

Comparação entre a Prescrição de Intensidade de Treinamento Físico Baseada na Avaliação Ergométrica Convencional e na Ergoespirométrica

Maria Urbana Pinto Brandão Rondon, Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz, Newton Nunes, Sandra Lia do Amaral, Antonio Carlos Pereira Barretto, Carlos Eduardo Negrão

São Paulo, SP

Objetivo - Comparar os limites inferiores (L.inf.) e superiores (L.sup.) da prescrição de treinamento físico aeróbio determinada pelo teste ergométrico convencional (60-70% do VO_2 máx estimado ou 70-85% da FC máx atingida), com a prescrição obtida pelo teste ergoespirométrico [limiar anaeróbio (LA) e ponto de compensação respiratória (PCR)].

Métodos - Realizaram teste ergoespirométrico progressivo até a exaustão 47 homens (30 ± 5 anos), divididos em subgrupos, de acordo com a velocidade da esteira durante o teste (4 ou 5mph) e a capacidade física medida [baixa (BCF) e moderada (MCF)].

Resultados - Os L.inf. de prescrição indireta apresentaram valores de VO_2 e FC significativamente maiores que os valores de VO_2 e FC no LA (4mph = $34,4 \pm 4,5$ vs $19,6 \pm 4,6$ e 5mph = $28,9 \pm 2$ vs $18,9 \pm 5,4$, e BCF = $32,0 \pm 4,1$ vs $17,2 \pm 2,8$ e MCF = $31,6 \pm 4,9$ vs $21,1 \pm 5,7$ ($mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e (4mph = $128,9 \pm 7,8$ vs $113,1 \pm 15,6$ e 5mph = $130,3 \pm 5,2$ vs $114,1 \pm 18,9$, e BCF = $127,6 \pm 7,2$ vs $109,3 \pm 13,2$ e MCF = $131,2 \pm 5,7$ vs $117,4 \pm 19,2$ bpm). Os L.sup. de prescrição indireta no grupo de 4mph e BCF apresentaram valores de VO_2 significativamente maiores que os valores medidos no PCR ($40,1 \pm 5,3$ vs $32,2 \pm 4,3$ e $37,4 \pm 4,8$ vs $30,6 \pm 2,5$ $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, respectivamente), e valores de FC semelhantes aos medidos no PCR.

Conclusão - Os L.inf. da prescrição indireta de treinamento físico superestimam o LA, enquanto os L.sup. parecem adequados somente para indivíduos ativos com MCF.

Palavras-chave: prescrição de exercício, frequência cardíaca, consumo de oxigênio máximo

Comparison Between Exercise Intensity Prescription Based on a Standard Exercise Test and Cardiopulmonary Exercise Test

Purpose - To compare the lower (LL) and upper limits (UL) of exercise intensity prescription based on standard exercise test (60-70% of estimated VO_2 max or 70-85% of HR max measured) with exercise intensity prescription based on cardiopulmonary exercise test [anaerobic threshold (AT) and respiratory compensation point (RCP)].

Methods - Fourty seven men (30 ± 5 years) who were submitted to a progressive cardiopulmonary exercise test until exhaustion were divided in subgroups according to treadmill speed during exercise test (4 or 5mph) and the physical capacity [lower (LPC) and moderate physical capacity (MPC)].

Results - The LL of the indirect exercise intensity prescription showed VO_2 and HR values significantly higher than VO_2 and HR values measured at AT (4mph = 34.4 ± 4.5 vs 19.6 ± 4.6 and 5mph = 28.9 ± 2 vs 18.9 ± 5.4 , and LPC = 32.0 ± 4.1 vs 17.2 ± 2.8 and MPC = 31.6 ± 4.9 vs 21.1 ± 5.7 $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) and (4mph = 128.9 ± 7.8 vs 113.1 ± 15.6 and 5mph = 130.3 ± 5.2 vs 114.1 ± 18.9 , and LPC = 127.6 ± 7.2 vs 109.3 ± 13.2 and MPC = 131.2 ± 5.7 vs 117.4 ± 19.2 bpm). The UL of the indirect exercise intensity prescription in 4mph and LPC group showed VO_2 values significantly higher than those measured at RCP (40.1 ± 5.3 vs 32.2 ± 4.3 and 37.4 ± 4.8 vs 30.6 ± 2.5 $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, respectively), but similar HR values to those obtained at RCP.

Conclusion - The LL of prescription based on standard exercise test overestimate the AT, whereas the UL seem adequate only for subjects with moderate physical capacity.

Key-words: exercise prescription, heart rate, maximal oxygen uptake

Arq Bras Cardiol, volume 70 (n° 3), 159-166, 1998

de exercício adequada, no que diz respeito a sua intensidade, duração, frequência e modalidade. Dentre esses fatores, a intensidade do exercício parece ter um papel de destaque no resultado final alcançado¹.

Nesse sentido, a ergoespirometria computadorizada veio proporcionar um avanço importante para o desenvolvimento de um programa de condicionamento físico, uma vez que possibilita avaliar, de maneira precisa, a capacidade cardiorrespiratória e metabólica, através da medida direta do consumo de oxigênio máximo e da determinação dos limiares ventilatórios [limiar anaeróbio (LA) e ponto de compensação respiratória]. Esses limiares fornecem, de forma não-invasiva e com grande precisão, as intensidades de exercício em que predominam o metabolismo aeróbio e anaeróbio^{2,3}, possibilitando uma prescrição adequada e individualizada da intensidade do condicionamento físico. Em nossa experiência, essa prescrição é atingida com o exercício físico realizado de maneira regular, numa faixa de intensidade que varia entre o LA e o ponto de compensação respiratória.

O acesso pouco frequente e o alto custo da avaliação ergoespirométrica, no entanto, fazem com que os testes de esforço convencionais sejam mais utilizados que a ergoespirometria na avaliação da capacidade funcional. Se por um lado, os testes convencionais avaliam adequadamente as respostas cardiovasculares durante o exercício, por outro, utilizam-se de métodos indiretos para determinar o consumo de oxigênio máximo e, conseqüentemente, prescrever a intensidade de exercício a ser desenvolvida no programa de condicionamento físico aeróbio^{4,5}. Esta intensidade prescrita indiretamente, normalmente, baseia-se na recomendação do *American College of Sports Medicine (ACSM)*⁴, que preconiza para indivíduos não-idosos saudáveis, uma intensidade de exercício entre 60 e 70% do consumo de oxigênio máximo estimado (VO_2 máxE) ou entre 70 e 85% da frequência cardíaca máxima medida (FC máxM) no teste de esforço (TE).

A estimativa do consumo de oxigênio máximo, na maioria das vezes, leva em consideração a potência máxima atingida no TE. Acontece, porém, que nem sempre o TE é interrompido em carga máxima de exercício, o que acaba distorcendo ainda mais a prescrição de intensidade de exercício físico.

Pouco se conhece a respeito da relação existente entre a intensidade de exercício prescrita, de forma indireta, e a intensidade estabelecida pelos limiares ventilatórios, ou seja, o quanto os limites inferiores de prescrição (60% do VO_2 máxE ou 70% da FC máxM) e os superiores (70% do VO_2 máxE e 85% da FC máxM) propostos pelo ACSM⁴ são efetivos para representar o início da intensificação do metabolismo anaeróbio (LA) e o início da fase de descompensação da acidose metabólica (ponto de compensação respiratória), respectivamente.

Nosso objetivo foi comparar os limites inferior e superior da faixa de prescrição de intensidade de exercício físico prescrito pelo ACSM⁴, calculados a partir do TE convencional, com a prescrição relativa ao LA e ponto de compensação respiratória obtidos no teste ergoespirométrico.

Métodos

Foram avaliados 47 homens saudáveis, voluntários, do sexo masculino, com idade média de $29,7 \pm 5,0$ anos, peso médio de $76,5 \pm 9,7$ kg e estatura média de 175 ± 5 cm. O consumo de oxigênio máximo medido, diretamente, foi de $42,1 \pm 3,5$ ml O_2 . kg^{-1} . min^{-1} .

Foi realizado inicialmente um eletrocardiograma (ECG) de repouso em eletrocardiógrafo computadorizado (Tecnologia Eletrônica Brasileira - TEB, SM310), com o registro das 12 derivações padrão. Em seguida, os indivíduos realizaram um teste ergométrico na esteira rolante (Quinton), seguindo-se o protocolo de Balke modificado com velocidade cruzado de 4 ou 5 mph e incrementos de 2% na inclinação a cada minuto até a exaustão. A velocidade da esteira foi selecionada, a partir da capacidade física individual relatada por cada indivíduo. Nenhum dos voluntários apresentou problemas cardiovasculares e todos os testes foram interrompidos por cansaço físico intenso.

Durante todo o TE, o indivíduo foi continuamente monitorizado através do ECG, utilizando-se três derivações simultâneas (MC5, D2M, V2M). A frequência cardíaca (FC) foi registrada ao final do 2º minuto de repouso em pé na esteira, ao final de cada minuto de exercício e no 1º, 2º, 4º e 6º minutos de recuperação. A pressão arterial foi aferida pelo método auscultatório, utilizando-se esfigmomanômetro de coluna de mercúrio, no final do repouso, a cada 2 min durante o exercício e no 1º, 2º, 4º e 6º minutos de recuperação.

Durante o TE, o ar expirado foi coletado e analisado a cada ciclo respiratório pelo analisador de gases computadorizado (*Medical Graphics Corporation - MGC*, mod CAD/Net 2001). A ventilação pulmonar foi medida por um pneumotacógrafo e as concentrações de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) foram aferidas, respectivamente, através de célula de zircônio e ondas infravermelho. A partir das análises da ventilação e das concentrações de O_2 e CO_2 expirados foram calculados o consumo de oxigênio (VO_2) e a produção de dióxido de carbono (VCO_2). O consumo de oxigênio máximo medido (VO_2 máxM) diretamente no teste foi considerado como o valor obtido no pico do exercício, quando o indivíduo encontrava-se em exaustão, calculado em médias de 60s. A FC, obtida pelo eletrocardiógrafo, foi

Tabela 1 - Características físicas da amostra completa e dos grupos separados pela condição física relatada (protocolo de 4 ou 5mph) e medida diretamente no teste ergoespirométrico (BCF e MCF)

Variável	Amostra completa (n=47)	Condição física relatada		Condição física medida	
		4mph (n=25)	5mph (n=22)	BCF (n=22)	MCF (n=25)
Idade (anos)	30±5	30±5	29±5	31±5	28±5
Peso (kg)	77±10	76±11	77±8	78±11	75±9
Estatura (cm)	175±5	176±5	174±6	174±5	176±6
IMC (kg/m ²)	25,1±3,1	24,7±3,5	25,5±2,5	25,7±3,4	24,5±2,8

BCF- baixa capacidade física; MCF- moderada capacidade física; IMC- índice de massa corporal.

Tabela II - Respostas cardiorrespiratórias e metabólicas analisando-se todos indivíduos estudados e, subdivididos pela capacidade física relatada (protocolo de 4 ou 5mph) e pela capacidade física medida diretamente durante um teste ergoespirométrico

Variável	Amostra completa	Condição física relatada		Condição física medida	
		4mph	5mph	BCF	MCF
VO ₂ máxM (mlO ₂ .kg ⁻¹ .min ⁻¹)	42,1±3,5 [*]	40,7±3,4 ^{*+}	43,7±3,1 ⁺	39,1±2,3 ^{*+}	44,8±1,8 ⁺
VO ₂ máxE (mlO ₂ .kg ⁻¹ .min ⁻¹)	53,0±7,5	57,3±7,5 [*]	48,1±3,3	53,4±6,8 [#]	52,7±8,2
FCmáxM (bpm)	185±9 [*]	184±11 [*]	186±7 [*]	182±10 [*]	188±8 [*]
FCmáxP (bpm)	190±5	189±5	191±5	189±5	192±5
% do VO ₂ máxM no LA	46±11	48±10	43±11	44±8	47±13
% do VO ₂ máxM no PCR	78±9	79±9	76±8	79±8	77±9
% da FCmáxM no LA	61±8	61±7	61±9	60±7	63±9
% da FCmáxM no PCR	84±7	85±7	84±8	84±6	84±8

BCF- baixa condição física; MCF- moderada condição física; VO₂máxM- consumo de oxigênio máximo medido; VO₂máxE- consumo de oxigênio máximo estimado; FCmáxM- frequência cardíaca máxima medida; FCmáxP- frequência cardíaca máxima prevista; % VO₂ LA- % do consumo de oxigênio máximo em que ocorreu o limiar anaeróbio; % VO₂ PCR- % do consumo de oxigênio máximo em que ocorreu o ponto de compensação respiratória; % FCmáxM LA- % da frequência cardíaca máxima medida em que ocorreu o limiar anaeróbio; % FCmáxM PCR- % da frequência cardíaca máxima medida em que ocorreu o ponto de compensação respiratória. * diferença significativa entre os grupos de 4 e 5mph (P<0,05); # diferença significativa entre os grupos de BCF e MCF (P<0,05); + diferença significativa do VO₂máxE (P<0,05); * diferença significativa da FCmáxP (P<0,05).

transmitida como sinal analógico ao analisador de gases computadorizado que a calculou em médias de 60s. Da mesma forma, a FC obtida no pico do exercício foi considerada como a FCmáxM no teste.

O consumo de oxigênio máximo estimado (VO₂máxE) foi calculado indiretamente a partir da velocidade e da inclinação máxima atingida no TE, utilizando-se as fórmulas propostas pelo ACSM⁵: teste com protocolo de caminhada (4mph): VO₂ (mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹) = [velocidade (ml.min⁻¹) x 0,1] + [velocidade (ml.min⁻¹) x % inclinação x 1,8] + 3,5mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹. Teste com protocolo de corrida (5mph): VO₂ (mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹) = [velocidade (ml.min⁻¹) x 0,2] + [velocidade (ml.min⁻¹) x % inclinação x 1,8 x 0,5] + 3,5 mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹

A frequência cardíaca máxima prevista (FCmáxP) para a idade foi calculada pela fórmula: FCmáxP = 220 - idade (anos)⁶.

Com os dados da ergoespirometria foram determinados também o LA e o ponto de compensação respiratória (PCR). O LA foi considerado no minuto de exercício em que se observou um incremento não linear da razão de troca respiratória (RER) e os menores valores do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO₂) e da pressão parcial final de oxigênio (PetO₂), isto é, antes do início do aumento progressivo dessas respostas. O PCR foi considerado no minuto de exercício em que se observou o menor valor do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO₂), ou seja, antes do início do seu aumento progressivo, e o maior valor da pressão parcial final de dióxido de carbono (PetCO₂).

Para a prescrição de intensidade de treinamento físico aeróbio, baseada no teste ergoespirométrico, foram utilizados como limite inferior de prescrição, os valores de VO₂ e FC medidos no LA e, como limite superior, os valores de VO₂ e FC medidos no PCR.

Para a prescrição indireta da intensidade de treinamento físico aeróbio, baseada no teste ergométrico, foram utilizados os seguintes procedimentos: a) 60% do VO₂máxE e 70% da FCmáxM, como limite inferior da intensidade de treinamento e 70% do VO₂máxE e 85% da FCmáxM como limite

superior da intensidade de treinamento e, b) 70% da FCmáxP para a idade como limite inferior da intensidade de treinamento e 85% da FCmáxP para a idade como limite superior da intensidade de treinamento.

Para a comparação das faixas de intensidade de treinamento físico prescritas pelo método direto (ergoespirometria) e pelo método indireto (estimado) foram comparados os limites inferiores e superiores dessas prescrições, tanto em relação à FC quanto ao VO₂. Essas comparações foram realizadas pelo teste-t de Student para amostras repetidas e o nível de P<0,05 foi aceito como significativo. Os dados serão apresentados com média ± desvio-padrão. Essa análise, inicialmente, foi realizada com todos os indivíduos estudados (análise experimental 1) e, posteriormente, com os indivíduos divididos em dois subgrupos, segundo a capacidade física individual relatada ou medida. Essa divisão foi realizada da seguinte maneira: a) indivíduos que realizaram TE com velocidade fixada em 4mph e indivíduos que realizaram TE com velocidade fixada em 5mph. Este critério de classificação baseou-se na capacidade física máxima relatada por cada indivíduo estudado (análise experimental 2); b) indivíduos que possuíam baixa capacidade física máxima (BCF) e indivíduos que possuíam moderada capacidade física máxima (MCF). Essa classificação baseou-se no resultado do teste ergoespirométrico em que se mediu diretamente o consumo de oxigênio máximo e foi calculada a média aritmética do VO₂máxM de todos os indivíduos estudados. Os indivíduos que tiveram seu VO₂máxM abaixo da média, foram alocados no grupo BCF e os indivíduos que tiveram seu VO₂máxM acima da média, foram alocados no grupo MCF (análise experimental 3).

As características físicas e a capacidade funcional dos grupos estão apresentadas na tabela I.

Resultados

Análise experimental 1 - Respostas cardiorrespiratórias e metabólicas máximas de todos indivíduos estudados. Analisando-se todos os indivíduos estudados (n= 47),

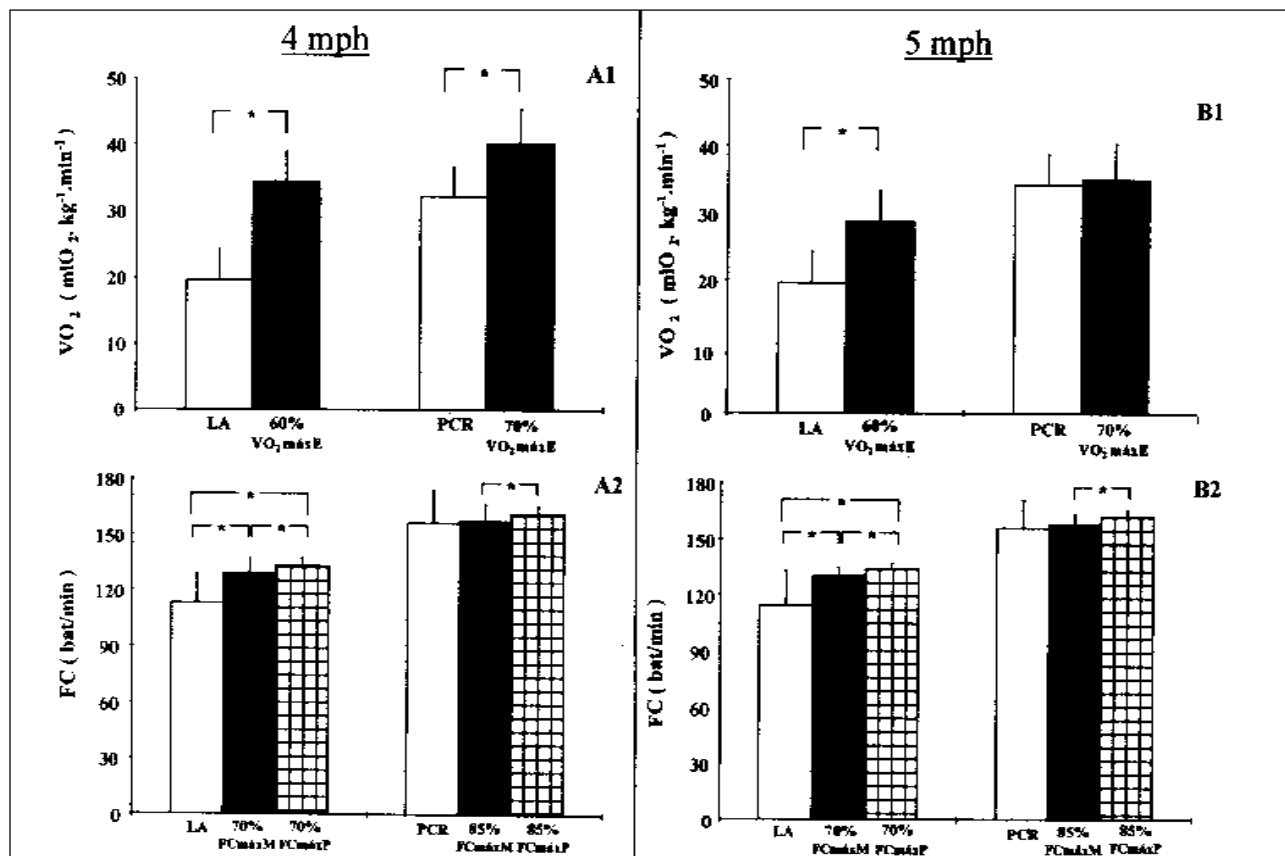


Fig. 1 - Comparação dos limites inferiores e superiores de uma prescrição de um programa de condicionamento físico baseado nos limiares ventilatórios (barras brancas), nas porcentagens do consumo de oxigênio máximo e frequência cardíaca máxima estimadas a partir do teste de esforço (barras pretas) e nas porcentagens da FCmáxP para a idade (barras quadriculadas). Os painéis A1 e B1 mostram o consumo de oxigênio e os painéis A2 e B2 a frequência cardíaca em indivíduos que realizaram teste de esforço com velocidade fixa de 4mph (painéis A1 e A2) e de 5mph (painéis B1 e B2). LA- limiar anaeróbio; PCR- ponto de compensação respiratória; VO₂- consumo de oxigênio; VO₂máxE- consumo de oxigênio máximo estimado; FC- frequência cardíaca; FCmáxM- frequência cardíaca máxima medida; FCmáxP- frequência cardíaca máxima prevista para a idade. * diferença significativa (P<0,05).

verificou-se que o VO₂máxE calculado por fórmula matemática, foi significativamente maior que o VO₂máxM através da ergoespirometria (53±7,5 vs 42,1±3,5 mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹, P<0,05, tab. II). A FCmáxP também foi significativamente maior que a FCmáxM durante o TE (190±5 vs 185±9bpm, P<0,05). Esses resultados evidenciam que: 1) o VO₂máxE através de fórmulas foi em média 21% maior que o VO₂máxM diretamente no pico do exercício através da ergoespirometria e, 2) a FCmáxP foi em média 3% maior que aquela medida diretamente no pico do exercício.

Limite inferior de prescrição de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico de todos indivíduos estudados - O LA foi atingido em 46±11% do VO₂máxM e 61±8% da FCmáxM (tab. II). O consumo de oxigênio calculado em 60% do VO₂máxE (limite inferior estimado de intensidade de exercício) foi significativamente maior que o consumo de oxigênio medido diretamente no LA (31,8±4,5 vs 19,2±4,9 mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹, P<0,05). Da mesma forma, a FC calculada em 70% da FCmáxM (limite inferior estimado de intensidade de exercício) também foi significativamente maior que a FC medida no momento em que ocorreu o LA, determinado pelo método ergoespirométrico (130±7 vs 114±17bpm, P<0,05). E, a FC calculada em 70% da FCmáxP (133±4bpm) foi significativamente maior que a FC

medida no LA e aquela calculada em 70% da FCmáxM. Esses resultados evidenciam que: 1) o consumo de oxigênio calculado em 60% do VO₂máxE e preconizado como limite inferior estimado de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico foi em média 40% maior que o consumo de oxigênio medido no LA e, 2) a FC calculada em 70% da FCmáxM ou 70% da FCmáxP foram em média 12 e 14% maiores que a FC medida no LA.

Limite superior de prescrição de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico de todos indivíduos estudados - O ponto de compensação respiratória foi atingido em 78±9% do VO₂máxM e 84±7% da FC máxM. O consumo de oxigênio calculado em 70% do VO₂máxE foi significativamente maior que o consumo de oxigênio medido diretamente no momento em que ocorreu o ponto de compensação respiratória (37,1±5,3 vs 32,7±4,1 mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹, P<0,05). A FC calculada em 85% da FCmáxM foi semelhante à FC medida no ponto de compensação respiratória (157±8 vs 156±17bpm). No entanto, a prescrição calculada em 85% da FCmáxP (162±8bpm) foi significativamente maior que a FC medida no ponto de compensação respiratória e aquela calculada em 85% da FCmáxM. Esses resultados evidenciam que: 1) o consumo de oxigênio calculado em 70% do VO₂máxE e preconizado

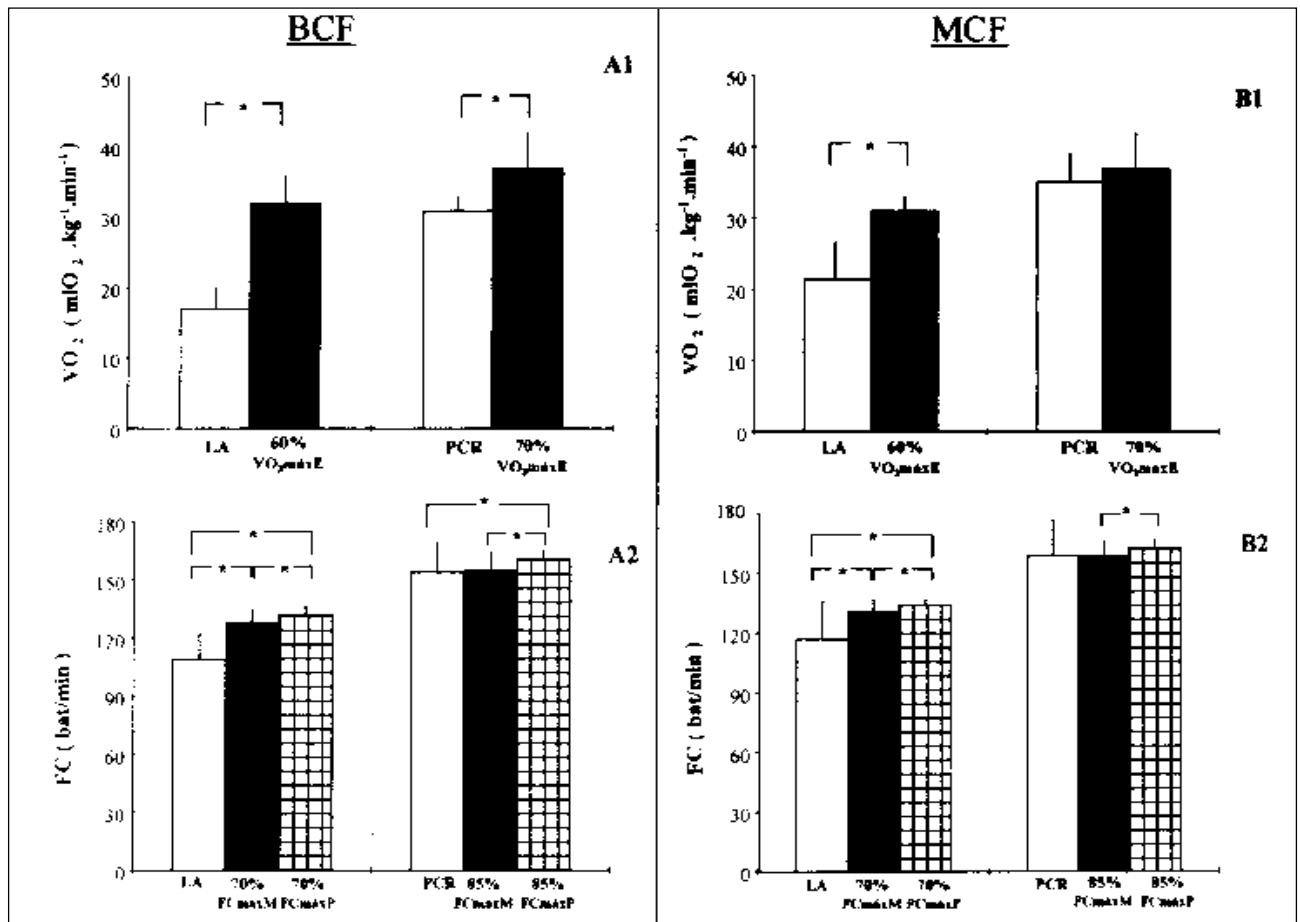


Fig. 2 - Comparação dos limites inferiores e superiores de uma prescrição de um programa de condicionamento físico baseado nos limiares ventilatórios (barras brancas), nas porcentagens do consumo de oxigênio máximo e frequência cardíaca máxima estimadas a partir do teste de esforço (barras pretas) e nas porcentagens da frequência cardíaca máxima prevista para a idade (barras quadriculadas). Os painéis A1 e B1 mostram o consumo de oxigênio e os painéis A2 e B2 a frequência cardíaca em indivíduos que apresentavam VO₂max inferior (baixa condição física - BCF) e superior (moderada condição física - MCF) à média do grupo. LA- limiar anaeróbio; PCR- ponto de compensação respiratória; VO₂- consumo de oxigênio; VO₂maxE- consumo de oxigênio máximo estimado; FC- frequência cardíaca; FCmaxM- frequência cardíaca máxima medida; FCmaxP- frequência cardíaca máxima prevista para a idade. * diferença significativa (P<0,05).

como limite superior de intensidade de exercício para um programa de condicionamento foi em média, 12% maior que o consumo de oxigênio medido no ponto de compensação respiratória e 2) a FC calculada em 85% da FCmaxM foi semelhante aquela medida no ponto de compensação respiratória e que essas duas frequências foram 4% menores que 85% da FCmaxP.

Análise experimental 2 (protocolo de 4 ou 5mph) respostas cardiorrespiratórias e metabólicas máximas baseadas no TE com velocidade de 4 ou 5mph - O VO₂maxM foi significativamente maior no grupo que realizou o TE com a velocidade da esteira em 5mph que no grupo que realizou o teste em 4mph (tab. II). O VO₂maxE foi significativamente maior que o VO₂maxM tanto no grupo que realizou o teste com o protocolo em 4mph (57,3±7,5 vs 40,7±3,4mlO₂ · kg⁻¹ · min⁻¹) quanto no grupo que realizou o protocolo em 5mph (48,1±3,3 vs 43,7±3,1mlO₂ · kg⁻¹ · min⁻¹). De maneira semelhante, a FCmaxP foi significativamente maior que a FCmaxM nos dois protocolos de teste (4mph = 189±5 vs 184±11 bpm; 5mph = 191±5 vs 186±7bpm, P<0,05, tab. II). Esses resultados evidenciam que: 1) o VO₂maxM do subgrupo que reali-

zou o teste com velocidade de 5mph foi em média 3% maior que aqueles que realizaram o teste em 4mph; 2) o VO₂maxE foi 29 e 9% maiores que o VO₂maxM nos indivíduos que realizaram o teste em 4 e 5mph, respectivamente e, 3) a FCmaxP foi 3% maior que a FCmaxM no pico do exercício, tanto nos indivíduos que realizaram o teste em 4 quanto em 5mph.

Limite inferior de prescrição de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico baseado no TE com velocidade de 4 ou 5mph - O LA foi alcançado em 48±10% do VO₂maxM e 61±7% da FCmaxM no protocolo de 4mph e em 43±11% do VO₂maxM e 61±9% da FCmaxM no protocolo de 5mph. A prescrição indireta calculada em 60% do VO₂maxE foi significativamente maior que o consumo de oxigênio medido no LA, tanto no teste em 4mph como no teste em 5mph (Fig. 1, A1 e B1). A FC prescrita em 70% da FCmaxM foi significativamente maior que a FC medida no LA em ambos, o protocolo em 4mph e em 5mph (fig. 1, A2 e B2). Além disso, a prescrição calculada em 70% da FCmaxP foi significativamente maior que a FC medida no LA e aquela calculada em 70% da FCmaxM, nos dois protocolos de testes estudados, isto é, 4 e 5mph (fig. 1, A2 e B2). Esses

resultados evidenciam que: 1) o consumo de oxigênio calculado em 60% do VO_2 máxE e preconizado como limite inferior estimado de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico foi em média 43 e 35% maior que o consumo de oxigênio medido no LA, no TE realizado em 4 e 5mph, respectivamente; 2) a FC calculada em 70% da FC máxM ou 70% da FC máxP foram em média 12 e 15% maiores que a FC medida no LA tanto no TE realizado em 4mph como no teste realizado em 5mph; 3) a FC calculada em 70% da FC máxP foi 3 e 2% maior que os valores de FC em 70% da FC máxM nos testes realizados em 4 e 5mph, respectivamente.

Limite superior de prescrição de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico baseado no TE com velocidade de 4 ou 5mph - O ponto de compensação respiratória foi atingido em $79 \pm 9\%$ do VO_2 máxM e em $85 \pm 7\%$ da FC máxM no protocolo de 4mph (tab. II) e em $76 \pm 8\%$ do VO_2 máxM e $84 \pm 8\%$ da FC máxM no protocolo de 5mph (tab. II). O consumo de oxigênio em 70% do VO_2 máxE foi significativamente maior que o consumo de oxigênio no ponto de compensação respiratória no protocolo de 4mph, mas não no protocolo de 5mph (fig. 1, A1 e B1). A prescrição de intensidade de exercício calculada em 85% da FC máxM não foi estatisticamente diferente da FC medida no ponto de compensação respiratória em nenhum dos protocolos (fig. 1, A2 e B2). No entanto, quando a prescrição foi calculada em 85% da FC máxP, verificou-se que ela era significativamente maior que a FC em 85% da FC máxM. Esses resultados foram observados tanto no protocolo de 4mph quanto no protocolo de 5mph (fig. 1, A2 e B2). Esses resultados evidenciam que: 1) o consumo de oxigênio calculado em 70% do VO_2 máxE e preconizado como limite superior de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico foi em média 20% maior que o consumo de oxigênio medido no ponto de compensação respiratória no TE realizado na velocidade de 4mph, mas não foi diferente no teste realizado em 5mph; 2) a FC calculada em 85% da FC máxM foi semelhante aquela medida no ponto de compensação respiratória no protocolo de teste realizado em 4 e em 5mph; 3) a FC calculada em 85% da FC máxP foi em média 3% maior que os valores de FC em 85% da FC máxM nos testes realizados em 4 e 5mph.

Análise experimental 3: respostas cardiorrespiratórias e metabólicas máximas em indivíduos com BCF e MCF - O VO_2 máxM foi significativamente maior no grupo de MCF que no grupo de BCF (tab. II). O VO_2 máxE foi significativamente maior do que o VO_2 máxM tanto no grupo BCF ($53,4 \pm 6,8$ vs $39,1 \pm 2,3$ $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) quanto no MCF ($52,7 \pm 8,2$ vs $44,8 \pm 1,8$ $mlO_2 \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, tab. II). A FC máxP foi significativamente maior que FC máxM (BCF = 189 ± 5 vs 182 ± 10 bpm; MCF = 192 ± 5 vs 188 ± 8 bpm, $P < 0,05$). Esses resultados evidenciam que: 1) o VO_2 máxM do subgrupo com MCF foi em média 13% maior que o subgrupo com BCF; 2) o VO_2 máxE foi em média 27 e 15% maior que o VO_2 máxM nos indivíduos com BCF e MCF, respectivamente; 3) a FC máxP foi 4 e 2% maior que a FC máxM no pico do exercício, no subgrupo de BCF e MCF, respectivamente.

Limite inferior de prescrição de intensidade de exercí-

cio para um programa de condicionamento físico em indivíduos com baixa e MCF - O LA foi alcançado em $44 \pm 8\%$ do VO_2 máxM e $60 \pm 7\%$ da FC máxM no grupo BCF e em $47 \pm 13\%$ do VO_2 máxM e $63 \pm 9\%$ da FC máxM no grupo MCF (tab. II). A prescrição indireta de exercício calculada em 60% do VO_2 máxE e em 70% da FC máxM foram significativamente maiores que o consumo de oxigênio (fig. 2, A1 e B1) e a FC (fig. 2, A2 e B2) medidos no LA nos subgrupos BCF e MCF, respectivamente. Além disso, a prescrição calculada em 70% da FC máxP foi significativamente maior que a FC medida no momento em que ocorreu o LA e maior que a FC calculada pela FC máxM (fig. 2, A2 e B2) nos subgrupos BCF e MCF, respectivamente. Esses resultados evidenciam que: 1) o consumo de oxigênio calculado em 60% do VO_2 máxE e preconizado como limite inferior estimado de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico foi em média 46 e 33% maior que o consumo de oxigênio medido no LA, nos subgrupos BCF e MCF, respectivamente; 2) a FC calculada em 70% da FC máxM ou 70% da FC máxP foram em média 14 e 17% maiores que a FC medida no LA no subgrupo de BCF e foram em média 11 e 13% maiores que a FC medida no LA no subgrupo de MCF; 3) a FC calculada em 70% da FC máxP foi em média 4 e 2% maior que os valores de FC em 70% da FC máxM nos subgrupos BCF e MCF, respectivamente.

Limite superior de prescrição de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico em indivíduos com baixa e MCF - O ponto de compensação respiratória foi atingido em $79 \pm 8\%$ do VO_2 máxM e em $84 \pm 6\%$ da FC máxM no grupo BCF (tab. II) e em $77 \pm 9\%$ do VO_2 máxM e $84 \pm 8\%$ da FC máxM no grupo MCF (tab. II). O consumo de oxigênio calculado em 70% do VO_2 máxE foi significativamente maior que o consumo de oxigênio medido no momento em que ocorreu o ponto de compensação respiratória no grupo BCF (fig. 2, A1), mas não no grupo MCF (fig. 2, B1). A prescrição de intensidade de exercício realizada indiretamente em 85% da FC máxM não foi estatisticamente diferente da FC medida no ponto de compensação respiratória em nenhum dos dois subgrupos estudados (fig. 2, A2 e B2). No entanto, quando a prescrição de exercício foi realizada em 85% da FC máxP, ela foi significativamente maior que a FC medida no ponto de compensação respiratória no grupo BCF (fig. 2, A2) e significativamente maior que a prescrição calculada em 85% da FC máxM nos dois grupos estudados (fig. 2, A2 e B2). Esses resultados evidenciam que: 1) o consumo de oxigênio calculado em 70% do VO_2 máxE e preconizado como limite superior de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico foi em média 18% maior que o consumo de oxigênio medido no ponto de compensação respiratória no subgrupo de BCF, mas não foi diferente no subgrupo de MCF; 2) a FC calculada em 85% da FC máxM foi semelhante aquela medida no ponto de compensação respiratória nos subgrupos de BCF e MCF; 3) a FC calculada em 85% da FC máxP foi em média 4% maior que a FC medida no ponto de compensação respiratória no subgrupo de BCF e foi em média, 3 e 2% maior que a FC em 85% da FC máxM nos subgrupos BCF e MCF, respectivamente.

Discussão

Os principais resultados obtidos no presente estudo foram: 1) o consumo de oxigênio máximo e a FC máxima foram superestimados pelas fórmulas utilizadas em indivíduos de meia idade do sexo masculino; 2) o limite inferior de prescrição indireta de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico calculado em 60% do VO_2 máxE ou em 70% da FC máxM foi maior que os valores de consumo de oxigênio e FC medidos no LA; 3) o limite superior de prescrição indireta de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico calculado em 70% do VO_2 máxE ou 85% da FC máxM em indivíduos com MCF foi semelhante aos valores de consumo de oxigênio e FC obtidos no ponto de compensação respiratória medidos no teste ergoespirométrico. No entanto, a prescrição indireta calculada em 70% do VO_2 máxM superestima os valores obtidos no teste ergoespirométrico em indivíduos com BCF; para esses indivíduos com BCF apenas a prescrição indireta calculada em 85% da FC máxM se assemelha àquela obtida no ponto de compensação respiratória; 4) a prescrição realizada a partir da FC máxP para a idade fornece limites inferiores e superiores de prescrição de intensidade de exercício físico maiores que os previstos pela FC medida no LA e ponto de compensação respiratória, ampliando os valores já superestimados pela prescrição indireta baseada na FC máxM.

A discrepância entre os valores do VO_2 máx estimado pela fórmula do ACSM⁵ e aqueles medidos diretamente pela ergoespirometria é provavelmente devida ao tipo de protocolo utilizado durante o TE. A fórmula do ACSM⁵ pressupõe uma condição de equilíbrio (*steady-state*), enquanto o protocolo de teste utilizado no presente estudo assemelha-se ao protocolo de rampa, em que não se permite um equilíbrio, uma vez que os incrementos ocorriam a cada 1min⁷. Esses resultados sugerem que na estimativa indireta do VO_2 máx deve-se respeitar a fórmula adequada para o protocolo que está sendo empregado⁸. Um outro aspecto a ser considerado, diz respeito à influência da capacidade física nos resultados finais obtidos. No presente estudo observou-se que a discrepância entre os resultados de consumo de oxigênio estimados pela fórmula do ACSM⁵ foi maior em indivíduos de BCF que em indivíduos de MCF (4mph = 39% vs 5mph = 9%, e BCF = 36% vs MCF = 18%). Isso pode estar relacionado à cinética de consumo de oxigênio. Estudo anterior do nosso laboratório⁹ mostrou que especialmente em indivíduos mais idosos, um programa de condicionamento físico adequado pode melhorar a relação entre a potência de trabalho e o consumo de oxigênio.

O fato dos indivíduos não atingirem a FC máxP para a idade durante o TE apesar de todas as avaliações terem sido interrompidas por cansaço físico intenso pode estar relacionado a fadiga muscular. A maior parte dos indivíduos estudados, mesmo os que apresentavam MCF, não estavam acostumados ao exercício em esteira rolante. Assim, é possível que o cansaço físico local possa ter influenciado o momento de interrupção do TE em indivíduos não adaptados ao ergômetro em que esse teste é realizado.

Os limites inferiores de intensidade de treinamento (60% do VO_2 máxE e 70% da FC máxM) preconizados pelo ACSM⁴ para indivíduos saudáveis não idosos foram significativamente maiores que a intensidade relativa do consumo de oxigênio e da FC máxima em que ocorre o LA (46 e 61%, respectivamente). Os valores de VO_2 prescritos indiretamente superestimam em aproximadamente 80% os valores medidos no LA nos grupos de baixa condição física e em cerca de 50% nos grupos de MCF. Embora essa diferença seja atenuada quando a prescrição é feita, a partir da FC máxM, ela continua existindo, pois os valores de FC prescritos, indiretamente, superestimam em aproximadamente 14%, os valores de FC medidos no LA, independentemente da capacidade física. Esses resultados demonstram que a prescrição indireta de condicionamento físico aeróbio estimada em 60% do VO_2 máxE ou 70% da FC máxM (limite inferior de intensidade) predispõe o praticante a uma intensidade de exercício em que já ocorre uma intensificação do metabolismo anaeróbio, cuja acidose é compensada pela ativação do sistema tampão e bicarbonato de sódio². Esse fato pode não ter grande importância para indivíduos ativos saudáveis mas, ao contrário, pode ter implicações clínicas para indivíduos sedentários e iniciantes e, principalmente, para portadores de doenças cardiovasculares. Para esses últimos, um estresse metabólico e cardiovascular inadequado, acima dos níveis desejados, pode comprometer os efeitos benéficos causados pelo exercício físico, e em alguns casos, predispor o indivíduo a riscos, como por exemplo, um evento cardiovascular agudo.

Nos indivíduos com menor capacidade física (4mph e BCF), o limite superior da prescrição indireta calculada em 70% do VO_2 máxE superestima os valores do consumo de oxigênio medidos no ponto de compensação respiratória, fazendo com que os indivíduos se exercitem numa intensidade em que existe uma acidose metabólica descompensada², limitando a melhora da capacidade aeróbia¹⁰. Nos grupos com MCF (5mph e MCF), a prescrição com base no VO_2 máxE foi semelhante aos valores medidos no ponto de compensação respiratória, isto é, não ultrapassando o limite de uma acidose metabólica compensada. Da mesma forma, a prescrição calculada em 85% da FC máxM reflete a FC do ponto de compensação respiratória independentemente da capacidade física.

Um outro aspecto que merece ênfase diz respeito a prescrição baseada na FC máxP para a idade. Alguns laboratórios têm empregado testes submáximos na avaliação da condição física e, conseqüentemente, têm prescrito a intensidade de exercício físico para um programa de condicionamento físico, a partir da FC máxP. A presente investigação demonstra que em todas as condições estudadas, isto é, tanto o limite inferior como o limite superior, independentemente da condição física, a prescrição de intensidade de exercício físico para um programa de condicionamento físico baseada na FC máxP forneceu valores significativamente maiores que os valores obtidos a partir da FC máxM. Dessa forma, os erros inerentes da prescrição realizada a partir da FC máxM foram ampliados pela utilização da FC máxP. Além

disso, sabe-se que a FCmáxP apresenta erros que são ampliados à medida que a idade aumenta. Dessa forma, é possível que as distorções apresentadas pelas prescrições indiretas em indivíduos jovens e de meia idade, verificadas no presente estudo, sejam ampliadas em indivíduos idosos, chegando até a invalidar esse tipo de prescrição nessa população. Portanto, é importante que esse estudo seja também realizado em indivíduos idosos.

O presente estudo comparou as prescrições realizadas com base no método direto de ergoespirometria com os métodos indiretos baseados em testes ergométricos padrão. Ele teve por suposição que a prescrição de intensidade de exercício com base no LA ventilatório e no ponto de compensação respiratória seja a mais recomendada para se obter as adaptações benéficas na capacidade cardiopulmonar, verificada após um programa de condicionamento físico^{2,11,12}. No entanto, nem o presente estudo, nem outros estudos na literatura compararam o efeito de programas de condicionamento físico prescritos pela forma direta e indireta. Dessa forma, futuros estudos deveriam se ocupar em comparar as adaptações cardiorrespiratórias e metabólicas causadas pelo exercício físico prescrito pelo método indireto (60 - 70% do VO₂máxE ou 70 - 85% da FCmáxM) com aquelas causadas pelo exercício físico prescrito pelo método direto através da ergoespirometria (LA e ponto de compensação respiratória).

A fórmula do ACSM⁵ para cálculo do consumo de oxigênio

máximo superestima os valores de consumo de oxigênio máximo medidos diretamente durante um teste com incrementos de intensidade a cada 1 min. Indivíduos saudáveis não idosos e não acostumados ao exercício em esteira rolante podem interromper o TE por cansaço muscular antes de atingirem a FCmáxP para a idade. Os limites inferiores de prescrição indireta de intensidade de condicionamento físico aeróbio (60% do VO₂máxE ou 70% da FCmáxM) devem ser utilizados com cautela, pois, normalmente, superestimam a intensidade de exercício físico em que o LA é atingido, independentemente da capacidade física, sugerindo que, no início de um programa de condicionamento físico, o limite inferior de prescrição indireta deve ser menor que os valores preconizados pelo ACSM⁴. O limite superior de uma prescrição de condicionamento físico aeróbio, baseado na FCmáxM, pode ser determinado tanto pelo método de medida direta da análise metabólica quanto pelo método indireto. Por outro lado, o limite superior de prescrição, baseado no VO₂máxE, pode ser usado apenas em indivíduos com MCF. A prescrição de intensidade de exercício baseada na FCmáxP deve ser evitada porque apresenta erros maiores que as demais prescrições indiretas. E, finalmente, para uma precisa prescrição de intensidade de exercício para um programa de condicionamento físico, a capacidade física máxima de indivíduos saudáveis jovens e de meia idade deve-se utilizar a ergoespirometria.

Referências

1. Individualized Exercise Prescription - In: Noble BJ, eds - Physiology of Exercise and Sport. St. Louis: Mosby, 1986: 263.
2. Skinner JS, McLellan TH - The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Res Quarterly Exerc Sport 1980; 51: 234-48.
3. Wasserman K, Hausen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R - Principles of Exercise Testing and Interpretation. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994.
4. American College of Sports Medicine - Principles of exercise prescription. In: Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991: 99-100.
5. American College of Sports Medicine - Appendix D: Metabolic Calculations. In: Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991: 96.
6. Miller WC, Wallace JP, Eggert KE - Predicting max HR and the HR-VO₂ relationship for exercise prescription in obesity. Med Sci Sports Exerc 1993; 25: 1077-81.
7. Zhang YY, Johnson MC, Chow N, Wasserman K - Effect of exercise testing protocol on parameters of aerobic function. Med Sci Sports Exerc 1991; 23: 625-30.
8. Methods. In: Froelicher VF, eds - Manual of Exercise Testing. 2nd ed. St. Louis: Mosby, 1993: 11.
9. Wajngarten M, Negrão CE, Kalil LMP et al - Influence of aging and exercise training on the increase in oxygen uptake as a function of the increase in work rate. Cardiol Elderly 1994; 2: 421-6.
10. Training for anaerobic and aerobic power. In: McArdle WD, Katch FI, Katch VL, eds - Exercise Physiology. 3rd ed. Philadelphia: Williams & Wilkins, 1996: 429-40.
11. Brandão MUP, Wajngarten M, Rondon E, Giorgi MCP, Hironaka F, Negrão CE - Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects. J Appl Physiol 1993; 75: 1989-95.
12. Negrão CE, Forjaz CLM, Rondon MUPB, Brum PC - Adaptação cardiovascular ao treinamento físico dinâmico. In: Souza AGMR, Mansur AJ eds - Cardiologia, Atualização e Reciclagem - SOCESP. 3^a ed. São Paulo: Atheneu, 1996: 532-40.