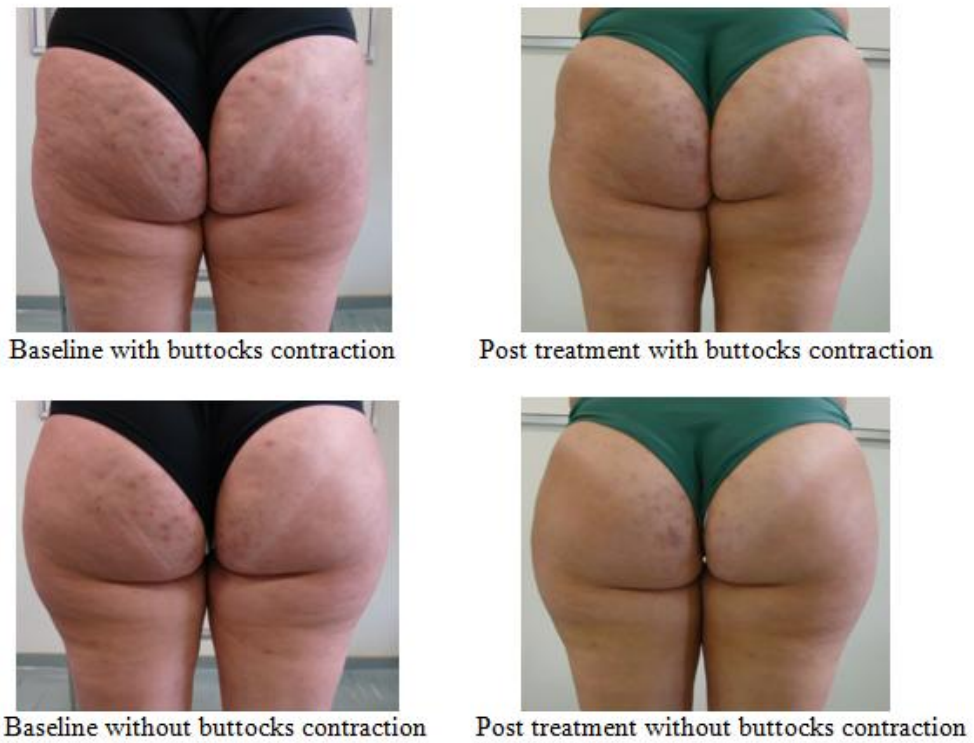


Figure 2 Photos of pre and post treatment with and without buttocks contraction of a 27 years old woman.

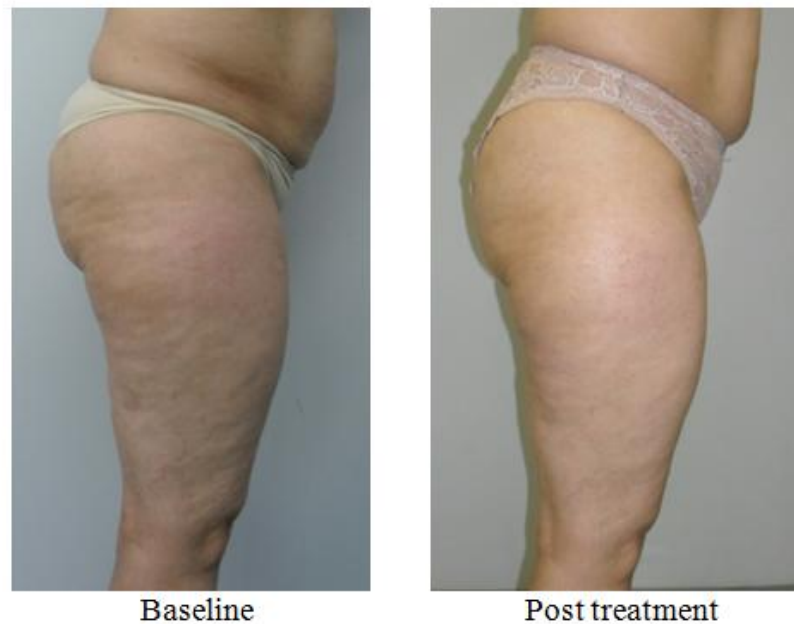


Figure 3 Photos of pre and post treatment a 55 years old woman.

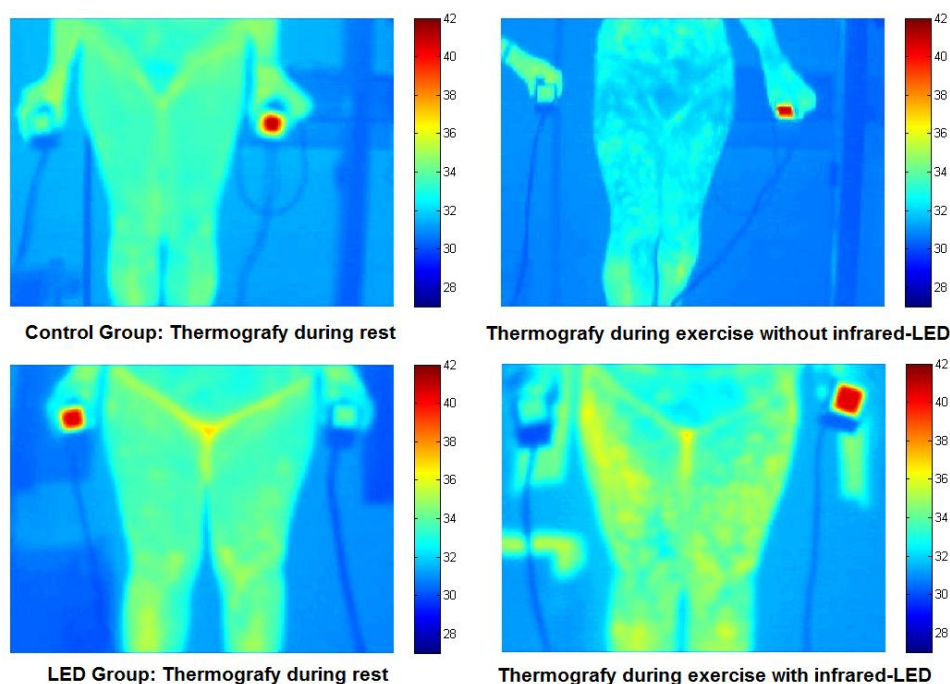


Figure 4 Thermography images during rest and exercise for the LED group and the control group.

Table I. Values of mean and standard deviation and statistical results of body composition.

	Control Group		LED Group	
	Pre Treatment	Post Treatment	Pre Treatment	Post Treatment
Body Mass (Kg)	65.7±11.9	65.1±11.6	71.1±11.5	70.3±10.8
Body Height (cm)	156.8±5.8	156.7±5.6	157.05±7	157.1±7.5
BMI (Kg/m ²)	26.1±3.9	26.5±3.9	28.7±4.7	28.5±4.5
Waist (cm)	86.2±11.1	86.5±11.5	92.7±10.9	91.4±10.6
Hip (cm)	102.6±6.3	101.7±6.8	108.6±11.2	107.3±10.5
Waist-to-Hip ratio (cm/cm)	0.83±0.08	0.83±0.09	0.85±0.08	0.85±0.09
Right Saddlebags (cm)	62.2±5.5	61.5±4.7	65.9±7	63.9±7.1**
Left Saddlebags (cm)	61.1±6.3	60.9±6.1	66.1±7.6	63.8±7.4**
Right Thigh (10cm)	58.8±4.6	59.2±5.2	64±7.1	62.6±7.2**
Left Thigh (10cm)	59.5±5.1	58.9±5.5	62.8±6.3	61.4±6.5**
Right Thigh (20cm)	49.5±4.8	50.2±5.9	55.5±7.2	53.6±7.58**
Left Thigh (20cm)	48.9±5.1	48.1±5.8	54.9±6.8	53.6±6.7**
Right Thigh (30cm)	41.7±4.9	42.1±5.2	46.2±6.1	45±6**
Left Thigh (30cm)	42.9±4.6	42.1±5.2	45.6±7.5	44.3±7.4*
Body Fat (%)	35.7±2.7	36.9±3.6	38.4±5.2	37.6±5.5
Fat mass (Kg)	23.8±5.5	24.3±6.1	27.3±8	27.1±6
Lean Mass (Kg)	42.7±5.7	41.3±6.2	44.1±4.3	43±6

*Significant difference for pre vs post treatment (p<0.05)

**Significant difference for pre vs post treatment (p<0.01)