
RELAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA E DA POTÊNCIA NO PICO DO TESTE ERGOMÉTRICO E NO NÍVEL DO LIMIAR DE ANAEROBIOSE DE HOMENS DE MEIA-IDADE SAUDÁVEIS E DE HIPERTENSOS

*Relation between heart rate and power at the peak of the ergometric test
and anaerobic threshold of healthy and hypertensives in middle-aged men*

Maria Carolina Sacilotto

Fisioterapeuta, Mestre em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UNIMEP. Piracicaba – SP.
e-mail: carolpira@hotmail.com

Rosemayre Toscano Del Grossi

Fisioterapeuta, Mestre em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UNIMEP. Piracicaba – SP.
e-mail: rosemga@bol.com.br

Fernanda Nardez Sirol

Fisioterapeuta, Mestre em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UNIMEP. Piracicaba – SP.
e-mail: fsirol@yahoo.com.br

Elisane Rossin Pessotti

Fisioterapeuta, Mestre em Fisioterapia pelo Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UNIMEP. Piracicaba – SP.
e-mail: elisanep@hotmail.com

Maria Aparecida Catai

Doutora em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas na Área de Fisiologia. Prof.^a do Depto. de
Fisioterapia Cardiovascular (UFSCAR). Núcleo de Pesquisa em Exercício Físico. São Carlos – SP.
e-mail: mcatai@power.ufscar.br

Daniel Iwai Sakabe

Fisioterapeuta. Doutor em Ciências Médicas pelo Programa de Pós-graduação em Ginecologia e Obstetrícia da
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP, Ribeirão Preto – SP.
e-mail: dsakabe@hotmail.com

Ester da Silva

Doutora em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas na Área de Fisiologia.
Prof.^a do Programa de Mestrado em Fisioterapia (UNIMEP). Laboratório de Pesquisa em Fisioterapia
Cardiovascular e de Provas Funcionais. Piracicaba – SP.
e-mail: esilvas@unimep.br

Resumo

Os objetivos da presente investigação foram avaliar e comparar os níveis de potência e frequência cardíaca (FC) no pico do teste contínuo do tipo degrau (TC-D) e no limiar de anaerobiose (LA) do teste descontínuo do tipo degrau (TD-D) de homens na faixa etária de 43 a 57 anos, saudáveis ativos (GSA, n=12), saudáveis sedentários (GSS, n=10) e hipertensos sedentários (GHS, n=11). O TC-D constituiu de incrementos de potência de 25 watts (W) a cada 3min até a exaustão física. O TD-D teve início com 30% da potência pico do TC-D com cargas constantes durante 6min, variando de 5 a 10 W em cada nível. A FC captada durante o TD-D foi analisada a partir do modelo matemático semiparamétrico para a determinação do LA. Os dados de potência (W) e da FC (bpm) no pico do TC-D, no LA do TD-D e dos percentuais foram calculados em média e desvio-padrão. Análise estatística: teste de Kruskal-Wallis, $\alpha = 5\%$. No pico do TC-D, a potência atingida pelo GSA foi superior aos demais grupos ($p < 0,05$) e o GSS atingiu maior FC ($p < 0,05$). No LA, os níveis de potências e da FC em valores absolutos dos três grupos foram semelhantes. Já os percentuais da FC foram menores para o GSS em relação ao GHS ($p < 0,05$). Nossos resultados indicam que o GSA apresentou menor sobrecarga cardíaca no pico do TC-D atribuída ao nível de aptidão física e no nível do LA não houve interferência tanto da condição física como do estado de saúde.

Palavras-chave: Exercício físico; Limiar de anaerobiose; Frequência cardíaca.

Abstract

The objectives of the present investigation were assessing and comparing the levels of power and heart rate (HR) at the peak of the continuous step test (TC-D) and at the anaerobic threshold (AT) in the discontinuous step test (TD-D), of men aged from 43 to 57 (median), active healthy (GSA, n=12) and sedentary (GSS, n=10) and sedentary hypertensives (GHS, n=11). The volunteers were submitted to TC-D, with power increases of 25 watts (W) at every 3 minutes until physical fatigue and to a TD-D, beginning at 30% of the TC-D peak power with constant loads during 6 minutes, ranging from 5 to 10 W in each level. The HR was collected during TD-D and analyzed using the semi-parametric mathematic model for the AT determination. Power (W) and HR (bpm) data at the peak of TC-D, at the AT of TD-D and of the percentages were calculated as average and standard deviation and statistical analysis by Kruskal-Wallis test, with $\alpha = 5\%$. At the TC-D peak, the power reached by the GSA was greater than the other groups ($p < 0,05$), while the GSS showed higher HR ($p < 0,05$). At the AT, the three groups reached power levels in absolute values and similar percentages. The HR of the three groups at AT was similar and the percentage was lower to the GSS group than to the GHS ($p < 0,05$). Our results indicate that the GSA lower HR for a greater power level in TC-D may be attributed to the adaptation that comes from the physical condition and neither the physical condition nor the health state interfered in the AT.

Keywords: Physical exercise; Anaerobic threshold; Heart rate.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem sido referido que o exercício físico regular incluído nos programas de tratamento preventivo e de reabilitação cardíaca contribui para a redução de intercorrências cardiovasculares e outras causas de morbimortalidade (1).

O treinamento físico envolvendo exercício dinâmico causa adaptações dos sistemas cardiorrespiratórios e humorais, que indubitavelmente aumentam a reserva funcional deles (2, 3). Esses sistemas são os principais responsáveis pelo transporte de oxigênio e podem ser quantificados a partir

da determinação do limiar de anaerbiose (LA). O LA é um parâmetro que se correlaciona com o consumo máximo de oxigênio e corresponde ao valor submáximo de potência durante exercício físico dinâmico, no qual começa haver desproporção entre a produção e a remoção do lactato sanguíneo (4).

Ressalta-se que o LA tem sido muito utilizado como um parâmetro fisiológico importante na prescrição de exercício físico, por fornecer informações úteis das mudanças do metabolismo aeróbio para o anaeróbio (5). Gallo Júnior et al. (6) referem que o LA além de ser um delimitador de mudanças fisiológicas, altera a atividade do sistema nervoso autônomo, principalmente da eferência simpática sobre o coração e os vasos sanguíneos, modificando as respostas cardiovasculares. Além disso, auxilia no diagnóstico de doenças cardiovasculares, respiratórias, musculares e metabólicas.

A maioria das pesquisas que relacionam a indicação de atividade física no tratamento de doenças cardiovasculares parte da avaliação da capacidade aeróbia focalizando a intensidade das atividades próximas ao nível do LA e não de exercícios de resistência (3, 5, 7).

No entanto, existe uma variedade de estudos com diferentes protocolos de avaliação da capacidade funcional, como exercício dinâmico do tipo rampa (8, 9), em degrau (10) e senoidal (11). As repercussões fisiológicas são específicas ao tipo de protocolo de exercício que são impostos, assim torna-se imperativo a mensuração das variáveis cardiovasculares obtidas durante teste descontínuo em degrau em intensidades próximas ao LA para a prescrição de treinamento físico aeróbio. Porém são poucos os estudos que têm utilizado testes de exercício físico submáximos com cargas constantes para quantificar a capacidade aeróbia a partir da detecção do LA pela análise da resposta da frequência cardíaca (FC) (5, 12).

Nesse sentido, a determinação do LA por métodos indiretos e não-invasivos a partir da análise da resposta da FC obtida durante testes de exercício físico submáximos com cargas constantes tem sido utilizada como ferramenta útil e relativamente barata (13). Esta metodologia promoveu um importante avanço na prática da clínica fisioterapêutica em programas de reabilitação cardíaca, ambulatoriais, clínicas e academias (5, 12).

Diante do exposto, os objetivos da presente investigação foram avaliar e comparar os níveis de potência e da FC no pico do exercício físico com cargas crescentes e no LA com carga constante de homens saudáveis ativos (GSA, n=12), saudáveis sedentários (GSS, n=10) e hipertensos sedentários (GHS, n=11).

MATERIAIS E MÉTODOS

Aspectos éticos

Este trabalho foi aprovado pelo comitê de Ética e Pesquisa da Instituição. Os voluntários foram esclarecidos e orientados sobre os procedimentos experimentais e receberam um termo de consentimento livre esclarecido, o qual cada um leu e assinou.

Casuística

Trinta e três homens de meia-idade entre 43 e 57 anos de idade (Tabela 1), não-fumantes, foram submetidos às seguintes avaliações: anamnese, exame clínico (realizado por um médico) e fisioterapêutico, composto por provas de função muscular e articular geral e registro da FC e da pressão arterial (PA) em repouso nas posições supina, sentada e em pé, durante quinze dias, sendo realizadas 3 medidas por semana (linha de base), ausculta cardíaca e pulmonar; exames laboratoriais (glicemia em jejum, hemograma completo, urina tipo I, uréia, creatinina sérica e lipidograma completo, colesterol e frações triglicérides); eletrocardiograma (ECG) realizado na posição supina em repouso com registros das 12 derivações e em MC5, DII e V2 modificadas. Na posição sentada e durante o teste ergométrico de exercício físico dinâmico contínuo, foram realizados os registros nas derivações MC5, DII e V2 modificadas.

O teste foi realizado até exaustão física ou sintoma limitante, para avaliação cardiovascular e da capacidade funcional, baseado na FC máxima (FC_{máx}) derivada da fórmula, $FC_{máx} = (220 - idade)$ (14). Este teve início com carga livre para o aquecimento por um período de 2min com incrementos de 25 watts (W) a cada 3min, até a exaustão física, quando o voluntário não conseguia manter em 60 rotações por minuto (rpm), ou aparecimento de algum sintoma ou sinal de intolerância ao exercício físico. As aferições da FC, PA e o registro de ECG foram realizados nos 30s finais de cada nível de potência e nos 1º, 3º, 6º e 9º minuto de recuperação.

A partir da avaliação clínica, dos exames laboratoriais, do ECG em repouso e das respostas das variáveis cardiovasculares do teste ergométrico, os voluntários que não apresentaram quaisquer alterações foram considerados saudáveis e estavam aptos a participar da pesquisa. Já os que apresentaram alteração da PA foram classificados como portadores de hipertensão leve a moderada, segundo as IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (15). Esses voluntários não faziam uso de qualquer tipo de medicação.

A partir da avaliação da capacidade funcional obtida no teste ergométrico, os voluntários foram classificados em ativos (moderado) e sedentários (fraco) de acordo com a classificação da *American Heart Association* (16).

O $\dot{V}O_2$ previsto e o obtido foram calculados a partir das seguintes equações, segundo *American College Sport of Medicine* (17,18):

$$\text{máx. previsto} = 57,8 - 0,445 \times \text{idade (homem sedentário)}$$

$$= 69,7 - 0,6142 \times \text{idade (homem ativo)}$$

$$\text{máx. obtido} = [(W \times 12) + 300] / \text{Peso}$$

Onde: Peso é em kg e a carga em W.

Sendo assim, os voluntários foram divididos em três grupos: saudável ativo (GSA); saudável sedentário (GSS) e hipertenso sedentário (GHS).

Os dados referentes à idade, características antropométricas, FC, PA sistólica (PAS) e diastólica (PAD), em mmHg, em repouso na posição sentada estão apresentados da Tabela 1.

Procedimento experimental

Os experimentos foram conduzidos em sala climatizada, com temperatura ambiente entre 22°C e 24°C e umidade relativa do ar entre 50% e 60%. Os testes foram realizados no período da manhã para evitar interferências do ciclo circadiano nas respostas cardiovasculares.

Os testes de exercício físico foram realizados em bicicleta ergométrica de frenagem eletromagnética (Quinton Corival-400), controlada por microprocessador *Workload Program* (Quinton-Groninger, Netherlands). A altura do banco foi regulada de modo a permitir flexão do joelho de aproximadamente 5 graus. Os voluntários foram orientados a manter a velocidade em torno de 60 rpm.

O protocolo do teste de exercício físico dinâmico para avaliação do LA foi realizado após uma semana do teste ergométrico clínico. O protocolo do teste constituiu de 60s de repouso pré-exercício, 360s de exercício e 60s de recuperação pós-exercício, com aplicação de cargas constantes, variando de 5 a 10 W em cada nível de esforço. A carga inicial foi de 30% da potência, pico atingido no teste de exercício físico dinâmico de avaliação clínica. Entre uma potência e outra, foi interposto um período variável de repouso para que a FC retornasse aos seus valores basais.

Durante todo o protocolo, a FC e os intervalos R-R do ECG foram registrados batimento a batimento, em tempo real, a partir da derivação MC5 (pólo negativo no manúbrio esternal, pólo positivo na região do quinto espaço intercostal, na linha hemiclavicular esquerda e terra no quinto

espaço intercostal direito) e armazenados por meio de uma interface entre o monitor cardíaco (TC-500, ECAFIX) e um microcomputador e então processado por um *software* específico para captação do ECG e cálculos dos intervalos R-R, utilizando-se de um programa de processamento dos sinais digitalizados (19).

MÉTODOS DE ANÁLISE

Para determinar o LA pela resposta da FC, batimento a batimento, foi utilizado um modelo matemático e estatístico semiparamétrico (20). Com a aplicação deste modelo ao conjunto de dados da FC, o LA pode ser caracterizado pela perda de sua estabilidade, ou seja, quando ocorre uma resposta decrescente, estável ou crescente em função do tempo.

Para análise da FC e de sua variabilidade, foram selecionados os dados do intervalo de 120s a 400s do protocolo do teste de exercício físico, tendo em vista que a literatura (5) refere que a homeostase ocorre entre os 60s e 120s do início dele (Figura 1).

A análise dos dados foi realizada a partir de uma rotina desenvolvida em S-Plus, (Versão 4.5 “Professional Release 2 for MS Windows”, 1998, Copyright© Statistical Sciences, Inc. Copyright AT&T) (20).

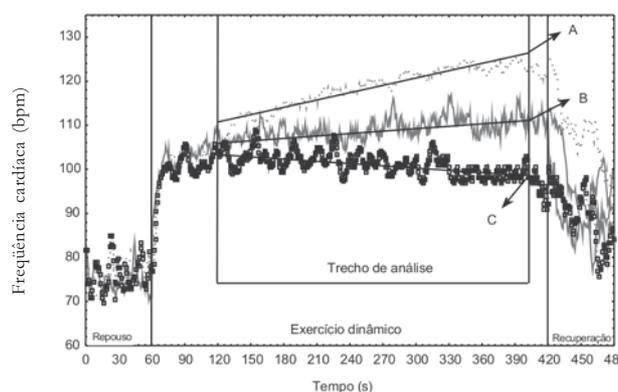


FIGURA 1 - Dados da frequência cardíaca obtida batimento a batimento, em tempo real, em três diferentes níveis de potência do teste de exercício físico dinâmico descontínuo do tipo degrau, durante 60s em repouso pré-exercício, 360s durante o exercício físico e 60s em recuperação: em A, potência acima do LA (inclinação positiva); em B, correspondente à potência no nível do LA (1ª inclinação positiva); em C, correspondente à potência inicial de 30% da atingida no pico do teste de exercício físico dinâmico contínuo de avaliação clínica (inclinação negativa)

Análise estatística

Foi utilizado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para determinar a distribuição de normalidade dos dados. Como todas as variações não apresentaram distribuição normal, a análise foi realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (ANOVA) para amostras não-pareadas e o teste de comparação múltipla de Dunn's, com nível de significância de 5%.

Para o processamento e análises dos dados foi utilizado o aplicativo "Statistica" (Release 6 - Copyright © StatSoft, Inc. 1984-2003).

RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentados os dados referentes à idade, características antropométricas e variáveis cardiovasculares na condição de repouso dos voluntários estudados.

Os voluntários do GSA apresentaram diferença de idade ($p < 0,05$) em relação aos outros dois grupos.

A FC do GSS em repouso foi superior ao GSA ($p < 0,05$) e semelhante ao GHS ($p > 0,05$), porém dentro da faixa de normalidade. No que se refere ao GHS, verifica-se que os valores de PAS e da PAD foram superiores e estatisticamente significante aos demais grupos estudados e estão dentro da faixa de hipertensão moderada (15).

TABELA 1 - Idade em anos, características antropométricas, FC, PAS e PAD na condição de repouso dos três grupos estudados: saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e dos hipertensos sedentários (GHS). Valores expressos em média e desvio-padrão

Variáveis	GSA N=12	GSS N=10	GHS N=11
Idade (anos)	43,4 ± 3,84	53,9 ± 3,25*	57,5 ± 1,27 †
Altura (m)	1,72 ± 0,07	1,67 ± 0,05	1,69 ± 0,05
Peso (kg)	76,42 ± 6,86	72,5 ± 8,9	78,48 ± 8,21
IMC (kg/m ²)	25,31 ± 2,23	25,98 ± 2,69	27,0 ± 2,51
FC (bpm)	63,5 ± 5,7	73,1 ± 8,4*	69,45 ± 4,23
PAS (mmHg)	115,92 ± 9,1	120 ± 6,2	144,3 ± 9,2 †‡
PAD (mmHg)	73,7 ± 10,3	79 ± 3,2	96 ± 4,7 †‡

m = metros; kg = quilogramas; kg/m² = quilogramas por metro quadrado; FC = frequência cardíaca; bpm = batimento por minuto; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; mmHg = milímetros de mercúrio.

Nível de significância $\alpha = 0,05$ GSA x GSS *; GSA x GHS †; GSS x GHS ‡.

Verifica-se na Tabela 2 que o nível de potência atingido no pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau do GSA foi superior aos demais grupos estudados ($p < 0,05$), o GSS atingiu valores inferiores ao GHS, porém estatisticamente não significante.

O valor médio de FC no pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau foi superior para o GSS ($p < 0,05$) quando comparado ao GHS, já em relação ao GSA não apresentou diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

O GHS apresentou hipertensão reativa ao esforço tanto da PAS quanto da PAD e foram superiores aos outros dois grupos estudados (21).

Os valores de máx (ml/kg/min) previsto e obtido durante o TC-D foram maiores para o GSA ($p < 0,05$) em relação ao GSS e GHS.

Quando analisados os níveis de potência e a resposta da FC no nível do LA do teste de exercício físico descontínuo do tipo degrau, observou-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os três grupos estudados.

O valor percentual de potência do LA em relação à potência no pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os três grupos estudados. Já o valor percentual da FC no LA em relação ao do pico do teste de exercício físico contínuo do tipo degrau foi menor para o GSS quando comparado ao grupo GHS ($p < 0,05$), porém entre o GSA e GSS, e o GSA e GHS, as diferenças dos valores percentuais da FC não foram estatisticamente significantes.

TABELA 2 - Variáveis cardiorrespiratórias no pico do teste ergométrico (TE), de avaliação cardiovascular e da capacidade funcional, no limiar de anaerobiose (LA) e valores percentuais do LA em relação aos do pico do (TE) dos três grupos estudados: saudáveis ativos (GSA), saudáveis sedentários (GSS) e dos hipertensos sedentários (GHS).
Valores expressos em média e desvio-padrão.

Variáveis		GSA N=12	GSS N=10	GHS N=11
Pico do Exercício do TC-D	Potência (W)	189,5 ± 12,8	135 ± 21*	142,5 ± 20,4†
	FC máx prevista (bpm)	176,8 ± 3,54	166,1 ± 3,2*	162 ± 1,4†
	FC máx atingida (bpm)	164,2 ± 20,1	178,4 ± 13,7	160,9 ± 9,8‡
	PAS (mmHg)	202,5 ± 16	191,5 ± 16,5	220 ± 20,8 †‡
	PAD (mmHg)	91,6 ± 7,1	94 ± 11,5	108,6 ± 6,7 †‡
	VO ₂ previsto (ml/kg/min)	43,18 ± 2,17	33,81 ± 1,44*	32,27 ± 0,6†
	VO ₂ obtido (ml/kg/min)	36,32 ± 4,0	26,73 ± 4,0*	26,28 ± 4,97†
	Nível de classificação da capacidade aeróbia (AHA)	“Regular”	“Fraca”	“Fraca”
No LA do	Potência (W)	59,5 ± 14,2	46,5 ± 14,1	52,1 ± 8,9
TD-D	FC (bpm)	101,8 ± 12,2	99 ± 11,6	97,5 ± 11,9
% do LA	Potência (W)	31,3 ± 6,6	35 ± 8,9	35,9 ± 6,9
	FC (bpm)	62,3 ± 7,1	55,5 ± 5	62 ± 8,7 ‡

Potência em W; FC = frequência cardíaca, em batimentos por min (bpm); PAS = pressão arterial sistólica, em milímetros de mercúrio (mmHg); PAD = pressão arterial diastólica, em mmHg; = consumo de oxigênio, em milímetros por quilogramas por min (ml/kg/min); AHA = *American Heart Association*.

Nível de significância á = 0,05, GSA x GSS * ; GSA x GHS † ; GSS x GHS ‡.

DISCUSSÃO

Na interpretação dos resultados da amostra estudada, alguns aspectos importantes devem ser considerados, tendo em vista que as respostas fisiológicas estão relacionadas a vários fatores como idade, sexo, característica antropométrica, condição de saúde, hábitos de vida, nível de aptidão física, dentre outros (3, 22).

Por outro lado, sabe-se que a FC se modifica na dependência das condições fisiológicas existentes no dia a dia, ou seja, em repouso, exercício físico, posição de decúbito, estado de vigília, sono e etc. (3). Pela análise da FC em repouso, foi observado que os voluntários apresentaram valores em mediana dentro da faixa de normalidade. Porém as diferenças de idade, condição de saúde e de atividade física entre os grupos estudados interferiram nos resultados da FC e da PA em repouso (Tabela 1) e nas demais variáveis no pico do teste ergométrico, já no nível do LA não foram observadas diferenças entre as variáveis obtidas (Tabela 2).

Segundo Carter et al. (22), as adaptações benéficas na função cardíaca, atribuídas à prática de atividade física regular de *endurance* incluem alterações centrais, tais como aumento no rendimento cardíaco máximo, no volume de ejeção e no volume diastólico final e alterações periféricas no músculo esquelético, com conseqüente aumento na capacidade física aeróbia.

Porém, tem sido preconizado que a prática de exercício físico em intensidades próximas ao primeiro LA parece proporcionar maior segurança em relação a possíveis eventos cardiovasculares. Além disso, promove sobrecarga efetiva e segura ao organismo, levando às modificações anatômico-fisiológicas que permitem ao indivíduo aumentar sua capacidade aeróbia de maneira gradual (23).

A aplicação de testes ergométricos e ergoespirométricos na prática clínica têm ampla aceitação tanto para avaliação das respostas hemodinâmicas ao exercício físico como para o diagnóstico e prognóstico de doenças cardiovasculares. Além disso, têm sido muito utilizado para a determinação da intensidade da carga de treinamento físico.

O treinamento físico tem sido considerado um importante esquema terapêutico não-farmacológico no tratamento e na prevenção de eventos cardiovasculares, assim como para portadores de fatores de risco com maior propensão ao desenvolvimento de doenças cardíacas.

Del Grossi (24) e Sirol et al. (25) referem que o momento do primeiro LA determinado em teste contínuo do tipo rampa ocorre em níveis de potências superiores aos dos testes em degraus descontínuos, dessa forma pode-se estar superestimando o nível de potência para o treinamento físico.

Assim, a utilização da análise da perda da estabilidade da resposta da FC para estimar o LA, por meio da aplicação do modelo matemático e estatístico semiparamétrico (SPM) (12), tem mostrado ser uma técnica não-invasiva, de baixo custo e de alta sensibilidade, para avaliação da capacidade aeróbia em níveis submáximos de potência. Esta metodologia pode ser utilizada em clínicas de fisioterapia, ambulatórios e academias com maior segurança, uma vez que não há necessidade de expor os pacientes a estresses máximos para determinar o LA tanto para a avaliação e reavaliação para a prescrição de programas de treinamento físico aeróbio.

Na presente investigação, o LA foi detectado por meio da aplicação da metodologia acima referida, na série de dados da FC, obtida durante o teste em degraus descontínuos. A potência do LA foi determinada como o menor valor de potência de exercício em que se observa uma resposta crescente da FC, determinada a partir do ajuste do modelo matemático aos dados. Nos níveis de potência acima do LA ocorre aumento crescente da resposta da FC que é em grande parte dependente de uma maior ativação simpática e diminuição do controle parassimpático sobre o nódulo sinusal (12).

Quando analisada a FC no nível de potência correspondente ao LA, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os grupos estudados. Esse achado sugere que o trabalho cardíaco para os três grupos no LA foi similar apesar do grupo ativo ter atingido carga de trabalho superior no teste de exercício máximo, evidenciando a sua maior capacidade física em relação ao saudável sedentário e ao hipertenso. Vale ressaltar que o GSS foi o que atingiu menor nível de potência no pico do esforço, porém com valores de FC supramáxima para a idade. Tais respostas são atribuídas ao estilo de vida sedentário deste grupo. Os hipertensos apresentaram maior potência aeróbia em

relação ao GSS, refletida pelo nível de potência atingido no pico do esforço, com menor sobrecarga cardíaca, isto é, menor valor de FC para um nível de esforço maior, o que pode ser atribuído ao estilo de vida desse grupo, uma vez que eles são trabalhadores braçais (jardineiros). Nesse sentido, a literatura tem demonstrado que o sistema cardiovascular está relacionado ao nível de condicionamento físico dos voluntários estudados (26).

Estes resultados são concordantes com estudos de Sirol et al. (25), os quais referem que o nível de potência que os grupos de ativos e sedentários atingiram foram 60 W e 45 W e a FC foi de 102 bpm e 95 bpm, respectivamente. Del Grossi (24), utilizando o mesmo método de análise, porém estudando hipertensos, relatou que estes atingiram o LA no nível de potência e de FC cujos valores medianos são respectivamente 57 W e 105 bpm.

Ribeiro et al. (7) verificaram que não houve diferença entre a potência e a FC atingida durante teste descontínuo do tipo degrau em indivíduos portadores de fatores de risco para a doença da artéria coronária e portador de doença da artéria coronária. No entanto, neste caso, todos os voluntários eram ativos e participavam de um programa de tratamento fisioterapêutico. Isso sugere que a atividade física contribuiu para o desempenho funcional do indivíduo portador de doença da artéria coronária.

No que se refere ao (ml/kg/min) previsto e obtido durante teste de exercício físico dinâmico contínuo do tipo degrau, observa-se que o GSA apresentou valores superiores ($p < 0,05$) em relação ao GSS e GHS, a partir desses valores os indivíduos foram classificados como apresentando capacidade aeróbia regular (GSA) e fraca (GSS e GHS).

As alterações nas respostas da FC induzidas pelo exercício físico são mediadas por modificações nas atividades dos eferentes simpático e parassimpático sobre o nódulo sinusal. O comportamento da FC depende em grande parte da demanda metabólica muscular e, nesse sentido, a elevação rápida da FC propicia aumento do fluxo sanguíneo nessas áreas, gerando maior eficiência no mecanismo de transporte de oxigênio aos músculos em atividade contrátil (22).

Para portadores de fatores de risco para doenças cardiovasculares, tais como a hipertensão e o sedentarismo, o nível de potência atingida no LA pode ser utilizado como a intensidade máxima da carga de trabalho na qual ainda está presente a ação protetora vagal. Além disso, proporciona maior segurança ao praticante de exercício físico uma vez que acima do LA o sistema cardiovascular começa a limitar a oferta de oxigênio aos tecidos.

CONCLUSÃO

Nossos resultados indicam que a menor FC do GSA para um nível de potência maior no TC-D pode ser atribuída à adaptação decorrente do treinamento físico. A transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio dos três grupos ocorreu em níveis de potências e de FC semelhantes, sugerindo, assim, que tanto a condição física como o estado de saúde não interferiu no LA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do FAP-UNIMEP, FAPESP e CNPq-MCT.

REFERÊNCIAS

1. Thompson PD. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease. *Circulation*. 2003; 23(8):1319-1326.
2. Wasserman K, Whipp BJ. Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Respir Dis*. 1975; 112(2):219-249.

3. Gallo Jr L, Maciel BC, Marin Neto JA, Martins LEB, Lima Filho EC, Golfetti R, et al. Control of heart rate during exercise in health and disease. *Braz J Med Biol Res.* 1995; 28(11-12):1179-84.
4. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation. 3rd ed. Philadelphia: Williams & Wilkins; 1999.
5. Garcez ARR, Visconde FJ, Zaitune MPA, Marães VRFS, Moura MAS, Verzola RMM, et al. Avaliação do limiar de anaerobiose em homens com fatores de risco para doença da artéria coronária e com doença da artéria coronária. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo.* 2001; 11(3 Supl A):S5-17.
6. Gallo Jr L, Maciel BC, Golfetti R, Martins LEB, Lima Filho EC. Quando o coração bate mais forte. *Ciência Hoje.* 1996; 121(21):40-7.
7. Ribeiro TF, Cunha A, Lourenço GCD, Marães VRFS, Catai AM, Gallo Jr L, et al. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) a partir dos intervalos R-R de voluntários de meia idade, saudável e coronariopata: relato de caso. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo.* 2000; 10(1 Supl A):S1-10.
8. Hanon C, Thepaut Mathieu C, Hausswirth C, Le Chevalier JM. Electromyogram as an indicator of neuromuscular fatigue during incremental exercise. *Eur J Appl Physiol and Occupat Physiol.* 1998; 78(4):315-23.
9. Scheuermann BW, Hoelting BD, Noble ML, Barstow TJ. The slow component of O₂ uptake is not accompanied by changes in muscle EMG during repeated bouts of heavy exercise in humans. *J Physiol.* 2001; 531(1):245-56.
10. Saunders MJ, Evans EM, Arngrimsson SA, Allison JD, Warren GL, Cureton KJ. Muscle activation and the slow component rise in oxygen uptake during cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(12):2040-5.
11. Haouzi P, Fukuba Y, Casaburi R, Stringer W, Wasserman K. O₂ uptake kinetics above and below the lactic acidosis threshold during sinusoidal exercise. *J Appl Physiol.* 1993; 75(4):1683-90.
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; 13(4 Supl A):S1-16.
13. Conconi F, Ferral M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive fiel test in runners. *J Appl Physiol.* 1982; 52:869-73.
14. Karvonen, JJ, Kentala E, Mustala O. The effect of training on the heart rate, a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35(3):307-15.
15. Diretrizes brasileiras de hipertensão arterial. *Rev Soc Bras Hipertensão.* 2002; 5(4):1-129.
16. Gibbons RJ, Balady GJ, Beasley JW, Bricker JT, Duvernoy WF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA guidelines for exercise testing: a report of the american college of cardiology/american heart association task force on practice guidelines (Committee on Exercise Testing). *J Am Coll Cardiol.* 1997; 30(1):260-311.
17. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1991.
18. American college of sports medicine. Position stand on the recommended quanlity on exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility and healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30:975-91.

19. Silva E, Catai AM, Trevelin LC, Guimarães JO, Silva Jr LP, Oliveira L, et al. Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. *Phys in Med and Biol.* 1994; 33:409.
20. Oliveira L, Milan LA, Catai AM, Gallo Jr L, Silva E. Modelo semi-paramétrico de análise do comportamento da frequência cardíaca. *Anais da XVII Reunião Anual da Federação de Sociedade de Biologia Experimental;* 28-31 de agosto 2002; Salvador, Brasil. Salvador, FESBE; 2002.
21. Consenso Nacional de Ergometria. *Arq Bras Cardiol.* 1995; 65(2):189-211.
22. Carter JB, Banister EW, Blaber AP. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Med.* 2003; 33(1):33-46.
23. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AMFW, Barreto ACPB, Negrão CE, Rondon MUPB. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 71(6):787-92.
24. Del Grossi RT. Avaliação da modulação autonômica da frequência cardíaca no repouso e determinação do limiar de anaerobiose durante testes de exercício físico dinâmico: contínuo do tipo rampa e descontínuo do tipo degrau em homens hipertensos de meia idade. Piracicaba. [dissertação]. Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba; 2004.
25. Sirol FN, Sakabe DI, Catai AM, Milan LA, Martins LEB, Silva E. Comparação da modulação autonômica da frequência cardíaca e da capacidade aeróbia de homens de meia idade ativos e sedentários. *Rev Bras Fisiot.* 2005; 9(2):211-18.
26. Hagberg JM, Allen WK, Seals DR, Hurley BF, Ehsani, AA, Holloszy JO. A hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol.* 1985; 58(6):2041-6.

Recebido em: 09/08/2005

Received in: 08/09/2005

Aprovado em: 17/09/2007

Approved in: 09/17/2007