Vivian Maria Arakelian

Comparação do Limiar Anaeróbio e da Carga Crítica
com Relação aos parâmetros cardiorrespiratórios,
metabólicos e eletromiográficos no exercício resistido de
Leg Press 45° em jovens e idosos.

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Bioengenharia, Escola de Engenharia
de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto, Instituto de Química de São Carlos da
Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Audrey Borghi Silva
Projeto desenvolvido com apoio CAPES e FAPESP

São Carlos-SP

2015

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

A659c Arakelian, Vivian Maria
 Comparação do limiar anaeróbio e da carga crítica
 com relação aos parâmetros cardiorrespiratórios,
 metabólicos e eletromiográficos no exercício resistido
 de Leg Press 45° em jovens idosos / Vivian Maria
 Arakelian; orientador Pro^a Audrey Borghi Silva. São
 Carlos, 2015.

 Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação
 Interunidades Bioengenharia e Área de Concentração em
 Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos;
 Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de
 Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo,
 2015.

 1. Envelhecimento. 2. Exercício crescente. 3.
 Potência crítica. 4. Limiar anaeróbio. 5.
 Eletromiografia. 6. Parâmetros cardiorrespiratórios e
 hemodinâmicos. I. Título.

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

VIVIAN MARIA ARAKELIAN
DOUTORADO EM CIÊNCIAS
ÁREA DE BIOENGENHARIA

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

Aprovado em: 31/03/2015

PROFA. DRA. AUDREY BORGHI E SILVA
(ORIENTADORA)

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Resultado: Aprovada

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. FÁBIO VIADANNA SERRÃO

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Resultado: APROVADA

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. CLEITON AUGUSTO LIBARDI

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Resultado: APROVADO

Assinatura: [Assinatura]

PROF. DR. RODRIGO POLAQUINI SIMÕES

Pesquisador da UFSCar

Resultado: Aprovada

Assinatura: [Assinatura]

PROFA. DRA. RENATA GONÇALVES MENDES

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Resultado: Aprovada

Assinatura: [Assinatura]

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação aos meus amados pais, Vartan e Dalva, por terem me apoiado em todas as etapas da minha vida; por acreditarem em mim, não medindo sacrifícios nem esforços para que todos os meus sonhos fossem realizados; pelo amor incondicional transmitido desde meu nascimento e por terem me carregado em seus braços nos melhores e piores momentos. Obrigada! Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

À Deus por me guiar para sempre seguir em frente; por me dar sabedoria, força e saúde para superar os obstáculos e pela oportunidade de concluir mais uma etapa de minha vida.

Aos meus pais por estarem sempre presentes e por motivarem todos os meus passos.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Audrey Borghi Silva, por ter me recebido de braços abertos no laboratório, possibilitando um grande crescimento profissional para minha carreira. Agradeço pela dedicação, pelos ensinamentos e incentivos fornecidos, paciência e confiança depositada. Meus sinceros agradecimentos.

Ao Prof. Dr. Vilmar Baldissera, por ter me acolhido no laboratório desde 2005, ainda em minha graduação. Obrigado por me fazer amar a fisiologia, mostrando o quanto ela é interessante, motivante, cativante e inesquecível. Agradeço pelo carinho, dedicação e por todos os ensinamentos e incentivos e principalmente por me fazer entender o que significa ser mestre.

Ao Prof. Dr. Fábio Serrão, por ter me emprestado o eletromiógrafo, sem o qual esse trabalho não seria realizado.

Ao meu amigo Nuno Frade, pela amizade, companheirismo, confiança e pela ajuda para a realização desse trabalho.

Às minhas amigas Vanessa, Camila, Daniela e Renata pela amizade, paciência, confiança e ajuda para a realização e conclusão desse trabalho.

À Ramona pela ajuda constante nas rotinas do Matlab, não sei o que teria feito sem você!

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia do Exercício pela amizade, aprendizado e por todos os momentos de alegria que passamos juntos.

Aos amigos do Laboratório de Fisioterapia Cardíopulmonar pela ajuda, atenção e companheirismo.

Ao Jonas meu namorado, por compreender a importância dessa conquista; pelo carinho, amor, companheirismo e apoio em todos os momentos desta importante etapa em minha vida.

Aos meus voluntários pela paciência, compreensão, aprendizagem, por sempre serem solícitos aos nossos chamados e realizarem os testes sempre de bom humor. Sem o auxílio de vocês o trabalho não teria sido possível.

A todos os meus familiares, que são parte importante na minha vida e que torceram por essa conquista.

Aos meus amigos que longe ou perto sempre me ajudam de alguma maneira, ou com uma palavra de apoio ou simplesmente com sua amizade.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia da USP e do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia na UFSCar.

Aos órgãos de pesquisa CAPES e FAPESP, pelo auxílio financeiro.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.

Muito Obrigada!

ARAKELIAN, V. M. **Comparação do Limiar Anaeróbio e da Carga Crítica com Relação aos parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos e eletromiográficos no exercício resistido de Leg Press 45° em jovens e idosos.** 2015. 90f. Tese - Doutorado – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia – EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

A crescente demanda pelo treinamento resistido tem incentivado a procura de metodologias para a prescrição deste tipo de exercício. Por isso, há uma busca incessante para se prescrever corretamente qual parâmetro e/ou intensidade seja a ideal para a execução do exercício resistido. Dessa forma protocolos incrementais podem ser interessantes, uma vez que podem determinar a magnitude das respostas fisiológicas (principalmente lactato e consumo de oxigênio) em diferentes domínios (leve, moderado e alto), pois através deles é possível identificar parâmetros de aptidão aeróbia e anaeróbia, como o limiar de lactato, limiar anaeróbio e carga crítica. No entanto, poucos estudos têm analisado de forma sistematizada diferentes intensidades de exercício resistido com o objetivo de determinar a magnitude das respostas cardiorrespiratórias, metabólicas e eletromiográficas para então propor estratégias reabilitadoras a indivíduos idosos baseada nestas respostas. Dessa forma, o objetivo principal desse estudo foi comparar as intensidades determinadas como limiar anaeróbio e carga crítica, em relação aos parâmetros de frequência cardíaca, ventilação, consumo de oxigênio, lactato, débito cardíaco, volume sistólico, além da análise eletromiográfica, entre jovens e idosos. Participaram deste estudo 35 homens ativos, sendo 20 jovens (média de idade de 23 ± 3 anos) e 15 idosos (média de idade de $70 \pm 2,4$ anos), aparentemente saudáveis. Todos os voluntários realizaram, de forma aleatória e em dias diferentes a: 1) teste de 1RM em exercício resistido no Leg Press 45°; 2) teste de exercício físico resistido dinâmico crescente descontinuo; 3) três testes de exercícios resistidos de alta intensidade de carga constante (60%, 75% e 90% de 1RM) até a fadiga e, após estes testes realizaram: 4) teste de tolerabilidade no limiar anaeróbio, obtido através do teste crescente e, 5) teste de tolerabilidade da carga crítica obtida, pela regressão linear e relação hiperbólica entre carga e tempo de execução. Com relação ao limiar anaeróbio, obtido no teste incremental, foi possível determinar que este ocorreu em torno de 30%1RM e a carga crítica foi aproximadamente 52%1RM, para ambos os grupos. Com relação aos parâmetros estudados nas intensidades de exercício executadas, o envelhecimento mostrou ser determinante para uma redução nos valores relativos à capacidade aeróbia bem como na frequência cardíaca. Já com relação especificamente as intensidades do limiar anaeróbio e carga crítica, em ambos os grupos a ventilação, foi maior e consumo de oxigênio foi menor na intensidade da carga crítica. Já para as respostas de lactato, nós observamos menores valores para o grupo idoso, tanto para o limiar como na carga crítica. O débito cardíaco apresentou diferença apenas entre os grupos e não entre as intensidades, sendo que devido ao envelhecimento, houve redução dos valores. Já para a EMG, houve maiores quedas do slope da FM para idosos quando comparado aos jovens em 30%, e além disso, na intensidade de 30% acarretou em menor queda que em 52%. Ao comparar ao longo do tempo a FM e o RMS, o comportamento destes foi semelhantes nas duas intensidades, ou seja, de queda e aumento, respectivamente, o que é indicativo de maior fadigabilidade ao final do exercício. Além disso, a taxa de queda foi maior no grupo idoso, sendo que esse parâmetro é um indicador de maior fadiga muscular para este grupo. Entretanto, o comportamento do RMS ao final das duas intensidades foi menor nos idosos. Dessa forma, nossos resultados podem ter aplicações como uma forma de avaliar o desempenho funcional durante exercícios resistidos em diferentes populações e também pode ter utilidade na prescrição de um programa de treinamento dependendo do objetivo a ser alcançado, elucidando a importância prática da aplicação de exercícios de resistência dinâmica.

Palavras-chave: envelhecimento, exercício crescente, potência crítica, limiar anaeróbio, eletromiografia, parâmetros cardiorrespiratórios e hemodinâmicos.

ARAKELIAN, V. M. **Comparison of Anaerobic Threshold and Critical Load in Relation to Cardiorespiratory, Metabolic and EMG parameters, in resistance exercise Leg Press 45 °in young and elderly.** 2015. 90f. Thesis (Doctoral) — Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioengenharia EESC / FMRP / IQSC, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

The increasing demand for resistance training has motivated the search methodologies for prescribing this type of exercise. Therefore, there is a constant search to correctly prescribe which parameter and / or intensity is ideal for the implementation of resistance exercise. Thus incremental protocols may be interesting, since they can determine the magnitude of physiological responses (mainly lactate and oxygen consumption) in different domains (mild, moderate and high), because it is possible through them to identify parameters of aerobic and anaerobic fitness as the lactate threshold, anaerobic threshold and critical load. However, few studies have examined systematically different resistance exercise intensities form in order to determine the magnitude of the cardiorespiratory, metabolic and electromyographic responses and then propose the elderly rehabilitation strategies based on these answers. Thus, the aim of this study was to compare the intensities determined as anaerobic threshold and critical load, with respect to heart rate parameters, ventilation, oxygen consumption, lactate, cardiac output, stroke volume, besides the electromyographic analysis, between young and senior citizens. The study included 35 active men, 20 young (mean age 23 ± 3 years) and 15 older adults (mean age 70 ± 2.4 years), apparently healthy. All volunteers performed randomly on different days to: 1) 1RM test in resistance exercise in Leg Press 45 °; 2) dynamic resistance exercise test growing discontinuous; 3) three tests of resistance exercise high intensity constant load (60%, 75% and 90% of 1RM) to failure and after these tests, performed 4) tolerance test at the anaerobic threshold, obtained by increasing test, 5) tolerability test critical load obtained by linear regression and hyperbolic relationship between load and runtime. Regarding the anaerobic threshold obtained in the incremental test, was determined that this occurred around 30% 1RM and the critical load was approximately 52% 1RM for both groups. As for the parameters studied in the exercise intensities performed, aging proved to be decisive for a reduction in the relative values of aerobic capacity and heart rate. In relation specifically the intensities of the anaerobic threshold and critical load in both groups, ventilation was higher and oxygen consumption was lower in the intensity of the critical load. As for the lactate responses, we observed lower values for the elderly group, both the threshold and the critical load. Cardiac output was difference only between groups and not between the intensities, and due to aging, decreased the values. As for EMG, was greater MF of the slope falls to elderly compared to 30% in young, and furthermore, intensity of 30% fall which resulted in less by 52%. Comparing over time RMS and MF, was similar in behavior of the two intensities, ie, increase and decrease, respectively, which is indicative of greater fatigue at the end of exercise. Furthermore, the decrease rate was higher in the elderly group, and this parameter is an indicator of increased muscle fatigue for this group. However, RMS behavior at the end of the two intensities were lower in the elderly. Thus, our results may have applications as a way to evaluate the functional performance during resistance training in different populations and can also be useful in prescribing a training program depend on the objective to be achieved, explaining the practical importance of the application of resistance exercise dynamics.

Keywords: aging, increase exercise, critical power, anaerobic threshold, electromyography, cardiorespiratory and metabolic responses.

Figura 1: Aplicação de 4 intensidades de exercício dinâmico em Leg Press de carga constante, para determinação da CC pelo comportamento hiperbólico da relação carga pelo tempo de execução para jovens e idosos.	21
Figura 1: Fluxograma representando o total de voluntários avaliados, bem como aqueles que foram incluídos e excluídos até o número final de voluntários que finalizaram todo o projeto.....	31
Figura 3: Teste crescente descontínuo em exercício resistido de Leg Press.	36
Figura 4: Metodologia aplicada para a determinação da Carga Crítica e parâmetros analisados durante todas as intensidades de exercício.	38
Figura 5: Representação ilustrativa do posicionamento dos eletrodos para captação de débito cardíaco e volume sistólico.....	40
Figura 6: Representação eletromiográfica do músculo reto femoral de um voluntário jovem , assim como a cadência de movimento para 3 repetições. (A) Amplitude de movimento (em graus); (B) Contração muscular em 30%1RM; (C) 60% 1RM; (D) 75% 1RM; (E) 90% 1RM e (F) 52% 1RM.	42
Figura 7: Coleta de todos os parâmetros avaliados em um indivíduo idoso e em um jovem.....	42
Figura 8:Comportamento da ventilação pelo consumo de oxigênio durante teste crescente descontínuo em Leg Press, desde o Repouso (Rep), passando por todos os estágios, para ambos os grupos, bem como determinação do LA pela regressão linear dupla.	46
Figura 9: Comportamento do [La] sanguíneo durante teste crescente descontínuo em Leg Press, desde o Repouso (Rep), passando por todos os estágios, para ambos os grupos, bem como determinação do LL por regressão linear dupla.	47
Figura 10: Relação entre carga e tempo em resposta a três testes de exercício resistido em jovens e idosos: As figuras 10A e 10B mostram resposta linear em função da porcentagem da carga máxima e em kg. Já a função hiperbólica da porcentagem da carga máxima e em kg são demonstradas nas figuras 10C e 10D. A assíntota representa a carga crítica.....	49
Figura 11:Comparação da Frequência Cardíaca (bat/min) no Limiar Anaeróbio e na Carga Crítica (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos.	50
Figura 12: Comparação da Ventilação (L/min) no Limiar Anaeróbio e na Carga Crítica (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos..	50
Figura 13: Comparação do Consumo de O ₂ (L/min) no Limiar Anaeróbio e na Carga Crítica (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos.	51
Figura 14: Comparação do $\Delta[La]$ (mmol/L) no Limiar Anaeróbio e na Carga Crítica (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos.	51

Figura 15: Comparação do Débito Cardíaco (L/min) no Limiar Anaeróbio e na Carga Crítica (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos	52
Figura 16: Comparação do Volume Sistólico (ml) no Limiar Anaeróbio e na Carga Crítica (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos.	52
Figura 17: Representação das mudanças de frequência (FM) e de amplitude (RMS) do músculo RF durante o exercício de leg press 45° nas intensidades de 30% RM (LA) e 52% RM (CC) para ambos os grupos.....	54

Lista de Tabelas

Tabela 1: Características antropométricas, composição corporal e resultados do teste de exercício crescente descontinuo e dos testes constantes dos grupos estudados..... 455

Tabela 2: Tempo de Execução e número de repetições realizados nas intensidades de 60%, 75% e 90% 1RM, além do LA e da CC para ambos os grupos..... 47

Tabela 3: Diferenças de Frequência (FM inicial, Slope da FM Normalizada) e Amplitude (RMS inicial e Slope do RMS Normalizado) no músculo RF nas intensidade do LA e da CC em jovens e idosos.....**Erro! Indicador não definido.**

Lista de Abreviaturas

1RM – Repetição Máxima

ACSM – American College of Sports Medicine

BF – Bíceps Femoral

CC – Carga Crítica

DC – Débito Cardíaco

EMG – Eletromiografia

EMG_{LF} - Limiar de Fadiga Eletromiográfico

FC – Frequência Cardíaca

IAT – limiar anaeróbio individual

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISEK - International Society of Electrophysiological Kinesiology

[La] – Lactato sanguíneo

LA – Limiar anaeróbio

LG – Limiar Glicêmico

LL – Limiar de Lactato

LM – Lactato Mínimo

MFEL – Máxima Fase Estável de Lactato

MG – Massa Gorda

MM – Massa Magra

OMS - Organização Mundial de Saúde

PA – Pressão Arterial

PC – Potência Crítica

RCT – Limiar de Compensação Respiratório

RF – Reto Femoral

RMS - Raiz Quadrada da Média

SENIAM - Surface electromyography for a Non-invasive Assesment of Muscle

t_{lim} – Tempo de exaustão (fadiga)

VFC – Variabilidade da Frequência Cardíaca

VL – Vasto Lateral

VM – Vasto Medial

VO₂ - Consumo de Oxigênio

VS – Volume Sistólico

Sumário

1. Contextualização	12
1.1 O processo de envelhecimento e suas alterações.....	12
1.2 Exercício Resistido	14
1.3 Avaliação para Determinar a Intensidade do Treinamento Resistido.....	16
1.3.1 Limiar Anaeróbio.....	18
1.3.2 Potência Crítica e Carga Crítica.....	20
1.4 Eletromiografia.....	22
1.4.1 – Determinação do Limiar eletromiográfico ou de fadiga	25
2. Objetivos	30
3. Metodologia	31
4. Estratégia de Análise dos dados.....	43
5. Resultados.....	45
6. Discussão.....	55
7. Conclusão.....	65
8. Limitações do Estudo.....	66
9. Referências	67
10- Anexos.....	76
Anexo A	76
11- Apêndices.....	77
APÊNDICE A	77
APÊNDICE B	80

1.Contextualização

1.1 O processo de envelhecimento e suas alterações

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma pessoa acima de 60 anos, é considerada idosa, sendo que esse tipo de população vem aumentando consideravelmente no país. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que os idosos representam hoje mais de 10% da população brasileira, sendo em torno de 22 milhões de pessoas (**Censo Demográfico 2010**, 2013). Tudo isso devido ao aumento da expectativa de vida, avanços da saúde e redução da taxa de natalidade e também redução da mortalidade.

Por outro lado, esse envelhecimento rápido e crescente da população faz com que medidas sejam adotadas em termos socio-econômicos, além é claro da importância e que novas políticas de saúde sejam realizadas, sendo necessária medidas específicas de apoio para essa faixa etária.

O envelhecimento é considerado um processo inerente a todos os seres vivos e que se expressa pela perda de capacidade de adaptação e pela diminuição da funcionalidade, estando associado a alterações fisiológicas (Spidurso, 1995). Caracteriza-se por um conjunto de processos involutivos que se repercutem nos diversos sistemas do organismo (Barata e Clara, 1997). Está associado a uma cascata de mudanças morfológicas, funcionais e fisiológicas predispondo os idosos a um declínio funcional, baixa qualidade de vida e consequente mortalidade (Lunney *et al.*, 2003). Com relação a essas mudanças no decorrer da vida, elas são justificadas por três fatores diretamente correlacionados que são: o próprio processo de envelhecimento, as doenças adquiridas e estilo de vida adotado (Matsudo e Matsudo, 1993). Assim, caracterizando as alterações ocorridas, sabe-se que com relação à função cardiovascular, podem ocorrer mudanças na morfologia dos vasos sanguíneos (rigidez), havendo comprometimento da função cardíaca, uma vez que ocorre um declínio na distensibilidade vascular e uma tendência para o aumento do trabalho cardíaco com o aumento da idade, resultando

em menor reserva cardíaca e baixa tolerância ao exercício, além de importantes reduções na capacidade funcional .

Além disso, há declínio da capacidade aeróbia devido a influências da composição corporal, pois ocorre diminuição da massa magra (MM) e consequente aumento da massa gorda (MG), associada ao avanço da idade e sedentarismo. Neste contexto, o consumo de oxigênio (VO_2) declina a partir da segunda década de vida, sendo sua magnitude dependente de fatores genéticos, bem como dos níveis de atividade física realizado pelo indivíduo (Costill, Thomason e Roberts, 1973). A redução no VO_2 observada com o envelhecimento pode estar relacionada tanto à diminuição do débito cardíaco (DC) máximo, como da captação de oxigênio pelos tecidos (diminuição da diferença arterio-venosa de O_2) (Fleg e Lakatta, 1988).

Além das modificações já citadas, ainda ocorre intensa sarcopenia, com perda considerável da MM e da força muscular, bem como ganho de gordura corporal que é atribuído também ao processo inflamatório decorrente do processo de envelhecimento (Fleg *et al.*, 1995), podendo desencadear fraqueza global e doenças metabólicas, como resistência à insulina, diabetes, dislipidemia e hipertensão. Adicionalmente o remodelamento das unidades motoras se deteriora gradualmente na idade avançada, levando a atrofia muscular, o qual é uma degeneração nas fibras musculares, principalmente nas do tipo II. Sendo assim, a redução na área muscular total, costuma manter paralelismo com o tamanho reduzido das fibras, particularmente das de contração rápida, fazendo com que haja um aumento proporcional na área ocupada pelas fibras do tipo I (contração lenta) (Festa *et al.*, 2001).

Essas alterações observadas com o processo de envelhecimento refletem tanto os efeitos combinados da deterioração neuromotora progressiva e da redução crônica na sobrecarga muscular, bem como baixa capacidade funcional e predisposição ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Doherty *et al.*, 1993; Grabiner e Enoka, 1995).

Assim, intervenções que aprimorem esta variável, como por exemplo, o exercício físico, podem ter papel relevante em diminuir a incidência de doenças crônicas, dependência e mortalidade em pessoas idosas (Paffenbarger *et al.*, 1991; Blair *et al.*, 1995). Neste contexto, o treinamento físico resistido tem sido enfaticamente incentivado para pessoas idosas (Mancini *et al.*, 1991), uma vez que sua prática pode aumentar a síntese e a manutenção de proteínas contráteis e tornar mais lenta a perda que ocorre normalmente na massa e força muscular, devido ao avanço da idade, sendo que os efeitos do envelhecimento são tão significativos, como a própria vida sedentária, levando a perda na capacidade funcional (American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults, 1998; McCartney, 1999).

Portanto, exercícios resistidos ajustados à capacidade física e reserva funcional dos idosos são necessários para que desta forma possam preservar suas funções cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas em um nível mais alto que os indivíduos sedentários de idade equivalente (Stratton *et al.*, 1994; American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults, 1998; McCartney, 1999). Assim, mudanças nos hábitos de vida podem reduzir a necessidade de tratamento medicamentoso, além de minimizar os fatores de risco para doenças cardiovasculares (Stratton *et al.*, 1994).

1.2 Exercício Resistido

O exercício resistido, ou exercício de musculação é geralmente realizado com pesos, embora haja outras maneiras de oferecer resistência durante a contração muscular. Só foi considerado um tipo de exercício realmente indicado como benéfico à poucos anos pela American College of Sports Medicine (ACSM) e hoje em dia apresenta-se como uma forma segura de realização de atividade

quando adequadamente prescrito e realizado, sendo que sua indicação abrange qualquer faixa etária, tanto adultos saudáveis como idosos, bem como outras populações especiais (Franklin, 2006).

O aumento da força muscular dinâmica proporcionada pelos exercícios resistidos tem sido associado ao aumento da *performance* no pico do exercício, melhora da resistência submáxima e redução nos níveis de esforço dos membros inferiores (Santarem, 1999), além de auxiliarem na manutenção e perda de peso (Mccartney, 1998); reduzirem a pressão arterial (PA) de repouso, preservarem a capacidade funcional (Melby *et al.*, 1993; Santarem, 1999; Kelemen, 1989), auxiliarem na prevenção e/ou reabilitação de problemas músculoesqueléticos (Kraemer *et al.*, 2002) bem como atuarem positivamente sobre as alterações psicológicas provocadas pela invalidez (Fletcher *et al.*, 2001), e melhorarem a habilidade individual.

Além de todos esses benefícios, é um tipo de exercício que apresenta maior segurança musculoesquelética, já que não há impacto, traumas, quedas, variações de velocidade e de direção de movimento (Kraemer *et al.*, 2002); fatores predisponíveis de lesão, quando comparados a outras atividades desportivas.

Adicionalmente, sabe-se que a magnitude da *performance* desenvolvida pela prática desse tipo de exercício está relacionada à intensidade, duração, intervalo entre as séries, sequência dos exercícios realizados, velocidade de execução de movimento, frequência e volume de treinamento, sendo assim, essas variações irão influenciar as respostas agudas e crônicas, que estão direcionadas aos objetivos pré definidos.(Santarem, 1999). Dessa forma, a determinação de um protocolo de treinamento resistido consiste em infinitas possibilidades, assim é imprescindível a quantificação das adaptações resultantes desse treinamento, apesar da dificuldade de isolar qualquer uma das variáveis relacionadas com a *performance* (Kraemer e Ratamess, 2004).

No caso do presente estudo, diante de inúmeros tipos de exercício resistido, foi escolhido o exercício em Leg Press 45° por ser um dos mais prescritos em academias, justamente por envolver

grandes grupos musculares específicos dos membros inferiores, ser um exercício com alavanca facilitadora de movimento; além de ser um exercício multiarticular que desenvolve os maiores músculos do corpo, possuindo similaridades biomecânicas e neuromusculares para muitos movimentos esportivos ou do dia a dia, como caminhar, correr ou saltar. (Wernbom, Augustsson e Thomee, 2007)

1.3 Avaliação para Determinar a Intensidade do Treinamento Resistido

A crescente demanda pelo treinamento resistido tem incentivado a procura de metodologias para a prescrição destes exercícios. Dentre os métodos de avaliação para sua prescrição, o teste de uma repetição máxima (1RM) tem sido muito utilizado na população idosa (Bean *et al.*, 2002; Catai *et al.*, 2002), na doença pulmonar obstrutiva crônica (Spruit *et al.*, 2002), na doença arterial coronariana e na insuficiência cardíaca (Maiorana *et al.*, 2000), estabelecendo o percentual de 1RM para se determinar a carga para o treinamento resistido.

Por isso, há uma busca incessante para se prescrever corretamente qual parâmetro e/ou intensidade seja a ideal para a execução do exercício resistido (Moreira, 2004; Simões, 2010; De Sousa, 2013). Dessa forma protocolos incrementais pode ser interessante, uma vez que podem determinar a magnitude das respostas fisiológicas (principalmente lactato sanguíneo ([La]) e VO_2) em diferentes domínios (leve, moderado e alto), pois através deles é possível identificar parâmetros de aptidão aeróbia e anaeróbia, como o limiar de lactato (LL), limiar de lactato (LA), limiar de lactato individual (LAI), lactato mínimo (LM), limiar de compensação respiratório (RCT), limiar glicêmico (LG), máxima fase estável de lactato (MFEL) e potência crítica (PC) ou carga crítica (CC) (Lamotte, Niset e Van De Borne, 2005), sendo que essas ferramentas são aplicáveis ao exercício dinâmico e que a pouco tempo elas tem sido exploradas em exercício resistido.

Tradicionalmente, tem sido preconizado na literatura, a prescrição da intensidade de exercício resistido com percentuais de cargas baixas a moderadas, entre 40 a 60% da RM, com curtos intervalos de repouso de 15 a 30 segundos (Gaskill *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2006; Nakamura *et al.*, 2009; Arakelian, 2010) e 60 a 90% de 1RM para a prescrição da intensidade do exercício resistido com o objetivo de desenvolvimento de força pura e/ou hipertrofia muscular (Meyer, 2001).

Entretanto, poucos estudos têm avaliado sistematicamente qual a magnitude das respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas nestas diferentes intensidades de 1RM, com o objetivo de estudar se estas podem se diferenciar do treinamento físico dinâmico e se as vias aeróbia-anaeróbia estão presentes ou não nesta modalidade. Além disso, se o comportamento de tais variáveis podem se ajustar diferentemente frente o envelhecimento ainda são escassas na literatura. Considerando que as respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas têm grande utilidade na prescrição de exercícios físicos aeróbios, a busca do entendimento de tais ajustes possibilitarão propor novas metodologias de avaliação para determinar a intensidade ótima de treinamento resistido, sem que, no entanto, produza prejuízos a estes indivíduos, tendo assim grande importância clínica como estratégia reabilitadora.

Alguns autores têm observado que programas de treinamento físico resistido em altas intensidades, com diferentes tipos de população, produzem maiores benefícios que aqueles em baixas cargas de trabalho (Kraemer *et al.*, 2002; Acsm, 2009; Garber *et al.*, 2011). No entanto, poucos estudos têm analisado de forma sistematizada diferentes intensidades de exercício resistido com o objetivo de determinar a magnitude das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas para então propor estratégias reabilitadoras a estes indivíduos baseada nestas respostas.

A maioria dos estudos prévios focam basicamente os efeitos agudos do exercício resistido nas alterações neuromusculares, e pouco se sabe sobre tais ajustes nas adaptações cardiovasculares, hemodinâmicas e ventilatórias. Portanto, o entendimento da contribuição aeróbia ao exercício resistido,

bem como a demanda energética anaeróbia necessita de algumas investigações no campo da fisiologia aplicada (Chtara *et al.*, 2008; Schjerve *et al.*, 2008; Karinkanta *et al.*, 2009).

1.3.1 Limiar Anaeróbio

O termo LA foi inicialmente caracterizado com a intensidade de exercício na qual a concentração de [La] começa a aumentar e a concentração de bicarbonato começa a diminuir (Dekerle *et al.*, 2006). Depois, através da ergoespirometria, Wasserman em 1967 complementou o conceito de LA como sendo a intensidade de exercício acima da qual a concentração de [La] aumenta de forma progressiva e a ventilação pulmonar se intensifica de maneira desproporcional ao VO_2 .

O LA também pode ser definido como o momento, em relação à intensidade do esforço ou do VO_2 , quando a produção de ATP é suplementada pela glicólise anaeróbia, com formação de ácido láctico, sendo a intensidade de exercício onde ocorre a transição do metabolismo predominantemente aeróbio para anaeróbio.

Neste sentido, o LA reflete o ponto onde acima dessa intensidade há acúmulo de [La], enquanto em intensidades abaixo do LA ocorre manutenção da lactacidemia ou remoção de parte da quantidade de [La] (Wasserman, 1967).

No entanto, apesar de literatura vasta para determinação do LA em exercícios aeróbios, poucos estudos focaram na determinação do LA em exercícios resistidos crescentes. Essa determinação foi inicialmente realizada por Barros *et al.* (De Sousa, 2013), onde os autores observaram que foi possível caracterizar o LA de indivíduos treinados e sedentários nos exercícios LP e rosca direta. Nesse estudo, foi realizado o teste de 1RM para ambos os exercícios, seguido de um teste crescente, com carga inicial de 10% de 1RM, com incrementos de carga de 10% a cada série de 20 repetições durante 1 minuto, intercaladas por um período de repouso de dois minutos, a qual foi realizada coletas de sangue durante esse período. Os autores demonstraram que o LA ocorreu em aproximadamente 30% de 1RM, tanto para indivíduos treinados como sedentários.

Já Moreira et al. (2004) determinaram o LA e LG em indivíduos diabéticos tipo 2 em Leg Press e Supino Reto. O protocolo incremental foi realizado com cargas de 10%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90% de 1RM, com séries de 30 repetições, realizadas em 1 minuto, e dois minutos de intervalo para coleta de amostras de sangue. O LA e o LG para o Leg Press foram encontrados em 31,0% e 32,1% de 1RM e para o Supino Reto em 29,9% e 32,1% de 1RM, respectivamente, havendo então uma correlação direta entre esses dois parâmetros.

A partir disso, Simões et al. (2010), avaliaram o impacto do exercício de Leg Press em diferentes porcentagens de 1RM em protocolos mais longos (séries de 4 minutos cada), sobre a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e do [La], em idosos saudáveis. Estes autores observaram alterações significativas nessas duas variáveis quando o exercício foi realizado em 30% da 1RM, havendo ainda correlação entre o LA e as alterações na VFC e [La]. Esses achados permitem concluir que a VFC pode ser útil na determinação de um ponto de transição metabólica no exercício resistido, bem como o LA.

Mais recentemente, de Sousa et al. (2011) em dois estudos, um pela determinação do LA por modelos matemáticos e outro por parâmetros ergoespirométricos observaram que a utilização de um modelo algorítmico baseado na metodologia de Orr (De Sousa et al., 2011) seria mais eficiente para determinação do LA em exercício resistido, uma vez que, neste modelo, a determinação do ponto de inflexão é realizada através de dois modelos de regressão linear aplicados nos dados da concentração sanguínea, baseada no agrupamento da menor soma dos quadrados dos erros. Apesar de não existirem diferenças para a metodologia de inspeção visual, esse método retira a subjetividade de uma simples análise visual (Orr et al., 1982; Beaver, Wasserman e Whipp, 1985; Soler et al., 1989). Já a utilização de parâmetros ergoespirométricos também se mostrou válida para a determinação do LA no exercício resistido (Orr et al., 1982). Assim, a existência de um LA em exercícios resistidos levanta a hipótese de que possa haver uma carga de trabalho de estabilização da lactacidemia, o que poderia ser a MFEL em exercícios resistidos.

1.3.2 Potência Crítica e Carga Crítica

A partir de alguns estudos, Monod et al. (1965) encontraram uma relação hiperbólica entre o tempo de exaustão (t_{lim}) e a potência externa gerada, que pode descrever a capacidade total de trabalho anaeróbio ou ao déficit de oxigênio (Monod, 1965) o qual reflete a energia finita disponível que inclui o “pool” fosfagênico e o conteúdo muscular de glicogênio (Moritani *et al.*, 1981; Morton e Billat, 2004).

O conceito de PC proporciona um modelo simplificado de dois componentes, aeróbio e anaeróbio de fornecimento bioenergético humano, onde a depleção do trabalho aeróbio passa a ser suplantado por mecanismos anaeróbios (Morton, 2006). Por outro lado, o conceito de PC demarca a transição do exercício dinâmico intenso para o exercício muito intenso, o qual teoricamente pode ser mantido indefinidamente, i.e., por um longo período de tempo sem fadiga muscular, que corresponde à máxima taxa de trabalho em estado estável de $[La]$. Esta metodologia tem sido exaustivamente investigada em testes dinâmicos de carga constante (Dekerle *et al.*, 2005; Ferguson *et al.*, 2010). No entanto, no exercício resistido, ainda não se sabe ao certo se existe uma CC, na qual a partir de então haveria predominância da via anaeróbia, uma vez que o exercício resistido tem sido generalizado como predominantemente anaeróbio. Dessa forma, a transposição da PC para a CC foi uma de nossas motivações para a determinação dessa intensidade no exercício resistido

Esse método, baseado na execução de diversos testes até a fadiga volitiva parece ser relativamente simples e não invasivo. Além disso, a equação descrita como hiperbólica pode ser convertida a um modelo linear matemático: carga $\times 1/t_{lim}$ (Miura *et al.*, 1999; Miura *et al.*, 2000).

Inicialmente esses dois modelos assumiam que existia uma capacidade fixa de trabalho anaeróbio, a qual era equivalente a *performance* total executada em uma atividade, derivada do metabolismo aeróbio. Somente depois foi descoberto que a assíntota da relação representava a PC (Green, 1995)

Nosso grupo de pesquisas, recentemente, tem aplicado um protocolo de cargas elevadas em teste de exercício físico resistido no Leg Press e assim testar se, assim como no modelo de PC, seria factível avaliar a CC. Nestes termos, em indivíduos saudáveis o relacionamento entre carga imposta e o t_{lim} aplicado em diferentes percentuais de intensidade em testes de carga constante demonstram uma função hiperbólica, representada na figura 1:

Figura 2. - Aplicação de 4 intensidades de exercício dinâmico em Leg Press de carga constante, para determinação da CC pelo comportamento hiperbólico da relação carga pelo tempo de execução para jovens e idosos.

Este relacionamento hiperbólico, conforme previamente demonstrado em estudos com exercício físico dinâmico, ou seja, entre a potência (ou carga) e t_{lim} tem também sido caracterizado durante contrações exaustivas dinâmicas em grupos musculares localizados (Hill, 1993; Hill, Poole e Smith, 2002; Hill, 2004) em testes de corrida em esteira (Monod, 1965) e natação (Hughson, 1984) e exercício isocinético (Vas et al., 1996).

A assíntota desta função (valor de y quando x é infinito) representa a PC ou CC, podendo também ser considerado por alguns autores como limiar de fadiga (Wakayoshi *et al.*, 1992).

Dessa forma, no estudo de Arakelian (2010), foi possível determinar a existência de uma CC para exercício em Leg Press, para duas populações, jovens e idosos, ambos saudáveis. Os participantes realizaram inicialmente teste de 1RM, além de quatro testes em carga constante até a fadiga nas intensidades de 30%, 60%, 75% e 90% de 1RM. Após isso, a determinação da CC foi através da regressão linear dos pontos apurados na construção do gráfico: carga X inverso do t_{lim} . Assim, a CC encontrada foi referente a 38% de 1RM para ambos os grupos, sendo que este foi o primeiro estudo que também comparou e avaliou as respostas fisiológicas entre os dois grupos em diferentes intensidades da RM, assim como determinou a CC nesse tipo de exercício.

1.4 Eletromiografia

Outro fator que deve ser considerado durante a atividade física é o desenvolvimento da fadiga, sendo que esta se manifesta consistentemente de forma prejudicial sobre o desempenho físico. Estudos têm demonstrado que a fadiga muscular tem sido descrita como um processo tempo dependente que engloba numerosos fatores fisiológicos (Arakelian, 2010), afetando a capacidade de produção de força e prejudicando o desempenho (Sahlin, 1992). Todos estes mecanismos de fadiga podem variar entre atividades e são dependentes de cada tarefa (Palmitier *et al.*, 1991; Lutz *et al.*, 1993; Stuart *et al.*, 1996). Entretanto, os mecanismos periféricos de fadiga muscular resultam em diminuição da capacidade da célula muscular em gerar força, necessitando uma elevação do drive neural para manter um trabalho externo constante (Enoka e Stuart, 1992).

Este aumento no drive neural é expresso no aumento da amplitude de frequência da eletromiografia (EMG), que pode ser considerada como um método de registro dos potenciais elétricos gerados na fibra muscular durante as contrações, oferecendo informações sobre o comportamento do sistema muscular e do controle motor, havendo grande relação entre a fadiga com mecanismos biomecânicos e neurofisiológicos. Todas estas informações são de grande importância em muitos

campos, como na reabilitação, ergonomia, medicina do esporte, fisioterapia, neurofisiologia e cinesiologia (Mannion e Dolan, 1996; Vaz *et al.*, 1996; Gerdle *et al.*, 1997).

Um potencial de ação que se propaga por um motoneurônio ativa todos os seus ramos que, por sua vez, ativam todas as fibras musculares da unidade motora (Zwarts e Stegeman, 2003; Drost *et al.*, 2006). A despolarização da membrana pós-sináptica de uma fibra muscular é propagada em ambas as direções ao longo da fibra, gerando uma diferença de potencial entre a face interna e externa da membrana celular, causada por um movimento de íons. Um eletrodo localizado nesta região irá detectar esta diferença de potencial, cuja variação no tempo é conhecida como um potencial de ação da fibra muscular. Desta forma, cada fibra muscular contribui para a formação do sinal captado na região do eletrodo, através de seu potencial de ação (Krnjevic e Miledi, 1958; Paton e Waud, 1967).

Desta forma, o sinal resultante no local de captação constitui uma superposição espaço-temporal das contribuições dos potenciais de ação individuais. Para manter o músculo contraído, o sistema nervoso envia uma sequência destes potenciais, para que as unidades motoras sejam repetitivamente ativadas, resultando em um trem de pulsos. O sinal EMG é resultante do somatório destes trens, dado que são várias as unidades motoras envolvidas para manutenção e ativação da contração muscular (De Luca, 1997).

A amplitude do sinal EMG apresenta uma característica estocástica e pode ser representado por uma distribuição Gaussiana. A amplitude do sinal pode variar entre 0 a 10 mV (pico a pico) ou entre 0 a 1,5 mV (RMS). O sinal captado apresenta frequências de até 500 Hz, com frequências dominantes entre os 50 – 150 Hz (De Luca, 1997).

A captação do potencial de ação pode ser realizada por meio de eletrodos invasivos, denominados de fio ou de agulha, ou por meio de eletrodos não invasivos, os de superfície. Os eletrodos de superfície, apesar de não permitirem a captação do potencial de ação de uma única unidade motora, não apresentam os inconvenientes que os eletrodos invasivos podem apresentar,

como a necessidade de cuidadosa esterilização, o perigo de quebra dos fios dentro do músculo e o desconforto do indivíduo (Merletti *et al.*, 2009). Por isso, a EMG de superfície é amplamente recomendada para o registro do sinal elétrico do músculo.

O Surface electromyography for a Non-invasive Assesment of Muscle (SENIAM) apresenta recomendações de configuração e posicionamento dos eletrodos, baseado em artigos publicados entre 1991 e 1996 (Hermens *et al.*, 2000). Assim, é recomendado que estes não sejam acoplados sobre os pontos motores ou nos limites musculo-tendíneos, sendo que sugere-se posicionar o eletrodo próximo ao ponto motor na região do ventre muscular. A sua configuração química deve ser constituída por eletrodos de prata e cloreto de prata (Ag/AgCl). Além disso, é recomendada a utilização de eletrodos ativos com espaçamento intereletrodo de 20 mm. Estes são confeccionados com um amplificador diferencial muito próximo dos eletrodos de captação e tem por finalidade minimizar o ruído do sinal, incorporado na interface de transmissão, que é composto por baixas amplitudes (Hermens *et al.*, 2000).

A análise eletromiográfica, pode ser realizada pelo domínio do tempo, permitindo a visualização do padrão de ativação muscular durante uma contração, sendo importante na comparação de diferentes exercícios; como também pelo domínio da frequência, determinado o conteúdo de frequência do sinal, havendo relação com a velocidade de condução da fibra muscular e recrutamento, sendo que estas decaem conforme a fadiga se instala (Hermens *et al.*, 2000).

Pela análise da EMG é possível desenvolver métodos de estimação da força muscular (De Luca, 1997; Yao, Fuglevand e Enoka, 2000), sendo utilizada para o estudo do mecanismo fisiológico da modulação da força, sendo que a aplicação da EMG no estudo da força e atividade elétrica tem sido feita com êxito para contrações isométricas, mas para contrações dinâmicas ainda há limitações (Gordon *et al.*, 2004). Essas limitações são dadas pela maior complexidade devido à própria característica do movimento, como ângulo articular, tipo de fibra, relações força-comprimento e mudança do centro de rotação da articulação (Besier, Lloyd e Ackland, 2003).

1.4.1 – Determinação do Limiar eletromiográfico ou de fadiga

A fadiga muscular é definida como o declínio do desempenho muscular durante o exercício. A deterioração do desempenho mecânico é o fator que os especialistas mais usam para identificar um ponto de fadiga, no qual o músculo torna-se incapaz de sustentar um nível de força desejado (Doorenbosch e Harlaar, 2004). Entretanto, a sua etiologia ainda não foi totalmente esclarecida, mas sabe-se que um dos fatores centrais para a sua causa está diretamente relacionada com os padrões de impulsos neuromusculares que ocorrem durante as contrações (Merletti *et al.*, 2009).

A determinação do limiar eletromiográfico (EMG_{LF}) constitui-se em uma importante ferramenta utilizada no estudo do fenômeno da fadiga muscular e consequentemente do movimento humano, sendo essa fundamentada dentro de um contexto científico que aborda tanto o domínio da biomecânica quanto da fisiologia. Algumas metodologias utilizadas que apresentam-se como base, são as propostas de deVries *et al.* (1982); Farina, (2006) e Moritani *et al.* (1993).

Tais métodos apresentam duas fases distintas, porém fortemente interligadas, que compreendem o protocolo de exercício a que o sujeito será submetido e os procedimentos matemáticos empregados no processamento do sinal EMG coletado. Os cuidados que permeiam os métodos empregados na determinação do EMG_{LF} dizem respeito à adequada combinação entre a aplicação do protocolo de exercício e a escolha adequada das técnicas de processamento do sinal EMG. Se isto não for observado pode-se obter resultados que não são representativos do processo de fadiga muscular. Entende-se, dessa forma, que a validação do processo de determinação do EMG_{LF} é um passo importante para a proposição de métodos que tenham potencial de aplicação prática (Moritani *et al.*, 1993).

Referente à fase de processamento, a análise do sinal EMG no campo da fadiga muscular envolve a observação, conjunta ou não, da resposta temporal do RMS, da integral do sinal EMG, da frequência média e da frequência mediana; as quais são as variáveis comumente usadas para

descrever a amplitude ao longo do tempo e as componentes de frequência do sinal EMG (Linnaam *et al.*, 2000; Bilodeau *et al.*, 2003). O sucesso no cálculo das variáveis espectrais do sinal EMG, envolve a aplicação de técnicas adequadas para a obtenção do espectro de frequência do sinal. A técnica mais utilizada envolve o uso do algoritmo da Transformada Rápida de Fourier (Farina, 2006).

A proposta de se obter o EMG_{LF} diz respeito à determinação de uma intensidade de exercício, crítica, que não provoque alterações nos parâmetros temporais e de frequência do sinal EMG. Ou seja, um exercício realizado na intensidade crítica do EMG_{LF} , teoricamente, poderia ser executado por um período prolongado de tempo sem sofrer um processo de fadiga muscular localizada (Farina, 2006), sendo que esse exercício deve ser realizado até a exaustão, para garantir que o processo de perda do desempenho muscular seja realmente induzido (Moritani, Takaishi e Matsumoto, 1993). Se esta garantia não for observada, pode-se ter uma situação na qual o índice ou limiar determinado não apresente relação com o fenômeno fisiológico avaliado.

Embora o protocolo de exercício seja um componente do método para determinação do EMG_{LF} , o entendimento das respostas metabólicas do músculo ao exercício é igualmente importante para a análise da eficiência de um protocolo de exercício dentro do processo de determinação do EMG_{LF} (Potvin e Bent, 1997).

O fundamento básico que sustenta o monitoramento da fadiga muscular pela análise de parâmetros do sinal EMG está na relação de dependência destes parâmetros com os processos fisiológicos ocasionados pela fadiga muscular. Esta relação é dependente dos tipos de parâmetros analisados, especificamente, os parâmetros no domínio temporal ou no domínio da frequência. Por exemplo, se o monitoramento da fadiga muscular é realizado por intermédio da taxa de incremento da intensidade do sinal EMG (domínio do tempo), sabe-se que este incremento acontece como consequência do recrutamento de mais unidades motoras, que apresentam finalidade de compensar a

saturação de fibras que já estão fadigadas, evitando a falência imediata do sistema (Moritani *et al.*, 1992).

Por outro lado, o monitoramento do espectro da frequência do sinal EMG fundamenta-se no fato de que durante o exercício físico a concentração de ácido láctico aumenta em função do aumento da exigência da via metabólica glicolítica. Este aumento na concentração de [La] promove diminuição do pH, causando diminuição da velocidade da despolarização da fibra muscular, o que promove uma compressão do espectro para frequências mais baixas (Moritani *et al.*, 1984; Moritani, Muramatsu e Muro, 1987; Moritani, Takaishi e Matsumoto, 1993; Moritani *et al.*, 2005).

DeVries *et al.* (1982) foram os primeiros autores que propuseram um método para determinar o EMG_{LF} em cicloergômetro por meio de um protocolo com diferentes cargas até à exaustão. Este foi o primeiro estudo a ser observada uma forte correlação entre o LA com o EMG_{LF}. Entretanto, o protocolo utilizado tinha uma limitação importante, que era a necessidade de realizar o exercício físico em diferentes intensidades até à exaustão. Pavlat *et al.* (1993), em um protocolo adaptado de DeVries *et al.* (1982), propuseram uma metodologia para a determinação do EMG_{LF} na qual realizaram cargas preditivas com duração fixa de um minuto. Por meio deste protocolo os autores puderam determinar o EMG_{LF} com a vantagem de cada carga ser realizada por um curto período de tempo e não até à exaustão. Matsumoto *et al.* (1982) também demonstraram uma elevada correlação entre o EMG_{LF} e o LA, apesar de uma superestimava da capacidade física avaliada pelo EMG_{LF}.

Após os estudos clássicos da utilização da EMG de superfície como um método válido de determinação do LA em exercícios dinâmicos, outras pesquisas mais recentes também já demonstraram a relação existente entre EMG_{LF} e LA (Matsumoto, 1991). A análise de todas estas pesquisas sugere que o EMG_{LF} pode ser uma alternativa atraente da mensuração da maior carga de trabalho sustentada sem a evidência de fadiga muscular. Desta forma, é especulado que o EMG_{LF} pode estar intimamente associado com o estado estável do metabolismo do [La] (Moritani e Yoshitake,

1998; Lucia *et al.*, 1999; Hug *et al.*, 2003; Maestu *et al.*, 2006; Mello, Oliveira e Nadal, 2006; Candotti *et al.*, 2008).

Apesar desses achados, alguns autores acreditam que a PC também pode representar o EMG_{LF} , no caso de exercícios tipicamente aeróbios e dinâmicos (Moritani, Takaishi e Matsumoto, 1993). Dessa forma, ainda não está totalmente esclarecida qual a relação entre o EMG_{LF} , o LA e a PC ou CC, quando falamos exclusivamente para exercícios resistidos.

Neste sentido, considerando as respostas que envolvem os ajustes cardiorrespiratórios, metabólicos e eletromiográficos no exercício resistido, hipotetizamos que haveria diferentes respostas fisiológicas entre as duas intensidades do exercício, bem como entre os dois grupos estudados. Além disso acreditamos que haja diferença no recrutamento muscular nas intensidades e entre jovens e idosos.

No entanto, embora existam evidências de que há interação entre as respostas cardiovasculares, metabólicas, ventilatórias e eletromiográficas durante o exercício resistido, **não há investigação experimental publicada que tenha avaliado:**

- 1) O relacionamento entre as respostas cardiovasculares, ventilatórias e metabólicas na intensidade denominada CC comparada ao LA.
- 2) Se as respostas da frequência cardíaca (FC), VO_2 , DC, VS, [La], Slope da raiz quadrada média (RMS) e RMS são diferentes em idosos quando comparado a jovens na assíntota da função hiperbólica, na carga crítica e no limiares anaeróbio e de [La].

Assim, a continuidade de pesquisas que envolvam as respostas da FC durante o exercício físico resistido dinâmico, os quais são os exercícios comumente utilizados na prescrição de exercícios resistidos a estes indivíduos será de especial relevância. A avaliação das respostas da lactacidemia, da

FC e das trocas gasosas certamente contribui para o entendimento dos ajustes integrados dos sistemas muscular, cardiovascular, respiratório, metabólico durante esta modalidade de exercício.

Além disso, o estudo do entendimento integrado dos ajustes cardiorrespiratórios, metabólicos e eletromiográficos em um protocolo de exercício dinâmico resistido em LP provem embasamento teórico para propor estratégias para melhor prescrição da intensidade do exercício resistido, de acordo com melhora da *endurance* ou força nesta população.

2. Objetivos

Objetivo Geral:

Comparar as intensidades determinadas como limiar anaeróbio e carga crítica, em relação aos parâmetros de frequência cardíaca, ventilação, consumo de oxigênio, [La], débito cardíaco, volume sistólico, além da ativação muscular do músculo reto femoral, entre jovens e idosos.

Objetivos específicos:

- 1- Determinar a intensidade na qual ocorre o limiar anaeróbio no exercício de LP para indivíduos jovens e idosos, através dos parâmetros: [La] sanguíneo e V_E/V_{O_2} .
- 2- Determinar a intensidade na qual ocorre a carga crítica no exercício de Leg Press 45° para indivíduos jovens e idosos, através do método de regressão linear e relação hiperbólica.
- 3- Analisar o comportamento eletromiográfico nas intensidades determinadas como LA e CC, com relação ao recrutamento muscular do reto femoral em cada intensidade e entre os grupos.

3. Metodologia

- MATERIAIS E MÉTODOS

Desenho do Estudo: Estudo prospectivo, transversal, controlado e cruzado.

Casuística: Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LACAP), do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em parceria com o Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Ciências Fisiológicas da UFSCar.

Voluntários: Foram avaliados 39 homens aparentemente saudáveis e fisicamente ativos, dos quais participaram da pesquisa apenas 20 indivíduos jovens (idade entre 18 e 30 anos) e 15 idosos (idade entre 60 e 75 anos) (figura 2). Para a obtenção desta amostra, foi realizado cálculo amostral no qual se obteve 15 indivíduos para cada grupo.

Figura 3: Fluxograma representando o total de voluntários avaliados, bem como aqueles que foram incluídos e excluídos até o número final de voluntários que finalizaram todo o projeto.

Critérios de Inclusão: Indivíduos não tabagistas; não etilistas; não usuários de drogas que causem dependência química; que apresentassem estabilidade clínica; que não tivessem exacerbações agudas de doenças, anemias em geral, distúrbios hidroeletrólíticos e/ou metabólicos não compensados; ausência de marcapasso definitivo ou cardiodesfibrilador implantável ou de próteses valvares, ausência de distúrbios cardiorrespiratórios, e ausência de doenças neurológicas,

neuromusculares, músculo-esqueléticas e osteoarticulares incapacitantes; pressão arterial controlada e nível de compreensão que não impedisse a realização dos protocolos propostos.

Aspectos éticos: Mediante as explicações dos procedimentos envolvidos no trabalho, os voluntários assinaram o termo formal de consentimento em atendimento à resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e além disso, este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da Universidade Federal de São Carlos (Parecer n° 433/2008).

Procedimentos gerais: Os procedimentos experimentais foram realizados sempre no mesmo período (manhã ou tarde) para minimizar influências das variações circadianas. Inicialmente foi solicitado aos voluntários o comparecimento com roupas confortáveis, a não fumar e nem ingerir bebidas alcóolicas e/ou estimulantes (café, chá, coca-cola, e outros) 24 horas antes dos testes, evitar refeições pesadas na véspera, fazer uma refeição bem leve pelo menos duas horas antes dos testes, e não praticar exercícios extenuantes no dia anterior. O local de avaliação e aplicação dos protocolos permaneceu em temperatura ambiente entre 22°C e 24°C e umidade relativa do ar entre 40% e 60%, evitando assim que estes fatores pudessem influenciar em alguma variável. Os voluntários foram orientados a não falar desnecessariamente para não interferir na captação dos sinais eletrocardiográfico, bem como nos parâmetros ventilatórios e a informar sobre qualquer alteração no seu estado geral antes, durante e depois a aplicação dos testes. Para garantir a segurança dos voluntários durante todos os procedimentos, foram monitoradas pressão arterial, frequência cardíaca e eletrocardiograma nas derivações MC5, DII e V2 modificadas (Ecafex TC-500).

Visitas: Foram necessárias nove visitas aos laboratórios para a execução do projeto proposto, sendo que os voluntários permaneceram entre 30 minutos à uma hora, para a realização de cada procedimento.

- **Visita 1:**

Avaliação inicial: Foi realizada coleta dos dados pessoais de cada voluntário, constando de: nome completo, endereço, idade, peso, altura, hábitos de vida diária, hábitos alimentares, medicações em uso e antecedentes familiares, bem como foi realizada avaliação fisioterapêutica constituída de ausculta pulmonar, mensuração da FC, da PA e exame físico, sendo este último composto pela inspeção visual global e avaliação postural.

Composição corporal total: A determinação da composição corporal total, (MM, MG, índice de massa corporal, porcentagem de gordura) foi determinada pela técnica de bioimpedância (Tanita Body Composition Analyzer – Model TBF 310), sendo que, os voluntários foram orientados a não comer e nem ingerir líquidos 4 horas antes do teste; não realizar nenhuma atividade estenuante 12 horas antes do teste; ir ao banheiro 30 minutos antes do teste. O avaliado deveria estar vestindo pouca roupa (como shorts, apenas) e o mesmo, deveria retirar qualquer tipo de metal, como relógios.

- **Visita 2:**

Avaliação Clínica: Todos os voluntários foram submetidos à avaliação clínica realizada por um médico cardiologista, constando de: Eletrocardiograma convencional de 12 derivações, utilizando-se um monitor cardíaco (Ecafex TC 500) e um eletrocardiógrafo (Funbec), na posição supina, e derivações MC5, DII e V2 modificadas nas posições supina, sentada, e em hiperventilação. Após a avaliação foi realizado teste de esforço limitado por sintomas, com análise eletrocardiográfica, da pressão arterial pelo método auscultatório utilizando-se um esfigmomanômetro (Tycos) e um estetoscópio (Littmann), e da frequência cardíaca. O teste de esforço físico dinâmico contínuo foi realizado com protocolo do tipo degrau em esteira (protocolo de Bruce), com a finalidade de avaliar a capacidade funcional, as condições do sistema cardiovascular, bem como detectar possíveis alterações isquêmicas, hipertensão

reativa e arritmias importantes desenvolvidas durante esforço. O teste de esforço foi realizado utilizando também um analisador de gases (Oxycon Mobile, Jäeger, Würzburg, Alemanha).

○ **Visita 3:**

Teste de 1 repetição máxima (1RM): Para este teste o aumento gradual da resistência foi aplicado até que o individuo conseguisse realizar corretamente não mais do que uma repetição para o exercício de *Leg Press 45°* (Reforce – RF25, Jáu-SP, Brasil): O paciente foi posicionado na postura sentada no aparelho e durante a realização do ciclo do movimento, realizou flexão do joelho e quadril por meio da contração excêntrica da musculatura do quadríceps e do glúteo, até o angulo de 90° entre a coxa e a perna, e em seguida retornou a posição inicial através da contração concêntrica dos mesmos. Baseado no protocolo de determinação da carga máxima realizado por *De Sousa et al.* (2011), foi realizado um protocolo, que consistiu de:

a) Realização do aquecimento geral em cicloergômetro, b) Realização de duas séries de aquecimento no exercício a ser testado (10 repetições), com carga extremamente baixa, a fim de verificar também a técnica de execução, c) Aplicação de uma carga supostamente próxima a da capacidade máxima do individuo, o qual deveria realizar pelo menos uma repetição completa, d) Caso a primeira carga fosse inferior a máxima, haveria aumento da mesma, aguardando um período de recuperação de cinco minutos para nova tentativa, e) Caso o voluntário não conseguisse realizar uma repetição completa, uma nova tentativa foi realizada com a mesma carga após o mesmo período de descanso. Se novamente a repetição não fosse completada, outra tentativa com uma carga intermediária entre esta última repetição deveria ser feita. Se nesta repetição houvesse sucesso, a carga testada foi determinada como carga máxima de uma repetição. Conhecendo-se a carga máxima individual para o exercício, esta teria o valor de 100% ou 1RM.

Sendo que, caso o voluntário não soubesse executar de forma correta a mecânica do movimento no aparelho de leg press, foram realizadas sessões extras para familiarização da técnica. Além disso, para a determinação da carga máxima eram realizadas no mínimo duas e no máximo 5 tentativas.

○ **Visita 4:**

Teste de Exercício Físico Resistido Dinâmico Crescente Descontínuo: No teste crescente descontínuo, para determinação do limiar anaeróbio e também o limiar de fadiga, a carga inicial de execução do exercício para a primeira série foi de 10%, sendo que para as séries subsequentes o fracionamento das cargas ficou determinado em: 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70% de 1RM e para cada repetição foi determinado o tempo de três segundos (dois segundos na fase excêntrica e um na concêntrica).

A duração de cada série foi de um minuto, com um total de 20 repetições por série (3 segundos por repetição) e intervalo de dois minutos entre as séries para o acréscimo de carga e coleta de amostras sanguíneas para dosagem de [La]. O ritmo de cada repetição e série foi controlado por comandos verbais e o final do teste foi determinado pela incapacidade de realizar o movimento dentro da mecânica correta previamente estabelecida ou pela incapacidade de realizar o número de repetições completas no tempo referido para a série. (Lown e Wolf, 1971; Galante *et al.*, 2000). (Figura 3)

Figura 3– Teste crescente descontínuo em exercício resistido de LP.

Durante o teste, a sobrecarga cardiovascular foi avaliada pelas respostas da FC e da PA, as respostas metabólicas foram analisadas pelo sistema de gases expirados e pela coleta de sangue para lactacidemia. Já a determinação do limiar anaeróbio foi através da lactacidemia e da ventilação (média dos três valores de ventilação no pico de exercício) pelo modelo algorítmico baseado no estudo de Orr *et al.* (Orr *et al.*, 1982) e recentemente adaptado para exercício resistido (De Sousa *et al.*, 2011). A análise dos dados para determinação do LA e do LL foi realizada pelo *software* Matlab versão 7.1(MathWorkcs, Natick, MA, USA).

○ **Visitas 5, 6 e 7:**

Testes para determinação da CC: Este protocolo foi aplicado com o objetivo de determinar a CC, bem como, avaliar as respostas cardiorrespiratórias e do [La] em três intensidades diferentes do protocolo de RM, sendo que o exercício foi realizado até a falha concêntrica ou quando a mecânica do movimento não se manteve de forma correta (ângulo de 90° do quadril e do joelho), onde o voluntário faria o movimento de forma controlada, sendo que cada repetição durou três segundos (dois segundos

na fase excêntrica e um na concêntrica). Inicialmente foi realizado um aquecimento durante um minuto com a menor carga do aparelho e em seguida foi aplicado as seguintes intensidades para determinação da carga crítica:

- A) 60% de 1RM
- B) 75% de 1 RM
- C) 90% de 1 RM

Os testes foram realizados em três visitas, sendo que o voluntário realizou-os em ordem randomizada, sendo que em cada dia foi realizada apenas uma intensidade:

Do mesmo modo que no teste crescente, nesses testes também houve coleta da FC, PA, VO_2 , V_E , volume sistólico, débito cardíaco, lactacidemia e análise eletromiográfica.

- **Visita 8:**

Avaliação do LA: Para testarmos a tolerabilidade no LA, foi realizado um teste na intensidade em torno de 30% 1RM, intensidade essa que foi determinada pelo comportamento da lactacidemia e ventilação no exercício de carga descontínuo crescente. Nessa carga foram avaliados os mesmos parâmetros dos outros testes contínuos.

- **Visita 9:**

Avaliação da CC: Com o intuito de testarmos a tolerabilidade da CC, foi realizado, um teste adicional nesta carga, sendo que esta foi determinada pela regressão linear dos pontos apurados na construção do gráfico: carga X inverso do tempo (tempo = duração do exercício até a fadiga) e pela relação hiperbólica. Nesta carga, foi observada a mais alta taxa de trabalho sustentável, ou seja, a CC também realizada até a fadiga volitiva.

Nesta fase houve também, coleta da FC, PA, VO_2 , V_E , VS, DC, lactacidemia e análise eletromiográfica. A figura 4 ilustra a metodologia para determinação da CC.

Figura 4: Metodologia aplicada para a determinação da CC e parâmetros analisados durante todas as intensidades de exercício.

Parâmetros avaliados:

○ Traçado eletrocardiográfico:

Os voluntários foram monitorados por meio da derivação MC5 (monitor Ecafix TC500), no qual foi avaliado o comportamento eletrocardiográfico. Com relação a possíveis alterações isquêmicas e com base em estudos prévios (Hill e Ferguson, 1999; Hill e Smith, 1999; Dekerle *et al.*, 2005; Ferguson *et al.*, 2010) foi avaliada também a existência e a quantidade dos seguintes tipos de arritmias: extrasístoles isoladas, ventricular unifocal ou multifocal, bloqueio divisional, fibrilação atrial, bloqueio completo de ramo direito, pausa sinusal e taquicardia ventricular não-sustentada, antes, durante e após os exercícios em esteira (protocolo de Bruce).

- **Pressão Arterial:**

A PA foi medida antes, durante e após os testes crescentes, tanto de esteira quanto de *Leg Press* 45°. Já para os testes de carga constante no início e ao término (30 segundo pós-teste) de cada teste aplicado, sempre pelo método auscultatório indireto com uso de esfigmomanômetro (Tycos) e um estetoscópio (Littmann).

- **Frequência Cardíaca:**

A FC foi coletada através de um cardiófrequencímetro (Polar S810i, Polar Precision Performance, Kempele, Finlândia) nos testes: descontinuo constante e nos diferentes percentuais para obtenção da CC, assim como no LA e na CC. Os dados coletados foram transferidos para um computador por uma interface para análise dos dados no programa *Polar Precision Performance* (Polar Precision Performance, Kempele, Finlândia).

- **Parâmetros ventilatórios:**

A V_E e VO_2 , foram coletados e avaliados pelo sistema de gases expirados (Oxycon Mobile, Jäeger, Würzburg, Alemanha). Os voluntários utilizaram uma máscara, acoplada a um circuito aberto, sendo que o pneumotacógrafo utilizado foi de médio fluxo. O programa do próprio aparelho possui recursos de receber dados do analisador de gases e calcular as variáveis necessárias com visualização sob a forma numérica e de gráficos. Dois minutos antes dos testes, os dados foram registrados e considerados como valores de repouso. Todos os parâmetros foram captados respiração a respiração e esses parâmetros foram coletados em todos os testes.

- **Débito Cardíaco e Volume Sistólico:**

As variáveis hemodinâmicas foram estimadas através de um aparelho de cardioimpedância transtorácica – Physioflow PF-05™ (Manatec Biomedical, Paris, França), de forma não invasiva. Após a realização de tricotomia e limpeza da região do tórax com álcool e gel abrasivo Nuprep, os eletrodos foram colocados de acordo com a figura 5:

Figura 5: Representação ilustrativa do posicionamento dos eletrodos para captação de débito cardíaco e volume sistólico.

- **Lactacidemia:**

Foram coletadas amostras de 25 µl de sangue arterializado através de uma punção no lóbulo da orelha, sendo que para o teste crescente descontínuo houve coleta no início do exercício e 30 segundos ao final de cada incremento de carga e para os testes constantes coleta pré e 30 segundos pós-exercício. As amostras foram analisadas em um lactímetro (YSI 1500 – Yellow Springs, USA).

- **Análise eletromiográfica:**

Para a aquisição dos sinais EMG, foi utilizado um eletromiógrafo (EMG System do Brasil Ltda) e eletrodos bipolares de superfície circular (Ag-Ag/Cl - HAL) com distância inter-eletrodo de 2,0 cm. No local da coleta, antes da colocação dos eletrodos nos músculos em um ponto fixo, foi realizada tricotomia com lâmina descartável, seguida de limpeza com álcool e algodão seco para remover excesso de tecido morto que pudesse interferir no sinal EMG, conforme recomendação do SENIAM. Os

eletrodos foram fixados à pele com uma fita dupla face (3M) com o objetivo de impedir o deslocamento dos mesmos. O posicionamento dos eletrodos também seguiu às normas do SENIAM, correspondendo ao melhor ponto de captação para o músculo, sendo: reto femoral (RF); 50% da distância da espinha ilíaca superior anterior e da parte superior da patela. O eletrodo de referência foi colocado na cabeça da ulna. Esta coleta foi realizada para os testes em *Leg Press 45°*, onde cada repetição durou três segundos com controle da amplitude de movimento entre 90 e 180 graus através de um eletrogoniômetro. O registro da atividade elétrica do músculo ocorreu com o uso de um módulo de aquisição EMG de oito canais (EMG800C, EMG System do Brasil, São José dos Campos, SP, Brasil) constituído por um condicionador de sinais com filtro Butterworth passa banda com cortes das frequências de 20 – 450 Hz, um amplificador com ganho de 1000 vezes, um módulo comum de rejeição de > 120 dB, e nível de referência de entrada de ruído na ordem dos 4 μ V RMS. Todos os dados foram adquiridos e processados por um conversor analógico para digital (A/D) de 16-bits (EMG System do Brasil, São José dos Campos, SP, Brasil) com uma frequência de amostragem de 1000 Hz. A figura 6 esquematiza como foi coletado o sinal eletromiográfico, uma vez que representa a ativação do músculo VM em todas as intensidades executadas nos exercícios constantes, bem como a cadência de movimento em 3 repetições.

Figura 6: Representação eletromiográfica do músculo reto femoral de um voluntário jovem, assim como a cadência de movimento para 3 repetições. (A) Amplitude de movimento (em graus); (B) Contração muscular em 30% 1RM; (C) 60% 1RM; (D) 75% 1RM; (E) 90% 1RM e (F) 52% 1RM.

A figura 7 representa todo o método descrito acima, com relação a coleta dos parâmetros cardiorrespiratórios, metabólicos, hemodinâmicos e eletrocardiográficos.

Figura 7: Coleta de todos os parâmetros avaliados em um indivíduo idoso e em um jovem.

4. Estratégia de Análise dos dados

Métodos estatísticos: Foi realizado cálculo amostral, no qual foi obtido 15 indivíduos por grupo para as variáveis estudadas. Os dados foram expressos em média e desvio padrão. Como as variáveis demonstraram uma distribuição normal, foi usado testes paramétricos (Shapiro-Wilks). Teste de Levene foi utilizado para demonstrar a homogeneidade das variâncias.

O tempo de execução e o número de repetições durante cada intensidade do exercício foi comparado entre os grupos através do test T-student não pareado. Anova two-way (intensidade x grupo) foi usada para os parâmetros de FC, VE, VO_2 , $\Delta[Lac]$, DC e VS para comparação entre grupos nas intensidades do LA e CC. Quando houve significância, utilizou-se o *post-hoc* de Tukey's com ajuste de Bonferroni para identificar as diferenças.

Regressões lineares foram utilizadas para determinar o slope e o intercepto da relação carga pelo inverso do tempo, na obtenção da CC. Além disso, foi utilizado o modelo algorítmico de regressão linear dupla, baseado no estudo de Orr *et al.* (Orr *et al.*, 1982) e recentemente adaptado para exercício resistido (De Sousa *et al.*, 2011) para a determinação do LA e LL.

A atividade EMG foi analisada pelo domínio da frequência e da amplitude, para o músculo RF em cada participante; sendo que o sinal foi normalizado pela primeira repetição realizada em cada exercício. Para medir as mudanças eletromiográficas até atingir a fadiga, foram selecionadas mais 4 repetições que representavam respectivamente 25%, 50%, 75% e 100% do tempo total do exercício (que foi variável para cada voluntário nas intensidades do LA e da CC). Após a seleção desse sinal foi calculado o valor da frequência mediana (FM) pela transformada rápida de *Fourier* e do RMS, para análise da amplitude. Análise da regressão linear pelos quadrados mínimos foi aplicada aos dados de FM e RMS. A FM inicial foi calculada a partir do intercepto das linhas de regressão dos dados de FM. Para comparação entre as intensidades e os grupos, os dados de FM e RMS foram normalizados para a respectiva inicial. Os slopes das regressões lineares da FM

normalizada e do RMS normalizado foram então derivados. Estes slopes representam a taxa de variação da frequência (slope FM) e amplitude (slope RMS) ao longo do tempo, que refletem a taxa de fadiga do músculo em cada intensidade para cada grupo. Para a comparação entre a FM inicial, RMS inicial, FM slope e RMS slope entre os grupos tanto para a intensidade do LA como da CC, foi realizado teste *T-Student*. A análise da FM normalizada e do RMS normalizado comparando cada intensidade até a fadiga foi feita também através de teste *T-Student*. Toda a análise estatística foi realizada através do *software Statistica* (versão 12, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

5. Resultados

Todas as avaliações foram bem toleradas, não havendo respostas inadequadas garantindo que em todos os testes não houve intercorrências. As características dos voluntários estão apresentadas na Tabela 1. Como esperado, os indivíduos mais velhos apresentaram menor capacidade aeróbia máxima em comparação com os indivíduos mais jovens ($P < 0,05$), assim como massa magra reduzida, e um IMC ligeiramente superior, bem como a massa de gordura ($P < 0,05$). Neste contexto, a carga máxima (kg) foi significativamente menor em indivíduos mais velhos em comparação com indivíduos mais jovens ($P < 0,05$), embora o LA e a CC expressos em relação a porcentagem, não apresentaram diferença entre os grupos (aproximadamente 30% e 52% de 1RM em ambos os grupos, respectivamente).

Tabela 1: Características antropométricas, composição corporal e resultados do teste de exercício crescente descontínuo e dos testes constantes dos grupos estudados.

	<i>Grupo Jovem (n=20)</i>	<i>Grupo Idoso (n=15)</i>
Idade (anos)	23 ± 3	70 ± 2,4+
Massa corporal (kg)	79,2 ± 9,9	76,4 ± 6,3
Estatura (m)	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,01+
IMC (kg/cm²)*	24,7 ± 2,9	26,5 ± 1,8+
PG (%)*	17,2 ± 5,3	24,2 ± 3,6+
MG (kg)*	13,6 ± 5,2	18,6 ± 3,8+
MM (kg)*	64,9 ± 5,6	57,8 ± 3,6+
VO₂ pico (ml/kg.min)*	35,6 ± 6,1	25,9 ± 4,9+
Carga Máx (kg) -1RM*	297,1 ± 44,1	235,0 ± 36,4+
LA (%RM)*	30,7 ± 5,4	30,2 ± 6,8
CC (%RM)*	52,9 ± 4,9	52,6 ± 3,9
r²*	0,9991	0,9923

Tabela 1: Valores em média ± DP. * IMC=índice de massa corporal; PG=porcentagem de gordura; MG=massa gorda; MM=massa magra; VO₂ max= capacidade aeróbia; Carga Máx: carga máxima no teste de 1RM em leg press 45°; LA= Limiar

Anaeróbio; CC= carga crítica; r^2 = coeficiente de determinação para a CC + Diferenças significante entre os grupos. ($P<0.05$).

Com relação ao coeficiente de determinação (r^2), que é uma medida de ajustamento do modelo estatístico de regressão linear para obtenção de carga crítica, em relação aos valores observados, pode-se observar o quanto da variação total é comum aos elementos que constituem os pares analisados; ou seja quanto mais próximo de 1, maior é a qualidade da regressão, sendo assim o modelo se ajusta a amostra, uma vez que esse valor foi de 0,99 para ambos os grupos.

As figuras 8 e 9 representam o comportamento da ventilação e do [La], respectivamente; durante o teste crescente em Leg Press 45°. A partir desses dados, foi possível determinar o LA, para os dois grupos, através do método duplo de regressão linear. Sendo que, a intensidade encontrada para o grupo jovem foi de $30,7 \pm 5,4$ %1RM e $30,2 \pm 6,8$ %1RM para o grupo idoso. Com relação ao exercício crescente todos os voluntários chegaram até a intensidade de 60%1RM, e apenas alguns atingiram intensidades mais altas.

Figura 8: Comportamento médio da ventilação pelo consumo de oxigênio durante teste crescente descontínuo em Leg Press, desde o Repouso (Rep), passando por todos os estágios, para ambos os grupos, bem como determinação do LA pela regressão linear dupla.

Figura 9: Comportamento médio do [La] sanguíneo durante teste crescente descontínuo em Leg Press, desde o Repouso (Rep), passando por todos os estágios, para ambos os grupos, bem como determinação do LL por regressão linear dupla.

A Tabela 2 apresenta o tempo de execução e número de repetições de cada teste de intensidade de LP constante. Não houve diferença no tempo de execução entre os grupos para todas as intensidades, mas, curiosamente, o grupo idoso realizou mais repetições em 30%, 60%, 75% e na CC ($P = 0,02$, $P = 0,03$ e $P = 0,0002$, respectivamente) quando comparados com indivíduos mais jovens.

Tabela 2: Tempo de Execução e número de repetições realizados nas intensidades de 60%, 75% e 90% 1RM, além do LA e da CC para ambos os grupos.

	<i>Grupo Jovem (n=20)</i>		<i>Grupo Idoso (n=15)</i>	
	<i>Tempo de Execução (s)</i>	<i>Repetições (n°)</i>	<i>Tempo de Execução (s)</i>	<i>Repetições (n°)</i>
30% 1RM(LA)	389,3 ± 171,1	128,4 ± 56,8	409,5 ± 187,8	150,3 ± 61,0+
60% 1RM	84,8 ± 13,1	25,9 ± 4,4	94,4 ± 15,5	31,1 ± 5,3+
75% 1RM	53,1 ± 12,1	15,0 ± 3,8	61,8 ± 16,5	19,2 ± 5,0+
90% 1RM	24,9 ± 11,3	5,0 ± 2,9	27,9 ± 11,4	6,3 ± 2,5
52%1RM(CC)	125,8 ± 12,5	32,3 ± 3,5	132,3 ± 10,8	40,1 ± 4,6+

Valores em média ± DP. + Diferenças significantes entre os grupos ($P < 0.05$).

A relação carga/ t_{lim} está bem descrita por duas funções, uma hiperbólica e outra linear, para o grupo de idosos e jovens (Figura 9), demonstrando uma elevada correlação, pela regressão linear (r^2). Além disso, com respeito a CC, foi possível determinar a duração de tempo durante o exercício de resistência, que durou cerca de 130 segundos ou 32-40 repetições, dependendo em parte da capacidade de cada voluntário.

Assim, foi possível ver a relação carga/ t_{LIM} , em resposta a três testes de exercício progressivamente crescentes de resistência (Figura 10A e B, $r^2 > 0,99$ para todos os sujeitos), bem como a relação hiperbólica (Figura 10C e D; $r^2 > 0,98$ para todos os indivíduos). Além disso, os exemplos representativos da relação carga / t_{LIM} tanto da função curvilínea, quanto da linearizada, mostraram que em indivíduos idosos foram significativamente menores ($P < 0,05$) quando comparados com indivíduos mais jovens, em valores absolutos de carga (kg), uma vez que houve diferença na carga máxima.

Figura 10: Relação entre carga e tempo em resposta a três testes de exercício resistido em jovens e idosos: As figuras 10A e 10B mostram resposta linear em função da porcentagem da carga máxima e em kg. Já a função hiperbólica da porcentagem da carga máxima e em kg são demonstradas nas figuras 10C e 10D. A assíntota representa a carga crítica.

Comparando-se exclusivamente o comportamento da FC (bat/min), V_E (L/min), do VO_2 (L/min) e do $\Delta[La]$ (mmol/l) (figuras 11, 12, 13 e 14 respectivamente) para as cargas de 30% (LA) e 52% da 1RM (CC), sendo que ambas foram executadas até a fadiga, encontramos diferença entre os grupos para ambas as cargas no caso da FC; e entre as cargas tanto para o grupo jovem quanto idoso, além de diferença entre os grupos para cada carga nos outros parâmetros (V_E , VO_2 e $\Delta[La]$).

Figura 11: Comparação da FC (bat/min) no LA e na CC (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos.;+ Indica uma diferença significativa entre os indivíduos jovens e idosos para ambas as intensidades.

Figura 12: Comparação da V_E (L/min) no LA e na CC (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos. * Indica uma diferença significativa entre as intensidades em ambos os grupos;+ Indica uma diferença significativa entre os indivíduos jovens e idosos para ambas as intensidades.

Figura 13: Comparação do VO₂ (L/min) no LA e na CC (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos. * Indica uma diferença significativa entre as intensidades em ambos os grupos;+ Indica uma diferença significativa entre os indivíduos jovens e idosos para ambas as intensidades.

Figura 14: Comparação do Δ[La] (mmol/L) no LA e na CC (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos. * Indica uma diferença significativa entre as intensidades em ambos os grupos;+ Indica uma diferença significativa entre os indivíduos jovens e idosos para ambas as intensidades.

Já quando comparamos o DC (L/min) (figura 15), não houve diferenças entre as intensidades para ambos os grupos, porém entre os grupos encontramos diferenças tanto na CC quanto no LA. Porém em relação ao VS (ml) não houve diferenças nem entre os grupos, nem entre as intensidades (figura 16).

Figura 15: Comparação do DC (L/min) no LA e na CC (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos;+ Indica uma diferença significativa entre os indivíduos jovens e idosos para ambas as intensidades.

Figura 16: Comparação do VS (ml) no LA e na CC (intensidades executadas em carga constante) para jovens e idosos. Não houve diferença.

Na tabela 3 estão representados em média e desvio padrão os valores de FM inicial, o Slope da FM e Slope do RMS do músculo RF para a intensidade de 30% (LA) e 52% (CC) respectivamente, em ambos os grupos. Observamos que somente o slope da FM foi diferente na menor intensidade, ou seja, em 30%. Por outro lado, maior queda dos valores de Slope da FM foram observados em 52% quando comparado a 30% tanto em jovens como em idosos.

Tabela 3: Diferenças de Frequência (FM inicial, Slope da FM Normalizada) e Amplitude (RMS inicial e Slope do RMS Normalizado) no músculo RF nas intensidades do LA e CC em jovens e idosos.

	30% RM		52% RM	
	Jovens (n = 20)	Idosos (n = 15)	Jovens (n = 20)	Idosos (n = 15)
FM inicial (Hz)	132,33 ± 28,45	131,58 ± 21,59	134,69 ± 24,73	132,74 ± 20,12
Slope FM normalizada (%/s)	-0,22 ± 0,15	-0,14 ± 0,08*	-0,34 ± 0,19+	-0,29 ± 0,15+
Slope RMS normalizado (%/s)	0,39 ± 0,22	0,31 ± 0,18	0,48 ± 0,29	0,44 ± 0,26

*Diferença entre os grupos para cada intensidade. +Diferença entre as intensidades para o mesmo grupo.

A figura 17 representa as mudanças de frequência e de amplitude do músculo RF durante o exercício de leg press 45° nas intensidades de 30% RM (LA) e 52% RM (CC) para o grupo jovem (A e B) e grupo idoso (C e D). Observamos que houve queda significativa do comportamento da FM, similarmente nas duas intensidades, tanto em jovens como em idosos, a qual diferiu somente em alguns momentos (50% do tempo em A e 75% do tempo em C). Opostamente, observamos aumento do RMS (%), também de forma similar, ou seja, que foi independente da intensidade aplicada, tanto em jovens como em idosos, diferindo somente no momento 50% tanto para jovens como em idosos B e D). Entretanto, o RMS dos idosos foi significativamente menor nos idosos quando comparado aos jovens, tanto em 30 como em 50%.

Figura 17: Representação das mudanças de frequência (FM) e de amplitude (RMS) do músculo RF durante o exercício de leg press 45° nas intensidades de 30% RM (LA) e 52% RM (CC) para ambos os grupos. (A) FM normalizada versus tempo corrigido pelo tim, nas intensidades do LA e CC para o grupo jovem; (B) RMS normalizado versus tempo corrigido pelo tlim, nas intensidades do LA e CC para o grupo jovem; (C) FM normalizada versus tempo corrigido pelo tim, nas intensidades do LA e CC para o grupo idoso; (D) RMS normalizado versus tempo corrigido pelo tlim, nas intensidades do LA e CC para o grupo idoso. * Diferença entre as intensidades para o mesmo grupo no mesmo momento do tempo. **a** Estatisticamente significativo comparado ao tempo 0 na mesma intensidade e no mesmo grupo. **b** Estatisticamente significativo comparado ao tempo 25% na mesma intensidade e no mesmo grupo. **c** Estatisticamente significativo comparado ao tempo 50% na mesma intensidade e no mesmo grupo. **d** Estatisticamente significativo comparado ao tempo 75% na mesma intensidade e no mesmo grupo. **+** Diferença entre os grupos no tempo 100% (final) em cada intensidade.

6. Discussão

No presente estudo foi possível avaliar o comportamento dos parâmetros cardíacos, ventilatórios, metabólicos e hemodinâmicos nas intensidades do exercício de Leg Press 45°, que foram determinadas como sendo o LA (e LL) equivalente a 30%1RM; e a carga crítica, em torno de 52%1RM, para duas populações bastante distintas.

Sendo que, para a determinação do LA, esta se deu pelo modelo algorítmico baseado no estudo de Orr *et al.* (Orr *et al.*, 1982) e recentemente adaptado para exercício resistido (De Sousa *et al.*, 2011), sendo que seus resultados corroboraram com o presente estudo, já que em ambos o LA encontrado foi próximo de 30%1RM, estando de acordo com a afirmação de Villiger *et al* (1995), onde sem mencionar o conceito de LA, afirma que durante uma ação muscular resistida dinâmica, a solicitação metabólica é aeróbia em cargas até aproximadamente 30% de 1RM. Esses achados também seguem os resultados de Moreira *et al.*(2008) que determinaram o LA para exercício em Leg Press em 31% de 1RM, bem como Simões *et al.* (2010), que também identificaram o LA em uma população idosa em aproximadamente 30% de 1RM, em protocolo diferente do presente estudo.

Já para a CC, podemos concluir que representa em tese um indicador com significado semelhante a PC , que corresponde à intensidade do exercício dinâmico onde há máximo estado estável de [La] e de VO₂ (Poole *et al.*, 1988; Gaesser e Poole, 1996), assim representando uma medida de capacidade aeróbia, para indivíduos com diferentes faixas etárias praticantes especificamente do exercício de Leg Press 45° (Arakelian, 2010).

Vários estudos têm examinado o conceito de CC e tempo de fadiga durante o exercício aeróbio utilizando vários protocolos, tais como bicicleta ergométrica, esteira ou natação. (Striegel *et al* 2005; Wakayoshi *et al* 1992; Heubert *et al.*, 2005) Por outro lado, apenas algumas investigações anteriores têm relatado o conceito CC no exercício resistido. Burnley *et al* (2009) foram os primeiros a demonstrar

que este conceito pode ser utilizado durante as contrações isométricas máximas dos quadríceps, definido como um "torque crítico" durante uma série de testes intermitentes submáximos.

Considerando o uso de diferentes intensidades para determinar a PC durante o exercício aeróbico, a Bull et.al (2008) compararam cinco modelos matemáticos para a determinação da velocidade crítica em esteira, considerando 3-5 intensidades para determinação da PC. No presente estudo, com uso de três intensidades de resistência (ou seja, 60, 75 e 90% de 1 RM) durante um protocolo de exercício em Leg Press, foi possível estimar a CC, sendo que já verificamos que essa metodologia apresenta um índice de determinação melhor que a aplicação com quatro intensidades (dados ainda não publicados do nosso estudo). Uma vez que acreditamos que a identificação da CC, desta forma, tem implicações importantes para a definição de parâmetros de treinamento de força que levaria a um efeito de treinamento ideal, especialmente quando os ganhos de resistência muscular, é a meta principal.

Apesar disso, de acordo com o presente estudo, muitos autores acreditam que como essa carga é estimada por modelos matemáticos, a partir da relação de carga pelo inverso do tempo; ou ainda pelo declive da relação tempo-carga, correspondendo à assíntota desta, pode representar a intensidade que teoricamente pode ser mantida indefinidamente.

Neste contexto, é sabido que, devido a fatores como esgotamento do substrato, regulação da temperatura e de fluidos corporais e ainda do equilíbrio eletrolítico nas altas intensidades (acima do LA) pode haver uma contribuição para a fadiga durante exercícios prolongados, e dessa forma, a expressão matemática é pouco susceptível de fornecer uma representação precisa de uma carga infinitamente sustentável (Poole *et al.*, 1988; Dekerle *et al.*, 2003).

Já comparando essas duas intensidades; elas se caracterizaram significativamente diferentes, uma vez que representam estados fisiológicos diferentes, já que o limiar é a transição do exercício moderado para o intenso e a potência crítica a transição do exercício intenso para o muito intenso; isto

considerando o exercício aeróbio dinâmico (Neder, 2003), apesar de apresentarem moderada correlação entre o LA e a CC para ambos os grupos, assim como os achados de Okudan et al. (2006). Seguindo a mesma linha, segundo os resultados encontrados obtidos nesse estudo, pode-se notar que no exercício resistido essa definição se manteve para as intensidades do LA e da CC.

Foi possível ainda determinar o número de repetições e o tempo de fadiga para essas intensidades, sendo que para o LA foram realizadas entre 128 e 150 repetições em um tempo de 389 a 409 segundos; e para a CC 32 a 40 repetições em um tempo de 125 a 132 segundos.

Dessa forma, os achados do presente estudo mostraram que houve diferença significativa em relação a carga relativa e numero de repetições para as duas intensidades, quando comparadas entre o grupo jovem e o idoso. Estes achados podem ser explicados pelo tipo de fibra predominante, presente na musculatura, devido ao envelhecimento (Bemben, 1998), uma vez que já se sabe que os indivíduos idosos apresentam maior tolerabilidade na realização de exercícios máximos até a fadiga, ou seja, fadigam menos (Lanza et al, 2004). Isso pode ser determinado pelo tamanho e distribuição de fibras musculares do tipo I (contração lenta), sendo que desta forma esse mesmo padrão pode ser encontrado nos músculos do quadríceps.

Além disso, importantes diferenças foram relatadas entre os grupos, com relação aos parâmetros estudados nas intensidades de exercício executadas, sendo que o envelhecimento mostrou ser determinante para uma redução nos valores relativos à capacidade aeróbia (V_E , $VO_{2,}$), bem como na FC. Essas reduções estão relacionadas, dentre outros fatores, ao declínio da função oxidativa do músculo em virtude de uma redução das proteínas mitocondriais e um efluxo medular reduzido da atividade simpática (estimulação β adrenérgica deprimida) (McArdle et al. 2008).

Dessa forma, nosso estudo esta de acordo com os achados de Neder et al.,(2000), que também observou diferenças no VO_2 e FC, quando comparou indivíduos na faixa dos 30 anos com idosos (idade >60 anos) na PC em cicloergômetro, mostrando que o envelhecimento foi crucial para

redução da função cardiovascular e pulmonar, bem como nas mudanças na capacidade oxidativa, tipo de fibra, força, potência e massa muscular (Chick *et al.*, 1991; Coggan *et al.*, 1993).

Já com relação especificamente as intensidades do LA e CC, em ambos os grupos a V_E , foi maior e VO_2 foi menor na intensidade da CC. Esse comportamento está diretamente ligado a intensidade do exercício, uma vez que sabemos que o LA é definido como o nível de esforço acima do qual a produção de energia aeróbia é suplementada pelo metabolismo anaeróbio (Wasserman *et al.*, 1987, 1992). Além disso, esse comportamento pode ser observado pelo fato das cargas serem aplicadas até a fadiga, ou seja, foram executadas em tempos diferentes, uma vez que o tempo de execução na intensidade do LA foi muito superior ao da CC.

Já para as respostas de $\Delta[La]$, nós observamos menores valores para o grupo idoso, tanto para o LA como na CC; e $\Delta[La]$ foi inferior à encontrada na intensidade de 30%1RM comparada à de 52% 1RM também para o grupo jovem. Estes resultados estão similares aos reportados na literatura (Tzankoff e Norris, 1979; Marsh *et al.*, 1999), uma vez que, durante o processo de envelhecimento, a enzima LDH sofre uma alteração na sua isoforma muscular (MLDH) para a isoforma do coração (HLDH), favorecendo o aumento da concentração de piruvato, ao invés de $[La]$ (Larsson, Sjodin e Karlsson, 1978). A forte correlação que existe entre a isoforma MLDH e a produção de $[La]$ (Thorstensson *et al.*, 1977) poderá explicar as maiores concentrações de $[La]$ sanguíneo nos jovens. Deste modo, com o aumento da idade, pode haver o decréscimo da capacidade de produzir energia através da via glicolítica, devido à diminuição da atividade da isoforma MLDH da enzima LDH. Além disso, a redução da concentração de $[La]$ em indivíduos idosos também pode estar relacionada com a diminuição da atividade da enzima reguladora fosfofrutoquase, observada em indivíduos idosos (Evans *et al.*, 1992).

Para a variável DC, houve diferença apenas entre os grupos e não entre as intensidades, sendo que devido ao envelhecimento, há redução do DC, já que este está diretamente ligado a uma FC

máxima ($DC = VS \times FC$), ou seja, esse parâmetro está diminuído nos indivíduos idosos (McArdle et al. 2008).

Pode haver ainda uma redução no VS do coração, relacionada a queda no fluxo sanguíneo e consumo de oxigênio. Esse declínio reflete os efeitos combinados do desempenho miocárdico sistólico e diastólico reduzido do ventrículo esquerdo, apesar de alguns indivíduos fisicamente ativos conseguirem preservar a função contrátil, ou seja, é possível que idosos saudáveis consigam compensar uma FC máxima reduzida, com um maior enchimento cardíaco (volume diastólico terminal), que subsequentemente acarreta um aumento no VS devido ao mecanismo de Frank-Starling (McArdle et al. 2008). Dessa forma, esse mecanismo pode explicar os resultados obtidos no presente estudo, uma vez que, não houve diferença nem entre os grupos, nem entre as intensidades.

Analisando o comportamento eletromiográfico, este parece ser o primeiro estudo que investiga a ativação muscular em exercício resistido nas intensidades do LA e da CC, ambos realizados no Leg Press 45° até a falha muscular. Este estudo produziu importantes achados. Em primeiro lugar, observamos que houveram diferenças no RMS inicial (ou seja, a primeira contração muscular) tanto em 30 como em 52%, quando comparados entre os grupos, sendo que os jovens apresentaram maiores valores. Já quando foi comparado o RMS entre as intensidades para cada grupo, apenas o grupo jovem apresentou diferença, sendo que foram encontrados maiores valores na intensidade de 52% 1RM. O slope da FM normalizada foi maior para os indivíduos jovens, comparando os dois grupos; e foi maior na intensidade da CC para ambos os grupos. Esta diferença na taxa de fadiga pode ser atribuída ao maior nível de atividade do músculo RF em cargas altas. Os parâmetros de FM inicial e slope RMS normalizado não apresentaram diferenças nem entre os grupos e nem entre as intensidades para cada grupo.

Dessa forma, esses resultados estão parcialmente de acordo com estudos anteriores, uma vez que foi estudado os músculos do quadríceps (Schoenfeld et al 2014), enquanto nós estudamos apenas a ativação do RF. No entanto, nos estudos prévios, os autores encontraram maior ativação do

quadríceps femoral durante a execução de exercício de extensão do joelho até a falha, quando se utiliza uma carga equivalente a 70% 1RM comparada a cargas de menor intensidade que variam em torno de 30% 1RM (Akima e Saito 2013; Cook et al 2013; Schoenfeld et al 2014). Apesar de estudarmos cargas muito próximas (30 e 52% 1RM), ainda sim encontramos diferenças de ativação entre as intensidades.

Avaliando o comportamento dos sinais eletromiográficos, corrigidos pelo tempo, observamos que o RMS (%) e a FM (%) entre as intensidades foram semelhantes ao final do tempo (fadiga), tanto para os jovens como para os idosos, ou seja, tanto em relação a quantificação da amplitude da ativação muscular, quanto em relação as mudanças no recrutamento das unidades motoras, não obtivemos diferenças quando os indivíduos atingiram a fadiga nas duas cargas. Isso possa talvez, ser explicado pelo fato das intensidades serem muito próximas (cargas mais baixas), sendo que dessa forma o recrutamento e amplitude do sinal foram equivalentes.

Há evidências de que o treinamento em baixas intensidades promove aumentos significativos na área de secção transversa do músculo, em muitos casos, semelhante ao que ocorre para um treinamento com cargas altas (Leger et al 2006;. Mitchell et al. 2012; Ogasawara et al. 2013; Popov et al. 2006; Tanimoto & Ishii e 2006; Tanimoto et al. 2008). Este achado pode indicar que a igualdade hipertrófica ocorrida entre protocolos pode ser atribuída, pelo menos em parte, ao relativo crescimento de fibras do tipo I quando o treinamento é realizado apenas com cargas leves, dado que a ativação das unidades motoras não se aproximou do que ocorre com o exercício de cargas altas. Uma vez que, fibras do tipo I têm um elevado limiar de fadiga, com maior tempo sob tensão associado a exercícios de baixa carga seria concebível maximizar a sua estimulação e, assim, promover uma maior resposta hipertrófica destas fibras.

Esta hipótese é consistente com as conclusões de Mitchell et al. (2012), que compararam um treino de extensão de joelho nas cargas de 80% 1RM e 30% 1RM durante 10 semanas. Os resultados mostraram que ambos os grupos obtiveram aumentos semelhantes, com relação à hipertrofia muscular

do quadríceps avaliado por ressonância magnética. No entanto, a análise de tecido a partir de biópsia muscular revelou diferenças específicas de fibras entre os protocolos. Na condição de exercício em carga baixa, houve aumento de fibras do tipo I (23 contra 16 % em baixa intensidade comparada à alta, respectivamente). Enquanto que a condição de carga alta favoreceu uma maior área de fibras do tipo II (15 contra 12% em alta versus baixa carga, respectivamente), embora os resultados não atingiram significância estatística. Mais pesquisas são necessárias para esclarecer a resposta específica do tipo de fibra, nos termos de exercícios de resistência em baixas cargas ao longo do tempo.

Um dado interessante no presente estudo foi de que o slope da FM foi menor nos idosos em comparação aos jovens na carga mais baixa (30%). Adicionalmente, observamos que o slope da FM mostrou que a taxa de queda foi maior em 52%, que aponta para uma maior de produção de fadiga nesta intensidade em comparação a 30%, mesmo que quando realizada até a exaustão, tanto em jovens como em idosos. Entretanto, ao comparar ao longo do tempo a FM, tanto para os jovens, quanto para os idosos, houve redução dos valores ao final do exercício, em relação às primeiras contrações. Isso também foi equivalente para ambas às intensidades. Apesar de os grupos serem diferentes com relação à faixa etária, não houve significância comparando os grupos no que se refere ao comportamento da FM ao longo das contrações até a exaustão.

Já no caso do RMS corrigido pelo tempo, também tivemos o mesmo comportamento para ambos os grupos, nas duas intensidades. No caso, os valores finais foram significativamente maiores quando comparados aos iniciais, tanto nos jovens como nos idosos. O comportamento positivo do RMS indica que a amplitude do sinal eletromiográfico aumentou em função do tempo, o que corresponde ao desenvolvimento da fadiga muscular localizada, conforme relatado em estudos anteriores (Christensen et al. 1995; DeVries et al. 1982). Além disso, ao contrário do que aconteceu para a FM, houve diferença entre os grupos, tanto para a intensidade de 30% 1RM, quanto para de 52% 1RM no momento em que foi atingida a fadiga, onde observamos valores maiores no grupo jovem para as duas cargas. Estudos prévios tem demonstrado que a diminuição da frequência mediana ao longo das contrações pode

indicar fadiga dos músculos do quadríceps durante exercícios resistidos (Walker et al. 2012). Dessa forma, podemos observar que além dos parâmetros cardiorrespiratórios e metabólicos apresentarem alterações devido ao envelhecimento; os parâmetros eletromiográficos, principalmente a quantificação da amplitude da ativação muscular, também são modificados ao longo da idade.

Com relação ao contexto da literatura, os resultados do presente estudo têm implicações importantes para a prescrição da carga de treinamento resistido com relação às adaptações musculares. Uma vez que o processo de hipertrofia muscular em conformidade com o treinamento resistido é baseado em recrutar o maior número possível de unidades motoras durante o exercício por tempo suficiente (Wernbom et al. 2007), nós pudemos observar que o slope da FM apresentou maior queda, tanto em idosos como em jovens, na maior intensidade, em contraste com a intensidade de 30%, indicando que possa ter ocorrido maior fadigabilidade. Este dado foi interessante, uma vez que em estudo prévio mostrou que o slope da FM foi um bom indicador de fadiga em indivíduos com síndrome femuro-patelar (Callaghan et al. 2001). Em nosso estudo, apenas o slope da FM foi um indicador que a carga de 52% poderia ser diferente em magnitude da queda da taxa de disparo e assim, um indicador de fadiga nas duas intensidades testadas. Embora 30% seja uma intensidade próxima a 52%, estes achados indicam que possivelmente a intensidade maior, mesmo que com menor número de repetições, foi superior em reduzir o espectro de frequência (Gorostiaga et al., 2012), os quais foram consistentemente diferentes quando a relação lactato/carga foi analisada.

Neste contexto, tem sido descrita a hipótese de que a superioridade de exercício em cargas mais altas está relacionada a melhorias neurais; uma vez a força máxima atingida está diretamente ligada à combinação do aumento da secção muscular transversa com aumento da eficiência neural. (Cormie et al. 2011; Duchateau et al. 2006). Enquanto melhorias neurais certamente podem ajudar a explicar as diferenças de aquisição de força entre os protocolos, os presentes resultados sugerem que a hipertrofia específica de cada fibra também pode desempenhar um papel no processo.

Fibras de contração rápida são inervadas por maiores neurônios motores em comparação com os seus homólogos de contração lenta, permitindo maior produção de alto vigor. Devido ao tamanho menor dos neurônios associados às fibras do tipo I, eles simplesmente não conseguem realizar tarefas envolvendo elevados níveis de força. Se o treinamento de baixa carga faz com que haja de fato uma maior hipertrofia do tipo I, em oposição a fibras do tipo II, como hipótese, os ganhos de força seriam comprometidos como resultado das diferenças inerentes nas habilidades das respectivas fibras para produzir força por unidade da secção da área transversa muscular.

Além disso, com relação à amplitude, pudemos observar um aumento consistente da atividade eletromiográfica durante o exercício, em ambas intensidades, uma vez que estas foram realizadas até a exaustão. Estes achados são de acordo com outros estudos prévios (Ng et al. 1997), porem em outros grupos musculares. Este aumento da amplitude durante uma tarefa cansativa tem sido atribuída ao recrutamento de unidades motoras adicionais e um aumento da frequência de disparo das unidades motoras, a fim de manter a produção de força (Moritani et al. 1986).

Sabe-se ainda que, com relação à frequência dos sinais da EMG durante contrações até a fadiga, há mudanças para valores de baixa frequência, sendo que este comportamento vêm sendo demonstrado em muitos grupamentos musculares (De Luca, 1984). Esse aumento gradual do conteúdo de baixa frequência é atribuído inicialmente, à redução na velocidade de condução da fibra muscular que, por sua vez, é devida a uma diminuição do pH intramuscular e possivelmente a um aumento dos íons potássio nos fluidos extracelulares; e segundo à alterações na sincronização e taxa de disparo de unidades motoras. A taxa da mudança de frequência ou de compressão, que é normalmente é expressa como a taxa de declínio da FM é considerada como a taxa de fadiga do músculo. Além disso, foi possível demonstrar uma relação entre o slope da FM normalizada do músculo em relação ao tempo de resistência (fadiga).

Outro achado consistente foi que o aumento do comportamento do RMS foi menor em idosos quando comparado aos jovens, similarmente nas duas intensidades, mesmo quando executadas até a

exaustão. Estes achados são interessantes e foram previamente demonstrado em mulheres jovens e idosas. Um estudo prévio demonstrou que os valores de potência mecânica menor (em cicloergometro) nas idosas foram acompanhadas por uma RMS significativamente inferiores, indicando diminuição tanto no número de ativação das unidades motoras como na taxa de disparo das mesmas, as quais podem ser indicativo de maior declínio da força muscular com o avanço da idade (Duffy et al. 2012). Estes resultados, tomados em conjunto com o presente estudo podem apontar para estratégias neurais diferentes para treinamento devem ser adotadas em populações mais jovens e mais velhas.

Estes resultados reforçam a importância da atividade física, especialmente em indivíduos mais velhos, uma vez que resulta em melhor tolerância ao exercício e produção de força muscular. Além disso, a prescrição do exercício deve ser individualizada e definida em intensidades que desafiem ambos os componentes, aeróbios e anaeróbios do metabolismo. Sendo que, a prescrição do exercício estará diretamente ligada com o tipo de população e objetivo a ser atingido. Portanto, os resultados do estudo atual podem ser aplicados em futuros julgamentos durante protocolos de exercícios de resistência em indivíduos idosos, bem como em outras populações.

Além disso, em trabalhos futuros pretendemos fazer outros tipos de análises, considerando cada ativação e separando a fase excêntrica da concêntrica, para verificar se há diferença entre as fases e intensidades; podendo ainda inferir novas conclusões para novos achados.

7. Conclusão

Pelo presente estudo foi possível determinar que o limiar anaeróbio pela lactacidemia e pelo método ventilatório no exercício de LP ocorre na intensidade próxima de 30%1RM, tanto para indivíduos jovens quanto idosos. Adicionalmente, a intensidade da CC foi de 52%1RM, tanto para o método hiperbólico, quanto para a regressão linear (carga x inverso do tempo), também para ambos os grupos. Estes métodos comprovaram ser factíveis e independem do processo de envelhecimento. Já comparando essas duas intensidades; elas se mostraram uma moderada correlação para ambos os grupos, sendo que são equivalentes ao que ocorre no exercício aeróbio dinâmico, uma vez que, o limiar anaeróbio é a transição do exercício moderado para o intenso e a carga crítica, a transição do exercício intenso para o muito intenso.

Com relação às funções de capacidade aeróbia, cardíaca, metabólica e hemodinâmica, houve influência do envelhecimento, porém alguns parâmetros relacionados a resistência muscular e cardíaca estão preservados. Já para a EMG, houve maiores quedas do slope da FM para idosos quando comparado aos jovens em 30%, e além disso, na intensidade de 30% acarretou em menor queda que em 52%.. Ao comparar ao longo do tempo a FM e o RMS, o comportamento destes foi semelhantes nas duas intensidades, ou seja, de queda e aumento, respectivamente, o que é indicativo de maior fadigabilidade ao final do exercício. Além disso, a taxa de queda foi maior no grupo idoso, sendo que esse parâmetro é um indicador de maior fadiga muscular para este grupo. Entretanto, o comportamento do RMS ao final das duas intensidades foi menor nos idosos. Dessa forma, podemos observar que tanto os parâmetros cardiorrespiratórios e metabólicos como os eletromiográficos apresentaram alterações devido ao envelhecimento. Assim, nossos resultados podem ter aplicações como uma forma de avaliar o desempenho funcional durante exercícios resistidos em diferentes populações e também pode ter utilidade em ensaios futuros com o objetivo de auxiliar na prescrição de um programa de treinamento dependendo do objetivo a ser alcançado.

8. Limitações do Estudo

Com relação as limitações do estudo, infelizmente não foi possível realizar biopsias para a determinação das fibras musculares, para confirmar como seria a proporção dos tipos de fibra na população estudada e relacionar o tipo de fibra com o recrutamento muscular nesse exercício.

9. Referências¹

- ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.
- ACSM. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 6, p. 975-91, Jun 1998.
- ARAKELIAN, V. M. Estudo dos ajustes cardiorrespiratórios e metabólicos durante o exercício resistido em jovens e idosos – proposta de avaliação da carga crítica no Leg Press 45°. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação Interunidades Bioengenharia EESC/IQSC/FMRP, **Universidade de São Paulo**, São Carlos, 2010.
- Akima H, Saito A Activation of quadriceps femoris including vastus intermedius during fatiguing dynamic knee extensions. **Eur J Appl Physiol** 113:2829–2840, 2013.
- BARATA, T.; CLARA, H. Atividade Física e Medicina Moderna. In: EUROPRESS (Ed.). **Atividade Física nos idosos**. Odivelas, 1997.
- BARROS, C. L. M. et al. Limiar de lactato em exercício resistido. **Motriz**, v. 10, n. 1, p. 31-36, 2004.
- BEAN, J. F. et al. The relationship between leg power and physical performance in mobility-limited older people. **J Am Geriatr Soc**, v. 50, n. 3, p. 461-7, Mar 2002.
- BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation. **J Appl Physiol**, v. 59, n. 6, p. 1936-40, Dec 1985.
- BEMBEN, M. G. Age-related alterations in muscular endurance. **Sports Med**, v. 25, n. 4, p. 259-69, Apr 1998.
- BESIER, T. F.; LLOYD, D. G.; ACKLAND, T. R. Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. **Med Sci Sports Exerc**, v. 35, n. 1, p. 119-27, Jan 2003.
- BILODEAU, M. et al. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 13, n. 1, p. 83-92, Feb 2003.
- BLAIR, S. N. et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. **JAMA**, v. 273, n. 14, p. 1093-8, Apr 12 1995.
- BULL, A. J., T. J. Housh, et al. "Physiological responses at five estimates of critical velocity." **Eur J Appl Physiol** 102(6): 711-720, 2008
- BURNLEY, M. Estimation of critical torque using intermittent isometric maximal voluntary contractions of the quadriceps in humans. **J Appl Physiol**, v. 106, n. 3, p. 975-83, Mar 2009.
- CALLAGHAN, M.J., MCCARTHY, C.J., OLDHAM, J.A. Electromyographic fatigue characteristics of the quadriceps in patellofemoral pain syndrome. **Man Ther.**, v. 6, n. 1, p.:27-33, Feb 2001.
- CAMPOS, G.E.R., LUECKE T.J., WENDELN H.K. et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **Eur J Appl Physiol.**, v. 88, p.50–60, 2002.
- CANDOTTI, C. T. et al. Comparing the lactate and EMG thresholds of recreational cyclists during incremental pedaling exercise. **Can J Physiol Pharmacol**, v. 86, n. 5, p. 272-8, May 2008.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas e Técnicas. NBR 6023.

CATAI, A. M. et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Braz J Med Biol Res**, v. 35, n. 6, p. 741-52, Jun 2002.

Censo Demográfico 2010. IBGE. Rio de Janeiro 2013.

CHICK, T. W. et al. The effect of aging on submaximal exercise performance and recovery. **J Gerontol**, v. 46, n. 1, p. B34-8, Jan 1991.

CHTARA, M. et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 4, p. 1037-45, Jul 2008.

COGGAN, A. R. et al. Muscle metabolism during exercise in young and older untrained and endurance-trained men. **J Appl Physiol**, v. 75, n. 5, p. 2125-33, Nov 1993.

COOK S.B., MURPHY B.G., LABARBERA K.E. Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise. **Med Sci Sports Exerc** 45:67–74, 2013.

CORMIE P, MCGUIGAN M.R, NEWTON R.U. Developing maximal neuromuscular power: part 1—biological basis of maximal power production. **Sports Med** 41:17–38, 2011.

COSTILL, D. L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Med Sci Sports**, v. 5, n. 4, p. 248-52, 1973.

CHRISTENSEN, H. et al. Intramuscular and surface EMG power spectrum from dynamic and static contractions. **J. Electromyogr. Kinesiol.**; v. 5, n. 1, p.:27-36, 1995

DAVIS, J. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med Sci Sports Exerc**, v. 17, n. 1, p. 6-21, Feb 1985.

DE LUCA, J. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. **Cnt Rev Biomed Eng**, v.11, p. 251-279, 1984.

DE LUCA, J. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, p. 135- 63, 1997.

DE SOUSA, N. M. **Análise eletromiográfica da máxima fase estável do lactato em exercício resistido**. Programa de Pós Graduação Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013

DE SOUSA, N. M. et al. Acute cardiorespiratory and metabolic responses during resistance exercise in the lactate threshold intensity. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 2, p. 108-13, Feb 2012.

DE SOUSA, N. M. F. et al. The measurement of lactate threshold in resistance exercise: a comparison of methods. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 31, n. 5, p. 376-381, 2011.

DEKERLE, J. et al. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **Eur J Appl Physiol**, v. 89, n. 3-4, p. 281-8, May 2003.

DEKERLE, J. et al. Validity of the two-parameter model in estimating the anaerobic work capacity. **Eur J Appl Physiol**, v. 96, n. 3, p. 257-64, Feb 2006.

DEKERLE, J. et al. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **Int J Sports Med**, v. 26, n. 7, p. 524-30, Sep 2005.

DENIS, C.; DORMOIS, D.; LACOUR, J. R. Endurance training, VO2 max, and OBLA: a longitudinal study of two different age groups. **Int J Sports Med**, v. 5, n. 4, p. 167-73, Aug 1984.

- DEVRIES, H. A. et al. The relation between critical power and neuromuscular fatigue as estimated from electromyographic data. **Ergonomics**, v. 25, n. 9, p. 783-91, Sep 1982.
- DOHERTY, T. J. et al. Effects of motor unit losses on strength in older men and women. **J Appl Physiol**, v. 74, n. 2, p. 868-74, Feb 1993.
- DOORENBOSCH, C. A.; HARLAAR, J. Accuracy of a practicable EMG to force model for knee muscles. **Neurosci Lett**, v. 368, n. 1, p. 78-81, Sep 16 2004.
- DROST, G. et al. Clinical applications of high-density surface EMG: a systematic review. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 16, n. 6, p. 586-602, Dec 2006.
- DUCHATEAU J, SEMMLER J.G, ENOKA R.M. Training adaptations in the behavior of human motor units. **J Appl Physiol** 101:1766–1775, 2006.
- DUFFY, C.R., STEWART, D., PECORARO, F., RICHES, P.E., FARINA, D., MACALUSO, A. Comparison of power and EMG during 6-s all-out cycling between young and older women. **J Sports Sci**. v. 30, n. 12, p. 1311-21, 2012.
- ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **J Appl Physiol**, v. 72, n. 5, p. 1631-48, May 1992.
- ESPOSITO, F.; ORIZIO, C.; VEICSTEINAS, A. Electromyogram and mechanomyogram changes in fresh and fatigued muscle during sustained contraction in men. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 78, n. 6, p. 494-501, Nov 1998.
- EVANS, L. et al. Comparison of histochemical, biochemical and contractile properties of triceps surae of trained aged subjects. **Can J Aging**, v. 11, p. 412-425, 1992.
- FARINA, D. Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 34, n. 3, p. 121-7, Jul 2006.
- FARINA D, HOLOBAR A, MERLETTI R, ENOKA R.M. Decoding the neural drive to muscles from the surface electromyogram. **Clin Neurophysiol** 121:1616–1623, 2010.
- FERGUSON, C. et al. Effect of recovery duration from prior exhaustive exercise on the parameters of the power-duration relationship. **J Appl Physiol**, Jan 21 2010.
- FESTA, A. et al. The relation of body fat mass and distribution to markers of chronic inflammation. **Int J Obes Relat Metab Disord**, v. 25, n. 10, p. 1407-15, Oct 2001.
- FLEG, J. L.; LAKATTA, E. G. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂ max. **J Appl Physiol**, v. 65, n. 3, p. 1147-51, Sep 1988.
- FLEG, J. L. et al. Impact of age on the cardiovascular response to dynamic upright exercise in healthy men and women. **J Appl Physiol**, v. 78, n. 3, p. 890-900, Mar 1995.
- FLETCHER, G. F. et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. **Circulation**, v. 104, n. 14, p. 1694-740, Oct 2 2001.
- FRANKLIN, S. S. Hypertension in older people: part 2. **J Clin Hypertens (Greenwich)**, v. 8, n. 7, p. 521-5, Jul 2006.
- GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 24, p. 35-71, 1996.

GALANTE, A. et al. Incidence and risk factors associated with cardiac arrhythmias during rehabilitation after coronary artery bypass surgery. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 81, n. 7, p. 947-52, Jul 2000.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 7, p. 1334-59, Jul 2011.

GASKILL, S. E. et al. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 11, p. 1841-8, Nov 2001.

GERDLE, B. et al. The relationships between EMG and muscle morphology throughout sustained static knee extension at two submaximal force levels. **Acta Physiol Scand**, v. 160, n. 4, p. 341-51, Aug 1997.

GORDON, K. D. et al. Electromyographic activity and strength during maximum isometric pronation and supination efforts in healthy adults. **J Orthop Res**, v. 22, n. 1, p. 208-13, Jan 2004.

GOROSTIAGA, E.M., NAVARRO-AMÉZQUETA, I., GONZÁLEZ-IZAL, M., MALANDA, A., GRANADOS, C., IBÁÑEZ, J., SETUAIN, I., IZQUIERDO, M. Blood lactate and sEMG at different knee angles during fatiguing leg press exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 4, p. 1349-58, Apr 2012.

GRABINER, M. D.; ENOKA, R. M. Changes in movement capabilities with aging. **Exerc Sport Sci Rev**, v. 23, p. 65-104, 1995.

GREEN, S. Measurement of anaerobic work capacities in humans. **Sports Med**, v. 19, n. 1, p. 32-42, Jan 1995.

GUIMARÃES NETO, W.M. "Musculação, anabolismo total." São Paulo: **Phorte Editora**.1997.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 5, p. 361-74, Oct 2000.

HEUBERT, R. A., BILLAT, V. L. et al. "Effect of a previous sprint on the parameters of the work-time to exhaustion relationship in high intensity cycling." **Int J Sports Med** 26(7): 583-592, 2005.

HILL, D. W. The critical power concept. A review. **Sports Med**, v. 16, n. 4, p. 237-54, Oct 1993.

Hill, D. W. The relationship between power and time to fatigue in cycle ergometer exercise. **Int J Sports Med**, v. 25, n. 5, p. 357-61, Jul 2004.

HILL, D. W.; FERGUSON, C. S. A physiological description of critical velocity. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 79, n. 3, p. 290-3, Feb 1999.

HILL, D. W.; POOLE, D. C.; SMITH, J. C. The relationship between power and the time to achieve .VO₂(max). **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 4, p. 709-14, Apr 2002.

HILL, D. W.; SMITH, J. C. Determination of critical power by pulmonary gas exchange. **Can J Appl Physiol**, v. 24, n. 1, p. 74-86, Feb 1999.

HUG, F. et al. EMG signs of neuromuscular fatigue related to the ventilatory threshold during cycling exercise. **Clin Physiol Funct Imaging**, v. 23, n. 4, p. 208-14, Jul 2003.

HUGHSON, R. L. Methodologies for measurement of the anaerobic threshold. **Physiologist**, v. 27, n. 4, p. 304-11, Aug 1984.

KARINKANTA, S. et al. Maintenance of exercise-induced benefits in physical functioning and bone among elderly women. **Osteoporos Int**, v. 20, n. 4, p. 665-74, Apr 2009.

- KELEMEN, M. H. Resistive training safety and assessment guidelines for cardiac and coronary prone patients. **Med Sci Sports Exerc**, v. 21, n. 6, p. 675-7, Dec 1989.
- KRAEMER, W. J. et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc**, v. 34, n. 2, p. 364-80, Feb 2002.
- KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Med Sci Sports Exerc**, v. 36, n. 4, p. 674-88, Apr 2004.
- KRNJEVIC, K.; MILEDI, R. Failure of neuromuscular propagation in rats. **J Physiol**, v. 140, n. 3, p. 440-61, Mar 11 1958.
- LAMOTTE, M.; NISSET, G.; VAN DE BORNE, P. The effect of different intensity modalities of resistance training on beat-to-beat blood pressure in cardiac patients. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil**, v. 12, n. 1, p. 12-7, Feb 2005.
- LANZA, I. R., RUSS, D. W. et al. "Age-related enhancement of fatigue resistance is evident in men during both isometric and dynamic tasks." **J Appl Physiol** 97(3): 967-975, 2004
- LARSSON, L.; SJODIN, B.; KARLSSON, J. Histochemical and biochemical changes in human skeletal muscle with age in sedentary males, age 22–65 years. **Acta Physiol Scand**, v. 103, n. 1, p. 31-9, May 1978.
- LEGER B, CARTONI R, PRAZ M. et al. Akt signalling through GSK-3beta, mTOR and Foxo1 is involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. **J Physiol** 576:923–933, 2006.
- LINNAMO, V. et al. Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 6, p. 417-24, Dec 2000.
- LOWN, B.; WOLF, M. Approaches to sudden death from coronary heart disease. **Circulation**, v. 44, n. 1, p. 130-42, Jul 1971.
- LUCIA, A. et al. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **Br J Sports Med**, v. 33, n. 3, p. 178-85, Jun 1999.
- LUNNEY, J. R. et al. Patterns of functional decline at the end of life. **JAMA**, v. 289, n. 18, p. 2387-92, May 14 2003.
- LUTZ, G. E. et al. Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. **J Bone Joint Surg Am**, v. 75, n. 5, p. 732-9, May 1993.
- MACDOUGALL, J. D. et al. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. **J Appl Physiol**, v. 58, n. 3, p. 785-90, Mar 1985.
- MAESTU, J. et al. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 4, p. 824-8, Nov 2006.
- MAIORANA, A. et al. Effect of aerobic and resistance exercise training on vascular function in heart failure. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 279, n. 4, p. H1999-2005, Oct 2000.
- MANCINI, D. M. et al. Value of peak exercise oxygen consumption for optimal timing of cardiac transplantation in ambulatory patients with heart failure. **Circulation**, v. 83, n. 3, p. 778-86, Mar 1991.
- MANNION, A. F.; DOLAN, P. Relationship between myoelectric and mechanical manifestations of fatigue in the quadriceps femoris muscle group. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 74, n. 5, p. 411-9, 1996.
- MARSH, G. D. et al. Anaerobic power of the arms and legs of young and older men. **Exp Physiol**, v. 84, n. 3, p. 589-97, May 1999.

- MATSUDO, S.; MATSUDO, V. Prescrição e benefícios da actividade física na terceira idade. **Revista Horizonte**, v. 9, n. 54, p. 221-227, 1993.
- MATSUMOTO, T.; ITO, K.; MORITANI, T. The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 63, n. 1, p. 1-5, 1991.
- MCCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. Sexta edição. **Editora Guanabara Koogan**, 2008.
- MCCARTNEY, N. Role of resistance training in heart disease. **Med Sci Sports Exerc**, v. 30, n. 10 Suppl, p. S396-402, Oct 1998.
- MCCARTNEY, N. Acute responses to resistance training and safety. **Med Sci Sports Exerc**, v. 31, n. 1, p. 31-7, Jan 1999.
- MELBY, C. et al. Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. **J Appl Physiol**, v. 75, n. 4, p. 1847-53, Oct 1993.
- MELLO, R. G.; OLIVEIRA, L. F.; NADAL, J. Detection of the anaerobic threshold by surface electromyography. **Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc**, v. 1, p. 6189-92, 2006.
- MERLETTI R. Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications. **Italy: Philip Paker**, 2004.
- MERLETTI, R. et al. Technology and instrumentation for detection and conditioning of the surface electromyographic signal: state of the art. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v. 24, n. 2, p. 122-34, Feb 2009.
- MEYER, K. Exercise training in heart failure: recommendations based on current research. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, n. 4, p. 525-31, Apr 2001.
- MEYER, K. et al. Hemodynamic responses during leg press exercise in patients with chronic congestive heart failure. **Am J Cardiol**, v. 83, n. 11, p. 1537-43, Jun 1 1999.
- MITCHELL, J. H. et al. Epidural anaesthesia and cardiovascular responses to static exercise in man. **J Physiol**, v. 417, p. 13-24, Oct 1989.
- MITCHELL, C.J., CHURCHWARD-VENNE, T.A., WEST, D.D. et al. Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. **J Appl Physiol**, 2012
- MITCHELL, J. H.; VICTOR, R. G. Neural control of the cardiovascular system: insights from muscle sympathetic nerve recordings in humans. **Med Sci Sports Exerc**, v. 28, n. 10 Suppl, p. S60-9, Oct 1996.
- MIURA, A. et al. The effect of oral creatine supplementation on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry in humans. **Jpn J Physiol**, v. 49, n. 2, p. 169-74, Apr 1999.
- MIURA, A. et al. The effect of glycogen depletion on the curvature constant parameter of the power-duration curve for cycle ergometry. **Ergonomics**, v. 43, n. 1, p. 133-41, Jan 2000.
- MONOD, H. A. S., J. The work capacity of a synergic muscle group. **Ergonomics**, v. 8, p. 329-38, 1965.
- MOREIRA, S. R. et al. Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. **J Strength Cond Res**, v. 22, n. 4, p. 1108-15, Jul 2008.
- MORITANI, T. et al. Electrophysiology and kinesiology for health and disease. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 15, n. 3, p. 240-55, Jun 2005.
- MORITANI, T.; MURAMATSU, S.; MURO, M. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. **Am J Phys Med**, v. 66, n. 6, p. 338-50, Dec 1987.

- MORITANI, T. et al. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, v. 24, n. 5, p. 339-50, May 1981.
- MORITANI, T. et al. Oxygen availability and motor unit activity in humans. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 64, n. 6, p. 552-6, 1992.
- MORITANI, T.; TAKAISHI, T.; MATSUMOTO, T. Determination of maximal power output at neuromuscular fatigue threshold. **J Appl Physiol**, v. 74, n. 4, p. 1729-34, Apr 1993.
- MORITANI, T. et al. Relationship between myoelectric signals and blood lactate during incremental forearm exercise. **Am J Phys Med**, v. 63, n. 3, p. 122-32, Jun 1984.
- MORITANI, T.; YOSHITAKE, Y. 1998 ISEK Congress Keynote Lecture: The use of electromyography in applied physiology. International Society of Electrophysiology and Kinesiology. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 8, n. 6, p. 363-81, Dec 1998.
- MORITANI, T., MURO, M., NAGATA, A. Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. **J Appl Physiol**. v.60 p. 1179-1185, Sept 1986.
- MORTON, R. H. The critical power and related whole-body bioenergetic models. **Eur J Appl Physiol**, v. 96, n. 4, p. 339-54, Mar 2006.
- MORTON, R. H.; BILLAT, L. V. The critical power model for intermittent exercise. **Eur J Appl Physiol**, v. 91, n. 2-3, p. 303-7, Mar 2004.
- NAKAMURA, F. Y. et al. Perceived exertion threshold: Comparison with ventilatory thresholds and critical power. **Science & Sports**, v. 24, n. 3-4, p. 196-201, 2009.
- NEDER, J. A., NERY, L.E. Fisiologia clínica do exercício: Teoria e prática, São Paulo, **Ed. Artes Médicas**, 2003.
- NG, J., RICHARDSON, C., JULL, G. Electromyographic Amplitude and Frequency Changes in the Iliocostalis Lumborum and Multifidus Muscles During a Trunk Holding Test. **PhyS. Therapy**. v. 77 . n. 9, p. 954-96, Sept 1997.
- OGASAWARA R, LOENNEKE J. P, THIEBAUD R.S, ABE T. Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. **Int J Clin Med** v. 4, p.114–121, 2013.
- OKUDAN N., GÖKBEL H. The ventilatory anaerobic threshold is related to, but is lower than, the critical power, but does not explain exercise tolerance at this workrate. **J Sports Med Phys Fitness**, v.46, p. 15-19, 2006.
- OLIVEIRA, J. C. D. et al. Identificação do limiar de lactato e limiar glicêmico em exercícios resistidos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, p. 333-338, 2006.
- ORR, G. W. et al. A computer linear regression model to determine ventilatory anaerobic threshold. **J Appl Physiol**, v. 52, n. 5, p. 1349-52, May 1982.
- PAFFENBARGER, R. S., JR. et al. Physical activity and hypertension: an epidemiological view. **Ann Med**, v. 23, n. 3, p. 319-27, Aug 1991.
- PALMITIER, R. A. et al. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. **Sports Med**, v. 11, n. 6, p. 402-13, Jun 1991.
- PATON, W. D.; WAUD, D. R. The margin of safety of neuromuscular transmission. **J Physiol**, v. 191, n. 1, p. 59-90, Jul 1967.

- PAVLAT, D. J. et al. An examination of the electromyographic fatigue threshold test. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 67, n. 4, p. 305-8, 1993.
- POLLOCK, M. L. et al. AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. **Circulation**, v. 101, n. 7, p. 828-33, Feb 22 2000.
- POOLE, D. C. et al. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. **Ergonomics**, v. 31, n. 9, p. 1265-79, Sep 1988.
- POPOV D. V, TSVIRKUN, D.V., NETREBA, A.I. et al. Hormonal adaptation determines the increase in muscle mass and strength during low-intensity strength training without relaxation. **Fiziol Cheloveka** 32:121–127, 2006.
- POTVIN, J. R.; BENT, L. R. A validation of techniques using surface EMG signals from dynamic contractions to quantify muscle fatigue during repetitive tasks. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 7, n. 2, p. 131-9, Jun 1997.
- SADOYAMA, T.; MIYANO, H. Frequency analysis of surface EMG to evaluation of muscle fatigue. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 47, n. 3, p. 239-46, 1981.
- SAHLIN, K. Metabolic factors in fatigue. **Sports Med**, v. 13, n. 2, p. 99-107, Feb 1992.
- SANTAREM, J. M. **Treinamento de Força e Potência. O Exercício**. Atheneu, 1999.
- SCHJERVE, I. E. et al. Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults. **Clin Sci (Lond)**, v. 115, n. 9, p. 283-93, Nov 2008.
- Schoenfeld, B. J. et al. Muscle activation during low- versus high- load resistance training in well- trained men **Eur J Appl Physiol** v.114 p.2491–2497, 2014
- SIMOES, R. P. et al. Heart-rate variability and blood-lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 5, p. 1313-20, May 2010.
- SOLER, A. M. et al. Anaerobic threshold estimation by statistical modelling. **Braz J Med Biol Res**, v. 22, n. 6, p. 795-7, 1989.
- SPIDURSO, W. **Physical dimensions of aging**. Champaign: Human Kinetics, 1995.
- SPRUIT, M. A. et al. Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. **Eur Respir J**, v. 19, n. 6, p. 1072-8, Jun 2002.
- STRATTON, J. R. et al. Cardiovascular responses to exercise. Effects of aging and exercise training in healthy men. **Circulation**, v. 89, n. 4, p. 1648-55, Apr 1994.
- STUART, M. J. et al. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. **Am J Sports Med**, v. 24, n. 6, p. 792-9, Nov-Dec 1996.
- TANIMOTO, M., ISHII, N. Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. **J Appl Physiol** 100:1150–1157, 2006.
- TANIMOTO, M., SANADA, K., YAMAMOTO, K. et al. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. **J Strength Cond Res** 22:1926–1938, 2008
- TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. **J Appl Physiol**, v. 8, n. 1, p. 73-80, Jul 1955.

THORSTENSSON, A. et al. Actomyosin ATPase, myokinase, CPK and LDH in human fast and slow twitch muscle fibres. **Acta Physiol Scand**, v. 99, n. 2, p. 225-9, Feb 1977.

TZANKOFF, S. P.; NORRIS, A. H. Age-related differences in lactate distribution kinetics following maximal exercise. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, v. 42, n. 1, p. 35-40, Sep 1979.

VAZ, M. A. et al. The behavior of rectus femoris and vastus lateralis during fatigue and recovery: an electromyographic and vibromyographic study. **Electromyogr Clin Neurophysiol**, v. 36, n. 4, p. 221-30, Jun 1996.

VILLIGER, B. et al. **Resistência**. Livraria Santos, 1995.

WAKAYOSHI, K. et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **Int J Sports Med**, v. 13, n. 5, p. 367-71, Jul 1992.

WALKER, S., DAVIS, L., AVELA, J., HÄKKINEN, K. J. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **Electromyogr Kinesiol**, v. 22, n. 3, p. 356-62, Jun 2012.

WASSERMAN, K. Lactate and related acid base and blood gas changes during constant load and graded exercise. **Can Med Assoc J**, v. 96, n. 12, p. 775-83, Mar 25 1967.

WASSERMAN, K. The anaerobic threshold: definition, physiological significance and identification. **Adv Cardiol**, v. 35, p. 1-23, 1986.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients during Exercise. **Am J Cardiol**, v. 14, p. 844-52, Dec 1964. ISSN 0002-9149 (Print)

WASSERMAN K. Determinants and detection of anaerobic threshold and consequences of exercise above it. **Circulation**; 76 (Suppl.V): V1-V29, 1987.

WASSERMAN K, KOIKE A. Is the anaerobic threshold truly anaerobic. **Chest**. 101 (5): 211S-218S. 12, 1992

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEE, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Med**, v. 37, n. 3, p. 225-64, 2007.

WILK, K.E, ESCAMILLA, R F, FLEISIG, G S, BARRENTINE, S W, ANDREWS, J R, BOYD, M L. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. **Am J Sports Med** 24:518–527,1996.

WRIGHT, G A, DELONG, T, GEHLSSEN, G. Electromyographic activity of the hamstrings during performance of the leg curl, stiff-leg deadlift and back squat movements. **J Strength Cond Res** 13:168–174, 1999.

YAO, W.; FUGLEVAND, R. J.; ENOKA, R. M. Motor-unit synchronization increases EMG amplitude and decreases force steadiness of simulated contractions. **J Neurophysiol**, v. 83, n. 1, p. 441-52, Jan 2000.

ZWARTS, M. J.; STEGEMAN, D. F. Multichannel surface EMG: basic aspects and clinical utility. **Muscle Nerve**, v. 28, n. 1, p. 1-17, Jul 2003.

10- Anexos**Anexo A**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
Via Washington Luís, km. 235 - Caixa Postal 676
Fones: (016) 3351.8109 / 3351.8110
Fax: (016) 3361.3176
CEP 13560-970 - São Carlos - SP - Brasil
proppg@power.ufscar.br - <http://www.proppg.ufscar.br/>

CAAE 0125.0.135.000-08

Título do Projeto: Estudos dos ajustes cardiorrespiratórios e metabólicos durante o exercício resistido em idosos Proposta de avaliação da carga crítica no Leg press 45°

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Vivian Maria Arakelian, Profa. Dra. Audrey Borghi Silva (orientadora); Prof. Dr. Vilmar Baldissera (Co-orientador)

Parecer Nº. 433/2008**1. Normas a serem seguidas**

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

2. Avaliação do projeto

O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos (CEP/UFSCar) analisou o projeto de pesquisa acima identificado e considerando os pareceres do relator e do revisor DELIBEROU:

As pendências apontadas no Parecer nº. 414/2008, de 7 de outubro, foram satisfatoriamente resolvidas.

O projeto atende às exigências contidas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 24 de outubro de 2008.

Prof. Dra. Cristina Paula de Sousa
Coordenadora do CEP/UFSCar

11- Apêndices

APÊNDICE A

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DE PARTICIPAÇÃO NO PROJETO DE PESQUISA:
“ESTUDO DOS AJUSTES CARDIORRESPIRATÓRIOS E METABÓLICOS DURANTE O EXERCÍCIO
RESISTIDO EM IDOSOS – PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA CARGA CRÍTICA NO LEG PRESS 45º”**

RESPONSÁVEIS PELO PROJETO

Orientadora: Profa. Dra. Audrey Borghi Silva

Doutoranda: Vivian Maria Arakelian

LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – NUPEF do Departamento de Fisioterapia e Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos.

Eu, _____, _____ anos de idade, portador do RG n. _____, residente à Rua (Av): _____, n. _____, Bairro: _____, Cidade de: _____, Estado: _____, fui convidado(a) a participar do projeto de pesquisa acima mencionado que será realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular – Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF) do Departamento de Fisioterapia e no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos, e voluntariamente concordo em participar do referido projeto.

A pesquisa tem por finalidade avaliar os efeitos do treinamento resistido (com pesos), e observar as respostas do meu coração, da respiração e do músculo em atividade em homens jovens e idosos, ambos saudáveis.

Antes do início dos testes em questão, serei submetido a uma avaliação clínica constando de entrevista, exames físicos e laboratoriais, eletrocardiograma em repouso, bem como a um teste ergométrico clínico (teste de esforço realizado sentado em uma bicicleta estacionária). O objetivo desta avaliação é detectar como está o funcionamento do meu coração e dos meus pulmões com a finalidade de determinar se estou apto a prosseguir minha participação nesta pesquisa. Caso seja constatada

alguma alteração, o médico cardiologista me informará e serão tomadas as devidas providências quanto ao meu tratamento. Para a realização desta avaliação, serão necessários 3 (três) dias de visitas, sendo que cada uma terá duração máxima de 1 (uma) hora. (Visita 1: entrevista, eletrocardiograma, avaliação fisioterapêutica e nutricional; Visita 2: exames laboratoriais; Visita 3: teste ergométrico clínico; resultando assim em um total de 3 (três) horas).

Após a avaliação clínica, me submeterei a uma série de testes funcionais não invasivos (ou seja, não serão usadas agulhas para perfurar veias ou qualquer outra parte do corpo) no referido Laboratório.

Antes do início dos testes, serei orientado sobre os sinais e sintomas (como dor no peito, dificuldade na respiração, suor intenso, tontura, “vista embaçada”, náuseas, dor, cansaço e fadiga) que devem me alertar a parar a seqüência destes. Em repouso não deverá aparecer qualquer tipo de desconforto. Em exercício poderei sentir cansaço muscular e falta de ar, além de todos os sinais e sintomas referidos acima. Nas intensidades de exercício usadas, inclusive no teste de esforço físico máximo, qualquer complicação para a saúde, que possa ocorrer durante a realização dos mesmos, será critério de interrupção do esforço físico.

Durante a realização dos mesmos, serei observado(a) por uma equipe treinada que estará alerta a qualquer alteração que possa sugerir a interrupção do esforço exigido.

Os benefícios que terei com tais procedimentos, incluem a verificação de possíveis alterações eletrocardiográficas associadas com a análise dos exames laboratoriais, observando assim, clinicamente minha situação física. Além disso, a avaliação integrada do funcionamento cardíaco e do pulmão frente à realização de esforços físicos com pesos, são comumente realizados em minhas atividades cotidianas (carregando pesos, empurrando moveis, etc) e poderei saber se posso realizá-los pois os testes aplicados serão monitorizados de forma segura e controlada. Para a realização desses testes serão necessários 9 (nove) dias de visitas, sendo que cada uma delas terá duração de 20 minutos a 1(uma) hora.

As informações obtidas durante as avaliações e os exames laboratoriais serão mantidas em caráter confidencial, portanto não serei identificado(a). Além disso, essas informações não poderão ser consultadas por pessoas não ligadas ao estudo. As informações assim obtidas, no entanto, poderão ser utilizadas para fins científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Tenho a garantia de receber respostas a qualquer pergunta ou esclarecimento a qualquer dúvida a respeito dos procedimentos, riscos e benefícios e de outras situações relacionadas com a pesquisa. Além disso, os pesquisadores responsáveis se comprometem a me fornecer informações atualizadas sobre o estudo, mesmo que isso possa afetar a minha vontade em continuar participando da pesquisa. Estou ciente da importância do protocolo que serei submetido e procurarei seguir com o programa, salvo algum problema que possa surgir que me impossibilite de participar.

Durante qualquer período poderei deixar de participar da pesquisa se assim for meu desejo, sem que isso me traga nenhum tipo de penalidade ou prejuízo em minha relação com os pesquisadores ou com a instituição.

Os pesquisadores me informaram que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, cujo endereço e telefone são apresentados neste termo.

O presente termo será emitido em duas vias, sendo que uma delas ficará em posse dos pesquisadores e receberei a outra cópia deste termo, no qual consta o telefone e o endereço do

pesquisador principal, podendo tirar minhas dúvidas sobre o projeto e minha participação, agora ou a qualquer momento.

Declaro que eu li, entendi e concordo inteiramente com as informações que me foram apresentadas. Dessa maneira, manifesto livremente a minha vontade em participar deste projeto de pesquisa.

São Carlos, _____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) voluntário(a)

Responsáveis:

Profa. Dra. Audrey Borghi Silva

Vivian Maria Arakelian

Orientadora

Orientanda

E-MAILS PARA CONTATOS:

Profa. Dra. Audrey Borghi Silva: audrey@ufscar.br

Vivian Maria Arakelian: viviarak@sc.usp.br

LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (LACAP) – Departamento de Fisioterapia: Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Telefone (16) 3351-8705.

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DA UFSCAR (Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos): Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil. Telefone (16) 3351-8110 ou (16) 3351-8109. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br.

APÊNDICE B

Universidade Federal de São Carlos

Departamentos de Fisioterapia e Ciências Fisiológicas

Laboratórios de Fisioterapia Cardiovascular e Fisiologia do Exercício

Avaliação Fisioterapêutica, Nutricional e Postural

Data: __/__/__

1-) Dados Pessoais:

Nome: _____ Sexo: _____

Idade: _____ Data de nascimento: _____ Localidade: _____

Raça: _____ Estado civil: _____

Profissão: _____ Escolaridade: _____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____ UF: _____

CEP: _____ Telefone: _____

2-) Exame Físico:

FC: _____ bpm FR: _____ rpm

Altura: _____ m Peso: _____ kg

PA: _____ mmHg PAméd: _____ mmHg

3-) Hábitos de Vida:

Fumante: () Sim () Não

Se sim:

Se não:

Qtos cigarros/dia: _____

Já fumou antes? () Sim () Não

Qto tempo? _____

Se sim: Qtos cigarros/dia: _____

Qto tempo parou? _____

Período fumante? _____

Ingere bebida alcoólica? () Sim () Não () Socialmente () Raramente

Se sim, Tipo: () Destilados () Fermentado () Ambos

Qtdd: _____

Há qto tempo? _____

Frequência: () 1 vez por semana

() 2 ou 3 vezes por semana

() todos os dias

Obs: _____

Faz algum tipo de dieta alimentar?

() Sim Qual o tipo? _____

Há qto tempo? _____

() Não Qtdd: P – pequena, M – média, G – grande

Freq: + raramente, ++ 2 ou 3X/semana, +++ todos os dias

Hábito alimentar	Qtdd	Freq.
------------------	------	-------

☐ Peixe		
☐ Aves		
☐ Bovina		
☐ Porco		
☐ Leite		
☐ Sal sem controle		
☐ Frituras		
☐ Massas		
☐ Fibras		
☐ Legumes		
☐ Frutas		
☐ Café		
☐ Chocolate		
☐ Chá mate		
☐ Ovos		
☐ Creme de leite		
☐ Açúcar		
☐ Feijoadas		
☐ Cereais		
☐ Refrigerantes		

Qual o nível de atividade física?

- ☐ Sedentário
- ☐ Atividade física leve
- ☐ Atividade física moderada
- ☐ Atividade física intensa
- ☐ Atividade física muito intensa

Frequência	Duração	Modalidade
() 1x por semana		
() 2x por semana		
() 3x por semana		
() +4x por semana		

Possui orientação?

Apresenta algum distúrbio do sono?

() sim qual tipo? _____

() não

Apresenta problemas articulares freqüentemente? () sim () não

4-) Antecedentes Familiares

Apresenta antecedentes familiares das doenças abaixo relacionadas?

Categoria	Parentesco	Há qto tempo
Alter. da tireóide		
Diabetes		
Dislipidemia		
Obesidade		
Renais		
Pulmonares		

Apresenta antecedentes familiares de D.C.V.? () sim () não () ignorado

5-) Dados Clínicos

Tem D.C.V. já diagnosticada? () sim () não

Se sim:

Diagnóstico: _____

qto tempo? _____

Médico: _____

Última data da visita: ____/____/____

Frequência de visitas: _____

Hipertensão? () não () sim

Grau? () Limítrofe (140x90 até

() Hipertensão leve (161x96 até 180x120)

() Hipertensão moderada (181x121 até 190x130)

() Hipertensão grave (maior que 191x131)

Faz uso de medicamentos? () sim () não

Medicamento _____ Dosagem _____ Tempo _____

	Sim	Não	Tipo	Qto tempo?	Tratamento
Alter. da Tireóide					
Diabetes					
Dislipidemia					
Obesidade					
Renais					
Pulmonares					

Esclerodermia					
Espasmo esofágico					
Úlcera péptica					
Epilepsia					

OBS: _____

Sinais e sintomas persistentes:

Costuma sentir falta de ar? () sim () não

Em quais situações? _____

Qual a duração? _____

Apresenta dor no peito? () sim () não

Como é a dor? Em que situações ela acontece? Qual duração?

Outros sinais e sintomas. Citar em quais situações e qual a duração.

() tosse _____ () fadiga _____

() palpitação _____ () anorexia _____

() desmaio _____ () nictúria _____

() edema _____ () chiado no peito _____

() pulso _____ () formigamento _____

() coloração _____ () extremidades _____

() hemoptise _____ () claudicação intermitente _____

() turvação visual _____

Exames laboratoriais:

Exame	Data	Valores obtidos	Data	Valores obtidos	Valores de referência
Triglicérides					
Glicemia					
Ac. Úrico					
G. T. T.					
Hemograma					
Urina tipo I					
Creatinina					
Uréia					
T3 e T4					
Colesterol(F)					
Colesterol(T)					
HDL Colesterol					
LDL Colesterol					
VLDL Colesterol					

Já realizou teste ergométrico? () sim () não

Data: __/__/__

Qual finalidade? _____

Diagnóstico: _____

Exames complementares:

Exames	Data	Resultados	Data	Resultados
Raio X				
Ergometria				
Ecocardiograma				
Cinecoronariografia				
Fundoscopia				
Cateterismo				

Cirurgia cardiovascular:

Tipo _____

Há qto tempo? _____

Faz controle médico? _____

6-) Dados posturais

Aspectos que mais chamam a atenção na postura do paciente

Avaliação estática:

	Plano Sagital	Plano Frontal	Plano Transverso
Cabeça e pescoço			
Ombro			
Coluna			
Quadril			
MMII			