

AVALIAÇÃO DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE OBTIDO PELA RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E ANÁLISE DA SUA VARIABILIDADE EM PROTOCOLO DE EXERCÍCIO FÍSICO DINÂMICO DESCONTÍNUO EM ESTEIRA ROLANTE, EM PACIENTES PORTADORES DE FATOR DE RISCO E/OU DOENÇA CARDIOVASCULAR INSTALADA: ESTUDO DE 2 CASOS

Originals



ANDRÉIA NAOMI SANKAKO¹
ANA CAROLINA BUTTARELLO MUCARI¹
ANIELLE C. DE MEDEIROS TAKAHASHI²
RUTH CALDEIRA DE MELO³
ESTER SILVA⁴
LUIS APARECIDO MILAN⁵
AUDREY BORGHI SILVA⁶
APARECIDA MARIA CATAI⁶

^{1,2,3,5,6} Universidade Federal de São Carlos

⁴ Universidade Metodista de Piracicaba

Resumo

Palavras-Chave
limiar de anaerobiose, variabilidade da frequência cardíaca, protocolo descontínuo, esteira rolante.

Os objetivos deste estudo foram determinar o limiar de anaerobiose (LA), utilizando um teste de esforço físico dinâmico em degraus descontínuos (TEFDD) em esteira rolante, por meio da resposta da frequência cardíaca (FC), analisar sua variabilidade (VFC), bem como verificar a adequação do protocolo de treinamento, baseado no LA. Dois homens, de 56 e 61 anos, portadores de fatores de risco e/ou doença cardiovascular instalada, foram submetidos ao TEFDD, que consistiu na realização de 4 velocidades distintas com duração de 6 minutos cada, a partir da qual foi determinado o LA por meio da aplicação de um modelo semiparamétrico aos dados de FC. Foram analisadas FC média e sua variabilidade, pelo índice temporal RMSSD dos intervalos R-R em milissegundos em cada velocidade avaliada. A partir dos resultados verificamos que a metodologia utilizada foi adequada para identificação do LA e que o protocolo de treinamento de ambos voluntários estava sendo realizado na faixa do LA. Também foi possível observar que em intensidades mais elevadas de exercício ocorreu um predomínio da atividade simpática sobre o tônus, a qual é evidenciada pelo aumento da FC juntamente com a redução da VFC.

Abstract

Keywords
anaerobic threshold, heart rate variability, discontinuous protocol, treadmill

ANAEROBIC THRESHOLD DETERMINATION BY HEART RATE RESPONSE AND HEART RATE VARIABILITY ANALYSIS DURING A DISCONTINUOUS DYNAMIC PHYSICAL EXERCISE PROTOCOL AT TREADMILL IN TWO PATIENTS WITH RISK FACTOR AND/OR CARDIOVASCULAR DISEASE

The purposes of present study were determine the anaerobic threshold (AT) by heart rate (HR) response and analyze the heart rate variability (VFC) during a discontinuous dynamic physical exercise protocol (DDPEP) at treadmill and, additionally, verify if the training performed by the subjects is adequate when the LA is considered. Two 56 and 61 years-old men, with risk factor and/or cardiovascular disease, performed a DDPEP at a treadmill. This protocol was constituted by 4 different velocities with 6 minutes duration in which a semi parametric model was applied to determine the AT. In each velocity, the average of HR and HRV, which was analyzed by the RMSSD index of R-R intervals in milliseconds, were calculated. The results suggest that the method utilized was adequate to AT determination, confirming that the training performed by the subjects was realized at intensities close to the AT. In addition, a predominance of sympathetic activity on the heart was observed at the higher efforts intensities which was confirmed by increased HR and decreased HRV.

Introdução

O limiar de anaerobiose (LA) é caracterizado como o momento no qual a oferta de oxigênio deixa de ser suficiente para suprir a demanda energética, ocorrendo predomínio do fornecimento de energia pela glicólise anaeróbia em relação ao metabolismo aeróbio. A partir deste momento, começa a ocorrer uma elevação na concentração de ácido láctico, em virtude de sua formação superar a capacidade de remoção pelo organismo (WASSERMAN et al., 1999). Este parâmetro tem sido utilizado para mensurar a capacidade aeróbia do indivíduo e verificar a eficácia do treinamento físico, além de possibilitar a prescrição de um protocolo de condicionamento físico ideal e individualizado (GARCEZ et al., 2001; RONDON et al., 1998).

Os primeiros estudos realizados para caracterizar o LA utilizavam métodos invasivos para detectar o aumento na concentração de lactato sanguíneo e/ou dosagem de concentração de bicarbonato (WASSERMAN et al., 1999). Entretanto, pesquisas posteriores mostraram que o LA pode ser identificado através de outros determinantes fisiológicos, como mudanças metabólicas e humorais, além das variáveis relacionadas ao sistema nervoso (central e periférico) e cardiorrespiratório, o que permitiu o desenvolvimento de novas técnicas para identificação do mesmo (CHACONMIKAHIL et al., 1998; GALLO Jr et al., 1995). Em relação aos métodos não invasivos, a literatura tem reportado três métodos distintos: o ventilatório, por ergoespirometria, no qual o LA é obtido por meio das variações nas curvas de ventilação e de produção de CO₂, ou seja, um aumento não linear dessas variáveis em comparação ao aumento linear do consumo de oxigênio (CATAI et al., 2002; SAKABE et al., 2004; WASSERMAN et al., 1999); pela análise do comportamento da resposta da frequência cardíaca (FC) (GARCEZ et al., 2001; TAKAHASHI et al., 2005); pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (MARÃES et al., 2003) e; mais recentemente, pela aplicação de modelos matemáticos no sentido de detectar mudanças de inclinação da produção de dióxido de carbono, FC e root mean square (RMS) do sinal eletromiográfico (SAKABE et al., 2004).

Com relação à identificação do LA por meio do comportamento da resposta da FC, está bem estabelecido que no início do esforço físico dinâmico ocorre aumento abrupto da FC, que se manifesta logo no primeiro batimento subsequente atingindo valor pico em torno de 10 a 20 segundos, o qual tem sido atribuído a uma inibição do tônus vagal sobre o nodo sinusal, sendo este evento independente da potência aplicada (ALONSO et al., 1998; GARCEZ et al., 2001; MACIEL et al., 1986; MARÃES et al., 2003). Sequencialmente a inibição do tônus vagal, considerando-se baixos níveis de esforço, ocorre diminuição da FC devido ao retorno lento da atividade parassimpática, sendo observado então uma tendência de estabilização da FC após o primeiro minuto de exercício. Já em cargas elevadas, acima do LA, observa-se um incremento lento no valor da FC a partir do primeiro minuto de esforço, o qual é decorrente do predomínio da estimulação simpática sobre o nó sinusal (ALONSO et al., 1998; GARCEZ et al., 2001; MACIEL et al., 1986; MARÃES et al., 2000). Desta maneira, a análise dos ajustes autonômicos do coração durante o exercício físico dinâmico, com protocolos descontínuos, possibilita identificar a potência na qual há uma perda da estabilização da FC, caracterizando, assim, de modo indireto, o LA (GARCEZ et al., 2001). Alguns autores têm utilizado desta metodologia com sucesso em indivíduos jovens saudáveis (MARÃES et al., 2005), pacientes com DPOC (MARÃES et al., 2000) e portadores de doença arterial coronariana (GARCEZ et al., 2001, TAKAHASHI et al., 2005).

Por sua vez, a VFC tem se tornado um termo convencionalmente aceito para descrever as oscilações entre os valores consecutivos da FC instantânea, assim como as oscilações nos intervalos entre batimentos cardíacos (iR-R) consecutivos (ANTILA, 1979; MALIK et al., 1996), representando um dos mais significativos indicadores quantitativos e não-invasivos da atividade do sistema nervoso autônomo sobre o nó sinoatrial (GARCEZ et al., 2001; SILVA et al., 2001; CATAI et al., 2002). O balanço entre os seus eferentes simpáticos e parassimpático determina as respostas da FC em diferentes situações, como por exemplo, o repouso, as mudanças posturais,

manobras específicas e o exercício físico. (LONGO et al., 1995; SILVA et al., 2001). Portanto, é uma valiosa ferramenta de avaliação da resposta neuro-regulatória batimento a batimento (SOSA et al., 1999) tanto em condições de repouso como durante aplicação de um estímulo como o exercício físico dinâmico.

No entanto, poucos estudos avaliaram o controle autonômico do coração por meio das respostas da FC (CATAI et al., 1996; DISHMAN et al., 2000; ERYONUCU et al., 2000) e de sua variabilidade (DILAVERIS et al., 1998) utilizando como ergômetro a esteira rolante, sendo que destes a maioria foi efetuada em protocolos máximos. Da mesma forma, a determinação do LA pela resposta da FC, a partir de protocolos descontínuos submáximos tem sido restrita a utilização de cicloergômetro (MARAES et al., 2005; MARÃES et al., 2000; GARCEZ et al., 2001, TAKAHASHI et al., 2005), enquanto que a esteira rolante não tem sido explorada na literatura.

Considerando-se que o LA é de fundamental importância na determinação da capacidade física, sendo freqüentemente utilizado na prescrição adequada de exercícios físicos, seja em indivíduos saudáveis ou portadores de patologias (CATAI et al., 1999; WASSERMAN, 1999) e salientando que não foram encontrados estudos desta natureza, em protocolos descontínuos submáximos em esteira, justifica-se o presente trabalho, na tentativa de melhor adequar os protocolos de treinamento de indivíduos participantes de um programa de Fisioterapia Cardiovascular.

OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram:

- 1) Avaliar o LA por meio da resposta da FC e analisar sua variabilidade em 2 indivíduos submetidos a um programa de reabilitação cardiovascular, em protocolo descontínuo de esteira rolante.
- 2) Verificar se o protocolo de treinamento aplicado está adequado, baseado no LA determinado pelo comportamento da FC frente ao exercício físico dinâmico descontínuo em esteira rolante.

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. VOLUNTÁRIOS:

Foram estudados 2 indivíduos do sexo masculino, com idades de 56 e 61 anos, portadores de fator de risco e/ou com doença cardiovascular instalada, participantes de um programa de Fisioterapia Cardiovascular, há 3 anos e há 8 anos, respectivamente, realizado na Unidade Especial de Apoio em Fisioterapia Cardiovascular da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde realizavam 3 sessões semanais de 60 minutos (10 minutos de aquecimento, 40 minutos de condicionamento aeróbio e 10 minutos de desaquecimento) cada um com intensidade máxima relativa de 62% e 60% da FC máxima obtida no teste clínico, respectivamente. As características antropométricas, diagnóstico clínico e medicamentos utilizados são apresentados na **tabela 1**.

Tabela 1

Idade, dados antropométricos, diagnóstico clínico e medicamentos utilizados pelos voluntários

Voluntários	Idade (anos)	Sexo	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m ²)	Diagnóstico clínico	Medicamentos
1	56	M	97,6	174	32,4	HA, obesidade	Aradois H-50mg-1/2cp em dias alternados
2	61	M	68,7	162	26,2	IAM, HA	Sustrate-10mg-3cp/dia Enalapril-10mg-1cp/12h Sinvastatina-10mg-1cp/dia Somalgin-100mg-1cp/dia Atenolol-50mg-1cp/12h Hidroclorotiazida-25mg-1cp/12h

HA: hipertensão arterial; IAM: infarto agudo do miocárdio.

Os voluntários foram informados sobre os procedimentos experimentais a que seriam submetidos, com evidência do caráter não invasivo dos testes, bem como o fato destes não afetarem sua saúde. Aqueles que concordaram em participar assinaram um termo de consentimento pós-informado, de acordo com as normas do Conselho Nacional de Saúde. Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSCar, com protocolo número 065/2002.

3.2. PROCEDIMENTOS GERAIS

Os testes foram realizados na Unidade Especial de Apoio em Fisioterapia Cardiovascular da Universidade Federal de São Carlos. Os experimentos foram realizados no mesmo horário de atendimento dos pacientes, no período vespertino, considerando-se as influências das variações circadianas sobre o organismo. Foi recomendado aos voluntários que utilizassem roupas confortáveis, não ingerissem bebidas alcoólicas e/ou estimulantes 24 horas antes dos testes, fizessem uma refeição leve pelo menos 2 horas antes do teste e não realizassem atividade física extenuante no dia anterior. Entretanto, a medicação prescrita foi mantida durante a realização dos testes.

A preparação dos equipamentos, dos materiais e a organização da sala foi sempre realizada com uma hora de antecedência à chegada de cada voluntário. A temperatura ambiente foi mantida entre 20°C e 23°C e a umidade relativa do ar entre 40% e 60%.

Os voluntários foram orientados a não falar desnecessariamente com os avaliadores e informar sobre quaisquer alterações percebidas no seu estado geral como: mal-estar, tontura ou surgimento de outros sintomas que impossibilitassem a continuidade dos testes.

3.3. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O protocolo experimental consistiu na coleta de dados durante um teste de esforço físico dinâmico em degraus descontínuo (TEFDD), o qual teve como objetivo determinar o LA pela resposta da FC e analisar sua variabilidade.

Este teste foi realizado numa esteira rolante (Proaction BH Fitness, Átava, Espanha) e precedido de um período de aquecimento de 6 minutos em uma velocidade confortável, determinada subjetivamente por cada voluntário. Posteriormente, foi realizado o protocolo nas velocidades do programa de treinamento físico de cada paciente, o qual consistia de quatro estágios, com 6 minutos de duração cada. Foram verificadas a FC e a pressão arterial (PA) nos 30 segundos finais de cada carga.

A FC foi captada a partir da derivação MC5 e registrada continuamente durante 1 minuto antes de cada nível de esforço, durante 6 minutos, e no primeiro minuto de recuperação após o degrau testado. Entre um nível de esforço e outro, aguardava-se o retorno da FC e PA aos valores basais, durante esse período era realizado o processamento dos dados para identificar se a velocidade realizada correspondia ao LA, o detalhamento deste procedimento está descrito no item 3.5.

3.4. INSTRUMENTAÇÃO E MATERIAIS UTILIZADOS

3.4.1. ELETROCARDIOGRAFIA

Para a captação e processamento dos sinais eletrocardiográficos foi utilizado um monitor cardíaco de 1 canal (TC 500, ECAFIX, São Paulo, SP, Brazil) acoplado a um conversor analógico digital Lab-PC+ (National Instruments, Co., Austin, TX, USA), que constitui numa “interface” entre o monitor cardíaco e o microcomputador Pentium III. A partir da “interface”, o sinal analógico do ECG foi convertido em valores binários para o acesso no microcomputador, por meio de um programa de processamento dos sinais digitalizados (SILVA et al., 1994)

3.4.2. DEMAIS MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para climatização da sala experimental foi utilizado um condicionador de ar, e o controle da temperatura e umidade relativa do ar foi verificado com um termo-higrômetro. Além disso, para preparação e execução dos testes foram utilizados: esfigmomanômetro, estetoscópio e balança antropométrica.

3.5. PROCESSAMENTO DOS DADOS

Os dados de FC captados batimento a batimento foram processados para posterior obtenção do LA, o qual era determinado utilizando-se um modelo matemático e estatístico semiparamétrico. Para tal finalidade foi desenvolvida uma rotina específica (MILAN et al., 2000) utilizando-se o aplicativo estatístico “SPLUS” (versão 2000 Professional Release 1 for MS Windows, 1999, Copyright © Statistical Sciences, Inc. Copyright Lucent Technologies). Esta rotina permite a identificação da velocidade em que a FC perde a estabilidade (inclinação positiva), o que tem sido atribuído ao predomínio da atuação simpática sobre o nó sinuatrial, caracterizando indiretamente o LA. Para essa análise foi selecionado o trecho estável da série temporal de FC, correspondendo ao período entre 120 a 390 segundos de cada estágio.

3.6. ANÁLISE DE DADOS

No período de 120 a 390s de exercício, em cada velocidade testada, foi calculada a FC média e avaliada a VFC através do índice temporal RMSSD dos iR-R em milissegundos. O índice RMSSD

corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças entre os iR-R (ms) no registro, divididos pelo número de iR-R (ms) menos 1.

A análise descritiva dos resultados de FC média e do índice RMSSD dos iR-R estão apresentadas na forma de **figuras** e **tabelas**.

RESULTADOS

4.1. ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DO LA

Para ambos os voluntários foi possível determinar o LA, a partir da reposta da FC, o qual foi identificado na velocidade de 4,0 km/h para o voluntário 1 e em 4,5 km/h para o voluntário 2, ou seja, o protocolo de treinamento físico está sendo realizado em velocidades próximas ao LA. (**Tabela 2**)

4.2. ANÁLISE DA FC

Na **tabela 2** e **figura 2**, estão ilustrados os valores de FC, em batimentos por minutos, dos 4 estágios de velocidade aplicados em cada um dos sujeitos estudados. Foi observado incremento dos

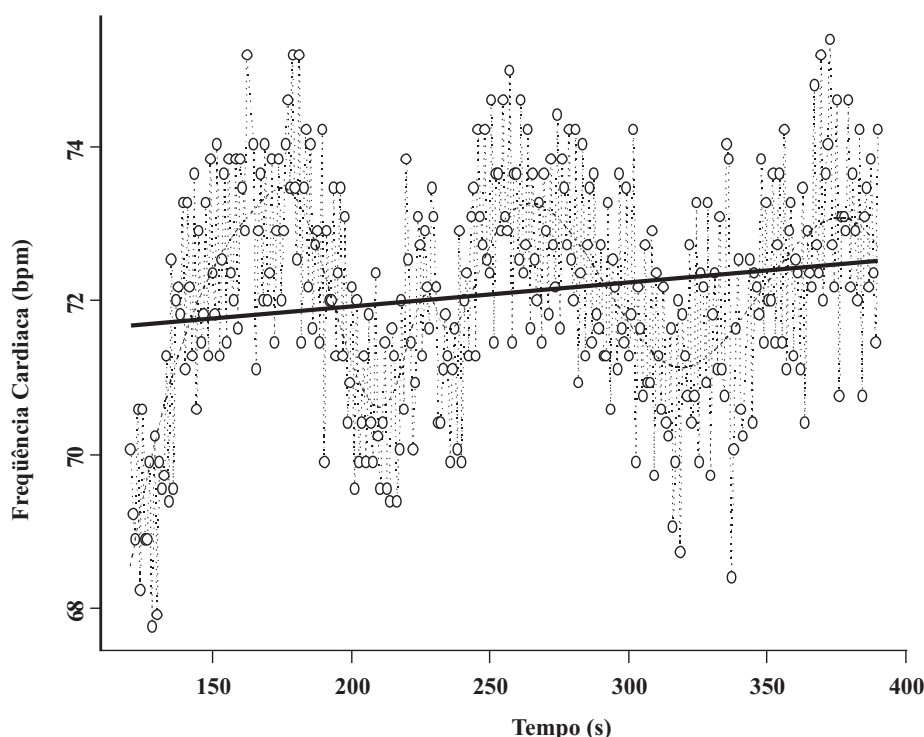


Figura 1

Visualização da distribuição dos valores de FC no período de 120 a 390 segundos, mostrando uma desestabilização da FC, com uma inclinação positiva demonstrando que a carga correspondente ao LA foi atingida.

Tabela 2

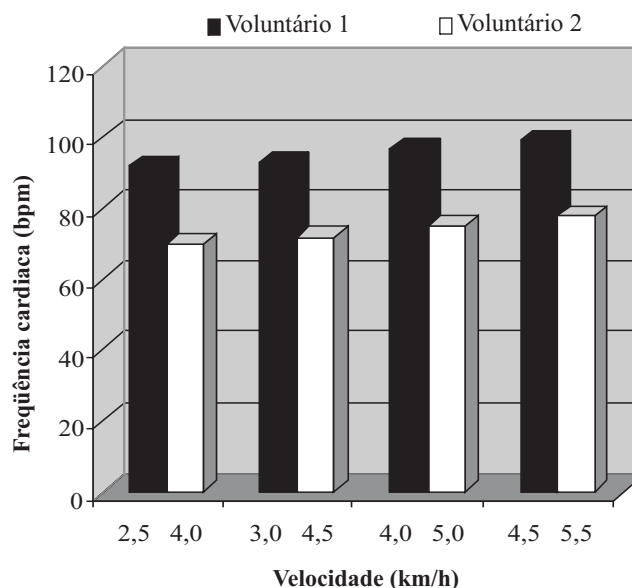
Valores da frequência cardíaca (bpm) e do índice RMSSD dos i-RR (ms) para cada uma das velocidades (km/h) avaliadas nos voluntários. Em negrito estão destacados os valores obtidos no limiar de anaerobiose.

Degraus	Voluntário 1			Voluntário 2		
	Velocidade (km/h)	FC (bpm)	RMSSD (ms)	Velocidade (km/h)	FC (bpm)	RMSSD (ms)
1	2,5	92	57,83	4,0	70	34,45
2	3,0	93	52,98	4,5	72	24,05
3	4,0	97	48,64	5,0	75	19,42
4	4,5	99	44,44	5,5	78	20,25

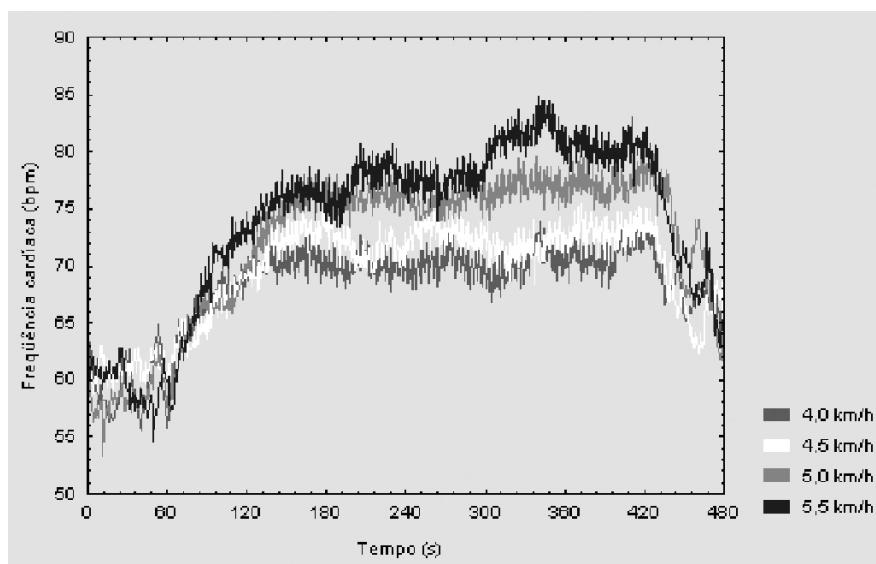
valores de FC de acordo com o aumento da velocidade aplicada para todos os voluntários.

Considerando-se que ambos os voluntários apresentaram um padrão de comportamento similar da FC durante a realização do teste de exercício físico, na **figura 3** está ilustrado o comportamento da FC de um dos voluntários avaliados. Nota-se que no início do exercício físico, independentemente da velocidade aplicada, ocorreu elevação rápida da FC com o início do exercício, a qual é

atribuída à retirada vagal. Após esse período, verificou-se que, em velocidades menores, a FC tendeu à estabilização, observando-se maior variabilidade da FC e que com os incrementos de velocidade, a partir de um determinado nível de esforço, ocorreu elevação lenta da FC, esta, por sua vez, atribuída ao predomínio da atividade simpática.

**Figura 2**

Valores da FC média (bpm) de cada velocidade avaliada nos voluntários.

**Figura 3**

Resposta da frequência cardíaca, batimento a batimento durante o TEFDD-d em esteira rolante mostrando 60s em repouso pré-esforço, 360s de esforço dinâmico com velocidades progressivas de 4,0 km/h, 4,5 km/h, 5,0 km/h e 5,5 km/h e 60s pós-esforço, de um dos voluntários estudados.

4.3. ANÁLISE DA VFC

A **tabela 2** e a **figura 4** apresenta os índices RMSSD dos intervalos R-R em milissegundos, de cada sujeito, nas 4 velocidades estudadas. Ambos os voluntários apresentaram redução dos valores de RMSSD com o incremento da velocidade.

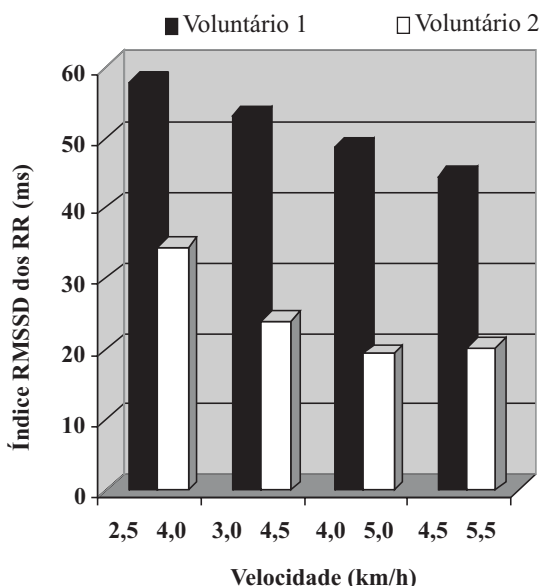


Figura 4

Valores de RMSSD dos intervalos R-R (ms) de cada velocidade avaliada nos voluntários

DISCUSSÃO

No presente estudo foi possível identificar com êxito o LA através do comportamento da FC, utilizando-se de protocolo descontínuo submáximo em esteira rolante. Alguns autores referem dificuldades ao utilizar este tipo de ergômetro, como as interferências no sinal do eletrocardiograma (MAEDER et al., 2005) que não ocorreram neste estudo talvez devido ao caráter submáximo do protocolo definido, o que possibilitou uma boa análise e processamento adequado do sinal coletado.

Com relação ao comportamento da FC em cada velocidade aplicada, pôde-se observar que ocorreu um aumento abrupto dos valores absolutos da FC nos primeiros segundos de esforço, atribuído à retirada vagal. Por outro lado, nas velocidades mais

altas, ou seja, acima do LA, o incremento na FC passa a ser mais lento e gradual a partir do primeiro minuto de exercício, devido ao predomínio da estimulação simpática sobre o nó sinusal. Este padrão de comportamento é semelhante ao obtido por outros autores que utilizaram protocolo semelhante, porém em cicloergômetro, aplicados em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica; com fatores de risco para doença da artéria coronária e com doença da artéria coronária; e indivíduos jovens e de meia-idade saudáveis. (MARÃES et al., 2000, GARCEZ et al., 2001 e MARÃES et al., 2005). No presente trabalho, também foi observado um incremento dos valores médios de FC, conforme o aumento da velocidade durante TEFDD, para cada um dos voluntários, sendo estes resultados concordantes com os trabalhos realizados por MARÃES et al. (2000), GARCEZ et al. (2001) e TAKAHASHI et al. (2005), que utilizaram protocolos descontínuos em cicloergômetro.

Ao se analisar a VFC através do índice temporal, RMSSD dos intervalos R-R em milissegundos, obtidos durante o TEFDD, foi constatada uma redução da VFC conforme o incremento das velocidades aplicadas, para o voluntário 1, enquanto que para o voluntário 2 houve redução da VFC somente após a segunda velocidade testada. Esses resultados foram constatados previamente por MARÃES et al. (2000 e 2003), SILVA et al. (2001) e ALONSO et al. (1998), porém em protocolos descontínuos aplicados em cicloergômetro. Esta redução da VFC pode ser explicada pelo predomínio da atividade simpática sobre o nodo sinusal (MARÃES et al., 2000; SILVA et al., 2001; MARÃES et al., 2003; BARTELS et al., 2004 e MARÃES et al., 2005).

Para ambos os voluntários, foi constatado que o protocolo de treinamento o qual eram submetidos se encontrava na faixa do LA, confirmando assim que o treinamento aplicado proporcionava uma sobrecarga ao sistema cardiovascular adequada para gerar as adaptações ao treinamento aeróbio. Uma vez que, a partir do LA há perda da condição de equilíbrio dinâmico, ou seja, a produção do ácido láctico passa a ser superior à sua reconversão, resultando em uma alteração do equilíbrio ácido-básico

com conseqüente quadro de acidose metabólica. Instalada a acidose, os diferentes sistemas fisiológicos irão aumentar seu desempenho, objetivando manter a homeostase celular e, conseqüentemente, permitir que o indivíduo continue o exercício físico. (MARÃES et al., 2003)

Segundo o I Consenso Nacional de Reabilitação Cardiovascular (GODOY et al., 1997), o treinamento físico promove aumento do consumo máximo de oxigênio; reduz o consumo de oxigênio do miocárdio em atividades submáximas, através da redução de FC, PAS e dos níveis de catecolamina; redução da pós-carga; aumento do tônus vagal em exercício submáximos, o que favorece uma melhora da modulação autonômica do coração. Para a adequada prescrição do protocolo de treinamento na reabilitação dos indivíduos portadores de fator de risco e/ou doença cardiovascular instalada é fundamental uma prescrição individualizada baseada na capacidade funcional, no diagnóstico clínico, na história familiar e nos medicamentos utilizados. Sendo assim ressaltamos a importância da utilização da metodologia utilizada neste trabalho, que é de baixo custo, não só na verificação como também na proposição de protocolos individualizados, seguros e adequados em programa de Reabilitação Cardiovascular.

Outro ponto a ser destacado é o uso da esteira rolante que é um ergômetro bastante utilizado na Reabilitação Cardiovascular por reproduzir uma das maiores atividades funcionais inerentes ao ser

humano: a marcha, e por envolver atividades de grandes grupos musculares (NEDER et al., 2003). Porém não é o ergômetro escolhido por muitos pesquisadores devido às dificuldades metodológicas muitas vezes encontradas na obtenção da FC. No presente estudo, obtivemos um sinal eletrocardiográfico livre de artefatos e, conseqüentemente, pudemos analisar o comportamento da FC no mesmo e determinar o LA de forma satisfatória.

Ressaltamos assim, a importância da utilização desta metodologia, que é de baixo custo, para verificação e proposição de protocolos individualizados, seguros e adequados em programa de Reabilitação Cardiovascular.

CONCLUSÃO

Nos dois voluntários estudados, a metodologia utilizada foi eficaz na determinação do LA confirmando, assim, que os mesmos realizavam o treinamento físico em intensidades próximas ao LA. Além disso, considerando o protocolo de exercício utilizado, observou-se aumento da frequência cardíaca e concomitante redução da VFC nas cargas mais elevadas, sugerindo, assim, predomínio crescente da atividade simpática sobre o coração com aumento do nível de esforço. Portanto, o método utilizado no presente estudo se mostrou promissor na determinação do LA e, conseqüentemente, na prescrição adequada de exercícios físicos, podendo ser bastante útil na prática clínica, principalmente devido ao seu baixo custo e fácil manuseio.

Referências Bibliográficas

CASTANEDA, C.; LAYNE, J. E.; MUNOZ-ORIAN, L.; GORDON, P. L.; WALSMITH, J.; FOLDVARI, M.; ROUBENOFF, R.; TUCKER, K. L.; NELSON, M. E. A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v.25, n.12, p.2335-41, 2002.

DUMOULIN, J.; BISSCHOP, G. **Bases Physiologiques de L'excitabilité neuro-musculaire: Électrothérapie**. Paris: Maloine; 1980.

DUNSTAIN, D. W.; DALY, R. M.; OWEN, N.; JOLLEY, D.; COURTEN, M.; SHAW, J.; ZIMMET, P. High-Intensity resistance training improves glycemic control in older patients with

- type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v.25, n.10, p.1729-36, 2002.
- DUTTON, G. R.; JOHNSON, J.; WHITEHEAD, D.; BODENLOS, J. S.; BRANTLEY, P. J. Barriers to physical activity among predominantly low-income African-American patients with type2 diabetes. **Diabetes Care**, v.28, n.5, p.1209-10, 2005.
- FOX, E. L.; MATHEWS, D. K. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1983.
- GOODPASTER, B. H.; HE, J.; WATKINS, S.; KELLEY, D. E. Skeletal muscle lipid content and insulin resistance: Evidence for a paradox in endurance-trained athletes. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.86, n.12, p.5755-61, 2001.
- HALPERN, A.; MATOS, A. F. G.; SIPLICY, H. L.; MANCINI, M. C.; ZANELLA, M. T. **Obesidade**. São Paulo: Lemos Editorial, 1998.
- HAMDY, O.; GOODYEAR, L. J.; HORTON, E. S. Diet and exercise in type 2 diabetes mellitus. **Endocrinology and Metabolism Clinics of North America**, v.30, n.4, p.883-907, 2001.
- HEDMAN, L.; BERGLUND, B.; ESSÉN-GUSTAVSSON; RENELAND, R.; LITHELL, H. Relationships between muscle morphology and insulin sensitivity are improved after adjustment for intra-individual variability in 70-year-old men. **Scandinavian Physiological Society**, v.169, p.125-32, 2000.
- HERNANDES JR, B. D. O. **Treinamento desportivo**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- HICKEY, M. S.; CAREY, J. O.; AZEVEDO, J. L.; HOUMARD, J. A.; PORIES, W. J.; ISRAEL, R. G.; DOHM, G. L. Skeletal muscle fiber composition is related to adiposity and in vitro glucose transport rate in humans. **Am J. Physiol**, v.268, p.E453-7, 1995.
- IBAÑEZ, J.; IZQUIERDO, M.; ARGÜELLES, I.; FORGA, L.; LARRIÓN, J. L.; GARCIA-UNCITI, M.; IDOATE, F.; GOROSTIAGA, E. M. Twice-weekly progressive resistance training decrease abdominal fat and improves insuline sensitivity in older men with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, v.28, p.662-7, 2005.
- JOHNSON, M. A.; POLGAR, J.; WEIGHTMAN, D.; APPLETON, D. Data on the distribution of fiber type in thirty-six human muscle. An autopsy study. **J. Neurol Sci**, v.18, p.111-29, 1973.
- KLD BIOSISTEMAS. Equipamentos Eletrônicos. **Neurograph – Manual de operação ET875**. Amparo, [198-].
- KRIKETOS, A. D.; PAN, D. A.; LILLIOJA, S.; COONEY, G. J.; BAUR, L. A.; MILNER, M. R.; SUTTON, J. R.; JENKINS, A. B.; BOGARDUS, C.; STORLIEN, L. H. Interrelationships between muscle morphology, insulin action, and adiposity. **Am J. Physiol**, v.270, p.R1332-9, 1996.
- LAMPMAN, R. M.; SCHTEINGART, D. E. Effects of exercise training on glucose control, lipid metabolism and insulin sensitivity in hypertriglyceridemia and non-insulin-dependent diabetes mellitus. **Med. Sci. Sports Med**, v.23, p.703-12, 1991.
- LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia Explained**. London: Butter Worth Heinemann, 1994.
- NYHOLM, B.; QU, Z.; KAAL, A.; PEDERSEN, S. B.; GRAVHOLTZ, C. H.; ANDERSEN, J. L.; SALTIN, B.; SCHMITZ, O. Evidence of an increased number of type IIB muscle fibers in insulin resistant first-degree relatives of patients with NIDDM. **Diabetes**, v.46, p.1822-8, 1997.
- PEIRCE, N. S. Diabetes and Exercise. **Br. J. Sports Med**, v.33, n.3, p.161-72, 1999.
- ROBINSON, A. J.; SNYDER-MACKLER, L. **Eletrofisiologia Clínica – Eletroterapia e teste eletrofisiológico**. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- ROCHA, P. E. C. P. **Medidas e avaliação em ciências do esporte**. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- SANDEN, K. V. El electrodiagnostico moderno: Sus procedimientos y alcances. **SRW-Nachrichten**, v.25, 1956.
- SCHNEIDER, S. H.; GULERIA, P. S. Diabetes and Exercise. In: WARREN, M. P.; CONSTANTINI, N. W. **Sports Endocrinology**. Hardcover: 2000.

- SEITZ, O.; GILLERT, O. Aportación clínica al diagnóstico moderno con corrientes exponenciales. **Elektromedizin**, v.2, 1957.
- SELLI, L.; PAPALÉO, L. K.; MENEGHEL, S. N.; TORNEROS, J. Z. Técnicas educacionales en el tratamiento de la diabetes. **Cad Saúde Pública**, v.21, n.5, p.1366-72, 2005.
- UTRIAINEN, T.; TAKALA, T.; LUOTALAHTI, M.; RONNEMAA, T.; LAINE, H.; RUOTSALAINEN, U.; HAAPARANTA, H.; NUUTILA, P.; YKI-JARVINEN, H. Insulin resistance characterizes glucose uptake in skeletal muscle but not in the heart in NIDDM. **Diabetologia**, v.41, p.555-9, 1998.
- VOGT, B.; MUHLBACHER, C.; CARRASCO-SA, J.; OBERMAINER-KUSSER, B.; SAFFER, E.; MUSHACK, J.; PONGRATZ, D.; HARING, H. U. Subcellular distribution of GLUT4 in the skeletal muscle of lean type 2 (non-insulin-dependent) diabetic patients in the basal state. **Diabetologia**, v.35, p.456-63, 1992.
- ZIERATH, J. R.; HE, L.; GUMA, A.; ODEGOARD, W. E.; KLIP, A.; WALLBERG-HENRIKSSON, H. Insulin action on glucose transport and plasma membrane GLUT4 content in skeletal muscle from patients with NIDDM. **Diabetologia**, v.39, p.1180-9, 1996.

Endereço

Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular
NUPEF - UFSCAR
São Carlos - SP - CEP 13565-905