



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

**INTERAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA E DO LACTATO SANGÜÍNEO DURANTE O
EXERCÍCIO RESISTIDO EM IDOSOS SAUDÁVEIS**

Aluno: Rodrigo Polaquini Simões

Orientadora: Prof^a Dr^a Audrey Borghi e Silva

São Carlos – SP

2008

Rodrigo Polaquini Simões

**INTERAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA E DO LACTATO SANGÜÍNEO DURANTE O
EXERCÍCIO RESISTIDO EM IDOSOS SAUDÁVEIS**

**Orientadora: Prof^a Dr^a Audrey Borghi e
Silva**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Fisioterapia da Universidade Federal de
São Carlos, como parte dos requisitos
para a obtenção do título de Mestre em
Fisioterapia, área de concentração:
Processo de avaliação e intervenção em
fisioterapia.**

São Carlos – SP

2008

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

S593iv

Simões, Rodrigo Polaquini.

Interação da variabilidade da frequência cardíaca e do lactato sanguíneo durante o exercício resistido em idosos saudáveis / Rodrigo Polaquini Simões. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

64 f.

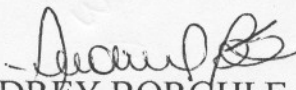
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

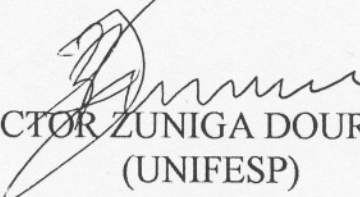
1. Fisiologia do exercício físico - frequência cardíaca. 2. Variabilidade da frequência cardíaca. 3. Lactacidemia. 4. Limiar anaeróbio. 5. Exercício resistido. 6. Idosos saudáveis. I. Título.

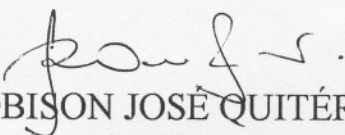
CDD: 612.04 (20ª)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA PARA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE RODRIGO POLAQUINI SIMÕES, DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 22 DE FEVEREIRO DE 2008.

BANCA EXAMINADORA:


AUDREY BORGHI E SILVA
(UFSCar)


VICTOR ZUNIGA DOURADO
(UNIFESP)


ROBISON JOSÉ QUITÉRIO
(UNESP)

**Investigação conduzida no Núcleo de
Pesquisa em Exercício Físico (NUPEF)
do Departamento de Fisioterapia e na
Unidade Saúde Escola (USE) da
Universidade Federal de São Carlos,
com apoio financeiro do CNPq.**

DEDICATÓRIAS

Aos meus pais...

Antonio Donizeti Correa Simões e Vânia Antonia Polaquini Simões, pelo amor, paciência, respeito e pelo apoio incondicional, sempre me incentivando em todos momentos da minha jornada, demonstrando através de suas atitudes como enfrentar as dificuldades com dignidade e sabedoria. Agradeço por nos momentos mais árduos de nossa caminhada, nos transformarmos em uma só mente para superar os obstáculos ... Amo vocês!

Ao meu irmão...

Leandro Polaquini Simões, por ser um grande guerreiro que não desistiu de enfrentar as dificuldades. Você é um grande vitorioso!

A minha namorada...

Viviane Castello, por compartilhar comigo um dos momentos mais felizes da minha vida, por ser minha fiel companheira nas horas difíceis, pela sua compreensão, dedicação, carinho e amor incondicional. Te amo!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Deus e ao Mestre Jesus...

Por minha saúde e por iluminar o meu caminho, pois sei que sempre fui amparado pelo plano espiritual nos momentos de maior dificuldade, que me inspirou a tomar as decisões mais corretas. Sinto sua luz que me proporciona paz e tranquilidade.

À Profa. Dra. Audrey Borghi Silva...

Por ter me dado a primeira oportunidade de ingressar no laboratório e no "mundo da pesquisa"... Lembro-me como se fosse hoje, minha felicidade ao sair da sua sala como o novo estagiário do laboratório, sabia que ali se abria a primeira porta para que um dia meu sonho pudesse ser realizado, e você é uma das grandes responsáveis por ele hoje! Meu muito obrigado por sua confiança, sua atenção, paciência, dedicação e exemplar competência nas pesquisas e na arte de ensinar, pois desperta em mim o prazer da busca pelas respostas.

Agradeço também, por varias vezes ser muito mais que minha orientadora, torcendo por mim, compartilhando de momentos alegres e até de alguns momentos difíceis da minha vida. Obrigado !

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Profa. Dra. Aparecida Maria Catai...

Pelo seu exemplo de dedicação e competência! Por sua amizade, respeito e por ter me acolhido como estagiário e mestrando no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular.

Aos Professores Dr. Victor Zuniga Dourado, Dr. Robison José Quitério, Dr. Gaspar Chiappa, por gentilmente aceitarem o convite para participar do meu exame de qualificação e pelas contribuições feitas para o aprimoramento deste trabalho.

Aos voluntários que estiveram presentes nos procedimentos experimentais, por permitir o desenvolvimento desta pesquisa, pela credibilidade e confiança.

À cardiologista Isabela Arruda Verzola Aniceto, por sempre se disponibilizar em realizar todas as avaliações clínicas dos voluntários. Obrigado!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação de Fisioterapia da UFSCar, pelos conhecimentos transmitidos durante as aulas e durante as pesquisas.

Aos professores Maria Aparecida Franco e Milan do Departamento de Estatística da UFSCar, por me auxiliarem nos procedimentos estatísticos.

Ao professor Dr. Vilmar Baldissera pelo empréstimo de equipamentos e por compartilhar seus conhecimentos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus amigos e parceiros de pesquisa Viviane Castello, Renata Gonçalves Mendes, Heloísa Giangrossi Machado, Larissa Brentini de Almeida que estiveram presentes e me ajudaram em todos procedimentos experimentais, como também ao Michel Silva Reis e Camila Bianca Falasco Pantoni que também me auxiliaram em alguns procedimentos. Obrigado pelo companheirismo, amizade e respeito de vocês, pois todos estes fatores em conjunto são resultantes da união e da boa convivência que temos!

À Ana Claudia, Elizangela e ao Heitor pelas informações e ajuda a respeito das formalidades do programa e dos órgãos de fomento. A Fernanda Milanetto e ao Antonio Carlos Lopes (Cacau) do Departamento de Fisiologia do Exercício pelo suporte técnico.

Aos amigos Cláudio, Serginho, Matheus, Thais, Douglas e Fernando Costa pela amizade e por compartilhar dos momentos de alegria durante as festas do laboratório.

À Prof^a Dr^a Ester Silva e aos alunos do Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia Cardiovascular da Universidade Metodista de Piracicaba, pela amizade, pelas trocas de conhecimentos e pelos momentos de confraternização.

À Leila e Nelson Castello, pelo respeito, carinho e por me acolherem como um filho!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Aos meus queridos avós, tios e primos que compartilharam minhas vitórias e sempre torceram por meu desenvolvimento profissional e pessoal. Muito obrigado por acreditarem em mim!

Aos meus amigos Marco, Rogério, Ana Claudia, Davi, Rodrigo, Natália, Márcio e Luciane, agradeço pela torcida e pela grande amizade ao longo dos anos.

Aos amigos que fiz durante minha graduação: Marco Auad, Jady, Camila e Zé Geraldo e que também desenvolvem suas pesquisas na UFSCar. Agradeço pela amizade e por torcerem por minhas vitórias.

Amigos do laboratório: Michel Reis, Renata Mendes, Camila Pantoni, Viviane Castello, Luciana Di Thommazo, Patrícia Porto, Poliana Leite, Daniela Bassi, Marlus Karsten, Victor Neves, Anielle Takahashi, Ana Paula, Ruth Mello, Michele Borges, Vinicius Beldi, Natalia Perseguini, Larissa Almeida, Heloísa Machado, Pozzi, Valerinha, Daniel Sakabe, Cauê Padovani, Milena, Rafael Guerra, Marina, Aline, Rosi, Fernanda, Marli Gardim e Vitor. Muito obrigado pela amizade, e por compartilhar com vocês os momentos de alegria.

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e viver com ousadia, pois o triunfo pertence a quem se atreve, e a vida é muito bela para ser insignificante”.

Charles Chaplin

RESUMO

O limiar anaeróbio (LA) é um importante parâmetro para prescrição do exercício físico em várias condições clínicas, pois representa a intensidade de esforço a qual o metabolismo aeróbio passa a ser suplementado pelo metabolismo anaeróbio para a produção de energia. Neste contexto, tem sido descritos diferentes métodos para a determinação do LA por meio de análises da concentração sanguínea de lactato e das trocas gasosas respiratórias, entretanto, tais métodos necessitam de equipamentos e materiais de alto custo. Desta forma, técnicas não-invasivas e de baixo custo como as análises da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) têm sido propostas para determinação do LA, no entanto, em sua grande maioria tem sido aplicadas em protocolos descontínuos em cicloergômetro ou esteira. Assim, os objetivos deste estudo foram avaliar o comportamento da VFC e do lactato sanguíneo durante o exercício físico resistido (EFR) com o incremento de resistência em percentual de uma repetição máxima (1RM), e investigar a existência de um ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio durante o exercício resistido de membros inferiores em idosos saudáveis. Secundariamente, tivemos como objetivo avaliar o relacionamento entre os diferentes métodos, bem como o grau de concordância dos mesmos. Foram avaliados 10 homens saudáveis com faixa etária entre 60 e 70 anos (média e DP: 64 ± 4 anos, 166 ± 3 cm, 70 ± 7 kg), sendo submetidos à avaliação médica, teste ergométrico e solicitado exames laboratoriais (hemograma, triglicérides, colesterol total e frações, glicemia e ácido úrico). O protocolo de EFR foi aplicado no equipamento Leg Press 45° (Pró-Fitness) sendo que para a determinação das cargas que seriam utilizadas, foi realizado previamente o teste de 1RM, no qual o voluntário fez apenas um ciclo completo do movimento no equipamento com a carga máxima suportada, e a partir deste valor, foi estabelecido o protocolo de incremento de cargas, partindo de 10% de 1RM, com acréscimos subsequentes de 10% até a carga de 30%, e de 5% a partir desta, até a exaustão voluntária. Em cada percentual de esforço, o voluntário foi submetido a 4 minutos de exercício e 15 minutos de repouso pós-esforço. A frequência cardíaca (FC) foi captada durante todo protocolo por um cardiofrequencímetro (Polar Vantage) interligado a uma interface (Polar Advantage), que transmitia os dados *online* para o computador (Notebook Soyo). Para a análise do lactato, foram coletadas amostras de sangue previamente ao início do esforço e imediatamente após o término de cada carga aplicada. Tanto o lactato sanguíneo quanto a VFC foram analisados nas condições de repouso, com o voluntário posicionado no equipamento, e em cada percentual de esforço. Os índices utilizados para a análise da VFC foram o RMSSD, RMSM, SD1, SD2 e a razão SD1/SD2. Para a identificação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio as concentrações de lactato sanguíneo foram utilizadas como padrão ouro, sendo também utilizados os índices SD1 e RMSSD; estes pontos foram denominados de limiar de lactato (LL), limiar de SD1 (LSD1) e limiar de RMSSD (LRMSSD). O nível de significância adotado em todos testes estatísticos foi de 5%. Os principais resultados mostraram que os índices RMSSD, RMSM e SD1 reduziram significativamente a partir dos 30% de 1RM em relação à condição de repouso, tal como o lactato sanguíneo apresentou aumento exponencial a partir dos 30% de 1RM. Não houve diferença significativa para os valores absolutos e relativos da carga na qual o ponto de transição aeróbio-anaeróbio foi identificado (valores absolutos: LL = 101 ± 32 kg, LSD1 = 96 ± 28 kg, LRMSSD = 97 ± 21 kg; valores

relativos: LL = $30 \pm 6\%$, LSD1 = $29 \pm 6\%$, LRMSSD = $29 \pm 5\%$). Adicionalmente, boa concordância e fortes correlações foram encontradas entre o LL e LRMSSD ($r = 0,78$) e entre o LL e LSD1 ($0,81$). Conclui-se que o comportamento da VFC e do lactato sanguíneo se modifica marcadamente a partir dos 30% de 1RM durante o exercício resistido realizado no Leg Press a 45° , sendo que neste percentual foi possível identificar o ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio, tanto por meio da lactacidemia como pela VFC em idosos saudáveis.

Palavras-chaves: sistema nervoso autonômico, variabilidade da frequência cardíaca, lactato sanguíneo, limiar anaeróbio, exercício resistido.

ABSTRACT

The anaerobic threshold (AT) is an important parameter for prescription of physical exercise in various clinical conditions, because represent the intensity of effort at which the aerobic metabolism begins to be supplemented by anaerobic metabolism for the production of energy. In this context, different methods to identify AT have been described, for example by analysis of blood lactate and the respiratory gas exchanges, yet such methods require expensive equipment and materials. Low cost non-invasive techniques such as heart rate variability (HRV) have been proposed to determine the AT; however, they are most commonly applied in discontinuous protocols on a cycle ergometer or treadmill. Therefore, the objectives of this study were to evaluate the behavior of HRV and blood lactate during resistance exercise (RE) with increasing resistances at a percentage of one repetition maximum (1RM), and investigate the existence of an aerobic-anaerobic transition point in the metabolism during lower leg exercise in healthy older adults. Secondly, our objective was to evaluate the relationship between different methods, as well as the degree of concordance between the same. Ten healthy men ranging in age from 60 to 70 years old (mean and SD: 64 ± 4 years, 166 ± 3 cm, 70 ± 7 kg), underwent medical examination, ergonomic testing and laboratory exams (hemogram, triglycerides, total and fractional cholesterols, glycemia and uric acid. The protocol for RE was administered on Leg Press 45° (Pró-Fitness) equipment. The protocol resistance loads used were determined by 1RM test; the volunteer complete one full cycle on the equipment at the maximum resistance load that the volunteer could achieve, and the resistance load increases were calculated from this test value at rates of 10% of 1RM until a 30% increase and then at increments of 5% until exhaustion. At each percentage increase of effort, the volunteer performed 4 minutes of exercise followed a rest interval of 15 minutes. Heart rate was captured throughout the protocol by a Polar Vantage Heart rate monitor connected to a Polar Advantage Interface that transmitted the data in real time to a Soyo Notebook computer. The blood samples were collected before the initial effort and immediately after the end of each resistance load. Blood lactate and HRV were analyzed at rest conditions with the volunteer positioned on the equipment and at each percentage of effort. The indexes utilized for HRV analysis were RMSSD, RMSM, SD1, SD2 and SD1/SD2 ratio. To identify the aerobic-anaerobic transition point, blood lactate concentrations were used (gold standard) as well as SD1 and RMSSD indexes; and these points were denominated as lactate threshold (LT), SD1 threshold (SD1T) and RMSSD threshold (RMSSDT). The level of significance for all statistical tests was set at 5%. The principal result showed that the mean of the RMSSD, RMSM and SD1 indexes reduced significantly at 30% 1RM in relation to the rest condition, and blood lactate presented an exponential increase at 30% 1RM, that was significantly greater in relation to the rest condition at 35%. There was no significant difference in relation to absolute and relative values for resistance loads at which the aerobic-anaerobic transition point was identified (absolute values: LT = 101 ± 32 kg, SD1T = 96 ± 28 kg, RMSSDT = 97 ± 21 kg; Relative values: LT = $30 \pm 6\%$, SD1T = $29 \pm 6\%$, RMSSDT = $29 \pm 5\%$). Additionally, good concordance and good correlation were found between LT and RMSSDT ($r = 0.78$) and between LT and SD1T (0.81). It can be concluded that the behavior of HRV and blood lactate change markedly at 30% 1RM during resistance exercise on the Leg Press 45° . It was possible at this percentage to

identify the aerobic-anaerobic metabolism transition point by blood lactate as well as by HRV in healthy older men.

Key Words: autonomic nervous system, heart rate variability, blood lactate, anaerobic threshold, resistance exercise.

ABREVIACOES E SIMBOLOS

AHA: American Heart Association

bpm: batimentos por minuto

cm: centmetro

DP: desvio padrão

EFR: exercício físico resistido

FC: freqüência cardíaca

HDL-c: lipoproteína de alta densidade do colesterol

Hz: Hertz

IMC: ndice de massa corpórea

IR-R: intervalo R-R

kg: quilogramas

LA: limiar anaeróbio

LDH: lactato desidrogenase

LDL-c: lipoproteína de baixa densidade do colesterol

LL: limiar de lactato

LRMSSD: limiar de RMSSD

LSD1: limiar de SD1

m: metro

Max: máximo

mmHg: milímetros de mercúrio

mmol/l: milimol por litro

mg/dl: miligramas por decilitro

ms: milisegundo

PA: pressão arterial

PAD: pressão arterial diastólica

PAS: pressão arterial sistólica

Pred: predito

R: repouso

r: coeficiente de correlao

RMSM: corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio, dividido pelo número de iR-R em um tempo determinado.

RMSSD: corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R no registro, divididos pelo número de iR-R em um determinado tempo menos um.

SD1: desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento.

SD2: desvio-padrão a longo prazo dos iR-R contínuos.

Sub-max: sub-máximo

VFC: variabilidade da frequência cardíaca

1RM: uma repetição máxima

1RM-E: uma repetição máxima estimada

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Idade, características antropométricas, exames laboratoriais e variáveis obtidas durante o teste ergométrico dos voluntários. 31
- Tabela 2.** Variáveis cardiovasculares e carga obtida durante a 1 repetição máxima, e índices da variabilidade da frequência cardíaca obtidos nas condições de repouso e pico durante o exercício resistido. 42
- Tabela 3.** Comparação dos valores relativos (%) e valores absolutos (kg) de carga entre os diferentes limiares utilizados na identificação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio. 45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração do protocolo experimental.	35
Figura 2. Ilustração dos equipamentos utilizados no protocolo experimental.	36
Figura 3. Ilustração da coleta sangüínea realizada no lobo da orelha.	39
Figura 4. Comportamento das variáveis na isocarga, com o incremento em percentual de uma repetição máxima (1RM).	44
Figura 5. Grau de concordância entre LL e LRMSSD e entre LL e LSD1, de acordo com o método de Bland-Altman, para identificação do ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio.	46

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

ABREVIACIONES E SÍMBOLOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

CONTEXTUALIZAÇÃO

21

ESTUDO: “Interação da variabilidade da frequência cardíaca e do lactato sangüíneo durante o exercício resistido em idosos saudáveis”

27

Resumo

28

Introdução

29

Materiais e Métodos.

30

Sujeitos

30

Critérios de Inclusão

32

Procedimentos Gerais

32

Avaliação Clínica

33

Teste de 1 Repetição Máxima (1RM)

33

Teste Incremental de Exercício Físico Resistido

37

Coletas Sangüíneas

37

Análise dos Dados

39

Análise Estatística

40

Resultados

41

Teste de 1RM

41

Teste de EFR

43

Identificação da Transição Aeróbia-Anaeróbia

45

Discussão

46

Respostas Cardiovasculares no Protocolo de EFR

47

Variabilidade da Frequência Cardíaca durante o EFR

48

Lactacidemia durante o EFR

49

Comparação entre os Métodos

50

Implicações e Importância do Estudo

50

Limitações do Estudo

51

Conclusões	51
Referências	52
APÊNDICE	56
Apêndice: Abstract do Estudo	58
ANEXOS	59
Anexo A: Parecer do Comitê de Ética em Pesquisas	61
Anexo B: Carta de Submissão do Artigo	63

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) permite quantificar a modulação do sistema nervoso autônomo na frequência de disparo do nodo sinoatrial¹, e tem sido um dos métodos mais utilizados para verificação do controle neural cardíaco, por ser uma técnica de fácil aplicação e de baixo custo^{2,3}. Além de ser muito importante na avaliação do controle autonômico cardíaco durante a situação de repouso, a VFC também tem sido utilizada durante protocolos de exercício dinâmicos^{4,5,6}. No entanto, estudos encontraram resultados inconsistentes quando a VFC foi analisada pela densidade espectral em protocolos de exercícios físicos incrementais^{7,8}, provavelmente devido a não estacionaridade do sinal, que geralmente é obtida apenas nas condições de repouso^{2,9}.

Neste sentido, a análise da VFC por métodos não-lineares como a análise no domínio do tempo têm sido indicadas para a avaliação da modulação autonômica cardíaca durante o esforço físico^{10,11}. Por meio deste tipo de análise, vários estudos^{12,13} têm determinado o ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio durante exercícios dinâmicos, denominado de limiar anaeróbio (LA), tendo em vista que a identificação deste ponto representa um importante parâmetro para a prescrição do exercício físico¹⁴.

Um método muito utilizado para identificar o LA de forma minimamente invasiva é por meio dos níveis de lactato sangüíneo. Com o aumento da intensidade de esforço físico, ocorre o acúmulo de ácido láctico no organismo, sendo que mecanismos fisiológicos são ativados na tentativa de estabelecer uma condição de equilíbrio (homeostasia). O bicarbonato é a substância responsável pelo tamponamento do ácido láctico, gerando como subproduto desta reação gás carbônico e água. Quando este processo de tamponamento é saturado, aumento abrupto de ácido láctico é verificado, sendo que esta condição reflete a mudança da predominância da via metabólica utilizada para obtenção de energia, e o ponto onde isto é observado é denominado de LA^{15,16}.

O acúmulo do ácido láctico que ocorre com o aumento da intensidade de esforço contribui para mudanças metabólicas na musculatura, estas alterações são responsáveis pela estimulação dos metaboreceptores, que enviam informações para o sistema nervoso central, desencadeando em aumento da descarga simpática para o sistema cardiovascular¹⁷. Portanto, concomitante as alterações do lactato sangüíneo observadas a partir do LA, o sistema cardiovascular também

desencadeia uma série de respostas na tentativa de restabelecer a homeostasia corporal.

No entanto, a maioria dos estudos tem avaliado o comportamento da VFC e do lactato sangüíneo durante exercícios em esteira e cicloergômetro, sendo pouco relatado as respostas destas variáveis durante protocolos de exercício físico resistido (EFR). O EFR consiste em trabalho muscular que utiliza sobrecargas como pesos em equipamentos, barras ou anilhas¹⁸. Este tipo de exercício tem a capacidade de proporcionar melhora da força muscular, da resistência física, flexibilidade, equilíbrio e coordenação, sendo importantes para a prática das atividades de vida diária, ocupacionais e de lazer^{19,20}.

Todos estes benefícios proporcionados pelo EFR são de fundamental importância principalmente para a população idosa, a qual sofre com a perda de massa muscular e conseqüentemente da força e da potência muscular²¹. Além disso, quando o EFR é incorporado a um programa de condicionamento físico, reduz os fatores de risco associados à doença arterial coronariana (DAC)^{22,23,24}, diabetes²³ e osteoporose²⁴, auxilia na perda de peso²⁵, redução da pressão arterial de repouso²¹, além de preservar a capacidade funcional e melhorar a habilidade individual²³.

Neste sentido, na tentativa de compreender melhor as repostas do lactato sangüíneo e da VFC durante o EFR em idosos saudáveis, foi realizado o estudo intitulado por “Interação da variabilidade da frequência cardíaca e do lactato sangüíneo durante o exercício resistido em idosos saudáveis”, submetido à avaliação do corpo editorial do periódico *The Journal of Strength and Conditioning Reseach*.

Referências da Contextualização

1. Task Force of European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996; 93:1043-65.
2. Van-ravenswaaij-arts CMA, Kollée LAA, Hopman CW, Stoeling GBA, Geijn HP. Heart rate variability. *Ann Intern Med* 1993; 18:436-47.
3. Stein PK, Boisner MS, Kleiger RE, Conger BM. Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *Am Heart J* 1994 127:1376-81.
4. Catai AM, Chacon-Mikahil MPT, Martinelli FS, Forti VAM, Silva E, Golfetti R, et al. Effects of aerobic exercises training on heart rate variability during wakefulness and sleep cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Braz J Med Biol Res* 2002; 35(6):741-52.
5. Marães VRFS, Silva E, Catai AM, Novais LD, Moura MAS, Oliveira L, et al. Identification of anaerobic threshold using heart rate response during dynamic exercise. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38(5):731-5.
6. Melo RC, Santos MDB, Silva E, Quitério RJ, Moreno MA, Reis MS, et al. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38:1331-38.
7. Casadei B, Cochrane S, Johnston J, Conway J, Sleight P. Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. *Acta Physiol Scand* 1995; 153:125-31.
8. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90:317-25.
9. Öri Z, Monir G, Weiss J, Sayhouni X, Singer DH. Heart rate variability. Frequency domain analysis. *Cardiol Clin* 1992; 10:499-533.
10. Tulppo MP, Mäkikallio TF, Takala TES, Seppänen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* 1996; 271:244-52.
11. Tulppo MP, Mäkikallio TF, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 1998; 274:424-29.
12. Marães VRFS, Teixeira LCA, Catai AM, Milan LA, Rojas FAR, Oliveira L, et al. Determinação e validação do limiar de anaerobiose a partir de métodos de análise da frequência cardíaca e de sua variabilidade. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2003; 4:1-16.

13. Takahashi ACM, Novais LD, Silva E, Sakabe LI, Oliveira L, Milan LA, et al. Avaliação do controle autonômico da frequência cardíaca e determinação do limiar de anaerobiose em homens saudáveis e coronariopatas. *Rev Bras Fisioter* 2005; 9(2):157-64.
14. Ekkekakis P, Hall EE, Petruzzello S. Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: rationale and a case for affect-based exercise prescription. *Prev Med* 2004; 38:149-59.
15. Wasserman K, Hansen J, Sue D, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of exercise testing and interpretation. 3ed: Lea & Febiger, 1999.
16. Macrae HS, Dennis S, Bosch AN, Noakes TD. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *J Appl Physiol* 1992; 72:1649-56.
17. Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22:141-54.
18. Bermudes AMLM, Vassallo DV, Vasquez EC, Lima EG. Monitorização ambulatorial da pressão arterial em indivíduos normotensos submetidos a duas sessões únicas de exercícios: resistido e aeróbio. *Arq Bras Cardiol* 2003; 82(1):57-64.
19. Kelemen MH. Resistive training safety and assessment guidelines for cardiac and coronary prone patients. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21:675-7.
20. Morrissey MC, Harman EA, Johnson MJ. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27:648-60.
21. Melo RC, Quitério RJ, Takahashi ACM, Martins LEB, Silva E, Catai AM. High eccentric strength training reduces the heart rate variability in healthy older men. *Br J Sports Med* 2008; 42(1):59-63.
22. Banz WJ, Maher MA, Thompson WG, Bassett DR, Moore W, Ashraf MU. Effects of resistance versus aerobic training on coronary artery disease risk factors. *Exp Biol Med* 2003; 228:434-40.
23. Kraemer WJ, Adams KJ, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(2):364-80.
24. McCartney, N. Role of resistance training in heart disease. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(10):S396-402.
25. Plamer IJ, Bembem DA, Bembem MG. Effects of 80 weeks of resistance training on bone metabolism in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(5):S108.

26. Melby CL, Scoll C, Edward G, Bullough R. Effect of acute resistance exercise on post exercise energy expenditure and resting metabolic rate. *J Appl Physiol* 1993; 75(4):1847-53.

2. ESTUDO

INTERAÇÃO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DO LACTATO SANGÜÍNEO DURANTE O EXERCÍCIO RESISTIDO EM IDOSOS SAUDÁVEIS

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar o comportamento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e do lactato sanguíneo durante o exercício físico resistido (EFR) no Leg Press com o incremento de resistência em percentual de uma repetição máxima (1RM), e investigar a existência de um ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio por meio da VFC e da lactacidemia em idosos saudáveis. Foram avaliados 10 homens saudáveis (64 ± 4 anos), sendo captada a frequência cardíaca por meio de um cardiofrequencímetro, e coletado sangue para análise do lactato sanguíneo. Para a determinação das cargas que seriam aplicadas no protocolo, foi realizado previamente o teste de 1RM, e a partir deste valor, foi estabelecido o protocolo de incremento de cargas partindo de 10% de 1RM, com acréscimos subseqüentes de 10% até a carga de 30% de 1RM, e de 5% a partir desta, até a exaustão voluntária. Significantes alterações dos índices da VFC e do lactato sanguíneo foram observadas a partir dos 30% de 1RM durante o EFR. Adicionalmente, boa concordância e boas correlações foram encontradas entre o limiar de lactato (LL) e o limiar de RMSSD ($r = 0,78$) e entre o LL e limiar de SD1 ($r = 0,81$). Concluiu-se que a partir de 30% de 1RM em protocolo de EFR foi possível observar o ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio, tanto por meio da lactacidemia como pela VFC.

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca, lactato sanguíneo, limiar anaeróbio, exercício resistido.

INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é amplamente utilizada na avaliação do controle autonômico cardíaco¹⁻⁴, e tem sido considerada importante ferramenta para identificação do limiar anaeróbio (LA) durante o exercício dinâmico⁵⁻⁸. O LA é um importante parâmetro para prescrição do exercício físico em várias condições clínicas⁹⁻¹¹, pois representa a intensidade de esforço a qual o metabolismo aeróbio passa a ser suplementado pelo metabolismo anaeróbio para a produção de energia^{12,13}.

Neste contexto, tem sido descritos diferentes métodos na determinação do LA como por meio de análises da concentração sanguínea de lactato (limiar de lactato – LL) e das trocas gasosas respiratórias^{14,15}, entretanto, tais métodos necessitam de equipamentos e materiais de alto custo. Desta forma, métodos de determinação do LA por meio de técnicas não invasivas e de baixo custo tem sido propostas em exercício físico dinâmico em protocolos descontínuos de cargas em cicloergômetro⁸. Estes aspectos são importantes, uma vez que o LA tem sido parâmetro muito utilizado na prescrição de exercício físico dinâmico^{8,16}.

Por outro lado, nos últimos anos o exercício resistido tem alcançado papel relevante nos programas de treinamento físico^{17,18} e de reabilitação cardiovascular¹⁹⁻²¹. O exercício físico resistido (EFR) consiste em um trabalho muscular caracterizado por proporcionar aumento da força, endurance e potência muscular. Além disso, o EFR melhora a resistência física, flexibilidade, equilíbrio e coordenação, sendo portanto, essencial na prática das atividades de vida diária^{17,19}, e conseqüentemente na melhora da qualidade de vida, principalmente da população idosa, a qual inevitavelmente sofre grande redução global da massa, da força e resistência muscular devido ao próprio processo de senescência¹⁸.

Com relação às mudanças metabólicas que ocorrem no EFR, estas dependem do percentual da uma repetição máxima (1RM), do número de repetições e das séries aplicadas²². Desta forma, seria intuitivo esperar que partindo de baixas para altas intensidades da 1RM, seria possível determinar as mudanças metabólicas neste tipo de exercício. Estudos prévios têm demonstrado que com o aumento do percentual da 1RM, ocorrem alterações no fluxo sanguíneo da musculatura ativa, do metabolismo e conseqüentemente no controle autonômico cardíaco²³⁻²⁶. Portanto, da mesma forma que no exercício dinâmico realizado em cicloergômetro e esteira,

parece também haver um momento de transição no qual tais respostas metabólicas se modificam marcadamente durante o exercício resistido.

Baseados neste fato, nós hipotetizamos que as respostas autonômicas cardíacas durante um protocolo de exercício resistido estão associadas às modificações do metabolismo muscular que ocorrem na transição da produção de energia. Portanto, os objetivos deste estudo foram avaliar o comportamento da VFC e do lactato sanguíneo durante o EFR com o incremento de resistência em percentual de 1RM, e investigar a existência de um ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio durante o exercício no Leg Press a 45° em idosos saudáveis. Secundariamente, o objetivo deste estudo foi avaliar o relacionamento entre os diferentes métodos, bem como o grau de concordância dos mesmos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 10 homens saudáveis, com idade entre 60 e 70 anos. A tabela 1 apresenta as características antropométricas, demográficas, dados dos exames laboratoriais e do teste ergométrico dos voluntários em média e desvio padrão.

Todos voluntários foram orientados sobre os procedimentos experimentais a serem realizados, e após concordarem, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme determina a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. O trabalho foi analisado e aprovado pelo comitê de ética da Universidade.

Tabela 1. Idade, características antropométricas, exames laboratoriais e variáveis obtidas durante o teste ergométrico dos voluntários.

Variáveis	N=10
Idade e Características	
Antropométricas	
Idade (anos)	64 ± 4
Massa corporal (kg)	70 ± 7
Estatura (cm)	166 ± 3
IMC (kg/m ²)	25 ± 3
Exames laboratoriais	
Colesterol total (mg/dl)	179 ± 39
LDL-C (mg/dl)	117 ± 32
HDL-C (mg/dl)	51 ± 14
Triglicérides (mg/dl)	110 ± 38
Glicemia (mg/dl)	91 ± 9
Ácido úrico (mg/dl)	5 ± 1
Teste Ergométrico	
<i>Pressão Arterial</i>	
PAS repouso (mmHg)	123 ± 7
PAS pico (mmHg)	176 ± 14*
PAD repouso (mmHg)	77 ± 9
PAD pico (mmHg)	81 ± 7
<i>Frequência Cardíaca</i>	
FC repouso (bpm)	88 ± 18
FC pico (bpm)	155 ± 16 [†]
FC sub-max pred (bpm)	132 ± 4
FC max pred (bpm)	155 ± 4
<i>Capacidade Funcional</i>	
VO ₂ max pred (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	27 ± 3
VO ₂ atingido (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	29 ± 7
Classificação (AHA)	boa

Dados expressos em média e desvio-padrão. IMC = índice de massa corpórea; LDL-C = lipoproteína de baixa densidade do colesterol; HDL-C = lipoproteína de alta densidade do colesterol; PAS = pressão artéria sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; sub-max = submáxima; pred = predito; VO₂ = consumo de oxigênio; AHA = American Heart Association. *p<0,05 entre as condições de repouso e pico. [†]p<0,05 entre a FC sub-max pred e a FC pico (teste t pareado).

Crêterios de Inclusão

Foram incluídos neste estudo homens que não faziam uso de bebidas alcoólicas, não usuários de medicamentos, não tabagistas, sem distúrbios hidroeletrolíticos ou metabólicos, anemias em geral, distúrbios respiratórios, arritmias complexas, sinais eletrocardiográficos de isquemia miocárdica, disfun o ventricular esquerda, e sem doenças neurológicas, neuromusculares, músculo-esqueléticas, osteoarticulares incapacitantes, normotensos e nível de compreensão que não impedisse a realiza o do exercício físico proposto.

Procedimentos Gerais

Inicialmente os voluntários foram submetidos as seguintes avalia es: anamnese, história familiar, fatores de riscos, hábitos de vida, história de interven es cirúrgicas e avalia o física para identificar possíveis altera es músculo-esqueléticas. Ainda no mesmo dia, os voluntários foram submetidos   avalia o clínica e antropométrica sendo mensuradas a altura e o peso (balança e estadi metro Welmy, São Paulo, Brasil), e calculado o  ndice de massa corpórea (IMC). As avalia es subseqüentes foram realizadas com intervalo de uma semana, sendo elas o teste para determina o da carga máxima dinâmica (teste de 1RM) e o teste incremental de EFR.

Todos os procedimentos foram realizados no setor de Fisioterapia da Unidade de Saúde Escola (USE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no período da manhã para padronizar as influências das varia es circadianas, e foi solicitado aos voluntários o comparecimento com roupas confortáveis, a não ingerir bebidas alcoólicas e/ou estimulantes como café, chá e refrigerantes 24 horas antes dos testes, evitar refei es pesadas na véspera, fazer uma refei o bem leve pelo menos duas horas antes dos testes, e não praticar exercícios extenuantes no dia anterior. O local de avalia o e aplica o dos protocolos permaneceu com temperatura ambiente entre 22 C e 24 C e umidade relativa do ar entre 40% e 60%, verificados por meio de um termo-higr metro (Minipa – MT 242, São Paulo, Brasil), evitando assim que estes fatores influenciassem em alguma variável. Os voluntários foram orientados a não falar desnecessariamente durante as avalia es para não

interferir na captação do sinal eletrocardiográfico, e a informar sobre qualquer alteração no seu estado geral antes, durante e depois da aplicação dos protocolos.

Avaliação Clínica

Todos voluntários foram submetidos à avaliação clínica realizada por médico cardiologista, a qual constou de: anamnese, eletrocardiograma convencional de 12 derivações na posição supina, e derivações MC5, DII e V2 nas posições supina, sentada, em apnéia e em hiperventilação, tal como solicitação de exames laboratoriais (hemograma, triglicérides, colesterol total e frações, glicemia e ácido úrico). Posteriormente foi realizado um teste ergométrico máximo ou sintoma limitado (protocolo de Bruce) em esteira elétrica (Digistress Vega, Minas Gerais, Brasil), interfaceada a um microcomputador por meio de um sistema digital (HW Sistemas – Heart Wave, Minas Gerais, Brasil), sendo o sinal eletrocardiográfico visualizado por meio do software Ergo 98 for Windows (versão 2.0.1.3).

Teste Ergoespirométrico

Este teste teve como objetivo avaliar a capacidade aeróbia dos voluntários por meio da resposta das variáveis ventilatórias e metabólicas no pico do exercício. A partir da obtenção do consumo de oxigênio alcançado neste teste ($VO_{2 \text{ pico}}$), os voluntários receberam uma classificação aeróbia de acordo com a *American Heart Association* (AHA). O teste consistiu de um período de um minuto em repouso sentado no cicloergômetro, quatro minutos de aquecimento em potência de 4W e, posteriormente, foi realizado o exercício incremental do tipo rampa com incrementos de potência que variavam segundo a fórmula de Wasserman (equação 1), até que os voluntários alcançassem a frequência cardíaca máxima prevista em relação a idade, ou que os voluntários manifestassem sinais de estafa física.

$$\text{Incremento de Potência (W)} = \frac{[(\text{altura} - \text{idade}) \times N] - [150 + (6 \times \text{peso corporal})]}{100}$$

N = 20 (homens); altura em cm; idade em anos; peso corporal em kg

(equação 1)

As variáveis ventilatórias e metabólicas foram obtidas por meio do analisador metabólico CPX-D da marca Medical Graphics (St. Paul, MN, EUA) sendo o software Breeze (versão 6.2) utilizado para captação, armazenamento e processamento do dados.

Teste de 1 Repetição Máxima (1RM)

Para determinação das cargas do protocolo de EFR, foi aplicado o teste de 1RM no qual a resistência foi gradualmente aumentada até que o voluntário conseguisse realizar corretamente não mais que uma repetição para o exercício em Leg Press a 45° (Pró-Fitness, São Paulo, Brasil)²². Previamente à aplicação do teste, a carga de 1RM foi estimada (1RM-E) de acordo com o peso corporal do voluntário, sendo este valor multiplicado por quatro, baseado em testes pilotos prévios. Inicialmente o voluntário realizava um aquecimento de um minuto com a menor carga do equipamento (26 kg), e posteriormente um aquecimento com 40% da 1RM-E (uma série de seis repetições).

A carga inicial aplicada para determinação da 1RM foi de 80% da 1RM-E, e caso o voluntário conseguisse realizar mais de um movimento completo, era acrescida uma carga de 10% da 1RM-E, sendo o intervalo entre uma tentativa e outra de cinco minutos. Caso houvesse insucesso na primeira tentativa em função da carga ter sido superestimada, era retirado 10% da 1RM-E. Quando determinada a pré-1RM, era realizada mais uma tentativa com uma carga adicional de 10% sobre esta carga, caso o indivíduo não obtivesse sucesso, a carga anterior era considerada como sua 1RM, e se o voluntário obtivesse sucesso, uma nova carga era acrescentada até a determinação da 1RM. Com base nas cargas estimadas da 1RM, preconizou-se que a 1RM fosse encontrada em até seis tentativas²⁷.

Durante o teste, o voluntário manteve-se posicionado na postura sentada no equipamento, com o tronco apresentando inclinação de 45° em relação à linha horizontal do solo, e com os joelhos e quadris flexionados a 90°. Durante o movimento era realizado extensão dos joelhos e dos quadris, e em seguida retornava a posição inicial através da flexão dos mesmos (Figura 1). Anteriormente à execução do teste, o voluntário foi orientado a evitar o componente isométrico, mantendo sempre a característica dinâmica de ambos os movimentos; e a inspirar profundamente e posteriormente expirar durante a extensão dos joelhos e quadris, e

inspirar novamente durante o retorno à posição inicial, evitando a manobra de Valsalva²⁸.

(A)



(B)



Figura 1. Ilustração do protocolo experimental. (A) voluntário posicionado no equipamento em posição inicial (flexão dos quadris e joelhos a 90°). (B) extensão dos joelhos e quadris durante o ciclo do movimento.

Durante todo o período do teste, a frequência cardíaca (FC) foi captada batimento a batimento por meio de um cardiofrequencímetro (Polar Vantage, Kempele, Finlândia) interligado a uma interface (Polar Advantage, Kempele, Finlândia), que transmitia os dados *online* para um microcomputador (Notebook Soyo - PW 9800, Taiwan, China), e o sinal eletrocardiográfico foi monitorizado por meio de um monitor cardíaco (Ecafix TC 500, São Paulo, Brasil). A pressão arterial (PA) foi aferida pelo método auscultatório (esfigmomanômetro BD, São Paulo, Brasil) antes e após cada teste para determinação da carga máxima, sendo também questionado o nível de esforço percebido de acordo com a escala de Borg²⁹ (Figura 2).

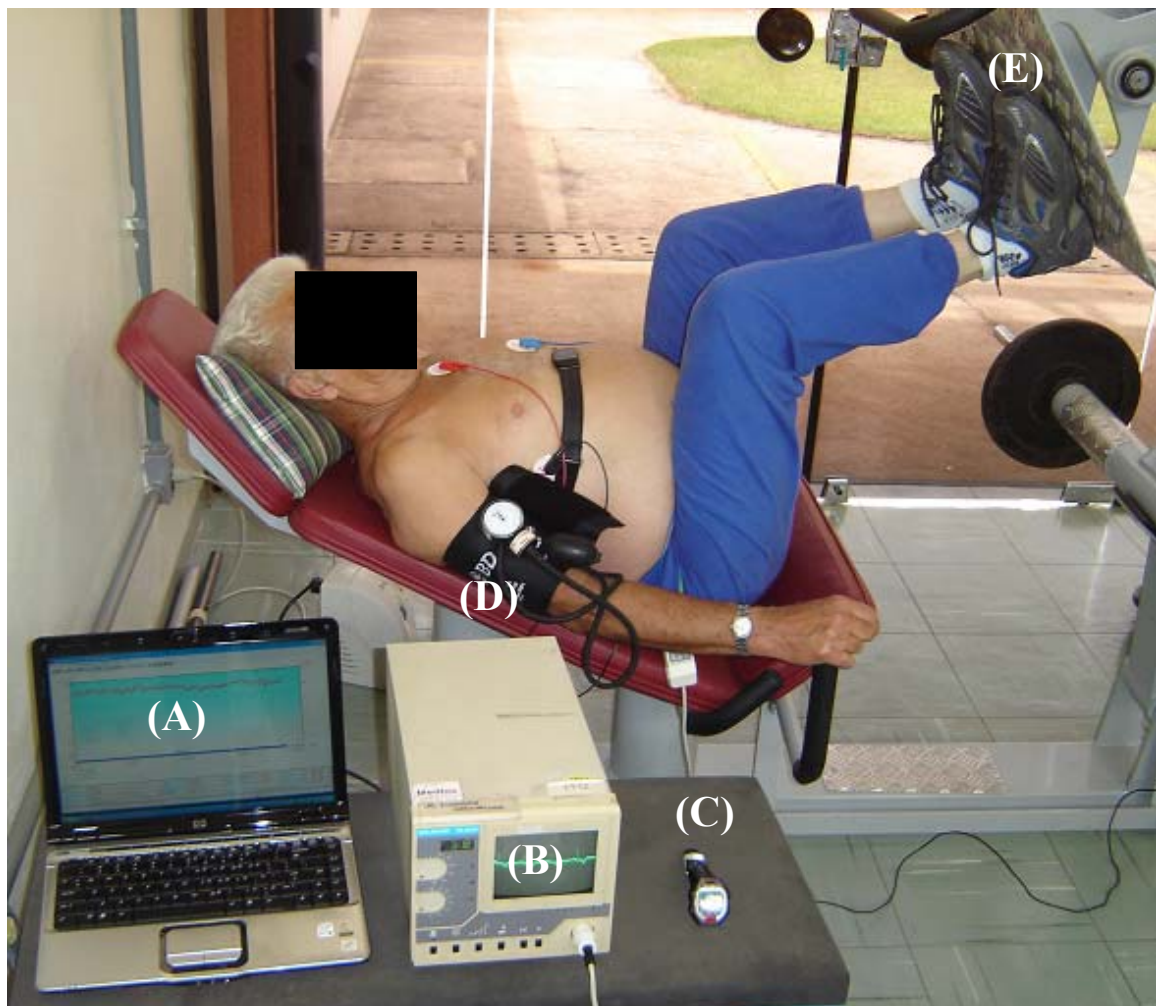


Figura 2. Ilustração dos equipamentos utilizados no protocolo experimental. (A): microcomputador; (B): monitor cardíaco; (C): cardiofrequencímetro; (D): esfigmomanômetro; (E): Leg Press 45°.

Teste Incremental de Exercício Físico Resistido

Inicialmente o voluntário permaneceu em repouso no equipamento por 10 minutos, sendo posteriormente ensinado a técnica para correta execução do exercício proposto. Em seguida, foi realizada uma série de exercícios de aquecimento com duração de um minuto com a menor carga do aparelho (26 kg). Após 5 minutos de repouso o protocolo com incremento de cargas foi iniciado com a carga de 10% da 1RM, com acréscimos subseqüentes de 10% até a carga de 30%, e a partir deste percentual o incremento foi de 5%, com o objetivo de aumentar o número de steps e permitir maior visualização das respostas frente ao incremento de cargas.

Em cada percentual de esforço, o voluntário foi submetido a quatro minutos de exercício com ritmo de movimento de nove repetições por minuto, mantendo a cadência respiratória (como orientado durante o teste de 1RM), sendo cada repetição realizada em cinco segundos (2 segundos de extensão e 3 segundos de flexão dos joelhos e quadris), com o ritmo controlado por comandos verbais. A cada três repetições, foi realizada uma pausa de cinco segundos e ao final dos quatro minutos de exercício a recuperação foi de 15 minutos. Tal como realizado no teste de 1RM, a FC foi captada batimento a batimento (*online*), e o sinal eletrocardiográfico foi monitorizado durante todo teste. A PA foi registrada no período pré-esforço, nos 15 segundos finais do esforço, e nos 5, 10 e 15 minutos da recuperação, e a dor nos membros inferiores foi avaliada por meio da escala de percepção de esforço de Borg²⁹ ao final de cada percentual. Vale ressaltar que todos batimentos ventriculares ectópicos foram contabilizados sendo anotado o tempo o qual cada batimento prematuro ocorreu (para posterior filtragem do sinal).

Os critérios para a interrupção do teste foram: incapacidade do voluntário de realizar o movimento dentro da mecânica correta estabelecida, aumento acentuado da pressão arterial sistólica – PAS (maior que 200 mmHg), atingir a FC submáxima (85% da FC máxima = $220 - \text{idade} \times 0,85$), surgimento de alterações eletrocardiográficas, mal estar ou exaustão voluntária máxima.

Coletas Sangüíneas

As coletas sangüíneas foram realizadas previamente ao início da primeira carga de esforço (após os 10 minutos iniciais de repouso) e imediatamente após o término de cada carga de esforço. Para isso foi realizada punção no lobo da orelha, após assepsia local com álcool, utilizando-se lancetas próprias para tal procedimento e luvas descartáveis (Figura 3). O volume de 25 µl de sangue foi coletado em capilares de vidro heparinizados e calibrados, e depositados em tubos Eppendorff contendo 50 µl de fluoreto de sódio à 1%, que foram armazenados a -20°C para posterior análise.

As amostras sangüíneas foram analisadas por meio de um analisador de lactato (Yellow Springs Instruments - YSI, 1500 Sports, Ohio, USA), o qual foi previamente calibrado com 25 µl de solução de 5mmol/l a cada 10 amostras, sendo a margem de erro aceitável de $\pm 2\%$.



Figura 3. Ilustração da coleta sangüínea realizada no lobo da orelha.

Análise dos Dados

Os dados captados pelo cardiofreqüencímetro foram coletados com freqüência de amostragem de 1.000 Hz, sendo que estes dados armazenados no computador foram visualmente inspecionados por meio do *software Polar Precision Performance* (versão 4.01.029, Kempele, Finlândia) e posteriormente os mesmos foram filtrados através do mesmo *software*, na tentativa de evitar que os mesmos contaminassem a análise. O filtro utilizado foi de potência do tipo moderada, com zona mínima de proteção de seis batimentos por minuto. Todos os registros apresentaram menos de 1,3% de erro aleatório.

Os trechos selecionados para a análise da VFC foram durante o repouso inicial, com o voluntário posicionado no equipamento e durante os percentuais de 1RM. Para isto foi selecionado um trecho mais estável contendo 256 pontos dentre os quatro minutos de exercício em cada carga de esforço, sendo desconsiderado em todas as análises os 40 segundos iniciais do exercício (período em que ocorre a retirada rápida da atividade vagal) e os 30 segundos finais (para evitar possíveis influências da medida da PA ao final do exercício).

A VFC foi avaliada utilizando-se os índices RMSSD, RMSM e SD1, SD2 e razão SD1/SD2 pela plotagem de Poincaré. A análise dos índices RMSSD e RMSM dos intervalos R-R (iR-R), foi realizada utilizando-se uma rotina específica desenvolvida no aplicativo Matlab 6.5. O RMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R no registro, divididos pelo número de iR-R em um determinado tempo menos um, que oferece informações quanto a modulação parassimpática cardíaca³⁰. Já o índice RMSM corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais em relação ao valor médio, dividido pelo número de iR-R em um tempo determinado, caracterizado como marcador da VFC total³⁰.

Já a análise quantitativa da plotagem de Poincaré, consiste na plotagem de cada iR-R em função do intervalo anterior. Por meio desta análise foi possível obter os índices: SD1 em milissegundos (ms) que oferece informações quanto ao desvio padrão da variabilidade instantânea batimento a batimento, caracterizado como marcador da modulação parassimpática cardíaca^{5,31}; o índice SD2 (ms) que é o desvio-padrão a longo prazo dos iR-R contínuos, caracterizado como marcador da modulação parassimpática e simpática^{5,31,32}, e a razão SD1/SD2 que durante esforço físico incremental pode ser usada como um indicador do aumento da modulação simpática⁵.

Para determinação do limiar de lactato, a curva do lactato sangüíneo foi gerada para cada sujeito e dois investigadores independentemente analisaram as curvas para determinar o limiar, que foi definido pela carga de trabalho na qual a resposta do lactato sangüíneo aumentou exponencialmente³³. O limiar de VFC pelo índice SD1 (LSD1) foi determinado pelo estágio no qual houve diferença inferior a um milissegundo entre dois estágios consecutivos, segundo critério proposto por Tulppo et al.⁵. Já o limiar de VFC obtido pelo índice RMSSD (LRMSSD) foi determinado pelo ponto no qual o índice se estabilizava entre os estágios.

Análise Estatística

A distribuição dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, e após confirmada a normalidade os dados foram expressos em média e desvio padrão. O teste *t* de Student para amostras dependentes foi utilizado para comparar as variáveis obtidas durante o repouso com a condição de pico durante o teste

ergométrico e teste de 1RM. Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas foi usada para comparar as variáveis nas diferentes situações (percentuais de 1RM) e os limiares obtidos pelos diferentes métodos (LL, LSD1, LRMSSD). Se as diferenças fossem significativas, o *post-hoc* de Tukey-Kramer era utilizado para identificar as diferenças.

A correlação entre o LL e LSD1, e entre o LL e LRMSSD foi realizada utilizando a correlação de Pearson, e adicionalmente o grau de concordância entre os métodos utilizados para determinação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio, foi avaliada por meio da análise de concordância de Bland-Altman³⁴. A probabilidade de ocorrência do erro do tipo I foi estabelecida em 5% para todos os testes ($\alpha = 0,05$). Os dados foram analisados utilizando os programas STATISTICA for Windows (Stat Soft Inc, 2000) e MedCalc® (version 9.3.8.0).

RESULTADOS

As características da amostra e as variáveis do teste de esforço estão apresentadas na tabela 1. Em média, os sujeitos apresentaram boa capacidade aeróbia e atingiram a FC máxima prevista.

Teste de 1RM

Com relação ao teste de 1RM, foi observado aumento significativo tanto nos valores da PAS como da FC obtidos ao final do teste em comparação à condição de repouso (Tabela 2); e o valor médio do grau de esforço realizado em relação à carga levantada na 1RM foi de $9,8 \pm 0,5$ (escala de Borg de 0 a 10). Quanto à carga alcançada durante a 1RM, foram encontrados valores similares aos estipulados previamente por meio de testes pilotos (aproximadamente quatro vezes o peso corporal do voluntário), como observado na tabela 2 através da razão: carga da 1RM / massa corporal total ($4,5 \pm 0,9$).

Tabela 2. Variáveis cardiovasculares e carga obtida durante a 1 repetição máxima, e índices da variabilidade da frequência cardíaca obtidos nas condições de repouso e pico durante o exercício resistido.

Variáveis	Repouso	Pico
Teste de 1RM		
PAS (mmHg)	131 ± 6	141 ± 6 [†]
PAD (mmHg)	81 ± 3	85 ± 5
FC (bpm)	66 ± 8	89 ± 5 [†]
Borg – esforço (0 – 10)	-	9,8 ± 0,5
Carga da 1RM (kg)	-	316 ± 68
Carga da 1RM / massa corporal	-	4,5 ± 0,9
EFR		
<i>Variáveis Cardiovasculares</i>		
PAS (mmHg)	123 ± 11	167 ± 21 [†]
PAD (mmHg)	78 ± 5	89 ± 14
FC (bpm)	64 ± 10	92 ± 13 [†]
Borg - fadiga (0 – 10)	-	9,1 ± 1
<i>Índices da VFC</i>		
RMSSD (ms)	29 ± 14	12 ± 5 [†]
RMSM (ms)	35 ± 10	14 ± 5 [†]
SD1 (ms)	23 ± 10	8 ± 3 [†]
SD2 (ms)	55 ± 20	54 ± 22
SD1/SD2	0,4 ± 0,2	0,2 ± 0,1 [†]

Dados expressos em média e desvio-padrão. 1RM = uma repetição máxima; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; EFR = exercício físico resistido; VFC = variabilidade da frequência cardíaca. [†]p<0,05 entre as condições de repouso e pico (teste t pareado).

Teste de EFR

A PAS e FC aumentaram significativamente durante o teste de EFR em relação aos valores de repouso pré-esforço, e o valor médio de fadiga nos membros inferiores relatado foi de $9,1 \pm 1$ (escala de Borg de 0 a 10). Já em relação aos índices da VFC, foi verificado que o RMSSD, RMSM, SD1 e SD1/SD2 apresentaram valores significativamente menores na carga máxima atingida (carga pico) em comparação à condição de repouso pré-esforço (Tabela 2).

Em relação à carga máxima de esforço atingida por cada indivíduo, os 10 voluntários chegaram no mínimo até a carga de 40% de 1RM, sendo que para três deles esta carga foi considerada como máxima e o protocolo foi interrompido, portanto, sete realizaram o exercício com a carga de 45% de 1RM, quatro com a carga de 50% de 1RM e apenas um com a carga de 55% de 1RM durante os quatro minutos pré-determinados.

A figura 4 expressa o comportamento dos índices da VFC, lactato sanguíneo, iR-R e delta da FC (ΔFC), com o incremento das cargas, partindo do repouso pré-esforço até a carga máxima em comum realizada por todos voluntários, no caso 40% de 1RM, denominada de isocarga. Foi possível verificar redução significativa dos índices SD1, RMSSD, RMSM e dos iR-R em relação à condição de repouso (R) a partir dos 30% de 1RM (Figura 4 A, C e F). Quanto ao lactato sanguíneo e ΔFC (Figura 4 D e E, respectivamente), foi observado aumento significativo a partir dos 35% da 1RM em relação à condição de repouso. Quanto à razão SD1/SD2, foi verificada redução significativa a partir dos 35% de 1RM em relação ao repouso (Figura 4 B). Já o índice SD2, não apresentou diferença significativa entre os percentuais de 1RM (Figura 4 A).

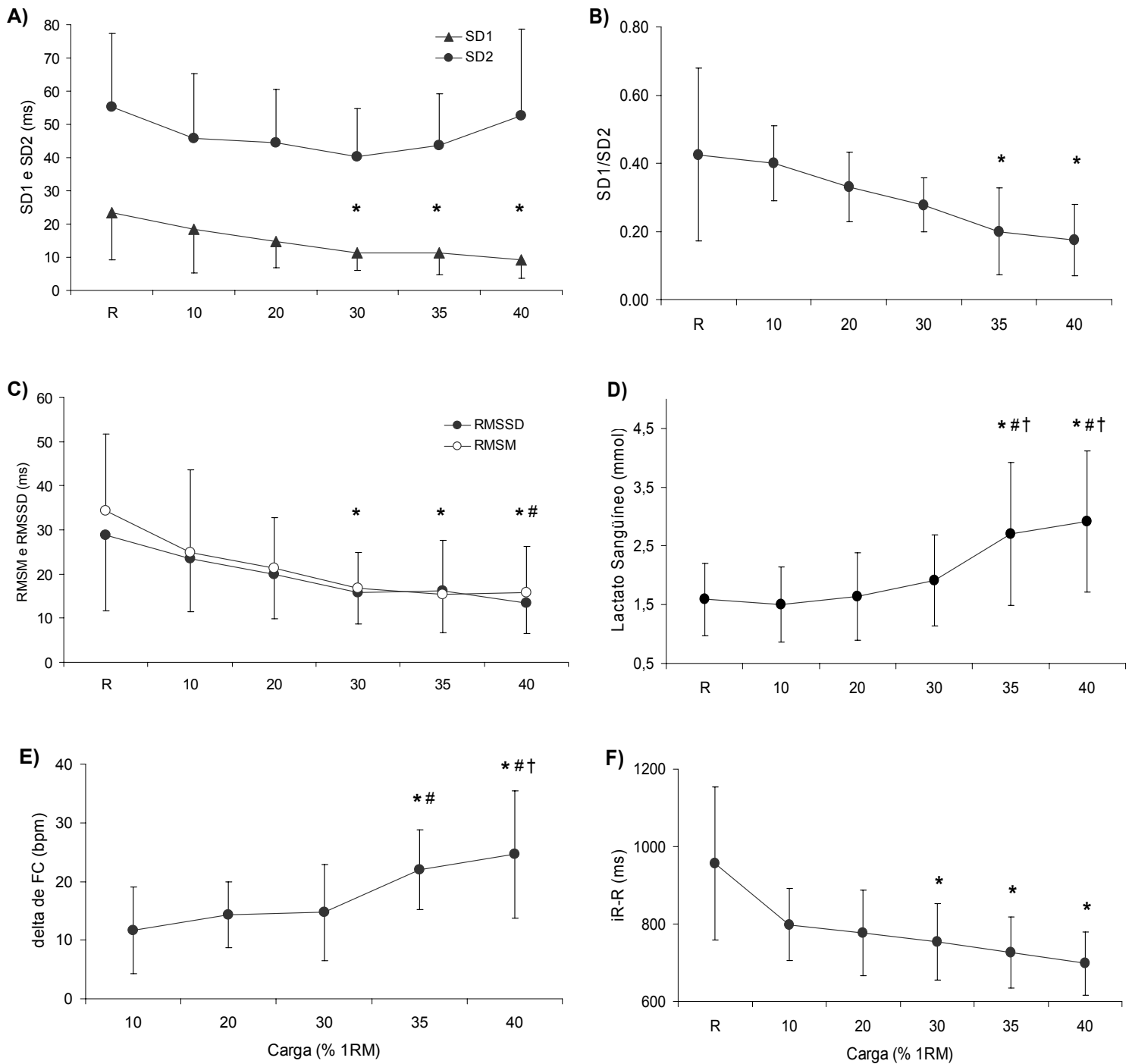


Figura 4. Dados expressos em média e desvio-padrão. Comportamento das variáveis na isocarga, com o incremento em percentual de uma repetição máxima (1RM). iR-R = intervalo R-R; FC = frequência cardíaca. * $p < 0,05$ em relação à condição de repouso (R); # $p < 0,05$ em relação a 10% de 1RM; † $p < 0,05$ em relação a 20% de 1RM. (ANOVA medidas repetidas).

Em relação ao comportamento da PAS nos diferentes percentuais da 1RM, foi observado aumento significativo da variável nas cargas de 35% e 40% em relação a condição de repouso ($p < 0,05$).

Identificação da Transição Aeróbia-Anaeróbia

O ponto de transição aeróbio-anaeróbio foi determinado para cada voluntário por meio da análise das seguintes variáveis: SD1, RMSSD e lactato sanguíneo, sendo estes pontos denominados de LSD1), LRMSSD e LL, os quais foram expressos em média e desvio padrão em valores absolutos e valores relativos da carga (Tabela 3). O teste ANOVA (medidas repetidas) revelou não haver diferença significativa entre os métodos, tanto em relação aos valores absolutos ($p = 0,66$), como em relação aos valores relativos ($p = 0,85$). Além disso, por meio da análise de correlação de Pearson, foi encontrado coeficiente de correlação (r) de 0,82 entre o LL e LSD1 ($p < 0,01$) e de 0,78 ($p < 0,01$) entre LL e LRMSSD.

Tabela 3. Comparação dos valores relativos (%) e valores absolutos (kg) de carga entre os diferentes limiares utilizados na identificação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio.

	LL	LSD1	LRMSSD
Valores Absolutos (kg)	101 ± 32,5	95,7 ± 27,8	96,7 ± 21,3
Valores Relativos (%)	30 ± 6,2	29 ± 6,5	29,5 ± 5,5

Dados expressos em média e desvio-padrão. LL = limiar de lactato; LSD1 = limiar de SD1; LRMSSD = limiar de RMSSD.

A análise de concordância entre os métodos para determinação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio foi realizada pela plotagem de Bland & Altman, considerando o método de análise pela lactacidemia como “*gold standard*”, foram plotados: LL vs LRMSSD e LL vs LSD1. Foi verificado na figura 5 (A) que a média das diferenças, ou seja, a concordância para identificar o ponto de transição aeróbio-anaeróbio pelos métodos LL e LRMSSD, foi de 4,1 ± 22,2 (kg); já em relação à

concordância entre o LL e LSD1 (Figura 5 B), a média das diferenças foi de $5,1 \pm 20,7$ (kg). Portanto, foi possível constatar concordância entre os métodos nas duas análises realizadas.

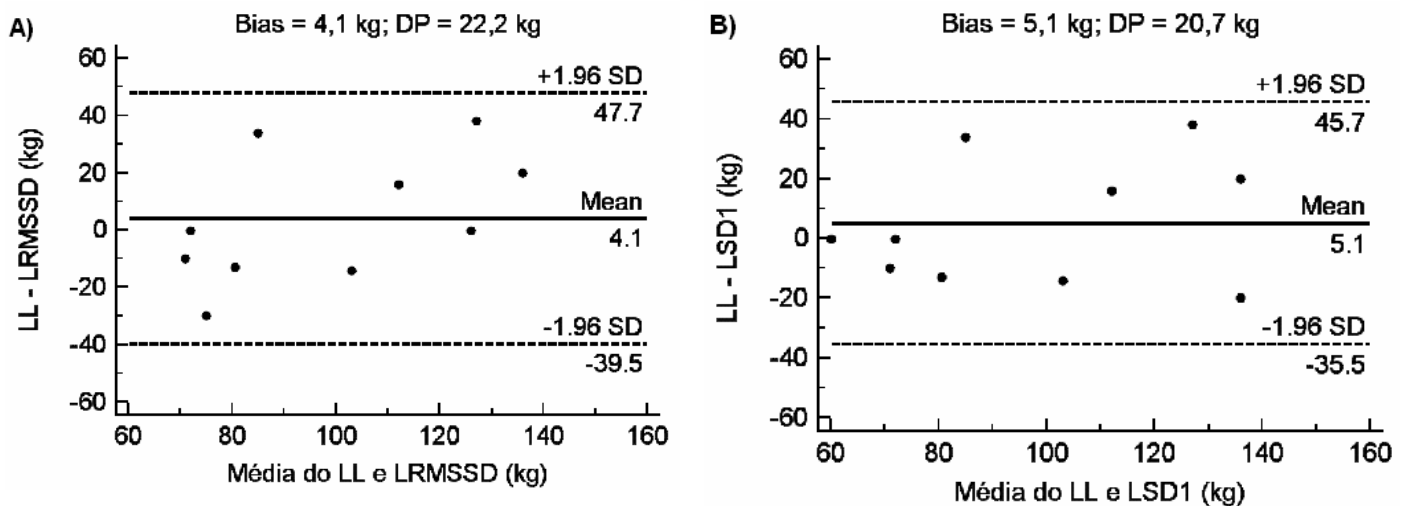


Figura 5. Grau de concordância entre LL e LRMSSD (A) e entre LL e LSD1 (B), de acordo com o método de Bland-Altman, para identificação do ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio. DP = desvio padrão; Bias = média da diferença entre as médias; ± 1.96 = limite de concordância de 95%. LL = limiar de lactato; LRMSSD = limiar de RMSSD; LSD1 = limiar de SD1.

DISCUSSÃO

O presente estudo investigou o comportamento da modulação autonômica cardíaca com o incremento da resistência em percentuais de 1RM no EFR. Além disso, propomos investigar a existência de um ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio, por meio da análise do lactato sanguíneo e dos índices RMSSD e SD1 da VFC. Nossos principais achados podem ser sumarizados a seguir: (1) foram observadas alterações expressivas do lactato sanguíneo a partir dos 30% de 1RM; (2) o ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio obtido por meio dos índices da VFC foram concordantes com a curva de lactato sanguíneo; (3) os índices da VFC foram associados com a curva do lactato sanguíneo durante o protocolo incremental de exercício resistido.

Respostas Cardiovasculares no Protocolo de EFR

Tanto o aumento da PAS e da FC, como a diminuição dos índices da VFC da situação de repouso para carga pico (Tabela 2), confirma o fato que o exercício resistido dinâmico provoca modificações hemodinâmicas que ocorrem possivelmente devido a alterações no fluxo arterial da musculatura envolvida no exercício²⁴. Estas modificações desencadeiam ajustes do sistema nervoso central na tentativa de restaurar o equilíbrio hemodinâmico^{25,35}. Entretanto, com o objetivo de identificar em qual percentual de 1RM estas alterações cardiovasculares passam a ser expressivas, a análise do comportamento destas variáveis com o incremento em percentual de 1RM foi avaliada no presente estudo (Figura 4).

Com relação aos iR-R, estes diminuíram progressivamente com o incremento em percentual das cargas, sendo esta redução significativa em relação a condição de repouso a partir dos 30% de 1RM, representando aumento expressivo da FC a partir deste percentual, fato que pode ser confirmado pelo aumento significativo do Δ FC a partir desta mesma intensidade, indicando que a variação da FC foi maior em relação as cargas mais baixas devido ao predomínio da atividade simpática ocorrida a partir dos 30% da 1RM.

Este predomínio da atividade simpática nas cargas mais elevadas pode justificar o aumento significativo da PAS a partir dos 35% de 1RM, já que segundo alguns autores^{25,35}, o exercício que produz aumento da tensão muscular, especialmente na fase concêntrica da contração, comprime mecanicamente o sistema arterial periférico, acarretando em redução do fluxo e da perfusão muscular. Este fatores são responsáveis pela estimulação das fibras aferentes do tipo III e IV da musculatura (mecanoreceptores e metaboreceptores), que são ativadas por alterações mecânicas e metabólicas que ocorrem durante a contração muscular³⁶. A redução do fluxo sanguíneo promove mudanças metabólicas na musculatura como redução do pH³⁷, estimulando principalmente as fibras do tipo IV, que enviam informações para região ventrolateral medular, desencadeando em aumento da descarga simpática para o sistema cardiovascular³⁸. Conseqüentemente, o aumento da FC e da pressão arterial ocorre na tentativa de restaurar o fluxo sanguíneo muscular, sendo que a magnitude desta resposta está relacionada à intensidade do esforço e da quantidade de massa muscular envolvida³⁹.

Variabilidade da Frequência Cardíaca durante o EFR

Quanto à análise da VFC, vários estudos têm relatado sua importância na avaliação autonômica cardíaca durante o exercício⁴⁻⁶, entretanto, alguns estudos encontraram resultados inconsistentes quando a VFC foi analisada pela densidade espectral durante protocolos de exercícios físicos incrementais^{40,41}. Este tipo de análise linear tem se revelado como um método eficaz para avaliação da VFC, entretanto, uma das condições impostas para seu uso é a estacionaridade do sinal, geralmente obtida nas condições de repouso^{2,42}. Neste sentido, a análise da VFC por métodos não-lineares como a análise no domínio do tempo (obtendo-se índices como RMSSD e RMSM) e análise quantitativa de Poincaré, têm sido indicadas para a avaliação da modulação autonômica cardíaca durante o esforço físico^{5,6,26,43}.

No estudo de Tulppo et al.⁵ os autores avaliaram o comportamento da atividade autonômica cardíaca por meio do exercício físico e bloqueio farmacológico associados. Quando administrado doses incrementais de atropina foi observada linear e regressiva diminuição do índice SD1. Assim, estes resultados sugerem que este índice reflete a modulação parassimpática cardíaca. O índice SD2 também diminuiu durante a administração da atropina, entretanto, continuou diminuindo durante o exercício após completo bloqueio parassimpático. De Vito et al.³² em 2003, utilizando um bloqueador simpático de ação central (moxonidine), também verificou redução expressiva do SD2, portanto, o mesmo parece refletir tanto a modulação simpática como a parassimpática. Finalmente Tulppo et al.⁵ relataram que a razão SD1/SD2 aumentou durante o exercício após completo bloqueio parassimpático, sugerindo ser um indicador da atividade simpática.

Em nossos resultados os índices SD1, RMSSD e RMSM apresentaram comportamento regressivo com o incremento das cargas, sendo que a partir de 30% de 1RM pôde se observar uma certa estabilização das variáveis. Em adição, a partir deste percentual, estes índices foram significativamente menores que os valores de repouso pré-esforço. Sabendo-se que os índices SD1 e RMSSD refletem a atividade parassimpática cardíaca²⁻⁶, nossos resultados sugerem que esta atividade tende a reduzir com o incremento das cargas, sendo esta redução expressiva a partir dos 30% de 1RM. Quanto ao RMSM, este é um índice que reflete tanto a atividade simpática como a parassimpática cardíaca², portanto, acreditamos que sua redução também esteja relacionada à diminuição da atividade vagal no coração.

Interessantemente, nossos resultados foram similares a estudos prévios que avaliaram a resposta da VFC durante o exercício progressivo, porém em cicloergômetro⁶. Estes autores⁶ observaram progressiva diminuição da atividade vagal com o incremento de potência, entretanto, menor valor do índice SD1 foi verificado nos indivíduos com maior idade e menor valor de VO₂ pico.

Em nosso estudo a razão SD1/SD2 reduziu significativamente a partir de 35% de 1RM. Tendo em vista que o índice SD2 reflete tanto a modulação vagal como simpática^{5,8,32}, acreditamos que a redução da razão SD1/SD2 ocorreu provavelmente devido à diminuição da atividade vagal a partir dos 30% de 1RM, tal como pelo provável aumento da modulação simpática cardíaca.

Lactacidemia durante o EFR

Como verificado em nossos resultados, em média o lactato sangüíneo manteve-se praticamente estável até os 30% de 1RM, sendo que a partir deste percentual apresentou aumento exponencial (Figura 4 D). Uma explicação para este comportamento estaria no fato que possivelmente a partir dos 30% de 1RM, houve significativa modificação hemodinâmica da musculatura em atividade devido à compressão dos capilares sangüíneos, com significativa redução do fluxo sangüíneo. Este fato foi observado por Petrofsky et al.²⁴ que relataram que devido ao aumento da pressão intramuscular concomitante ao aumento da tensão muscular, ocorre o colapamento dos capilares, reduzindo o aporte de oxigênio para a musculatura e conseqüentemente acumulando lactato sangüíneo.

Além disso, Myers et al.⁴⁴ relataram que o aumento na produção do lactato está relacionado com o número de unidades motoras e o tipo de fibras recrutadas durante o exercício. Com o incremento de cargas, inicialmente há maior recrutamento das fibras oxidativas, sendo que posteriormente devido ao esgotamento do metabolismo aeróbio, mais fibras do tipo IIx (glicolíticas) são recrutadas na tentativa de corresponder ao incremento da carga, resultando em aumento da glicogenólise e produção de lactato. Os mesmos autores⁴⁴ relataram que o diferencial entre os tipos de fibras na produção do lactato, está na enzima lactato desidrogenase (LDH), que converte piruvato para lactato e vice-versa.

Brooks⁴⁵ sugeriram que a estimulação beta-adrenérgica da musculatura é um importante fator no controle da produção de lactato. Este fato é evidenciado pela alta

correlação entre a concentração de catecolaminas e lactato sangüíneo⁴⁶, sendo que estudos demonstraram que após a infusão de epinefrina foi observado aumento no lactato sangüíneo⁴⁷. Além disso, o estudo de Mazzeo e Marshall⁴⁶ confirma esta relação por ter observado que o ponto de inflexão da epinefrina plasmática durante o exercício incremental foi similar ao do lactato. Considerando que as catecolaminas estimulam a glicólise e a glicogenólise, os autores⁴⁶ sugerem que o aumento da atividade simpática é um mecanismo primário gerador da aceleração da glicólise, aumentando dessa forma o lactato sangüíneo durante um esforço incremental. No entanto, estudos que compararam o LL em esforço incremental com e sem o uso de bloqueadores beta-adrenérgicos, mostraram que o LL ocorre independentemente da influência das catecolaminas⁴⁸, não confirmando a relação causal entre o aumento da atividade simpática e o LL.

Comparação entre os Métodos

Dessa forma é possível inferir através da relação entre as respostas do lactato sangüíneo e da VFC encontradas neste estudo, que fatores como a compressão dos capilares da musculatura ativa, o aumento do recrutamento de unidades motoras tal como o maior recrutamento de fibras do tipo IIx, a progressiva redução da atividade vagal e o incremento da atividade simpática, a liberação das catecolaminas e aceleração da glicólise, entre outros possíveis mecanismos fisiológicos ainda desconhecidos, possam ter sido os responsáveis pela simultânea mudança no comportamento destas variáveis em intensidades acima de 30% da 1RM. Estes fatores em ação conjunta podem explicar a igualdade tanto dos valores absolutos (kg) como relativos (%) da carga verificados entre o LL, LSD1 e LRMSSD, confirmando a coexistência de um ponto de transição aeróbio-anaeróbio durante o EFR (Tabela 3 e Figura 5).

Implicações e Importância do Estudo

Nossos resultados sugerem boa aplicabilidade na identificação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio por meio da análise da VFC. Neste sentido, acreditamos que este método não invasivo e de baixo custo, é eficaz tanto por fornecer importantes informações sobre o sistema autonômico a partir da FC, como

também possibilitar a identificação do ponto de transição aeróbio-anaeróbio durante o EFR, com importantes implicações para prescrição de exercícios nestes sujeitos.

Limitações do Estudo

Algumas limitações deste estudo devem ser consideradas. Nosso protocolo teve duração relativamente longa (4 minutos de exercício em cada carga de esforço), fato que possivelmente induziu os voluntários a atingirem a carga pico em um percentual relativamente baixo da 1RM (entre 40% e 55%), entretanto, este período de coleta foi essencial para a captação do sinal de FC, pois possibilitou maior número de pontos para a aplicação dos métodos de análise da VFC, segundo padronização da Task Force². Adicionalmente, nossos resultados foram baseados em apenas um tipo de exercício resistido, o Leg Press inclinado, que é um exercício multi-articular que envolve vários grupos musculares dos membros inferiores, portanto, para maior entendimento das respostas fisiológicas durante o EFR, torna-se necessário mais estudos envolvendo outros grupamentos musculares, como por exemplo, o de membros superiores.

CONCLUSÕES

Em conclusão, nós temos demonstrado que o comportamento da VFC e do lactato sangüíneo se modifica marcadamente a partir dos 30% de 1RM durante o exercício resistido realizado no Leg Press a 45°, sendo que neste percentual foi possível identificar o ponto de transição do metabolismo aeróbio-anaeróbio, tanto por meio da lactacidemia como pela VFC em idosos saudáveis.

REFERÊNCIAS

1. De Meersman RE. Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J* 1993; 125:726-31.
2. Task Force of European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 1996; 93: 1043-65.
3. Malliani A, Montano N. Heart rate variability as a clinical tool. *Ital Heart J* 2002; 3(8):439-45.
4. Sztajzel F. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Med Wkly* 2004; 134: 514-22.
5. Tulppo MP, Mäkikallio TF, Takala TES, Seppänen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol* 1996; 271:244-52.
6. Tulppo MP, Mäkikallio TF, Seppänen T, Laukkanen RT, Huikuri HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 1998; 274:424-29.
7. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Tulppo M. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101:743-751.
8. Marães VRFS, Silva E, Catai AM, Novais LD, Moura MAS, Oliveira L, *et al.* Identification of anaerobic threshold using heart rate response during dynamic exercise. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38(5):731-5.
9. Coen B, Urhausen A, Kindermann W. Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. *Int J Sports Med* 2001; 22:8-16.
10. Macintosh BR, Esau S, Svedahl K. The lactate minimum test for cycling: estimation of the maximal lactate steady state. *Can J Appl Physiol.* 2002; 27(3):232-49.
11. Ribeiro LFP, Balakian Jr P, Malachias P, Baldissera V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *J Sports Med Phys Fitness* 2003; 43(3):312-8.
12. Azevedo PHSM, Oliveira JC, Aguiar AP, Poian PAFO, Marques AT, Baldissera V. Estudo do limiar de lactato em exercício resistido: rosca direta e mesa flexora. *Lecturas: EF y Deportes* 2005; 10(87):1-12.
13. Scott CB. Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *J Strength Cond Res* 2006; 20(2):404-11.

14. Pfitzinger P, Freedson P. Blood lactate responses to exercise in children: part 2. Lactate threshold. *Pediatric Exerc Sci* 1997; 9:299-307.
15. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003; 28:299-323.
16. Ekkekakis P, Hall EE, Petruzzello S. Practical markers of the transition from aerobic to anaerobic metabolism during exercise: rationale and a case for affect-based exercise prescription. *Prev Med* 2004; 38:149-159.
17. Morrissey MC, Harman EA, Johnson MJ. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27:648-60.
18. Kraemer WJ, Adams KJ, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, *et al.* Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(2):364-80.
19. Kelemen MH. Resistive training safety and assessment guidelines for cardiac and coronary prone patients. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21:675-7.
20. Ehlke K, Greenwood M. Resistance exercise for post-myocardial infarction patients: current guidelines and future considerations. *Strength Cond J* 2007; 28(6):56-62.
21. Jeremy L, Spencer MS. Resistance Training in outpatient cardiac rehabilitation. *Strength Cond J* 2007; 29(1):18-23.
22. American College of Sports Medicine. Position stand on the appropriate intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(2):364-80.
23. Roth W, Schwanitz P, Pas P, Bauer P. Force-time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. *Int J Sports Med* 1993; 14:S32-4.
24. Petrofsky J S, Phillips CA, Sawka MN, Hanpeter D, Stafford D. Blood flow and metabolism during isometric contractions in cat skeletal muscle. *J Appl Physiol* 1981; 50(3):493-502.
25. Hill DW, Butler SD. Haemodynamic responses to weight lifting exercise. *Sports Med* 1991; 12:1-7.
26. Spurway NC. Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. *Br Med Bull* 1992; 48:569-91.
27. Kraemer WJ, Fry AC. Strength testing: Development and evaluation of methodology. *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign IL, Human Kinetics 1995; 115-138.

28. Wilborn C, Greenwood M, Wyatt F, Bowden R, Grose D. The effects of exercise intensity and body position on cardiovascular variables during resistance exercise. *J Appl Physiol* 2004; 7(4):29-35.
29. Borg, G.A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14:377-81.
30. Antila K. Quantitative characterization of heart rate during exercise. *Scand J Clin Lab Invest* 1979; 8:153-5.
31. Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Rouillon JD, Regnard J. Quantitative Poincaré plot analysis of heart variability: effect of endurance training. *Eur J Appl Physiol* 2004; 91:79-87.
32. De Vito G, Galloway SDR, Nimmo MA, Mass P, McMurray JJV. Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady-state exercise in healthy humans. *Clin Physiol Funct Imaging* 2003; 23:215-23.
33. DeGroot DW, Quinn TJ, Kertzer R, Vroman NB, Olney WB. Lactic acid accumulation in cardiac patients performing circuit weight training: implications for exercise prescription. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79:838-41.
34. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 8(1):307-10.
35. Gaffney FA, Sjogaard G, Saltin B. Cardiovascular and metabolic responses to static contraction in man. *Acta Physiol Scand* 1990; 138:249.
36. Mitchell JH. Neural control of the circulation during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22:141-54.
37. Victor RG, Bertocci LA, Pryor SL, Nunnally RL. Sympathetic nerve discharge is coupled to muscle cell pH during exercise in humans. *J Clin Invest* 1988; 82:1301-05.
38. Iwamoto GA, Kaufman MP. Characteristics of caudal ventrolateral medullary cells responsive to muscular contraction. *J Appl Physiol* 1987; 62:149-57.
39. Friedman DB, Peel C, Michell JH. Cardiovascular response to voluntary and non-voluntary static exercise in humans. *J Appl Physiol* 1992; 73:1982.
40. Casadei B, Cochrane S, Johnston J, Conway J, Sleight P. Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. *Acta Physiol Scand* 1995; 153:125-31.
41. Perini R, Veicsteinas A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90:317-25.

42. Öri Z, Monir G, Weiss J, Sayhouni X, Singer DH. Heart rate variability. Frequency domain analysis. *Cardiol Clin* 1992; 10:499-533.
43. Sandercock GRH, Brodie DA. The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16:302-13.
44. Myers J. Dangerous Curves. A perspective on exercise, lactate, and the threshold. *Chest* 1997; 111:787-95.
45. Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23:895-906.
46. Mazzeo RS, Marshall P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *J Appl Physiol* 1989; 67:1319-22.
47. Spriet LL, Ren JM, Hultman E. Epinephrine infusion enhances muscle glycogenolysis during prolonged electrical stimulation. *J Appl Physiol* 1988; 64:1439-44.
48. Hambrecht RP, Niebauer J, Fiehn E, Marburger CT, Muth T, Offner B, Kübler W, Schuler GC. Effect of an acute beta-adrenergic blockade on the relationship between ventilatory and plasma lactate threshold. *Int J Sports Med* 1995; 16:219-24.

APÊNDICE

APÊNDICE – Abstract do Estudo

Artigo submetido ao corpo editorial do periódico:

The Journal of Strength and Conditioning Research

HEART RATE VARIABILITY AND BLOOD LACTATE THRESHOLD INTERACTION DURING PROGRESSIVE RESISTANCE EXERCISE IN HEALTHY OLDER MEN

Rodrigo P. Simões, Renata G. Mendes, Viviane Castello, Heloísa G. Machado, Larissa B. de Almeida, Vilmar Baldissera, Aparecida M. Catai, Audrey Borghi-Silva

Cardiopulmonary Laboratory – Nucleus of Research in Physical Exercise – Physiotherapy Department - Federal University of São Carlos – UFSCar - Rod. Washington Luis, Km: 235 CEP:13565-905 - São Carlos – Brazil

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the behavior of heart rate variability (HRV) and blood lactate during the Leg Press resistance exercise (RE) with the resistance increments in percentages of one repetition maximum (1RM), and investigate the existence of an aerobic-anaerobic metabolism transition point by HRV and by blood lactate in healthy elders. Ten healthy men were evaluated (64 ± 4 years), by heart rate as captured by a heart rate monitor, and blood collection for analysis of blood lactate. To determine the loads to be applied in the protocol, the 1RM test was done and the protocol for the increase of load was based on this value, beginning at 10% of 1RM, with subsequent increases of 10% until 30% of 1RM, and then increases of 5% until exhaustion. Significant alterations of the HRV and blood lactate were observed from 30% of 1RM during RE. Additionally, good concordance and correlations were found between the lactate threshold (LT) and the RMSSD threshold ($r = 0.78$), and between the LT and SD1 threshold ($r = 0.81$). We concluded that aerobic-anaerobic transition point in the metabolism was estimated by blood lactate and HRV from 30% of 1RM of resistive exercise protocol. In addition, it is suggested that the estimation of neural control of heart rate by HRV indexes were associated with lactate threshold during resistance exercise.

Key Words: autonomic nervous system, anaerobic threshold, strength exercise, aging.

ANEXOS

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisas



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E 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
propg@power.ufscar.br - www.propg.ufscar.br

CAAE 0134.0.135.000-06

Título do Projeto: Identificação do Limiar Anaeróbio durante o Exercício Físico Dinâmico Resistido em Pacientes com Doença Arterial Coronariana

Classificação: Grupo III

Pesquisadores (as): Audrey Borghi Silva,

Parecer N° 258/2006

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: A proposta de estudo apresentada atende às exigências éticas e científicas fundamentais previstas na Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde.

3. Conclusão:

Projeto aprovado

São Carlos, 6 de outubro de 2006.



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

ANEXO B – Carta de Submissão do Artigo

Editor- in-Chief: William J. Kraemer

The Journal of Strength and Conditioning Research

Dear Editor,

Please find enclosed the original of our manuscript entitled "Heart rate variability and blood lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men" by Rodrigo Polaquini Simões, et al., for consideration of publication in The Journal of Strength and Conditioning Research as an original article. By submitting the manuscript to the journal, the authors understand that the material presented in this paper has not been published in text or on the Internet before nor is it being considered elsewhere until a decision is made as to its acceptability by the JSCR Editorial Review Board.

We attest that this work has been approved by all co-authors and that all humans' studies have been reviewed by the appropriate ethics committee. All persons gave their informed consent prior to their inclusion in the study.

The authors also understand that should the submitted material be accepted for publication in the journal, they will automatically transfer the copyright to the publisher.

I hope that the reviewing process finds the manuscript acceptable for publication in the journal.

Sincerely Yours,

Audrey Borghi Silva

Cardiopulmonary Laboratory - Physiotherapy Department

Federal University of São Carlos – UFSCar -Rod. Washington Luis, Km: 235

CEP:13565-905 - São Carlos – Brazil. Telephone : (+5516) 3351-8705

Fax: (+5516) 3361-2081

E-mail: audrey@power.ufscar.br

From: NSOE - JSCR

To: [audrey](#)

Sent: Friday, February 08, 2008 5:03 PM

Subject: JSCR: Received manuscript; Important Instructions Included

Dear Dr^a. Silva:

We have received your new manuscript entitled “Heart rate variability and blood lactate threshold interaction during progressive exercise resistance in healthy older men...”.

Your manuscript R number is R-27278. Please include your R number on all future electronic and paper correspondence.

Our editors will review your manuscript within the next four weeks and will send their reviews back to our office. Reviewers do volunteer their time to complete the reviews of your article, and are very dedicated to getting reviews back as soon as possible. You will receive your reviews as quickly as possible.

The new JSCR email for all correspondence is: jscr@uconn.edu

The purpose of this memo is to let you know that we have your paper and it is in the editorial process.

Please use the title, revision state, first author, corresponding author, and your R number when communicating with our office. It is important that R-number is always used in reference to this paper.

Please remember to properly format your paper so as to reduce time and mistakes in the redactory if accepted. Attention to detail is important. We certainly appreciate your help in this matter. We thank you for your support of the journal.

We are now accepting email submissions and communications and will be increasing pages to decrease in press time. Spread the word.

Thank you for your contribution to the JSCR.

Sincerely,

Courtenay Lewis

Staff Assistant

Joan M. Kraemer, BA

Editorial Assistant

Journal of Strength and Conditioning Research

The Journal of Strength and Conditioning Research has been a PUBMED, Medline journal since 2001. A full archive of all papers is on the NSCA web site at www.nscalift.org.