

Renata Luri Toma

**EFEITOS DA TERAPIA LASER DE BAIXA INTENSIDADE
ASSOCIADA AO TREINAMENTO RESISTIDO EM QUADRÍCEPS
FEMORAL NO DESEMPENHO MUSCULAR DE IDOSAS**

Tese apresentada à Universidade Federal
de São Paulo para obtenção do título de
Doutor no Programa de Pós-Graduação
Interdisciplinar em Ciências da Saúde

Santos
2016

Renata Luri Toma

**EFEITOS DA TERAPIA LASER DE BAIXA INTENSIDADE
ASSOCIADA AO TREINAMENTO RESISTIDO EM QUADRÍCEPS
FEMORAL NO DESEMPENHO MUSCULAR DE IDOSAS**

Tese apresentada à Universidade Federal
de São Paulo para obtenção do título de
Doutor no Programa de Pós-Graduação
Interdisciplinar em Ciências da Saúde

Orientadora: Profa. Dra. Ana Cláudia Muniz Renno
Co-orientadora: Profa. Dra. Hanna Karen Moreira Antunes

Santos
2016

Toma, Renata Luri

Efeitos da terapia laser de baixa intensidade associada ao treinamento resistido em quadríceps femoral no desempenho muscular de idosas / Renata Luri Toma. --Santos, 2016.

Ix, 48f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Paulo. Programa de Pós graduação em Interdisciplinar em Ciências da Saúde.

Título em inglês: Effect of low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performanc in elderly women.

1.Envelhecimento. 2.Terapia a laser de baixa intensidade. 3. Treinamento de Resistência 4. Eletromiografia. 5. Fadiga Muscular.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTERDISCIPLINAR EM
CIÊNCIAS DA SAÚDE

Chefe de Departamento: Profa. Dra. Flavia de Oliveira

Coordenador do Curso de Pós-Graduação: Prof. Dr. Daniel Araki Ribeiro

RENATA LURI TOMA

**EFEITOS DA TERAPIA LASER DE BAIXA INTENSIDADE
ASSOCIADA AO TREINAMENTO RESISTIDO EM QUADRÍCEPS
FEMORAL NO DESEMPENHO MUSCULAR DE IDOSAS**

Presidente da banca: Profa. Dra. Ana Cláudia Muniz Rennó

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Eduardo Pinfildi

Prof. Dra. Cristiane Rodrigues Pedroni

Prof. Dra. Livia Assis Garcia

Prof. Dra. Raquel Munhoz da Silveira Campos

Aprovada em: 30/08/2016

Dedicatória

*Dedico à minha família por todo amor que cultivei durante a vida.
Em especial, aos meus avós que sempre me inspiraram e foram os responsáveis por despertar meu interesse na arte de envelhecer.*

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelas oportunidades da vida e por permitir que através dos estudos se abrissem portas que me proporcionariam experiências e aprendizados tão incríveis.

Agradeço à minha família por estar sempre me apoiando.

À Profa. Dra. Ana Cláudia por nossa longa parceria. Anos se passaram e só tenho admiração e respeito por todos os momentos e experiências.

À Profa. Dra. Helga Tatiana que sempre foi solícita em auxiliar no projeto.

À Profa. Dra. Hanna Karen que abriu as portas do laboratório em São Paulo e sempre esteve disposta a me orientar.

A todas as professoras que nos auxiliaram e agregaram muito à construção desse projeto.

À Patrícia e Lívia pela parceria e por todo o carinho sempre.

Aos meus queridos amigos do laboratório, em especial, Kelly, Ângela e Fábio por caronas, ajudas imensas e carinho.

Ao meu namorado, Fábio, por estar ao meu lado mesmo nos momentos que parecia impossível dar o meu melhor.

À CAPES pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
Resumo	viii
Abstract	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Envelhecimento.....	1
1.2 Envelhecimento e as alterações no sistema muscular.....	3
1.3 Atividade Física.....	5
1.3.1 Treinamento resistido.....	6
1.4 Laser terapêutico de baixa intensidade (LLLT).....	8
2. OBJETIVO.....	12
2.1. Objetivos específicos.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Amostra.....	14
3.2 Delineamento experimental.....	15
3.3. Avaliação de Composição Corporal.....	16
3.4. Teste de Dominância de Membros Inferiores.....	16
3.5 Teste de Caminhada de 6 minutos.....	17
3.6. Teste de 1 Repetição Máxima.....	17
3.7 Desempenho isocinético.....	18
3.8. Coleta eletromiográfica.....	19
3.9 Coleta de lactato.....	22
3.10 Programa de treinamento resistido.....	22
3.11 Laser de baixa intensidade.....	23
3.12 Análise estatística.....	23
4. RESULTADOS.....	25
5. DISCUSSÃO.....	29
6. CONCLUSÃO.....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

Resumo

Objetivo: O objetivo do estudo foi analisar a influência da terapia laser de baixa intensidade (LLLT) (808 nm, 100mW, 7 J por ponto, energia total de 56J) no desempenho muscular em mulheres idosas submetidas a um programa de treinamento resistido. **Métodos:** 100 idosas foram triadas, sendo 48 selecionadas e aleatoriamente distribuídas em 3 grupos: grupo controle (GC, n=15), grupo treinamento resistido associado à irradiação laser placebo (GT, n=17) e grupo treinamento resistido associado à irradiação laser ativo (GTL, n=16). O treinamento consistiu no exercício de flexo-extensão de joelho realizado em cadeira extensora com carga de 80% 1-RM, 2 vezes por semana durante 8 semanas consecutivas. A LLLT foi aplicada após cada sessão de treinamento em 8 pontos previamente distribuídos ao longo do músculo quadríceps femoral. Como medida de avaliação de desempenho muscular foram utilizados o teste de caminhada de 6 minutos (TC-6), teste de 1 repetição máxima (1-RM), protocolo em dinamômetro isocinético, eletromiografia de superfície (SEMG) e análise da concentração de lactato sanguíneo. **Resultados:** Os resultados revelaram aumento em trabalho total ($p = 0,0162$), pico de torque ($p = 0,0309$) e potência média ($p = 0,0223$) em GTL comparado ao GC. Além disso, ambos os grupos treinados aumentaram a carga de 1-RM (GT vs GC: $p = 0,0067$ e GTL vs GC: $p < 0,0001$) e diminuíram a concentração de lactato no terceiro minuto após o protocolo isocinético (GC vs GTL: $p = 0,0289$ e GC vs GT: $p = 0,0085$). Não foram observadas diferenças no TC-6 e em níveis de fadiga entre os grupos. **Conclusões:** Os achados sugerem que a LLLT associada ao treinamento resistido foi eficaz em melhorar o desempenho muscular em idosas.

Palavras – chave: Envelhecimento, Terapia a laser de baixa intensidade, Treinamento de resistência, Eletromiografia, Fadiga Muscular.

Abstract

Objective: The aim was to evaluate the effects of combination of low level laser therapy (LLLT) and strength training on muscle performance in elderly women. **Methods:** For this, a hundred elderly women were screened, and 48 met all inclusion criteria to participate in this double-blind placebo-controlled trial. Volunteers were divided in three groups: control (CG = 15), strength training associated with placebo LLLT (TG = 17), and strength training associated with active LLLT (808 nm, 100 mW, 7 J) (TLG = 16). The strength training consisted of knee flexion-extension performed with 80 % of 1-repetition maximum (1-RM), twice a week during 8 weeks. LLLT was applied on quadriceps muscle belly after each strength training session. Several outcomes related to muscle performance were analyzed through the 6 minutes walk test (6-MWT), 1-RM, isokinetic dynamometry, surface electromyography (SEMG) and lactate concentration. **Results:** The results revealed that a higher work ($p = 0,0162$), peak torque ($p = 0,0309$), and power ($p = 0,0223$) were observed in TLG compared to CG. Furthermore, both trained groups increased the 1-RM load (TG vs CG: $p = 0,0067$ and TLG vs CG: $p < 0,0001$) and decreased the lactate concentration in the third minute after isokinetic protocol (CG vs TLG: $p = 0,0289$ and CG vs TG: $p = 0,0085$). No difference in 6-MWT and in fatigue levels were observed among the groups. **Conclusion:** The present findings suggested that LLLT in combination with strength training was able to improve muscle performance in elderly people.

KEYWORDS: Aging, Low level laser therapy, Strength training, SEMG, Muscle fatigue

1. INTRODUÇÃO

1.1 Envelhecimento

O Estatuto do Idoso (2003) considera idoso o indivíduo com idade igual ou superior a 60 anos. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) demonstram que em 2011 os idosos representavam 12,1% da população, e a projeção para 2050 é a de que representem cerca de 30%. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2004) descreve que essa tendência no envelhecimento populacional acompanha transições de perfil demográfico e epidemiológico que resultam em expressivo aumento de doenças crônico-degenerativas e morbidade (FRIES, 1983).

O termo envelhecimento ou senescência é utilizado para descrever uma série de alterações bioquímicas e estruturais em células, tecidos e órgãos, que são inerentes ao envelhecimento e levam ao declínio progressivo de diversos sistemas fisiológicos sem necessariamente comprometer a função para as atividades de vida diária do idoso (THOMPSON, 2002; BALCOMBE & SINCLAIR, 2001). Quando esse processo de envelhecimento vem associado a efeitos deletérios no organismo não relacionados a um envelhecimento natural que impactam em capacidade funcional e doenças, utiliza-se o termo senilidade (TEIXEIRA & GUARIENTO, 2010; JACOB FILHO, 2009).

As teorias biológicas do envelhecimento se embasam em duas categorias, as de natureza genético-desenvolvimentista e as de natureza estocástica. As primeiras entendem o envelhecimento no contexto de uma programação genética, isto é, se postula a existência de “relógios biológicos” que regulariam o crescimento, a maturidade, a senescência e a morte celular. Enquanto, as teorias estocásticas trabalham com a hipótese de que o envelhecimento dependeria do acúmulo de agressões ambientais. A premissa seria a de que fatores externos induziriam aos danos moleculares e celulares, aleatórios e progressivos (WEINERT & TIMIRAS, 2003).

Ainda, essas duas categorias se subdividem em subcategorias com distintos pressupostos, hipóteses e modelos que podem ser excludentes ou complementares (WEINERT & TIMIRAS, 2003). Assim, a etiologia do envelhecimento ainda permanece sem um consenso (TEIXEIRA & GUARIENTO, 2010). No entanto, é evidente que a

interação tanto de fatores genéticos como ambientais envolvendo múltiplos mecanismos resultam em modificações moleculares, celulares e teciduais que se expressam como o fenótipo da senescência.

Como explicitado acima, os órgãos e sistemas são afetados pelo processo de envelhecimento. O sistema tegumentar apresenta uma redução significativa da concentração de colágeno e elastina, perdendo elasticidade. Além disso, há a diminuição da espessura epiderme-derme, decréscimo do número de glândulas sudoríparas e diminuição da secreção por glândulas sebáceas, o que torna a pele mais fina e seca (ORÍÁ *et al.*, 2003).

O sistema nervoso também é afetado com o envelhecimento neuronal sendo que as mudanças ocorrem tanto em sistema nervoso central quanto periférico (CABRERA & JACOB FILHO, 2001). O envelhecimento neuronal ocorre devido a deficiências no controle genético da produção de proteínas estruturais, de enzimas e fatores neurotróficos, o que altera a função das células nervosas, a neurogênese e a plasticidade. Há a redução de cerca de 80% do volume do encéfalo ao final da sétima década de vida devido à atrofia cortical consequente à apoptose neuronal. Ocorrem também outras alterações como a lentificação da passagem do potencial de ação devido à degeneração da bainha de mielina (FERREIRA, 2000).

De forma similar, o sistema cardiovascular apresenta alterações estruturais como o aumento da massa cardíaca e a deposição de colágeno no miocárdio com consequente aumento da rigidez do coração. A circulação periférica sofre alterações morfológicas e funcionais, tais como a redução da relação capilar por fibra muscular, menor diâmetro capilar e alteração da função endotelial (CHAUDHARY *et al.*, 2011).

Ainda, é importante destacar que no processo de envelhecimento dentre os sistemas biológicos, o sistema musculoesquelético é um dos mais afetados (THOMPSON, 2002). A partir dos 40 anos, a estatura do indivíduo diminui cerca de um centímetro por década devido à diminuição da altura vertebral ocasionada pela redução da massa óssea, desidratação dos discos intervertebrais, entre outras alterações degenerativas da coluna vertebral (CABRERA & JACOB FILHO, 2001). Em mulheres, a densidade mineral óssea diminui significativamente durante a menopausa podendo predispor às fraturas (SILVA *et al.*, 2006).

Em relação ao sistema muscular, há o progressivo declínio de massa muscular devido a múltiplos fatores como a queda de hormônios anabólicos, a proteólise e a degeneração neuronal. Concomitante à perda de massa muscular, ocorre a redução

significativa da força muscular devido a déficits de ativação neuronal (HUARD *et al.*, 2002). Essas mudanças no sistema muscular repercutem diretamente em capacidade funcional do indivíduo, isto é, na capacidade para realização de atividades de vida diária com independência (DOHERTY, 2003).

1.2 Envelhecimento e as alterações no sistema muscular

No sistema muscular, a arquitetura das fibras e o perfil metabólico são determinantes na propriedade e função das fibras musculares (HUARD *et al.*, 2002; GARRETT & BEST, 1994). Existem três tipos de fibras musculares: tipo I, que possuem maior capacidade oxidativa, como característica são fibras lentas e resistentes à fadiga; tipo IIa também com capacidade oxidativa, porém, como característica são fibras rápidas e resistentes à fadiga; e tipo IIb que consomem ATP rapidamente, são fibras rápidas, mas não são resistentes à fadiga. Os músculos são compostos por uma combinação de distintos tipos de fibras musculares. Alguns fatores podem alterar a proporção da composição de fibras de um grupo muscular como o processo inerente de envelhecimento celular (DOHERTY *et al.*, 2003; ANDERSEN *et al.*, 2000; GARRETT & BEST, 1994; LEXELL *et al.*, 1992).

No processo de envelhecimento, a proporção de fibras tipo IIb reduz cerca de 30% a 50% da área relativa enquanto as fibras I demonstram ser resistentes às mudanças geradas pelo envelhecimento (LEXELL *et al.*, 1992). Esse processo de atrofia relacionada ao envelhecimento é progressivo e definido como sarcopenia (DOHERTY, 2003). A sarcopenia resulta na perda gradual do tamanho e número de fibras musculares (ASCM, 2003).

A perda de fibras musculares ocorre em idosos por apresentarem uma baixa taxa de síntese de proteínas como actina e miosina bem como de proteínas mitocondriais (DOHERTY, 2003; YARASHESKI *et al.*, 1993). Além disso, há uma progressiva degeneração neuronal levando à diminuição da quantidade de motoneurônios α e de unidades motoras o que requer que as unidades motoras restantes inervem um grande número de fibras musculares (CLARK & MANINI, 2012; MAYER *et al.*, 2011; CLARK & MANINI, 2010; ACSM, 2009; DAVIDINI & NUNES, 2003; DOHERTY, 2003).

Os hormônios androgênicos têm papel importante no tecido muscular através de estímulo à síntese proteica e recrutamento de células satélite (SILVA *et al.*, 2006).

Estudos demonstram que idosos apresentam menores concentrações desses hormônios na corrente sanguínea, além de resistência às substâncias anabólicas no músculo (SILVA *et al.*, 2006; KAMEL *et al.*, 2002). Paralelamente à queda de hormônios anabólicos, no envelhecimento há o aumento de estímulos catabólicos. A produção de citocinas pró-inflamatórias como a interleucina 6 (IL-6), fator de necrose tumoral (TNF- α) e interleucina 1 (IL-1) incrementam o processo de perda de aminoácidos e a quebra de proteínas das fibras musculares (ROUBENOFF & HUGHES, 2000). Além dessas alterações metabólicas, outras alterações ocorrem no sistema muscular senil, entre estas, destacam-se a diminuição do aporte sanguíneo muscular e a diminuição da eficiência metabólica oxidativa (SILVA, *et al.*, 2006; DOHERTY, 2003; DUTTA, 1997).

Ainda, a partir dos 60 anos, se observa a redução de cerca de 30 a 40% da força muscular máxima (HUARD *et al.*, 2002). O déficit na capacidade intrínseca de gerar força muscular parece ser influenciado pela lentificação da propriedade contrátil das fibras e por modificações na composição das fibras musculares como o aumento da deposição de tecido adiposo e conectivo (CLARK & MANINI, 2012; DOHERTY, 2003).

No processo do envelhecimento é preciso considerar que o declínio de força muscular ocorre de forma integrada e sobreposta ao processo de redução de massa muscular (SILVA *et al.*, 2006). Estudos demonstram que o declínio de massa muscular ocorre de maneira mais lenta se comparado ao declínio de força muscular (DOHERTY, 2003; THOMPSON, 2002). Delmonico *et al.* (2009) demonstraram que ao longo de 5 anos, há a diminuição de cerca de 13% de força muscular e de apenas 3% de massa muscular em músculos extensores de joelhos em idosos. Ainda, Hughes *et al.* (2001) demonstraram que o declínio da massa muscular influencia a perda de força muscular, porém, o ganho de massa não garante a manutenção de força muscular.

Em idosos, a manutenção de força muscular em membros inferiores, em especial, os músculos extensores de joelhos, tem papel fundamental para realização de atividades de vida diária garantido independência (DOHERTY, 2003). Além disso, estudos apontam que a redução em potência muscular tem se demonstrado mais negativa para a capacidade funcional se comparada à redução de força muscular em idosos do sexo feminino (HUGHES *et al.*, 2001; HUNTER *et al.*, 2004; BEAN *et al.*, 2002). Em mulheres, o impacto do declínio de força e potência em extensores de

joelhos está diretamente associado ao aumento do risco de quedas, à Síndrome de Fragilidade e à mortalidade (CLARK & MANINI, 2012; NEWMAN *et al.*, 2003; BROSS *et al.*, 1999).

Apesar de o declínio em massa e força ser considerado inerente ao processo de envelhecimento, é passível de ser modificável (CLARK, 2010). Fatores como o gênero, a idade, o estilo de vida e o estado de saúde do indivíduo podem interferir positivamente ou negativamente no processo de envelhecimento e assim, contribuir de forma distinta no envelhecimento de cada indivíduo (DOHERTY, 2003).

Baseando-se na mudança de perfil demográfico e epidemiológico da população é relevante o estudo e desenvolvimento de recursos capazes de amenizar os efeitos deletérios associados ao processo de envelhecimento (CLARK & MANINI, 2012). A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2005) e a Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia (SBGG, 2008) preconizam o envolvimento de idosos em atividade física adequada para prevenir doenças, reduzindo o declínio da capacidade funcional e estimulando o envelhecimento ativo.

1.3 Atividade Física

O processo de envelhecimento além de estar relacionado às mudanças no sistema muscular está também associado ao declínio no nível de atividade física diária (MEIJER *et al.*, 2000). A inatividade física em idosos está associada ao aumento de doenças crônicas como cardiopatias, diabetes tipo 2 e obesidade (MEIJER *et al.*, 2002).

Assim, a prática regular de atividade física demonstra ser um fator determinante para a saúde do idoso, sendo fator preponderante em diminuir os efeitos deletérios do envelhecimento (KOOPMAN & LOON, 2009; EVANS, 2002; MEIJER *et al.*, 2000). De acordo com o *Department of Health and Human Services* (DHHS, 2008), idosos ativos têm cerca de 30% a menos de chance de serem acometidos por limitações funcionais moderadas ou severas. Outro órgão, a *U.S. Preventive Services Task Force* (USPFT, 2012) preconiza que a atividade física atua na prevenção de quedas e manutenção de força em idosos. Considerando as mudanças no sistema muscular do idoso e o impacto negativo da inatividade física, o *American College of Sports Medicine* (ACSM,

2009) também preconiza que a prática de exercício físico adequado em idosos promove ganhos significativos em força muscular.

Assim, estudos demonstram que dentre as diferentes modalidades de exercício físico, o treinamento resistido incrementa e regula a síntese proteica, e por isso, pode ser considerado como a intervenção mais eficaz para a prevenção e tratamento do declínio em massa e força muscular em idosos (DOHERTY, 2003; YARASHESKI *et al.*, 1993).

1.3.1 Treinamento resistido

As diretrizes da Sociedade Americana de Geriatria (AGS, 2014) preconizam o treinamento resistido na prevenção do declínio de massa muscular e diminuição do risco de quedas (USPSTF, 2012; CLARK & MANINI, 2010; ACSM, 2009, 2003; FIATORONE *et al.*, 1994). O treinamento resistido utiliza o peso do corpo, máquinas ou pesos livres contra o sentido do movimento do grupo muscular. Os benefícios do treinamento resistido incluem a manutenção ou incremento na massa muscular e densidade óssea, integração neuromuscular e aumento na síntese de proteínas (AGS, 2014; ACSM, 2009).

O treinamento resistido promove um maior recrutamento de energia do metabolismo muscular, sendo que as mudanças ocorrem inicialmente por incrementos na atividade neuromuscular, maior recrutamento de unidades motoras, aumento na taxa de disparo de unidades motoras, aumento da excitabilidade de motoneurônios α e hipertrofia muscular em fibras do tipo IIa que resultam em aumento de força e potência muscular (CADORE *et al.*, 2011; KARAVIRTA *et al.*, 2011; BRENTANO *et al.*, 2008; KAMEN & KNIGHT, 2004; AAGAARD *et al.*, 2002; KNIGHT & KAMEN, 2001; TRACY *et al.*, 1999).

O ASCM (2009) preconiza o treinamento resistido progressivo com intensidade moderada em grandes grupos musculares na melhora de desempenho muscular em idosos. Em uma revisão sistemática, foram avaliados diferentes protocolos de treinamento resistido, sendo observado que o treinamento realizado por pelo menos 8 semanas minimiza os efeitos deletérios relacionados à sarcopenia, levando ao aumento de força muscular (LATHAM *et al.*, 2004). Os resultados corroboram com metanálise recente de Straight *et al.* (2015) que observaram que o treinamento resistido é eficaz em aumentar a potência em membros inferiores em indivíduos acima

de 50 anos. O mesmo achado foi encontrado por Oliveira *et al.* (2015) que observaram o aumento do desempenho isocinético em idosas após um programa de treinamento resistido.

Onambélé-Pearson *et al.*, (2010) compararam os efeitos do treinamento resistido em idosos com baixas cargas (40% 1-RM) e altas cargas (80% 1-RM) e demonstraram que o treinamento com altas cargas (80% 1-RM) incrementou a força muscular e a circunferência muscular. Esses resultados corroboram com estudos que demonstram que o treinamento resistido com altas cargas (>75% 1-RM) e cerca de 10 repetições por grupo muscular desencadeia melhora significativa de força se comparado ao treinamento com média ou baixa intensidade (MAYER *et al.*, 2011; ROOKS *et al.*, 1997).

Arazi *et al.* (2013) observaram que o treinamento resistido com intensidade moderada por 8 semanas é eficaz em aumentar a força muscular, a área de secção transversa das fibras musculares e a concentração de hormônios anabólicos. Esse estudo corrobora com Dias *et al.* (2015) que realizaram um programa de treinamento por 12 semanas e observaram melhora significativa em força muscular de extensores de joelhos e em testes funcionais após 6 semanas de treinamento. Além disso, os autores não observaram diferença após esse período. Em relação à frequência, estudos demonstram que o treinamento realizado 2 vezes na semana é eficaz em aumentar a força muscular e diminuir o risco de quedas em idosos (USPSTF; 2012; LIU & LATHAN, 2009).

Os benefícios do treinamento resistido no incremento de força e potência muscular se refletem positivamente nas atividades de vida diária de idosos como na habilidade para se sentar e levantar da cadeira, carregar sacolas e segurar objetos acima da linha dos ombros (AGS, 2014; USPSTF, 2013; ACSM, 2009, 2003).

No entanto, a relação entre a prática de atividade física e o aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROS) levando ao estresse oxidativo também precisa ser considerada (TOMÁS-ZAPICO *et al.*, 2013; MEIJER *et al.*, 2000, 2002). Sabe-se que o processo de envelhecimento está associado à diminuição da reserva homeostática e à vulnerabilidade fisiológica predispondo o idoso à fadigabilidade e possíveis lesões (LIU & LATHAM, 2009; BAUDRY *et al.*, 2007; MEIJER *et al.*, 2002). Assim, apesar de todos os benefícios associados ao treinamento resistido, esses fatores precisam ser considerados para a prescrição de exercício para essa população.

Dentro desse contexto, o laser terapêutico de baixa intensidade (LLLT) é um recurso que vem sendo estudado associado a exercícios físicos para modular o estresse mecânico e metabólico gerado pelo exercício, aumentando o desempenho muscular e reduzindo a fadiga muscular (SILVA *et al.*, 2015; TOMA *et al.*, 2013; DE MARCHI *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2011; LEAL JR. *et al.*, 2010; BARONI *et al.*, 2010; LEAL JR. *et al.*, 2009a, b).

1.4 Laser terapêutico de baixa intensidade (LLLT)

O termo "laser" é originário do acrônimo em inglês "*light amplification by stimulated emission of radiation*" (MCGUFF *et al.*, 1963). O LLLT é um recurso que tem sido investigado desde a década de 60, sendo que atualmente é amplamente utilizado na prática clínica para analgesia e para promover o reparo de lesões tanto em tecidos superficiais quanto profundos (CHUNG *et al.*, 2012).

O mecanismo de ação do LLLT ocorre a partir da absorção dos fótons pelos cromóforos presentes na mitocôndria, o que estimularia uma série de reações bioquímicas e estruturais proporcionando maior disponibilidade de energia para as atividades celulares (HSIEH *et al.*, 2014; CIDRAL-FILHO *et al.*, 2013, KARU, 2002). De forma mais detalhada, através da irradiação laser ocorre a excitação de componentes da cadeia respiratória mitocondrial, em especial o complexo IV (KARU *et al.*, 2001; STADLER *et al.*, 2000), gerando uma mudança do potencial redox da mitocôndria acelerando a taxa de transporte de elétrons e o metabolismo mitocondrial (WONG RILEY *et al.*, 2005), aumentando a produção de adenosina trifosfato (ATP), de proteínas e enzimas (MANTEIFEL, BAKEEVA & KARU, 1997; KARU, PYTIBRAT & KALENDO, 1995). Há também a evidência de mudanças estruturais nas mitocôndrias, a partir da fusão de mitocôndrias vizinhas menores levando à formação de mitocôndrias gigantes capazes de gerar mais ATP (MANTEIFEL, BABEEVA & KARU, 1997).

Estudos sugerem que o LLLT teria uma maior interação e efetividade quando o tecido irradiado se encontra em condição de disfunção mitocondrial e estresse oxidativo (XIAOYANG *et al.*, 2008; KARU, 2002; WILDEN & KARTHEIN, 1998; BECKERMAN *et al.*, 1992; KITCHEN & PARTRIDGE, 1991; KARU, 1987). O LLLT demonstra ser eficaz em reestabelecer as vias bioenergéticas do metabolismo

muscular, aumentando a síntese de ATP e reduzindo os produtos finais do estresse oxidativo. Assim, esses efeitos poderiam repercutir positivamente durante o exercício físico, através de um maior desempenho mecânico durante o exercício físico e menor fadiga muscular (NAMPO *et al.*, 2016; de OLIVEIRA *et al.*, 2014; FERRARESI *et al.*, 2012; BARONI *et al.*, 2010; LEAL JUNIOR *et al.*, 2009; KARU, 2002; WONG-RILEY *et al.*, 2005).

Assim, uma série de estudos tem relatado efeitos positivos do LLLT em protocolos de exercícios aeróbicos (DE MARCHI *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2012). De Marchi *et al.* (2012) avaliaram o efeito do LLLT (cluster, 810nm, 200mW, 360J) em mulheres jovens antes de um protocolo de corrida e observaram um aumento do desempenho muscular, diminuição da lesão proteica e lipídica e redução do estresse oxidativo. Esses resultados corroboram com estudo desenvolvido por Vieira *et al.* (2012), o qual foi observado que mulheres jovens que realizaram treinamento em cicloergômetro durante 9 semanas associado ao LLLT (808 nm, 60 mW, 18J) apresentaram uma maior redução do índice de fadiga em extensores de joelhos se comparadas às voluntárias submetidas apenas ao programa de treinamento.

Além dessas evidências, estudos também vêm demonstrando resultados promissores do LLLT associado a exercícios resistidos (DE MARCHI *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2011; BARONI *et al.*, 2010). Em estudo investigando o efeito agudo do LLLT (cluster, 810 nm, 200mW, 180J total de energia) aplicado antes de um exercício excêntrico em quadríceps femoral em homens jovens foi observada a eficácia do LLLT na manutenção de contração voluntária máxima e atenuação da concentração de marcadores sanguíneos relacionadas ao processo de fadiga e lesão muscular (BARONI *et al.*, 2010). Dos Santos Maciel *et al.* (2014) avaliando os efeitos do LLLT (780 nm, 30mW, 0,81 J/ponto) antes de protocolo de fadiga em mulheres jovens, observaram um significativo aumento de torque no grupo irradiado em relação ao placebo. Esse aumento de desempenho muscular também foi observado por De Brito Vieira *et al.* (2014), que demonstrou que o LLLT (808nm, 100mW, 4J) aumentou significativamente as repetições máximas associada a uma pequena variação de índice de fadiga eletromiográfica, sugerindo uma maior resistência à fadiga muscular. Em outro estudo investigando o efeito do LLLT (cluster, 830nm, 60mW, 25,2J) aplicado em momentos diferentes (previamente ou após) em um protocolo de fadiga em dinamometria isocinética foi demonstrado que a LLLT independente da ordem de

aplicação é eficaz em reduzir as concentrações de lactato sanguíneo (DOS REIS *et al.*, 2014).

No processo de envelhecimento, um estudo experimental avaliando os efeitos do LLLT (808nm, 100mW, 144J/cm², 4J) associado ao treinamento aeróbico em ratos idosos observou a diminuição da expressão de marcadores pró inflamatórios (AMADIO *et al.*, 2015). Corroborando com esse estudo, Ferraresi *et al.* (2012) demonstram que o LLLT (LED, 630nm, 850nm, 50 mW, 80 mW/cm², 7,2 J/cm²) após o exercício pode melhorar a condição de disfunção mitocondrial e metabólica associada ao exercício, inibindo o estresse oxidativo e reparando microlesões em ratos. Em humanos, um estudo pioneiro desenvolvido por nosso grupo de pesquisa avaliando mulheres idosas submetidas ao LLLT (808 nm, 100 mW, 250J/cm², 7 J, energia total 56 J) imediatamente antes de um protocolo de fadiga em cadeira extensora, demonstrou a eficiência do LLLT no aumento do número de repetições durante o exercício de flexo-extensão de joelhos (TOMA *et al.*, 2013). Recentemente, outro estudo de nosso grupo de pesquisa apontou que o LLLT (808nm, 250J/cm², 100mW, 7J) aplicado imediatamente antes de protocolo de fadiga em isocinético foi eficaz em reduzir a fadiga eletromiográfica e a concentração de lactato após o exercício (VASSÃO *et al.*, 2015).

Até o presente momento apenas dois estudos propuseram avaliar o efeito crônico do LLLT associado a um protocolo com treinamento resistido (FERRARESI *et al.*, 2011, 2012). Ferraresi *et al.* (2011) avaliaram os efeitos do LLLT (808nm, 60mW, 50,4 J) associado ao treinamento de força (80% 1-RM) por 12 semanas em homens jovens e demonstraram que o LLLT aplicado ao fim de cada sessão de treinamento potencializou o efeito do exercício físico, resultando em um significativo aumento em pico de torque, quando comparado aos grupos treinamento sem LLLT e controle. Ainda, o mesmo grupo de pesquisa utilizando o mesmo protocolo de LLLT e treinamento, demonstrou o aumento na expressão gênica de marcadores de hipertrofia e menor expressão de marcadores relacionados ao processo de catabolismo (marcadores pró-inflamatórios) (FERRARESI *et al.*, 2012). Os autores relacionam essas melhorias ao estímulo à formação de mitocôndrias gigantes e ao incremento da atividade de enzimas dos complexos respiratórios mitocondriais.

Apesar dessa série de estudos prévios, é possível observar a variabilidade de resultados devido à heterogeneidade na escolha dos parâmetros LLLT, uma vez que não há um consenso em relação aos parâmetros ideais de irradiação. Além disso, os

estudos também divergem pela escolha de distintos protocolos de exercício e diferentes métodos de avaliação (NAMPO *et al.*, 2016; DOS REIS *et al.*, 2014). A escolha de diferentes populações em relação a gênero, idade e nível de condicionamento físico também influencia diretamente os resultados na área de desempenho muscular (VIEIRA *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2012). Ainda hoje, é possível observar que faltam estudos conduzidos em mulheres (NAMPO *et al.*, 2016) e na população idosa (VASSÃO *et al.*, 2015; TOMA *et al.*, 2013). Assim, o presente estudo é pioneiro em investigar os efeitos do LLLT associado a um protocolo de treinamento físico em mulheres idosas.

Dentro deste contexto, o estudo se propõe a investigar os efeitos do LLLT associado a um programa de treinamento resistido em quadríceps femoral em idosas. A hipótese seria a de que o LLLT associado ao treinamento contribuiria para disponibilizar e incrementar o aporte de energia em quadríceps femoral, levando a um maior desempenho muscular com significativo aumento de força e potência muscular e menor fadiga muscular se comparado ao treinamento sem irradiação.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi analisar a influência do LLLT associado ao treinamento resistido em quadríceps femoral no desempenho muscular em mulheres idosas.

2.1. Objetivos específicos

- Analisar e classificar o índice de sarcopenia (IME) das voluntárias;
- Analisar a distância percorrida no TC6 pós intervenção e comparar intergrupos;
- Analisar a força muscular (1-RM) pós intervenção e comparar intergrupos;
- Analisar o desempenho isocinético do quadríceps femoral através das variáveis trabalho total, potência média, pico de torque e índice de fadiga durante protocolo de fadiga, pós intervenção e comparar intergrupos;
- Analisar a fadiga eletromiográfica do músculo reto femoral durante protocolo de fadiga, pós intervenção e comparar intergrupos;
- Analisar a concentração de lactato sanguíneo durante protocolo de fadiga (ao longo do tempo), pós intervenção e comparar intergrupos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Todas as voluntárias foram recrutadas por meio de cartazes, matérias em jornais locais, rádio e divulgação eletrônica em São Paulo, SP, Brasil, entre 2013 e 2014. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo (UNIFESP) (195.800) (ANEXO I) e pelo Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (RBR-28mjwb). Todas as coletas foram realizadas no Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício (CEPE) em São Paulo, SP.

Os critérios de inclusão da pesquisa foram indivíduos entre 60 a 70 anos, do sexo feminino, eutróficas, isto é, com índice de massa corpórea (IMC) entre > 22 e < 28 kg/cm² segundo critérios da Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2002), classificadas como ativas (realizavam atividade física pelo menos 5 dias/semana e pelo menos 150 minutos/semana) ou irregularmente ativas (realizavam atividade física, porém, não se enquadravam nos critérios para serem classificadas como ativas e atingiam apenas um dos critérios da recomendação de prática de atividade física em frequência (5 dias/semana) ou duração (150 minutos/semana), de acordo com critérios estabelecidos pelo Questionário Internacional de Atividade Física – versão curta (IPAQ) (ANEXO II) e com liberação de cardiologista para realização do protocolo de exercício proposto.

Os critérios de não inclusão foram restrição na amplitude de movimento (ADM) das articulações do quadril, joelho e tornozelo ou presença de dor impedindo a realização do movimento de flexo-extensão de joelhos (em cadeira extensora ou em dinamômetro isocinético), história de trauma ou cirurgia prévia em membros inferiores ou na coluna, subluxação da articulação coxofemoral, fibromialgia, portadoras de hipertensão arterial e *Diabetes mellitus* não controlados e os critérios de exclusão foram voluntárias que durante o estudo desenvolveram qualquer doença ou lesão músculo-esquelética impedindo a realização dos procedimentos propostos, não realizaram as avaliações dos procedimentos experimentais, não executaram pelo menos 80% das sessões de treinamento ou não compareceram em duas sessões consecutivas de treinamento (FERRARESI *et al.*, 2011).

Todas as voluntárias, obrigatoriamente, realizaram a anamnese e exame físico para triagem de acordo com os critérios de inclusão da pesquisa. Para isso, foi realizada a avaliação cinético-funcional através da avaliação da ADM de flexão de

joelhos (0-90°), prova de função muscular em músculos extensores de joelhos, escala visual analógica de dor (EVA) e a coleta de dados antropométricos. A altura foi avaliada utilizando um estadiômetro de parede. O peso corporal foi medido em uma balança eletrônica diariamente calibrada antes do início das coletas. O teste ergométrico (Protocolo Bruce) e a declaração médica atestando a aptidão para realizar as atividades propostas na pesquisa foram conduzidos pela cardiologista responsável no CEPE e também eram necessários como critério de ingresso nas pesquisas desse laboratório.

3.1 Amostra

O cálculo amostral foi baseado em estudos prévios nessa área de investigação (VASSÃO et al., 2015; TOMA et al., 2013). Além disso, o cálculo foi baseado na concentração de lactato em estudo piloto realizado previamente. A significância adotada foi de ≤ 0.05 e considerada satisfatória pelo programa R Development Core Team software. Nesse estudo, 100 voluntárias foram triadas através de anamnese, exame físico (incluindo coleta de dados antropométricos, EVA, avaliação de ADM e força muscular, e teste ergométrico). Dessas, 48 voluntárias se enquadraram nos critérios de inclusão da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (APÊNDICE I) e foram randomizadas em 3 grupos pelo desenho simples de lotes (A, B ou C). O procedimento de randomização foi realizado através de um programa de computador que criou uma tabela de números aleatórios (1 a 100), em que cada número correspondia a um grupo. Para cada voluntária inserida na pesquisa um envelope pardo contendo esses números foi sorteado aleatoriamente. Os grupos A, B e C correspondiam aos grupos controle, não submetido ao treinamento resistido ou às intervenções propostas com LLLT ativa ou placebo (GC, n=15); grupo submetido ao treinamento resistido e à LLLT placebo (GT, n=17) e grupo submetido ao treinamento resistido e à LLLT ativa (GTL, n=16). O fluxograma de voluntárias se encontra na Fig. 1.

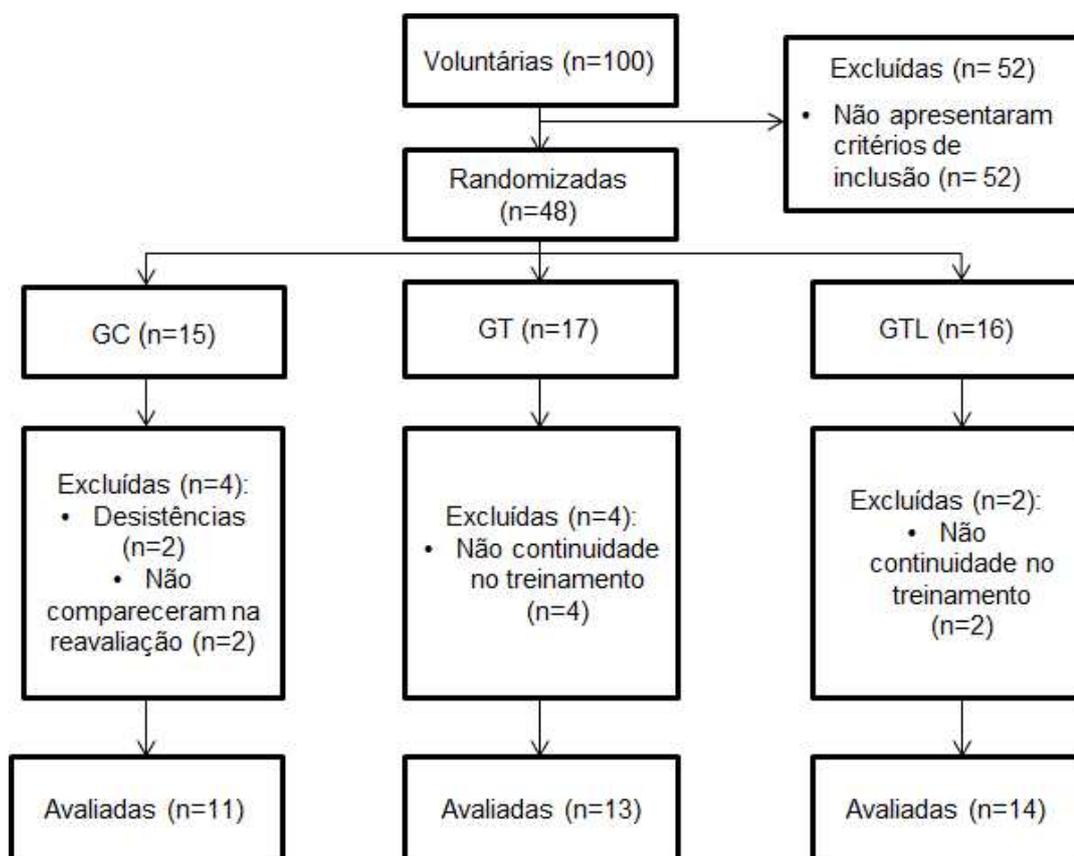


Figura 1. Fluxograma de voluntárias

3.2 Delineamento experimental

Todas as avaliações iniciais e finais foram realizadas no período da manhã e nos mesmos dias da semana (terças-feiras e quintas-feiras). Durante o estudo, todas as voluntárias foram orientadas a não alterar a rotina, mantendo as atividades físicas e hábitos nutricionais. Os procedimentos iniciais consistiram na avaliação de composição corporal através da Bioimpedância e Teste de Dominância de Membros Inferiores. As avaliações consistiram no Teste de Caminhada de 6 minutos (TC-6) e o teste de 1-RM. Para o teste de 1-RM, foram realizadas previamente três sessões de familiarização de flexo-extensão de joelhos em cadeira extensora, com intervalo mínimo de 48 horas (AMARANTE DO NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Para o protocolo isocinético foi realizada uma sessão prévia de familiarização em dinamômetro isocinético (WALLERSTEIN *et al.*, 2012). A coleta do protocolo isocinético foi realizada sete dias após a sessão de familiarização no aparelho. O protocolo foi realizado em dinamômetro isocinético, e simultaneamente foi realizada a

aquisição de dados da eletromiografia de superfície (SEMG) e as coletas de lactato sanguíneo. As voluntárias GT e GTL foram submetidas ao treinamento resistido 2 vezes por semana, durante 8 semanas consecutivas. Além disso, o LLLT placebo ou ativo foi aplicado no músculo reto femoral do membro dominante imediatamente após o final de cada sessão de treinamento resistido. A atribuição à aplicação do LLLT nos grupos treinamento associado à irradiação placebo ou ativa, foi ocultada às voluntárias e ao responsável pelas análises. As voluntárias do GC não realizaram sessão de treinamento, tampouco irradiação laser.

3.3. Avaliação de Composição Corporal

Para a avaliação de composição corporal as voluntárias foram instruídas a manter jejum de 4 horas, não fazer uso de diurético, cafeína ou bebida alcoólica. As avaliações foram realizadas em traje de banho. O teste foi conduzido de acordo com as instruções do fabricante (*Inbody-720*, Biospace, Seoul, Coréia).

3.3.1 Bioimpedância

Bioimpedância elétrica (BIA) é um método simples, rápido e não-invasivo para avaliação da composição corporal. A análise é uma quantificação da composição corporal através da introdução de uma corrente elétrica ao longo do corpo. Para o teste, a voluntária foi posicionada em posição ortostática no aparelho (*Inbody-720*, Biospace, Seoul, Coréia) e instruída a manter os braços abduzidos durante todo o teste. Através dos dados fornecidos pela BIA foram obtidos os valores de índice de músculo esquelético (IME) para classificação do nível de sarcopenia (JANSSEN, 2006).

3.4. Teste de Dominância de Membros Inferiores

O Teste de Dominância de Membros Inferiores foi utilizado para indicar o membro inferior que seria submetido às coletas em isocinético e SEMG. O teste de dominância de membros inferiores consiste no posicionamento da voluntária em frente a uma bola que deve ser chutada por 3 vezes em direção ao avaliador posicionado a aproximadamente um metro de distância. A perna que o voluntário realizasse o maior número de chutes seria a perna dominante (RUITER *et al.*, 2010).

3.5 Teste de Caminhada de 6 minutos

O teste de caminhada de seis minutos (TC-6) é considerado uma ferramenta eficaz e segura para avaliar a capacidade funcional em indivíduos idosos assintomáticos (LORD & MENZ, 2002; HARADA *et al.*, 1999). O TC-6 mede a distância que um indivíduo é capaz de percorrer ao longo de um total de seis minutos em um corredor de 30 metros em uma superfície plana. O teste foi aplicado pelo mesmo examinador que manteve frases padronizadas de incentivo verbal como: "você está indo muito bem", "ande o mais rápido que puder" e "continue assim", a cada minuto durante todo o percurso. A coleta foi realizada duas vezes por cada voluntária em intervalo de 60 minutos e apenas a distância percorrida na segunda tentativa foi considerada para o valor basal (ATS, 2002).

3.6. Teste de 1 Repetição Máxima

O “padrão ouro” para o teste de força dinâmica é a 1-Repetição Máxima (1-RM) e é considerada uma ferramenta segura em indivíduos idosos (AMARANTE DO NASCIMENTO *et al.*, 2013; MARTEL *et al.*, 2006; CAPODAGLIO *et al.*, 2005). As sessões de familiarização foram realizadas antes da coleta do teste de 1-RM (AMARANTE DO NASCIMENTO *et al.*, 2013). Todas as voluntárias realizaram 3 sessões de flexão-extensão de joelhos em cadeira extensora (*Leg Extension seleção-Technogym®*). As sessões de familiarização consistiram em 10 repetições de flexo-extensão de joelhos sem carga, seguindo com 3 minutos de descanso para uma tentativa de 1-RM em amplitude de movimento máxima com uma carga baseada na percepção e experiência prévia do avaliador. Cada sessão foi realizada com intervalo de 48 horas. O objetivo da familiarização foi o de evitar o efeito aprendido e aumentar a acurácia dos dados (PLOUTZ-SNYDER & GIAMIS, 2001; HOPKINS *et al.*, 2000). Para a coleta do Teste de 1-RM, as voluntárias realizaram um aquecimento com 10 repetições de flexo-extensão de joelhos com carga leve (50% 1-RM previsto) (AMARANTE DO NASCIMENTO *et al.*, 2013; ARAZI *et al.*, 2013; FERRARESI *et al.*, 2011). Para o teste, a voluntária foi posicionada em uma cadeira extensora com 80° de flexão de quadril e 90° de flexão de joelho, permitindo um arco de movimento de 90° a 0° de flexão de joelho. Foram instruídas a realizar uma única flexo-extensão de

joelho em amplitude máxima com uma força de contração máxima. Este procedimento foi realizado até a obtenção da carga máxima sem compensações e na amplitude de movimento completa (ACSM, 2003). Caso não fosse possível determinar a 1-RM dentro de cinco tentativas, o teste seria remarcado para outra data, a fim de se evitar a fadiga muscular. O teste também foi utilizado para reajustar a carga durante o programa de treinamento em intervalos contínuos de 2 semanas, a fim de se evitar lesões e adequar a carga do treinamento. Todos os procedimentos foram baseados no *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2003).

3.7 Desempenho isocinético

A dinamometria isocinética é considerada um instrumento confiável e reprodutível na população idosa (GOMES *et al.*, 2014). O protocolo utilizado foi baseado em estudo anterior (VIEIRA *et al.*, 2012). Uma semana antes da coleta de protocolo isocinético, foi realizada uma sessão de familiarização em dinamômetro isocinético para proporcionar a aprendizagem da mecânica do equipamento isocinético e para uma maior segurança na realização do protocolo (WALLERSTEIN *et al.*, 2012; SYMONS *et al.*, 2005). A familiarização consistiu na realização do protocolo isocinético em dinamômetro isocinético computadorizado da marca *Biodex System 3 Pro* (*Biodex Medical System*, Shirley, Nova Iorque, EUA). O desempenho foi avaliado seguindo as recomendações e especificações do fabricante para a avaliação da flexo-extensão de joelho unilateral.

Previamente à execução do teste, o aparelho era calibrado enquanto as voluntárias realizavam um aquecimento de 5 minutos em bicicleta ergométrica (velocidade 60-70 rpm e sem carga). Em seguida, as voluntárias foram posicionadas em dinamômetro isocinético e estabilizadas com tiras, a fim de se evitar possíveis movimentos compensatórios. O eixo de rotação do aparelho foi ajustado ao vértice no eixo do joelho. O quadril foi estabilizado a 80° e o braço de alavanca do equipamento foi ajustado a aproximadamente 2 cm acima dos maléolos. A altura da cadeira, a distância do encosto e o ângulo do assento foram ajustados para cada indivíduo e anotados para posterior utilização na reavaliação. Para corrigir a influência do efeito da gravidade, o membro inferior foi pesado a 45° pelo próprio equipamento. Em seguida, seguindo as orientações do fabricante, foram realizadas cinco contrações concêntricas submáximas de extensão de joelho em um movimento padronizado e

pré-programado, a partir de 90° de flexão de joelho, a voluntária realizava um arco de movimento de 70°, a uma velocidade angular constante de 180 °/s. Após repouso de 10 minutos se iniciou o protocolo isocinético que consistiu em 60 contrações concêntricas de quadríceps. Os sujeitos foram estimulados verbalmente e visualmente durante o teste para atingir o esforço máximo.

O desempenho isocinético foi avaliado através do trabalho total (J), pico de torque (Nm), potência média (W) e índice de fadiga (%) dos músculos extensores do joelho. O trabalho total foi calculado como a área gráfica de todas as repetições (torque *versus* deslocamento da curva), o pico de torque foi o maior valor obtido de torque dentre as contrações e a potência média calculada pelo trabalho dividido pelo tempo do teste, de acordo com as orientações do fabricante do equipamento. O índice de fadiga é definido como o declínio percentual do trabalho dos extensores do joelho, e calculado pela seguinte fórmula: $100 - (\text{trabalho realizado no último terço de contrações dividido pelo trabalho no primeiro terço})$. Todos esses dados foram fornecidos pelo *software* da BIODEX.

3.8. Coleta eletromiográfica

Para a coleta eletromiográfica, foi utilizado o equipamento *Myosystem Br-1* (*DataHominis Tecnologia Ltda.*, Uberlândia, Brasil) com aquisição simultânea comum para todos os canais, filtros passa faixa entre 10 Hz a 1,5 KHz, três estágios de amplificação, impedância de canais de 10 GΩ em modo diferencial e placa conversora analógica-digital de 12 bits de faixa de resolução dinâmica, faixa de amplitude de - 10V a +10V, frequência de amostragem por canal de 2000 Hz e Razão de Rejeição de Modo Comum de 130dB. Além disso, foram utilizados um eletrodo ativo de superfície simples diferencial composto por duas barras retangulares paralelas (10 x 2 x 1 mm) de prata pura (Ag), espaçadas entre si em 10 mm e fixadas em um encapsulado de resina acrílica de 20 x 41 x 5 mm, e um eletrodo de referência de aço inoxidável.

Previamente a aquisição dos registros eletromiográficos, foi realizada a limpeza e tricotomia da pele. A fixação dos eletrodos foi realizada com tiras de esparadrapo, permitindo o melhor acoplamento entre as barras de captação e a pele da voluntária. Os eletrodos foram posicionados de acordo com a *European Recommendations for Surface Electromyography* do Projeto SENIAN (HERMENS *et al.*, 2000). O eletrodo

ativo foi posicionado a 50% da distância entre a origem e a inserção do músculo reto femoral, e o eletrodo de referência foi posicionado na região da tuberosidade da tíbia ipsilateral com gel condutor como meio acoplador. O uso de gel diminui o efeito de interferências eletromagnéticas e outros ruídos de aquisição do sinal eletromiográfico.

A aquisição do sinal eletromiográfico foi realizada durante protocolo isocinético (60 contrações de quadríceps). Durante a coleta foi mantido comando verbal pelo mesmo examinador durante todo o experimento. A visualização e o processamento do sinal eletromiográfico foram realizados pelo programa *Myosystem* Br-1 versão 3.5 (*DataHominis Tecnologia Ltda.*, Uberlândia, Brasil). A frequência mediana (FMed) foi gerada através da Transformada Rápida de Fourier (FFT), sendo o sinal durante as 60 contrações de quadríceps janelado em 20 contrações iniciais e finais (Figuras 2 e 3). Em todos os processamentos, os sinais eletromiográficos brutos foram filtrados digitalmente com um filtro passa-faixa de 20 a 1000 Hz. A Fmed referente às 20 contrações iniciais e finais foram utilizadas para obtenção do índice de fadiga eletromiográfica (IFE) ($FMed_{20 \text{ contrações finais}} / FMed_{20 \text{ contrações iniciais}}$). O índice de fadiga eletromiográfica foi determinado com base na fórmula utilizada para o índice de fadiga fornecido pelo dinamômetro isocinético (*Biodex*).

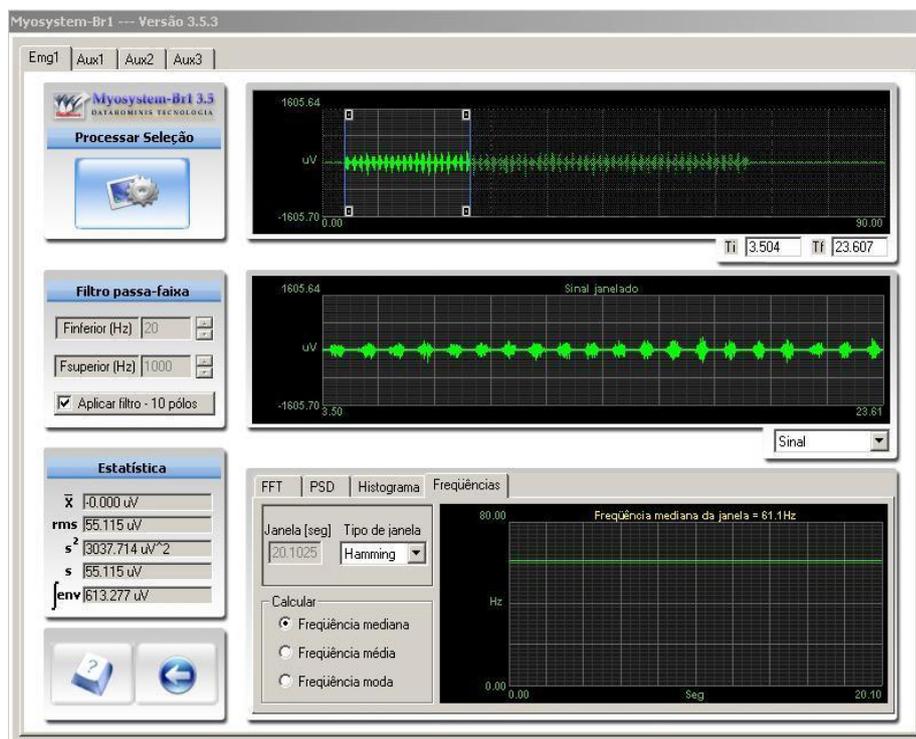


Figura 2. Janelamento das 20 contrações iniciais do protocolo isocinético.

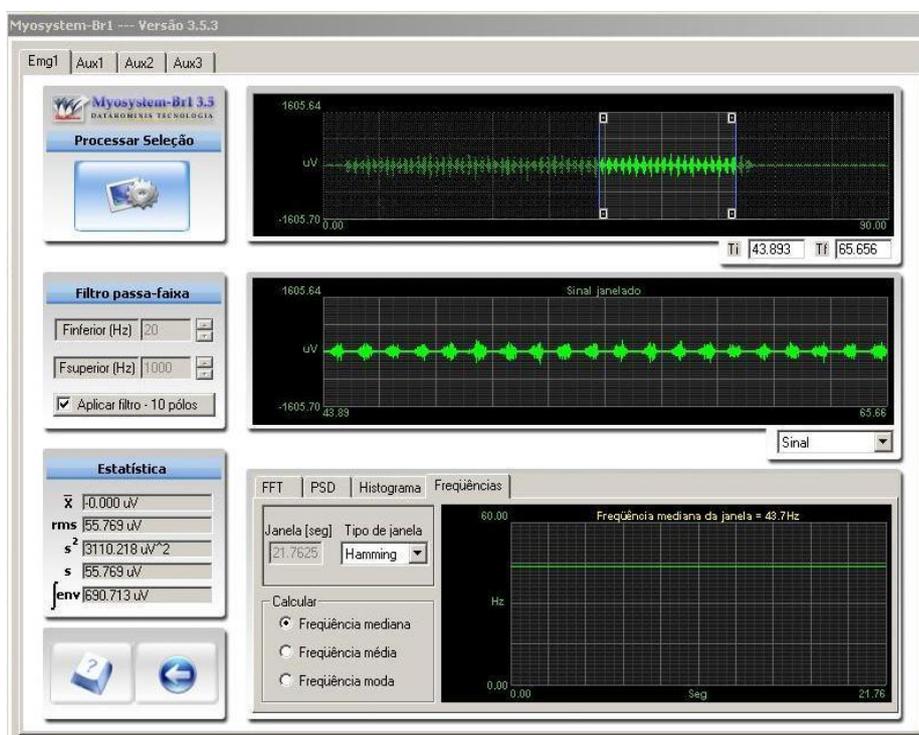


Figura 3. Janelamento das 20 contrações finais do protocolo isocinético.

3.9 Coleta de lactato

As coletas de lactato foram obtidas concomitantemente ao protocolo isocinético. Em cada coleta, foram obtidas cinco amostras, a primeira basal correspondente à amostra prévia a realização do protocolo em isocinético, outra imediatamente após o término do protocolo e na sequência, três coletas sendo três, seis e trinta minutos após o fim do protocolo em isocinético (HIGASHI *et al.*, 2012). Para a coleta da amostra de sangue foram utilizadas luvas cirúrgicas descartáveis e, após a assepsia com álcool da região do lóbulo da orelha, foi realizada a punção por meio de uma lanceta descartável. A primeira gota de sangue foi desprezada para evitar a contaminação do lactato com o suor produzido pelas glândulas sudoríparas. Em seguida, foram coletados vinte e cinco microlitros de sangue arterializado em capilares de vidro heparinizados e calibrados. As amostras foram depositadas em tubos (*Eppendorfs*) contendo 50 microlitros de fluoreto de sódio a 1% para evitar a continuação da glicólise e estocadas em freezer a -10°C. As análises foram realizadas através de lactímetro da *Yellow Springs Instruments 2300 Sports Stat Plus Analyzer* (*Yellow Springs, Ohio, EUA*).

3.10 Programa de treinamento resistido

O programa de treinamento resistido foi baseado em estudo prévio (MAYER *et al.*, 2011) e seguiu as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2003). O programa teve a duração de 8 semanas consecutivas sendo realizado duas vezes por semana sob supervisão de um fisioterapeuta e educador físico. As avaliações de 1-RM foram realizadas em intervalos contínuos de 2 semanas para que houvesse o adequado ajuste dos valores de carga durante o programa de treinamento. Nas 2 sessões iniciais, o valor de carga do treinamento foi correspondente a 60% de 1-RM e foram realizadas duas séries de quinze repetições. O objetivo dessas sessões com cargas mais baixas foi o de promover a adaptação à dinâmica do aparelho, evitando possíveis lesões e garantindo uma maior adesão para o início da rotina de treinamento. As sessões seguintes foram realizadas com valores de 80% de 1-RM sendo realizadas três séries de doze repetições. Um intervalo de dois minutos foi dado entre as séries com o objetivo de evitar a fadiga muscular.

3.11 Laser de baixa intensidade

Nesse estudo foi utilizado o aparelho laser da marca DMC (São Carlos, SP, Brasil), modelo PHOTON LASE III, com emissor visível de laser vermelho, comprimento de onda 660nm, potência útil do emissor 100mW, emissor ativo InGaAlP, e emissor invisível laser infravermelho, comprimento de onda de 808nm, potência útil de emissor 100mW, meio ativo GaAlAs, e área de feixe para ambos os lasers de 0,0028 cm². Para o protocolo LLLT, foi utilizado o laser infravermelho nos seguintes parâmetros: modo contínuo, potência de 100mW, densidade de potência de 35.7 W/cm², energia por ponto 7.0 J, sendo que foram irradiados 8 pontos distribuídos ao longo do reto femoral, totalizando 56 J, densidade de energia de 250J/cm², energia total de 56J, tempo de irradiação de 1 minuto e 10 segundos por ponto. A irradiação foi realizada no modo de aplicação pontual (90° em contato direto com a pele). O pesquisador responsável pela análise dos dados e a voluntária eram cegos em relação à aplicação LLLT placebo ou ativo. O LLLT placebo consistia nos mesmos procedimentos de posicionamento de pontos de irradiação, porém, com caneta vermelha sem irradiação.

As voluntárias alocadas nos grupos GT e GTL foram submetidas à aplicação LLLT placebo ou ativo de acordo com a randomização prévia. O LLLT foi realizado após cada sessão de treinamento e aplicado em pontos devidamente distribuídos no músculo reto femoral do membro dominante. Assim, com o intuito de se padronizar a aplicação e distribuí-lo de forma a abranger a maior área, foi feita uma marcação bilateral (2 cm) à linha média obtida entre a espinha ilíaca ântero-superior e a patela, com marcações a 25%, 35%, 50% e 75% da medida total.

3.12 Análise estatística

Para avaliar a normalidade e homogeneidade dos resultados foram utilizados os testes de *Shapiro-Wilk's* e *Levene*. Para analisar as variáveis com distribuição normal, as comparações entre os grupos experimentais foram realizadas pela análise de variância (*one-way ANOVA*), e o post hoc de *Tukey* foi utilizado para comparar grupos individuais. Para as variáveis sem distribuição normal, foram utilizados os testes *Kruskal-Wallis* com subsequente *post hoc Dunns*. Todas as análises foram

realizadas usando a *GraphPad Prism 6.0* (*GraphPad Software, San Diego CA, EUA*).
A significância foi de $p \leq 0,05$.

4. RESULTADOS

O estudo iniciou com 48 voluntárias que atenderam a todos os critérios de inclusão e assinaram o termo de consentimento. No entanto, 10 voluntárias foram excluídas ao longo do estudo: não realizaram as sessões de avaliação/reavaliação ou não realizaram duas sessões consecutivas de programa de treinamento resistido. Assim, a amostra final foi constituída por 38 voluntárias. A caracterização da amostra se encontra na tabela 1.

Tabela 1. Média e desvio-padrão de idade e dados antropométricos das voluntárias.

Grupos	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m ²)	IME (kg/m ²)
GC	63,64(±2,11)	50,51(±5,70)	1,51(±0,05)	22,25(±2,26)	8,50(±2,97)
GT	63,31(±2,66)	59,66(±8,53)	1,54(±0,06)	25,23(±2,82)	8,74(±3,34)
GTL	64,07(±2,87)	58,85(±9,58)	1,54(±0,09)	24,63(±2,51)	8,69(±3,86)

IMC: Índice de Massa Corporal; kg: quilogramas; m: metros; kg/m²: quilogramas por metro quadrado; IME: índice músculo –esquelético

A figura 4 representa os dados de TC-6 antes e após o protocolo experimental de 8 semanas. Não houve diferença significativa entre os grupos.

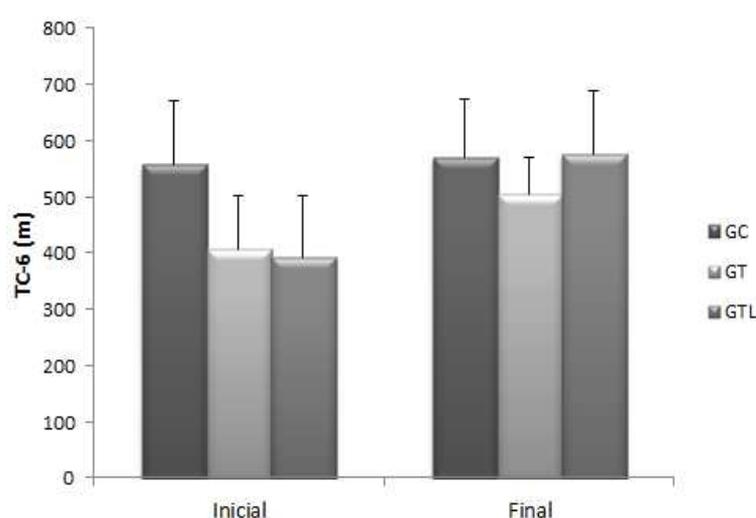


Figura 4. Média e desvio padrão de TC-6 antes e depois do protocolo de intervenção.

A média de 1-RM antes e depois do protocolo experimental pode ser

observada na figura 5. A análise dos dados basais não demonstrou diferença significativa intergrupos. Após o programa de treinamento resistido, a análise dos dados demonstrou que GT e GTL aumentaram significativamente o 1-RM em comparação ao GC (GT vs GC, $p = 0,0067$), (GTL vs GC, $p < 0,0001$). No entanto, não houve diferença estatística entre os grupos treinados (GT vs GTL, $p = 0,2125$).

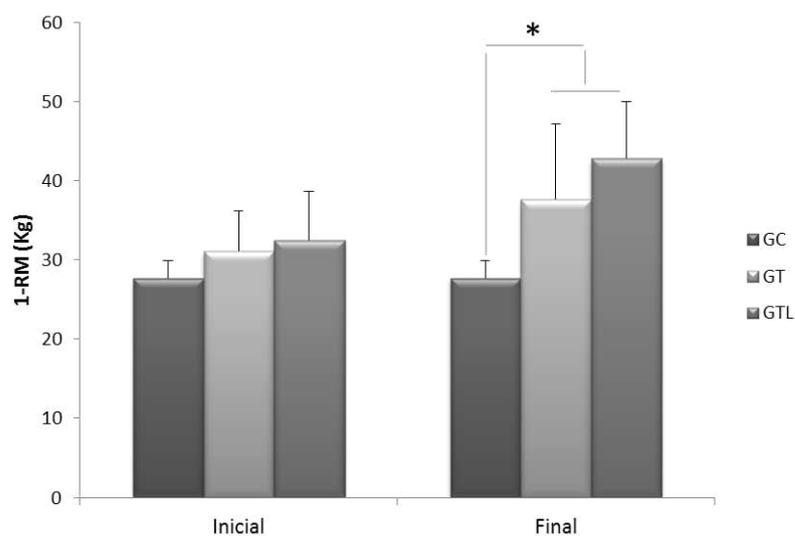


Figura 5. Média e desvio padrão de 1-RM antes e depois do protocolo de intervenção.

A análise do dinamômetro isocinético inicial demonstrou resultados semelhantes para todas as variáveis em todos os grupos experimentais. Após 8 semanas de treinamento resistido, as voluntárias GTL apresentaram maiores valores de trabalho total, pico de torque e potência média em relação ao GC ($p = 0,0162$, $0,0309$ e $0,0223$, respectivamente). Apesar disso, não houve diferença significativa no índice de fadiga intergrupos (Figura 6).

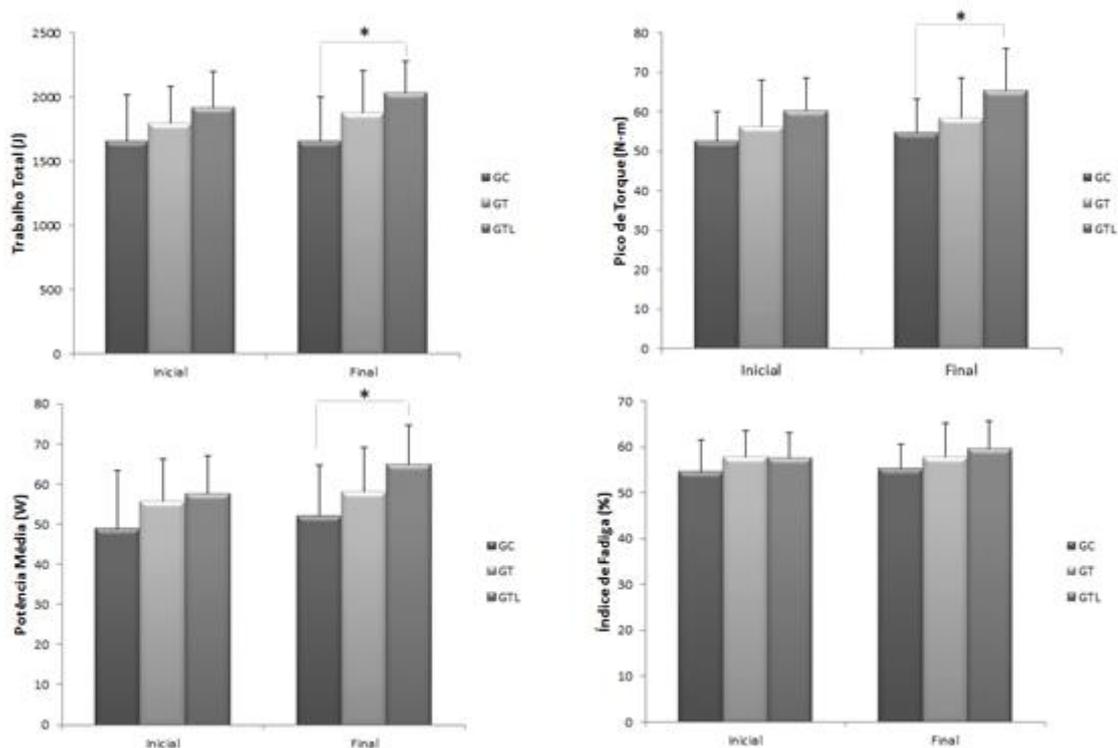


Figura 6. As médias e desvios-padrão de trabalho total, pico de torque, potência média e índice de fadiga antes e após o protocolo de intervenção.

A Figura 7 representa dados de Fmed antes e após o programa de treinamento resistido. A análise estatística não demonstrou diferença significativa em dados da IFE da avaliação inicial e final intergrupos ($p > 0,9999$).

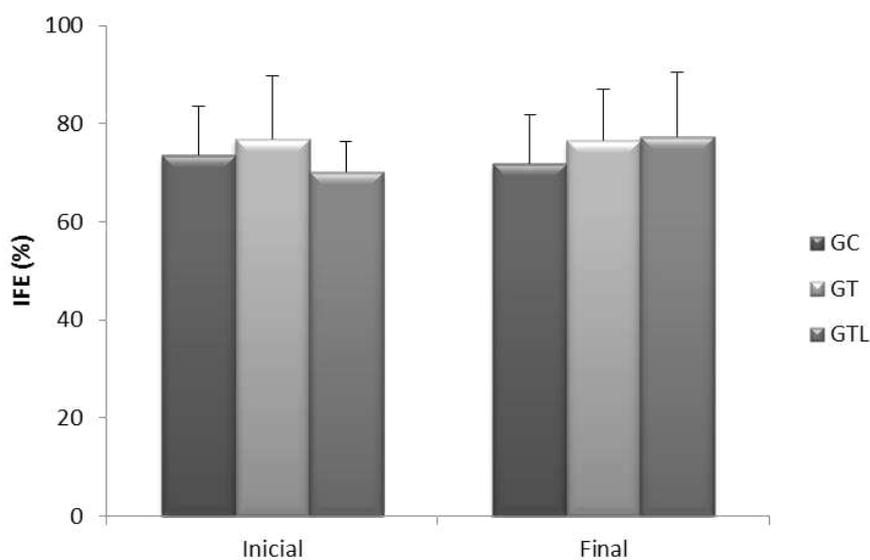


Figura 7. Média e desvio padrão de IFE antes e depois do protocolo de intervenção.

A análise de lactato, na avaliação inicial, demonstrou resultados semelhantes para a concentração de lactato durante todos os períodos de coleta para todos os grupos (Figura 8A). Após o período experimental, tanto GT quanto GTL apresentaram uma diminuição significativa na concentração de lactato em comparação a GC, 3 minutos após o fim do protocolo em isocinético (GC vs GTL: $p = 0,0289$ e GC vs GT: $p = 0,0085$). Nenhuma outra diferença estatística foi observada em outros períodos analisados (para 0 min, 6 min e 30 min após o protocolo isocinético) (Figura 8B).

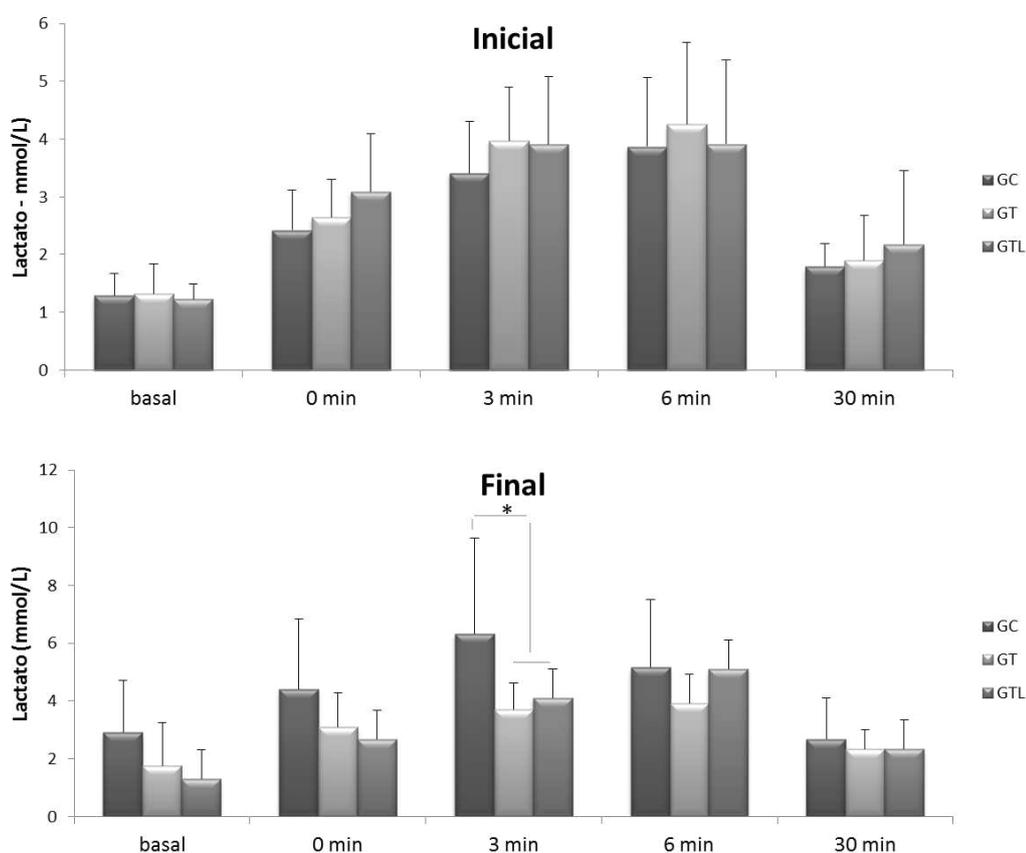


Figura 8. As médias e desvios-padrão de concentração de lactato durante o tempo. **(A)** A concentração de lactato antes de protocolo isocinético. **(B)** A concentração de lactato após protocolo isocinético.

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do LLLT associado ao treinamento resistido em quadríceps femoral no desempenho muscular em mulheres idosas. A hipótese é a de que o LLLT associado ao treinamento poderia proporcionar uma significativa melhora no desempenho muscular e redução da fadiga muscular em quadríceps femoral em idosas se comparado ao treinamento sem irradiação. Os principais resultados do presente estudo demonstraram que o treinamento resistido associado ao LLLT foi eficaz em melhorar o desempenho muscular em protocolo realizado em dinamômetro isocinético quando comparado ao grupo controle. Além disso, as voluntárias treinadas (com ou sem LLLT) aumentaram a carga de 1-RM e diminuíram a concentração de lactato se comparadas às idosas sem intervenção. Porém, não houve diferença estatística em TC-6 e fadiga (isocinética e eletromiográfica) entre os grupos.

O LLLT tem demonstrado resultados promissores quando associado ao exercício físico, retardando o início da fadiga e levando a um incremento do desempenho muscular em jovens e atletas (DOS REIS *et al.*, 2014; DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; DE MARCHI *et al.*, 2009, 2012; FERRARESI *et al.*, 2011; LEAL JUNIOR *et al.*, 2010; BARONI *et al.*, 2010). Apesar dessas evidências, ainda faltam dados elucidando os efeitos crônicos do LLLT associado ao treinamento resistido na população idosa (VASSÃO *et al.*, 2015; TOMA *et al.*, 2013; DE BRITO VIEIRA *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2011, 2012).

O TC-6 é uma ferramenta prática como medida de desempenho funcional para avaliar as respostas globais e integradas de todos os sistemas envolvidos durante o exercício, incluindo os sistemas pulmonar, cardiovascular e muscular em diferentes populações (COEN *et al.*, 2013; VAN KAN *et al.*, 2009; ATS, 2002). O envelhecimento é associado a uma baixa velocidade de marcha, devido à diminuição da eficiência metabólica, isto é, diminuição da capacidade de produzir a energia por via oxidativa levando a uma deficiência na disponibilidade de energia e ao declínio progressivo de força muscular (COEN *et al.*, 2012; VAN KAN *et al.*, 2009). Nesse contexto, estudos demonstram que o treinamento resistido com cargas entre 65 a 75% RM em membros inferiores (extensores e flexores de joelhos e quadris, e adutores e abdutores de quadris) em idosos pode promover um aumento significativo em velocidade de marcha e distância percorrida em TC-6 (LOCKS *et al.*, 2012; MAYER *et al.*, 2011). No entanto,

no presente estudo não houve diferença na distância percorrida entre os grupos experimentais. Sabe-se que a dinâmica da marcha envolve distintos grupos musculares, assim, é possível que o programa de fortalecimento realizado apenas para o grupo de extensores de joelhos não tenha gerado estímulo suficiente para melhorar essa variável (GERALDES *et al.*, 2008).

As cargas de 1-RM apresentaram um aumento significativo nas voluntárias que realizaram o treinamento (com ou sem irradiação) se comparas às voluntárias do CG. Porém, não foi observada diferença significativa entre GT e GTL. O incremento de carga após o treinamento resistido já era esperado devido à melhora das propriedades contráteis do tecido, o aumento da frequência de disparo, maior recrutamento de unidades motoras e transição de fibras tipo Ila levando ao aumento da força muscular (MAYER *et al.*, 2011; AAGARD *et al.*, 2022 a,b). Os resultados desse estudo corroboram com estudo prévio em protocolo similar em homens jovens saudáveis, no qual não houve diferença significativa na carga final em 1-RM entre o grupo treinado irradiado e o grupo treinado não irradiado (FERRARESI *et al.*, 2011).

A avaliação isocinética é uma das ferramentas mais confiáveis para a avaliação do desempenho muscular (GOMES *et al.*, 2014; HARRIS *et al.*, 2007). O protocolo isocinético em velocidade angular de 180 °/s é eficaz em avaliar dados como potência e índice de fadiga (FERREIRA *et al.*, 2010), enquanto as contrações concêntricas são eficazes para analisar os componentes contráteis perdidos no processo de envelhecimento e que se relacionam diretamente com o declínio da função (HUNTER *et al.*, 2004). Nesse estudo foi observado um aumento no trabalho total, pico de torque e potência média em voluntárias do GTL. Em especial, a melhora em potência se relacionada positivamente com capacidade funcional e atividades de vida diária em idosos (HUGHES *et al.*, 2001; HUNTER *et al.*, 2004; BEAN *et al.*, 2002). Esses dados corroboram com achados que relataram efeitos positivos do LLLT no incremento da força e desempenho muscular em diferentes populações (DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; DE BRITO VIEIRA *et al.*, 2012; DE ALMEIDA *et al.* 2012; FERRARESI *et al.*, 2011; BARONI *et al.*, 2010). Os resultados encontrados podem ser respaldados nas adaptações das características metabólicas das fibras musculares (tipo Ila) promovidas pelo exercício, que possivelmente foram incrementadas pela ação do LLLT no metabolismo mitocondrial. A interação LLLT com as mitocôndrias levaria ao aumento da atividade de enzimas dos complexos da cadeia respiratória, em especial

do complexo IV, inibindo a ligação de óxido nítrico (NO) e citocromo c oxidase (CCO), estimulando a síntese de ATP muscular (FERRARESI *et al.*, 2012). Além disso, há evidência na literatura científica de que a irradiação promove o crescimento e fusão de mitocôndrias menores para formar mitocôndrias gigantes, aumentando a densidade mitocondrial nos tecidos (MANTEIFEL & KARU, 1997). Assim, por meio de mudanças bioquímicas e estruturais, o LLLT pode ter influenciado no aumento da disponibilidade de energia para a contração muscular durante o protocolo isocinético (DOS REIS *et al.*, 2014; dos SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; DE BRITO VIEIRA *et al.*, 2014; FERRARESI *et al.*, 2011; BARONI, *et al.*, 2010; KARU, 2001; MANTEIFEL & KARU, 1997).

Ainda durante o protocolo de fadiga em isocinético foi avaliado o índice de fadiga, o qual é considerado uma medida confiável de resposta muscular (BARONI *et al.*, 2010; PINCIVERO *et al.*, 2003). Apesar disso, poucos estudos investigaram os efeitos do LLLT nessa variável e apresentaram resultados controversos (DE BRITO VIEIRA *et al.*, 2012; GÖRGEY *et al.*, 2008). Em estudo de De Brito Vieira *et al.* (2012) foi observado que o treinamento em cicloergômetro associado ao LLLT foi eficaz em reduzir o índice de fadiga se comparado ao grupo de mulheres jovens treinadas sem irradiação. Contudo, em outro estudo prévio não foram encontradas diferenças significativas na redução da fadiga muscular induzida por estimulação elétrica neuromuscular em jovens irradiados (GÖRGEY *et al.*, 2008). No presente estudo, é possível observar a manutenção dos níveis de fadiga mesmo com o aumento do desempenho muscular nas variáveis do dinamômetro isocinético. Porém, sem diferença estatística entre os grupos.

Outra ferramenta utilizada para avaliar a fadiga muscular é a eletromiografia de superfície (SEMG). A fadiga neuromuscular pode ser interpretada através da queda de valores de frequência mediana (Fmed). O desenvolvimento da fadiga está relacionado às mudanças no recrutamento de unidades motoras, redução do potencial de excitação da membrana muscular, diminuição de fluxo sanguíneo, redução de pH e aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), e espécies reativas de nitrogênio (ERN), que geram falhas na condução de impulsos nervosos levando à diminuição da frequência de disparo de motoneurônios (WESTERBLAD & ALLEN, 2011; PLACE *et al.*, 2010; ASCENSÃO *et al.*, 2003). Estudos anteriores sugerem que a LLLT é eficaz em reduzir o estresse oxidativo e inibir a redução de pH, levando a

um estímulo na condução do potencial de ação ao longo da fibra muscular durante um exercício (SILVA *et al.*, 2015; DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; HIGASHI *et al.*, 2012; DE BRITO VIEIRA *et al.*, 2012; KELENCZ *et al.*, 2010). Assim, a SEMG poderia elucidar os efeitos do LLLT e seu papel biomodulatório na passagem do potencial de ação.

Estudos prévios conduzidos em mulheres jovens submetidas à irradiação de LLLT e protocolos de fadiga não observaram diferença estatística em Fmed entre os grupos LLLT ativo e placebo (DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; HIGASHI *et al.*, 2012). No entanto, em estudo recente conduzido em mulheres idosas, Vassão *et al.* (2015) observaram que o LLLT aplicado previamente a um protocolo de fadiga é eficaz na redução da fadiga eletromiográfica. Nesse estudo, analisando o comportamento das variáveis e o maior desempenho muscular durante o protocolo de fadiga em isocinético, os dados sugerem uma tendência para redução dos níveis de fadiga eletromiográfica em GTL comparado aos demais grupos o que pode indicar um efeito positivo na manutenção dos níveis de fadiga. Entretanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa. Possivelmente, a ordem de aplicação do LLLT (após as sessões de treinamento) pode ter influenciado nos resultados.

Outra ferramenta para se avaliar a fadiga que tem sido amplamente utilizada em protocolos de estudos da área é a concentração de lactato sanguíneo (HIGASHI *et al.*, 2012). Após o exercício de alta intensidade há um aumento nos níveis de lactato. Assim, o aumento observado na concentração de lactato era esperado após o protocolo em isocinético (DOS SANTOS MACIEL *et al.*, 2014; DOS REIS *et al.*, 2014). A literatura destaca seu papel na acidose metabólica durante exercícios resistidos (anaeróbicos), através do aumento da concentração de íons H⁺, prejudicando a transmissão neuromuscular e inibindo a ligação de Ca²⁺ com a troponina, que por sua vez, reduz a capacidade contrátil do músculo (DOS REIS *et al.*, 2014). Dentro desse contexto, estudos têm demonstrado o papel do LLLT inibindo o acúmulo de lactato através de incrementos na vascularização e na atividade da CCO em fibras tanto do tipo I quanto II, o que indicaria um estímulo à capacidade metabólica oxidativa em distintos tipos de fibras e diferentes grupos musculares, aumentando o potencial aeróbio muscular (CHUNG *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2012).

No presente estudo, após o protocolo de intervenção, as voluntárias GT e GTL diminuíram significativamente a concentração de lactato no terceiro minuto após o protocolo isocinético. Estes resultados evidenciam a influência positiva do treinamento

resistido no metabolismo muscular (LIU & LATHAM, 2009; FOLLAND & WILLIAMS, 2007). Estudos demonstram o papel do exercício físico em idosos no aumento da concentração de enzimas antioxidantes com conseqüente redução de ERO, e no aumento do número de capilares levando ao aumento na vascularização estimulando a retirada de catabólitos (HENRIKSSON J, 1992). Em relação aos efeitos do LLLT, estudos prévios demonstraram um efeito positivo do LLLT aplicado antes de protocolo de exercício em homens jovens e em idosas (VASSÃO *et al.*, 2015; DE MARCHI *et al.*, 2011). Os autores respaldam os resultados nos efeitos do LLLT na microcirculação e no estímulo à cadeia respiratória mitocondrial (LIU & LATHAM, 2009; FOLLAND & WILLIAMS, 2007; FRY, 2004). Nesse estudo, não foi observada diferença estatística entre GT e GTL. Contudo, é importante observar os dados de forma integrada, GTL apesar de aumentar significativamente as variáveis do desempenho muscular durante o protocolo de fadiga manteve os valores de concentração de lactato. Resultado que poderia indicar a influência positiva do LLLT na manutenção das concentrações de lactato.

Nesse estudo, a caracterização da amostra demonstra que as voluntárias eram homogêneas em relação às características antropométricas e pontuaram escores de IME acima de 8 classificando-as como não sarcopênicas, segundo critérios do Consenso Europeu de Sarcopenia (EWGS, 2010).

Está bem estabelecido que o processo de envelhecimento é responsável por alterações no sistema muscular, neste contexto, a intervenção mais indicada para melhorar as propriedades musculares e combater o declínio da capacidade funcional em idosos é o treinamento resistido (AGS, 2014; MAYER *et al.*, 2011; FOLLAND & WILLIAMS; 2007). Portanto, nesse estudo, a prescrição do treinamento resistido foi baseada em recomendações para prevenção e tratamento da sarcopenia e, na diminuição dos riscos de queda em idosos (AGS, 2014; MAYER *et al.*, 2011; ACSM, 2003, 2009).

Finalmente, os parâmetros do LLLT foram baseados em protocolos de irradiação realizados em estudos prévios e escolhidos com base na evidência de que o LLLT teria maior interação e efetividade em células em condição de disfunção mitocondrial ou estresse oxidativo (TOMA *et al.*, 2013; HIGASHI *et al.*, 2012; VIEIRA *et al.*, 2012; XIAOYANG XU *et al.*, 2008). Assim, a ordem de aplicação LLLT (após as sessões de treinamento) foi realizada para se aproveitar a condição de estresse

mecânico e metabólico promovida pelo exercício, enquanto, a escolha da população investigada consistir apenas em idosos se deve ao fato de o processo de envelhecimento estar intimamente associado à condição de estresse oxidativo (TOMA *et al.*, 2013; VIEIRA *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2012; FERRARESI *et al.*, 2011). Além disso, a escolha da área de irradiação abranger o músculo reto femoral se deve ao seu papel de destaque na mobilidade e na capacidade funcional em idosos (CHO *et al.*, 2013).

Considerando os resultados deste estudo, o treinamento resistido associado ao LLLT demonstra ter efeito mais positivo se comparado ao treinamento resistido sem LLLT em mulheres idosas. A melhora do desempenho muscular na avaliação isocinética abre uma janela clínica à associação do LLLT e treinamento resistido em idosos para prevenir a perda de força e potência muscular relacionada ao processo de envelhecimento. No entanto, é necessária cautela na interpretação e generalização dos dados. Os resultados podem ser limitados devido ao tamanho da caneta e à área de irradiação se restringir apenas ao músculo reto femoral. Assim, o uso de cluster abrangendo uma maior área de irradiação (todos os músculos do grupo quadríceps femoral) poderia influenciar de forma mais positiva o metabolismo muscular aumentando a disponibilidade de energia. Estudos futuros com a monitorização de marcadores de espécies reativas (de oxigênio e nitrogênio) e de expressão gênica poderiam ser realizados para uma maior compreensão dos efeitos do LLLT no processo de envelhecimento.

6. CONCLUSÃO

A LLLT associada ao treinamento resistido foi eficaz em melhorar o desempenho muscular em quadríceps femoral em idosas. No entanto, não foi observada diferença significativa em fadiga eletromiográfica e isocinética entre os grupos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol*. 2002a; v. 93, p.1318–1326.
2. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *J Appl Physiol*. 2002b; v. 92, p.2309–2318.
3. de Almeida P, Lopes-Martins RA, de Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JC, Rossi RP, Machado GP, da Silva DP, Bjordal JM, Leal-Junior EC. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? *Lasers Med Sci*; 2012. v.27, n.2, p.453-8.
4. Amadio EM, Serra AJ, Guaraldo SA, Silva JA JR, Antônio EL, Silva F, Portes LA, Tucci PJ, Leal-Junior EC, de Carvalho PDE T. The action of pre-exercise low-level laser therapy (LLL) on the expression of IL-6 and TNF- α proteins and on the functional fitness of elderly rats subjected to aerobic training. *Lasers Med Sci*. 2015; v.30, n.3, p.1127-34.
5. Amarante Do Nascimento M, Januário Rs, Gerage Am, Mayhew JI, Cheche Pina FI, Cyrino Es. Familiarization And Reliability Of One Repetition Maximum Strength Testing in older women *J Strength Cond Res*. 2013; v. 27, n.6, p.1636-42.
6. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM. Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2003, 5ª ed. Portuguese.
7. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. ACSM. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; v.41, n.7, p.1510-30.
8. AMERICAN GERIATRICS SOCIETY. AGS, British Geriatrics Society. Recommendations abstracted from the American Geriatrics Society Consensus Statement on vitamin D for Prevention of Falls and Their Consequences *J Am Geriatr Soc*. 2014; v.62, n.1, p.147-52.
9. Andersen JL, Schjerling P, Saltin B. Muscle, genes and athletic performance. *Sci Am*. 2000; v.283, p.48-55.
10. Arazi H, Damirchi A, Asadi A. Age-related hormonal adaptations, muscle circumference and strength development with 8 weeks moderate intensity resistance training. *Ann Endocrinol (Paris)*. 2013; v.74, n.1, p.30-5.
11. Ascensão A, Magalhães J, Oliveira J, Duarte J, Soares J. Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Rev Port Cien Desp*. 2003; v. 3, p.108–123.
12. American Thoracic Society. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; v.166, n.1, p.111-7.
13. Balcombe N, Sinclair A. Ageing: definitions, mechanisms and the magnitude of the problem. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*; 2001; 15:835-849.
14. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med*. 2006; v.36, p.781–796.

15. Baroni BM, Leal Junior EC, de Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010; v. 110, p. 789–796.
16. Baudry S, Klass M, Pasquet B, Duchateau J. Age-related fatigability of the ankle dorsiflexor muscles during concentric and eccentric contractions. *Eur J Appl Physiol.* 2007; v. 100, p.515–525.
17. Bean JF, Kiely DK, Herman S et al. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. *J Am Geriatr Soc.* 2002; v.50, p. 461–7.
18. Beckerman H, de Bie R, Bouter L, Cuyper H, Oostendorp R. The efficacy of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders: A criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials. *Physical Therapy.* 1992; v.72, p. 483-91.
19. Brentano MA, Cadore EL, Silva EM, Ambrosini AB, Coertjens M, Petkowics R, Viero I, Kruel LFM. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss. *J Strength Cond Res.* 2008; v. 22, p. 1816–1825.
20. de Brito Vieira WH, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level laser therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014; v.32, n.12, p.678-85.
21. Bross R, Javanbakht M, Bhasin S. Anabolic intervention for aging-associated sarcopenia. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1999; v. 84, p. 3420-3430.
22. Cabrera M, Jacob Filho W. Obesidade em Idosos: Prevalência, Distribuição e Associação Com Hábitos e Co-Morbidades. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2001 vol 45., nº.5.
23. Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FLR, Correa CS, Alberton CL, Pinto SS, Almeida, APV, Tartaruga MP, Silva EM, Kruel LFM. Effects of strength, endurance and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J Strength Cond Res.* 2011; v. 25, p. 758–766.
24. Capodaglio P. et al. Muscle function and functional ability improves more in community-dwelling older women with a mixed-strength training programme. *Age and Ageing.* British Geriatrics Society. 2005; v. 34, n. 2.
25. Chaudhary KR, El-Sikhry H, M Seubert JM. Mitochondria and the aging heart. *J Geriatr Cardiol.* 2011; v. 8, n.3, p. 159–167.
26. Cho KH, Bok SK, Kim YJ, Hwang SL. Effect of lower limb strength on falls and balance of the elderly. *Ann Rehabil Med.* 2012; v.36, n.3, p.386-93.
27. Chung H, Dai T, Sharma SK, Huang YY, Carroll JD, Hamblin MR. The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy. *Ann Biomed Eng.* 2012; v.40, n.2, p.516-33.
28. Clark BC, Manini TM. Functional Consequences of Sarcopenia and Dynapenia in the Elderly. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2010; v. 13, n. 3, p. 271–276.
29. Clark, B., Manini, T. What is dynapenia? *Nutrition.* 2012; v. 28, n. 5, p. 495–50.
30. Cidral-Filho FJ, Martins DF, More AO, Mazzardo-Martins L, Silva MD, Cargnin-Ferreira E, Santos AR. Light-emitting diode therapy induces analgesia and decreases spinal cord and sciatic nerve tumour necrosis factor-alpha levels after sciatic nerve crush in mice. *Eur J Pain.* 2013; 17:1193–1204.
31. Coen PM, Jubrias SA, Distefano G, Amati F, Mackey DC, Glynn NW, Manini TM, Wohlgemuth SE, Leeuwenburgh C, Cummings SR, Newman AB, Ferrucci L, Toledo FG, Shankland E, Conley KE, Goodpaster BH. Skeletal

- muscle mitochondrial energetics are associated with maximal aerobic capacity and walking speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2013; v.68, n.4, p.447-55.
32. Davini R, Nunes CV. Alterações no sistema neuromuscular decorrentes do envelhecimento e o papel do exercício físico na manutenção da força muscular em indivíduos idosos. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 2003; v. 7, p. 201-207.
 33. Delmonico MJ, Harris TB, Visser M, Park SW, Conroy MB, Velasquez-Mieyer P, et al.. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr*. 2009; v.90, n.1579–85.
 34. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Physical activity guidelines advisory committee. Physical activity guidelines advisory committee report. Washington: Department of Health and Human Services; 2008. English.
 35. Dias CP., Toscan R, de Camargo M, Pereira EP, Griebler N, Baroni BM, Tiggemann CL. Effects of eccentric-focused and conventional resistance training on strength and functional capacity of older adults. 2015; v.37, n.5, p.99.
 36. Doherty TJ. Invited Review: Aging and Sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003; v.95, n.4, p.1717.
 37. Dutta C. Significance of sarcopenia in the elderly. *J Nutr*. 1997; 127, 9925- 9935.
 38. ESTATUTO DO IDOSO. LEI Nº 10.741, DE 1º DE OUTUBRO DE 2003. Disponível em: < URL:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.741.htm. Acesso em 10/02/2014.
 39. EUROPEAN WORKING GROUP ON SARCOPENIA. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. Report of the in Older People. *Age and Ageing*. 2010; v39, p. 412–423.
 40. Evans WJ. Effects of exercise on senescent muscle. *Clin Orthop*. 2002; v. 403, p.211-20.
 41. Ferraresi C, Oliveira TB, Zafalon LO, Reiff RBM, Baldissera V, Perez SEA, Júnior EM, Parizotto MA. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci*. 2011; v. 26, p. 349–358.
 42. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photonics Lasers Med*. 2012; v. 1, n.4, p.267–286.
 43. Ferreira A P et al. Avaliação do desempenho isocinético da musculatura extensora e flexora do joelho de atletas de futsal em membro dominante e não dominante. *Rev. Bras. Ciênc. Esporte*. 2010; vol.32, n.1, pp. 229-243.
 44. Ferreira E. Córtex cerebral e o processo de envelhecimento: principais alterações e consequências funcionais no aprendizado motor. *Fisio Ter* 2000; 24:12-4.
 45. Fiatarone MA. *et al*. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N. Engl. J. Med*. V.330,p. 1769–1775.
 46. Folland JP, Williams AG. The adaptation to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*. 2007; v. 37, n.2, p.145–168.
 47. Fries JF. The compression of morbidity. *Milkbank Memorial Fund Quarterly*. 1983; v. 6, p. 397-419.
 48. Fry AC. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Med*. 2004; v. 34, n.10, p.663–679.

49. Garrett WE JR, Best TM. Anatomy, physiology, and mechanics of skeletal muscle. In: Simon SR, editor. Orthopaedic basic science. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons. 1994; p 89-125.
50. Geraldles AAR, et al. 2008. A força de preensão manual é boa preditora do desempenho funcional de idosos frágeis: um estudo correlacional múltiplo. Rev Bras Med Esporte 2008; v.14 n.1, p.12-6.
51. Gomes CA, Leal-Junior EC, Biasotto-Gonzalez DA, El-Hage Y, Politti F, Gonzalez TDE O, Dibai-Filho AV, de Oliveira AR, Frigero M, Antonialli FC, Vanin AA, de Tarso Camillo de Carvalho P. Efficacy of pre-exercise low-level laser therapy on isokinetic muscle performance in individuals with type 2 diabetes mellitus: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. 2014; v.15, p.116.
52. Görgøy AS, Wade AN, Sobhi NN. The effect of low-level laser therapy on electrically induced muscle fatigue: a pilot study. Photomed Laser Surg. 2008; v.26, n.5, p.501–506.
53. Harada ND, Chiu V, Stewart AL. Mobility-related function in older adults: assessment with a 6-minute walk test. Arch Phys Med Rehabil. 1999; v. 80, n.7, p.837-41.
54. Harris N, Cronin J, Keogh J. Contraction force specificity and its relationship to functional performance. J Sports Sci. 2007; v. 25, n.2, p.201–212.
55. Henriksson J. Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle Diabetes Care. 1992; v.15, n.11, p.1701-11.
56. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement 29 procedures. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2000; v. 10, p. 361–374.
57. Higashi RH, Toma RL, Tuccl HT, Pedroni CR, Ferreira PD, Baldini G, Aveiro MC, Borghi-Silva A, de Oliveira AS, Renno AC. Effects of low-level laser therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. Photomed Laser Surg. 2012; v.31,n.12, p.586-94.
58. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. Sports Med. 2000; v.30, p. 1–15.
59. Hsieh YL, Hong CZ, Chou LW, Yang SA, Yang CC. Fluence-dependent effects of low-level laser therapy in myofascial trigger spots on modulation of biochemical associated with pain in a rabbit model. LasersMedSci 2014; v.30, n.1, p.209-16.
60. Huard J, Li Y, Fu FH. Muscle injuries and repair: current trends in research. J Bone Joint Surg Am. 2002; v.84-a., n.5, p.822-32.
61. Hughes VA, Frontera WR, Wood M, Evans WJ, et al. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2001; v.56, n.5,p.209-17.
62. Hunter GR, McCarthy, JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. Sports Medicine. 2004; v. 34, p. 330-348.
63. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. ESTUDOS E PESQUISAS INFORMAÇÃO DEMOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA. IBGE. Projeção da População do Brasil - IBGE: população brasileira envelhece em ritmo acelerado, 2008. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1272> Acesso em 14 de fevereiro de 2014.
64. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. IPEA. O envelhecimento populacional e as despesas do sistema único de saúde. Os Novos Idosos Brasileiros: Muito Além dos 60. 2004; v. 1, p. 427.

65. Jacob Filho W. Fatores determinantes do envelhecimento saudável. BIS, Bol. Inst. Saúde (Impr.) 2009, n. 47. Portuguese.
66. Janssen I. Influence of Sarcopenia on the Development of Physical Disability: The Cardiovascular Health Study, PhDJAGS. 2006; v. 54, p.56–62.
67. Kamel HK, Maas D, Dutjie EHJ. Role of hormones in the pathogenesis and management of sarcopenia. *Drugs Aging*. 2002; v.19, p.865-77.
68. Kamen G, Knight CA. Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004; v. 59, p. 1334–1338.
69. Karavirta L, Häkkinen A, Sillanpää E, Garcia-Lopez D, Kauhanen A, Haapasaari A, Alen M, Pakarinen A, Kraemer WJ, Izquierdo M, Gorostiaga EM, Häkkinen K. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year- old men. *Scand J Med Sci Sports*. 2011; v. 21, p.402–411.
70. Karu TI. Photobiological fundamentals of low power laser therapy. *IEEE J Quant elect..* 1987; v.23, n.10, p.1703-17.
71. Karu T, Pyatibrat L, Kalendo G. Irradiation with He-Ne laser increases ATP level in cells cultivated in vitro. *J Photochem Photobiol B*. 1995; v. 27, n. 3, p. 219-23.
72. Karu T, *et al.* Changes in absorbance of monolayer living cells induced by laser radiation at 633, 670, and 820 nm. *IEEE. J. Set. Top. Quantum Electron*. 2001; v. 7, p. 982- 988.
73. Karu T. I. Low-power laser effects, in: *Lasers in Medicine*, ed. R.W. Waynant, (ed.). New York: CRC Press. 2002; n.1, p.171–209.
74. Kelencz CA, Muñozos IS, Amorim CF, Nicolau RA. Effect of Low-Power Gallium–Aluminum–Arsenium Noncoherent Light (640 nm) on Muscle Activity: A Clinical Study. *Photomed Laser Surg*. 2010; v.28, p.647-652.
75. Kitchen SS, Partridge CJ. A review of level laser therapy. Part I: background, physiological effects and hazards. *Physiotherapy*. 1991; v.77, n.3, p.161-70.
76. Knight CA, Kamen G. Adaptations in muscle activation of the knee extensor muscle with strength training in young and older adults. *J Electromyogr Kinesiol*. 2001; v. 11, p.405–412.
77. Koopman R, Van Loon LJ: Aging, exercise, and muscle protein metabolism. *J Appl Physiol* 2009; 106: 2040–8. *Age (Dordr)*. 2010; v.32, n.2, p.139-53.
78. Lane NE. Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *Am J Obstet Gynecol*. 2006; v.194, p.116.
79. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, Anderson CS. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2004; v.59, n.1, p.48-61.
80. Leal-Junior ECP. *et al.*. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci*. 2009a; v. 24, p. 425–431.
81. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RA, Baroni BM, de Marchi T, Taufer D, Manfro DS, Rech M, Danna V, Grosselli D, Generosi RA, Marcos RL, Ramos L, Bjordal JM. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci*. 2009b; v. 24, p. 857–863.
82. Leal-Junior ECP, Lopes-Martins RA, Frigo L, de Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, Tomazoni SS, da Silva DP, Basso M, Lotti Filho P, Corsetti FV, Iversen VV, Bjordal JM. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise induced. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010; v. 40, n. 8, p. 524-32.

83. Lexell J, Downham DY. What determines the muscle crosssectional area? *J Neurol Sci.* 1992; v.111, p.113-4.
84. Liu CJ, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. (2009) *Cochrane Database Syst Ver.* 2009;v.8, n.3.
85. Locks RR, Costa TC, Koppe S, Yamaguti AM, Garcia MC, Gomes AR. Effects of strength and flexibility training on functional performance of healthy older people. *Rev Bras Fisioter.* 2012; v.16, n.3, p.184-90.
86. Lord SR, Menz HB. Physiologic, psychologic, and health predictors of 6-minute walk performance in older people. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; v.83, n.7, p.907-11.
87. Manteifel V, Bakeeva L, Karu T. Ultrastructural changes in chondriome of human lymphocytes after irradiation with HE-NE laser: appearance of giant mitochondria. *J Photochem Photobiol B.* 1997; v. 38, n. 1, p. 25-30.
88. de Marchi *et al.* Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci.* 2012; v. 27, n. 1, p. 231-6.
89. de Marchi T, Taufer D, Manfro DS, Rech M, Danna V, Grosselli D, Generosi RA, Marcos RL, Ramos L, Bjordal JM Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci.* 2009; v. 24, n.6, p.857– 863.
90. McGuff PE, Bushnell D, Soroff HS, De-terling RA Jr. Studies of the surgical applications of laser (light amplification by stimulated emission of radiation). *Surg Forum.* 1963; v.14, p.143–145.
91. Meijer EP, Westerterp KR, Verstappen FT. Effect of exercise training on physical activity and substrate utilization in the elderly. *Int J Sports Med.* 2000; v.21, n.7, p.499–504.
92. Meijer EP, Goris AH, van Dongen JL, Bast A, Westerterp KR. Exercise-induced oxidative stress in older adults as a function of habitual activity level. *J Am Geriatr Soc.* 2002 Feb;v.50, n.2, p.349-53.
93. Martel GF. Age and sex affect human muscle fibre adaptations to heavy-resistance strength training. *Exp Physiol.* 2006; v. 91, n. 2, p. 457–464.
94. Mayer F, Rosenberger FS, Carlsohn A, Casseal M, Muller S, Scharhag J. The Intensity and Effects of Strength Training in the Elderly. *Dtsch Arztebl Int.* 2011; v. 108, n. 21, p. 359–364.
95. Nampo FK, Cavalheri V, Dos Santos Soares F, de Paula Ramos S, Camargo EA. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2016.
96. Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick E, Goodpaster B, Nevitt M, et al.. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc.* 2003; v. 51, p. 1602–9.
97. de Oliveira AR, Vanin AA, de Marchi T, Antonialli FC, Grandinetti VDOS S, de Paiva PR, Albuquerque Pontes GM, Santos LA, Aleixo Junior IDE O, de Carvalho PDE T, Bjordal JM, Leal-Junior EC. What is the ideal dose and power output of low-level laser therapy (810 nm) on muscle performance and post-exercise recovery? Study protocol for a double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Trials.* 2014; Feb v.27, n.15, p.69.
98. Oliveira PF, Gadelha AB, Gauche R, Paiva FM, Bottaro M, Vianna LC, Lima RM. Resistance training improves isokinetic strength and metabolic syndrome-related phenotypes in postmenopausal women. *Clin Interv Aging.* 2015; v. 10, p.1299-304.

99. Onambélé-Pearson GL, Breen L, Stewart CE. Influence of exercise intensity in older persons with unchanged habitual nutritional intake: skeletal muscle and endocrine adaptations. *Age (Dordr)*. 2010; v.32, n.2, p.139-53.
100. Organização Pan-Americana XXXVI Reunión del Comitê Asesor de Ivestigaciones en Salud – Encuesta Multicêntrica – Salud Beinestar y Envejecimeiento (SABE) en América Latina e el Caribe – Informe preliminar. Disponível em: (mar. 2002). Disponível: < http://www.fsp.usp.br/sabe/livrosabe/Livro_SABE.pdf> Acesso em: 28/07/2015.
101. Oriá, Santana, Fernandes, Ferreira & Brito Anbras. *Dermatol*, Rio de Janeiro, 2003 v.78, n.4, p. 425-434.
102. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. OMS. Envelhecimento ativo: uma política de saúde / World Health Organization; tradução Suzana Gontijo. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2005. Disponível em: < http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/envelhecimento_ativo.pdf>. Acesso em: 22/10/2014.
103. Pincivero DM, Gandaio CM, Ito Y. (2003) Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *Eur J Appl Physio*. 2003; v. 89, n. 2, p.134–141.
104. Place N, Yamada T, Bruton JD, Westerblad H. Muscle fatigue: from observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. *Eur J Appl Physiol*. 2010; v.110, n.1, p.1-15.
105. Ploutz-Snyder LL, Giamis EL. Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *J Strength Cond Res*. 2001; v.5, n.4, p.519-23.
106. dos Reis FA; da Silva BA; Laraia EM; de Melo RM; Silva PH, Leal-Junior EC, de Carvalho P DE T. Effects of pre- or post-exercise low-level laser therapy (830 nm) on skeletal muscle fatigue and biochemical markers of recovery in humans: double-blind placebo-controlled trial. *Photomed Laser Surg*. 2014; v.32, n.2, p.106-12.
107. R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for 411 statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2008. 412 ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
108. Rooks DS, Kiel DP, Parsons C, Hayes WC. Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *Gerontol Med Sci*. 1997; v.52, p.61-68.
109. Roubenoff R, Hughes VA. Sarcopenia: current concepts. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000; .v.55, p.716-24.
110. Ruitter CJ, Korte A, Schreven S, Haan A. Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *Eur J Appl Physiol*. 2010; v. 108, p. 247–255.
111. dos Santos Maciel T, Muñoz IS, Nicolau RA, Nogueira DV, Hauck LA, Osório RA, de Paula Júnior AR. Phototherapy effect on the muscular activity of regular physical activity practitioners. *Lasers Med Sci*. 2014; v, 29, n.3, p.1145-52.
112. Silva AA, Leal-Junior EC, D'Avila KDE A, Serra AJ, Albertini R, França CM, Nishida JA, de Carvalho PDE T. Pre-exercise low-level laser therapy improves performance and levels of oxidative stress markers in mdx mice subjected to muscle fatigue by high-intensity exercise. *Lasers Med Sci*. 2015; v.30, p.1719–1727.
113. Silva TA, Junior AF, Pinheiro MP, Szejnfeld VL. Sarcopenia and Aging: Etiological: Aspects and Therapeutic Options. *Rev Bras Reumatol*. 2006. v.46, n.6, p. 391-397.
114. SOCIEDADE BRASILEIRA DE GERIATRIA E GERONTOLOGIA. SBGG. Projeto Diretrizes. Quedas em Idosos: Prevenção. Associação Médica Brasileira e Conselho

- Federal de Medicina. 26 October, 2008. Disponível em: <http://www.projetodiretrizes.org.br/projeto_diretrizes/082.pdf>. Acessado em: 21/07/2015.
115. Stadler I, Evans R, Kolb B, et al. In vitro effects of low-level laser irradiation at 660 nm on peripheral blood lymphocytes. *Lasers Surg. Med.* 2000; v. 27, p.255–261.
 116. Straight CR, Lindheimer JB, Brady AO, Dishman RK, Evans EM. Effects of Resistance Training on Lower-Extremity Muscle Power in Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Med* 2016; Mar; v.46, n.3, p.353-64.
 117. Symons TB, Vandervoort AA, Rice CL, Overend TJ, Marsh GD. Reliability of a single-session isokinetic and isometric strength measurement protocol in older men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005; v.60, p.114–119.
 118. Teixeira I, Guariento M. Biologia do envelhecimento: teorias, mecanismos e perspectivas. *Ciênc. saúde coletiva.* 2010; v.15, n.6.
 119. Thompson LV. Skeletal Muscle Adaptations with Age, Inactivity, and Therapeutic Exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2002; v. 32, n. 2.
 120. Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, de Oliveira AS, Buck I, Ferreira PD, Vassão PG, Renno AC. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013; v.28, n.5, p. 1375-82.
 121. Tomás-Zapico C, Iglesias-Gutiérrez E, Fernández-García B, de Gonzalo-Calvo D. Physical Activity as Healthy Intervention Against Severe Oxidative Stress in Elderly Population. *J Frailty Aging.* 2013; v.2, n.3, p.135-43.
 122. Tracy BL, et al. Muscle quality. II. Effects of strength training in 65- to 75- yr- old men and women. *Journal of Applied Physiology* Published. 1999; v. 86, p. 195-201.
 123. Wallerstein LF, Tricoli V, et al. Effects of strength and power training on neuromuscular variables in older adults. *J Aging Phys Act.* 2012; v.20, n.2, p.171-85.
 124. Weinert B, Timiras P. Invited review: theories of aging. *J Appl Physiol* 2003; v.95, p.1706-1716.
 125. Westerblad H, Allen DG. Emerging roles of ROS/RNS in muscle function and fatigue. *Antioxid Redox Signal.* 2011; v.15, n.9, p.2487–99.
 126. Wilden L, Karthein R. Import of radiation phenomena of electrons and therapeutic low-level laser in regard to the mitochondrial energy transfer. *J Clin Laser Med Surg.* 1998; v.16 n.3, p.159.
 127. Wong-Riley MT, Liang HL, Eells JT, Chance B, Henry MM, Buchmann E, Kane M, Whelan HT. Photobiomodulation directly benefits primary neurons functionally inactivated by toxins: role of cytochrome c oxidase. *J Biol Chem* 2005; v.280, p.4761–4771.
 128. U.S. PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE. USPSTF. Department of Health and Human Services. Physical Activity Guidelines for Americans. Washington, DC: U.S. Department of Health and Prevention of Falls in Community-Dwelling Older Adults Clinical Guideline www.annals.org, 2012. Disponível em: <www.health.gov/paguidelines/guidelines>. Acesso em: 5 de abril, 2015.
 129. Yarasheski KE, Zachwieja JJ, Bier DM. Acute effects of resistance exercise on muscle protein synthesis rate in young and elderly men and women. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 1993; v. 265, p.210-e214.
 130. Van Kan GA, Rolland Y, Andrieu S, Bauer J, Beauchet O, Bonnefoy M, et al.. Gait speed at usual pace as predictor of adverse outcomes in community - dwelling older

- people an international academy on nutrition and aging (IANA) task force. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2009; v.13 n,10, p.881-89.
131. Vassão PG, Toma RL, Antunes HK, Tucci HT, Renno AC. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci*. 2016 Feb; v.31, n.2, p.275-82.
 132. De Brito Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci*. 2012; v. 27, n. 2, p. 497-504.
 133. Xiaoyang XU, et al. Low- Intensity Laser Irradiation Improves the Mitochondrial Dysfunction of C2C12 Induced by Electrical Stimulation. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2008; v. 25, n. 3, p. 197-202.

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO PAULO - UNIFESP/
HOSPITAL SÃO PAULO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos da terapia laser de baixa intensidade no desempenho muscular isocinético em mulheres idosas

Pesquisador: Patrícia Gabrielli Vassão Alves

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 12857413.2.0000.5505

Instituição Proponente: Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP/EPM

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 195.800

Data da Relatoria: 08/02/2013

Apresentação do Projeto:

Entre as diversas alterações decorrentes do envelhecimento que levam ao declínio da função muscular podemos citar a sarcopenia. Dentro deste contexto, o fortalecimento muscular pode ser importante tanto na prevenção quanto na recuperação de algumas destas alterações musculares. Entretanto, o desempenho muscular durante um treinamento físico pode ser reduzido pela fadiga muscular precoce. O laser, por seu efeito biomodulatório, pode ser um recurso capaz de reduzir a fadiga muscular e, desta forma, aumentar a eficácia muscular no treinamento. Assim, o objetivo deste estudo é analisar a influência da laserterapia de baixa intensidade (LLLT) no desempenho muscular do quadríceps femoral de idosas submetidas um programa de fortalecimento muscular através da análise da fadiga periférica e da progressão dos valores de carga do treinamento. Para isso, 78 idosas serão aleatoriamente distribuídas em 3 grupos: grupo treinamento muscular associado a irradiação laser placebo (n=26); grupo treinamento muscular associado à irradiação laser ativa (n=26) e grupo controle (n=26) não submetido ao treinamento e a terapia laser. Todas as etapas da pesquisa serão realizadas no CEPE (Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício). A análise da fadiga muscular periférica será realizada através da eletromiografia de superfície, de lactato sanguíneo e os valores de carga obtidos em cada reavaliação da 1-Repetição Máxima (1-RM). E o desempenho muscular pelo o dinamômetro isocinético. O treinamento de força terá duração de 8 semanas e o fortalecimento do quadríceps femoral será feito em cadeira extensora. A LLLT será realizada após cada sessão de treinamento ao longo dos músculos reto femoral, vasto

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14
 Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.023-061
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)5539-7162 Fax: (11)5571-1062 E-mail: cepunifesp@unifesp.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO PAULO - UNIFESP/
HOSPITAL SÃO PAULO



medial e vasto lateral da perna dominante. Antes da primeira, depois da última sessão de treinamento e 24 horas após esta sessão a atividade eletromiográfica do músculo reto femoral, vasto medial e vasto lateral será feita pós-protocolo de exercício. Do sinal eletromiográfico bruto serão derivados os valores de frequência mediana (FMed), cálculo matemático utilizado para análise de fadiga eletromiográfica. Os valores normalizados de FMed antes e após programa de treinamento muscular serão comparados intergrupos e intragrupos e os valores de carga durante o treinamento serão comparados entre grupos. A normalidade em termos de distribuição da amostra será averiguada para a escolha de testes estatísticos apropriados

Objetivo da Pesquisa:

o objetivo deste estudo é analisar a influência da LLLT no desempenho muscular do quadríceps femoral de idosas submetidas a um programa de treinamento muscular. Esta pesquisa tem por objetivos específicos analisar a fadiga eletromiográfica do reto femoral, vasto lateral e vasto medial das voluntárias antes e após o programa de treinamento de força e comparar os dados acima com um grupo controle não submetido ao fortalecimento muscular e a nenhuma intervenção de LLLT. Os valores de carga inicial e final, assim como os valores de progressão da carga durante o fortalecimento muscular também serão comparados entre os grupos submetidos ao programa de fortalecimento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

As avaliações e atividades deste estudo serão realizadas por fisioterapeutas previamente treinados ou que utilizem estes métodos como rotina em suas práticas. Assim, pode-se dizer que existe um risco mínimo e desconforto leve em relação aos procedimentos e análises utilizados (programa de exercícios associado a aplicação de laser).

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisadoras participantes: Ana Cláudia Muniz Renno, Hanna Karen Moreira Antunes, Renata Luri Toma, Mariana Aveiro e Patrícia Gabrielli Vassão Alves da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp - Campus Baixada Santista).

Espera-se que a aplicação do laser previamente a exercícios físicos possa reduzir a fadiga muscular. As evidências da atuação do laser auxílio na recuperação do tecido após exercícios indicam que essa modalidade terapêutica surge como uma alternativa na diminuição da fadiga e melhora do desempenho muscular quando associada a um programa de atividade física.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos apresentados (folha de rosto assinada e datada pelo responsável do Departamento de Biociências da Unifesp - Campus Santos) e TCLE de acordo com os itens da Resol CNS 196/96

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14
 Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.023-061
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)5539-7162 Fax: (11)5571-1062 E-mail: cepunifesp@unifesp.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO PAULO - UNIFESP/
HOSPITAL SÃO PAULO



Recomendações:

Nada consta

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

sem inadequações

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

parecer do relator acatado pelo colegiado.

SAO PAULO, 08 de Fevereiro de 2013

Assinador por:

MIRIAN APARECIDA GHIRALDINI FRANCO
(Coordenador)

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14
Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04.023-061
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)5539-7182 Fax: (11)5571-1062 E-mail: cepunifesp@unifesp.br

ANEXO II

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA -



____ / ____ Idade: ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- **atividades físicas VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal**
- **atividades físicas MODERADAS são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal**

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a Em quantos dias da última semana você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício? dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**? horas: ____ Minutos: ____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**) dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: ____ Minutos: ____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração. dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: ____ Minutos