

## Avaliação Cardiorrespiratória ao Exercício no Idoso Sadio

Maurício Wajngarten, Luciana Mara Pinto kalil, Carlos Eduardo Negrão, Ana Maria Fonseca Wanderley Braga, Paulo Yazbek Jr, Giovanni Bellotti, Fúlvio Pileggi, Luis Gastão Serro-Azul, Luiz Venere Décourt São Paulo, SP

**Objetivo** - Estudar os aspectos metodológicos e os resultados da avaliação cardiorrespiratória ao exercício em indivíduos idosos.

**Métodos** - Foram realizadas avaliações cardiorrespiratórias ao exercício com protocolo de incremento contínuo de potência, em cicloergômetro, em 25 indivíduos (idade média 65+5 anos). Utilizou-se um sistema computadorizado (2001 CD/Net System - MGC), que consiste de analisador de gases e pneumotacógrafo acoplados a computador, permitindo análise das frações expiradas de gases e do fluxo ventilatório em tempo real.

**Resultados** - Foram observados os seguintes valores de consumo de oxigênio, ventilação pulmonar e razão de troca respiratória: repouso =  $4 \pm 1$  ml/kg-1/min-1,  $11 \pm 2$  l/min-1 e  $0,80 \pm 0,1$ , respectivamente; limiar anaeróbio =  $12 \pm 3$  ml/kg-1/min-1,  $29 \pm 6$  l/min-1 e  $0,90 \pm 0,1$ , respectivamente; ponto de compensação respiratória =  $18 \pm 4$  ml/kg-1/min-1,  $47 \pm 1$  l/min-1 e  $1,07 \pm 0,1$ , respectivamente e pico do exercício =  $23 \pm 5$  ml/kg-1/min-1,  $76 \pm 18$  l/min-1 e  $1,21 \pm 0,2$ , respectivamente. O limiar anaeróbio e o ponto de compensação respiratória foram alcançados em  $53 \pm 11$  e  $77 \pm 9\%$  do consumo de oxigênio no pico do exercício, respectivamente. Os idosos mostraram ligeiro aumento dos valores da relação espaço mono/volume corrente no repouso e no limiar anaeróbio em comparação com dados obtidos em indivíduos jovens. A faixa de frequência cardíaca para exercício prescrita segundo a resposta cronotrópica, foi maior que aquela estabelecida por parâmetros metabólicos ( $113/126$  bpm vs.  $96-114$  bpm).

**Conclusão** - O padrão de respostas cardiorrespiratória e metabólica do idoso ao exercício é heterogêneo. A faixa de frequência cardíaca prescrita para exercício físico, baseada em teste de esforço convencional, parece superestimar a capacidade cardiorrespiratória e metabólica do idoso sadio. A determinação do limiar anaeróbio e do ponto de compensação respiratória, a partir da avaliação cardiorrespiratória ao exercício, possibilita uma prescrição de treinamento físico mais adequada para o idoso.

Palavra-chave: ergoespirometria, esforço, envelhecimento

## Cardiopulmonary Exercise Test in the Evaluation of Healthy Elderly Men

**Purpose** - To study methodological aspects and results of cardiopulmonary exercise tests in elderly.

**Methods** - Twenty-five men (mean age 65+5 years) performed a cardiopulmonary exercise test using a bicycle ergometer and a progressive continuous work load increase protocol was employed. A computerized system (2001 CAD/Net System-MGC), which includes a gas analyser and a pneumotacograph, was used for on line monitoring of oxygen and carbon dioxide expired fraction and also of pulmonary flow.

**Results** - We observed the following values of oxygen uptake, pulmonary ventilation and respiratory gas exchange: rest =  $4 \pm 1$  ml/kg<sup>1</sup>/min<sup>-1</sup>,  $11 \pm 2$  l/min<sup>-1</sup> and  $0.80 \pm 0.1$ , respectively; anaerobic threshold =  $12 \pm 3$  ml/kg<sup>1</sup>/min<sup>-1</sup>,  $29 \pm 6$  l/min<sup>-1</sup> and  $0.90 \pm 0.1$ , respectively; respiratory compensation point =  $18 \pm 4$  ml/kg<sup>1</sup>/min<sup>-1</sup>,  $47 \pm 1$  l/min<sup>-1</sup> and  $1.07 \pm 0.1$ , respectively, and peak of exercise =  $23 \pm 5$  ml/kg<sup>1</sup>/min<sup>-1</sup>,  $76 \pm 18$  l/min<sup>-1</sup> and  $1.21 \pm 0.2$ , respectively. The anaerobic threshold and the respiratory compensation point were achieved at  $53 \pm 11$  and  $77 \pm 9\%$  of peak oxygen uptake respectively. The elderly shown slightly increased values of the relation volume dead/fidal volume at rest with a slightly smaller decrease of its values during exercise in comparison to data obtained from young healthy untrained subjects. The heart rate prescription for exercise based on the heart rate reserve was higher than that based on the cardiorespiratory and metabolic responses ( $113-126$  bpm vs  $96-114$  bpm).

**Conclusion** - The cardiorespiratory and metabolic responses pattern in the elderly is quite heterogeneous. The heart rate prescription for exercise based on conventional stress tests seems to overestimate cardiorespiratory and metabolic capacity in healthy elderly men. The determination of anaerobic threshold and respiratory compensation point from cardiopulmonary exercise test data optimize exercise prescription for healthy elderly men.

Key-words: cardiopulmonary exercise test, exercise, aging

Arq Bras Cardiol, volume 63 ( n° 1),27-33,1994

plas, os hábitos de vida sedentária, acentuados com o avançar da idade.

Deve ser acentuado que a peculiar heterogeneidade das respostas fisiológicas da população idosa contribui sobremaneira para tornar sua avaliação mais complexa. Por outra, o desenvolvimento tecnológico de sistemas computadorizados, que permitem monitorização e registro, em tempo real, da ventilação e das trocas respiratórias, afigura-se como metodologia de suma importância para uma análise mais adequada das respostas cardiorrespiratórias ao exercício físico. De fato, a avaliação cardiorrespiratória ao exercício, também conhecida como ergoespirometria<sup>2</sup>, comporta-se como prova que supera o teste de esforço convencional. Sua aplicabilidade em idosos, entretanto, não tem sido adequadamente avaliada. Neste sentido, nosso grupo já possui experiência satisfatória, obtida no "Programa de Condicionamento Físico para Idosos", que vem sendo realizado conjuntamente pela Escola de Educação Física e pelo Instituto do Coração da Universidade de São Paulo desde 1990. Os resultados alcançados podem ser considerados importantes para o clínico que pretende ampliar e atualizar o seu conhecimento sobre o comportamento cardiorrespiratório e metabólico do indivíduo idoso durante o exercício.

Assim, no presente trabalho, são apresentados os pormenores técnicos da metodologia utilizada e a experiência conseguida com a interpretação dos dados obtidos em idosos sadios.

## Métodos

Foram estudados 25 indivíduos idosos, do sexo masculino, aposentados, não-praticantes de atividade física regular nos últimos cinco anos e que foram considerados sadios pelo exame clínico e por provas complementares. Os valores médios de idade, massa corporal, estatura e pressão arterial (PA) sistólica e diastólica ao exame clínico eram respectivamente 65+ - 5 anos, 75+ - 13kg e 160+ -0,6cm e 132+ - 17 x 83+ -10mmHg. Este grupo foi selecionado dentre participantes do Programa de Condicionamento Físico para Idosos.

Utilizou-se o sistema computadorizado 2001 CAD/Net System - Medical Graphics Corporation, compreendendo analisador de gases e pneumotacógrafo acoplados a um computador com vídeo e respectiva impressora. O aparelho permite analisar, em tempo real, as frações expiradas dos gases, os fluxos e os volumes. O pneumotacógrafo é acoplado a transdutor de pressão diferencial, sendo o sinal gerado amplificado e transmitido ao computador.

O analisador de gases detecta e dimensiona as frações expiradas de oxigênio e de dióxido de carbono em cada ciclo respiratório. A porção de oxigênio é avaliada por meio de uma célula de zircônio enquanto a de dióxido de carbono por absorção de radiação infravermelha.

A calibração do equipamento é realizada imediatamente antes do início da coleta de dados sob condições ambientais controladas. Ela compreende a) calibração de

fluxos e de volumes do pneumotacógrafo através de seringa graduada com capacidade para três litros e b) calibração dos analisadores de gases utilizando-se mistura conhecida de oxigênio e de dióxido de carbono balanceada com nitrogênio.

O computador fornece gráficos que permitem análise dos dados obtidos em diferentes intervalos de tempo. Para utilização em nossas pesquisas, tem-se estabelecido intervalos a cada cinco ciclos respiratórios, com média fornecidas a cada ciclo respiratório<sup>3</sup>.

O examinando é preparado de maneira semelhante à do teste de esforço. Após seu posicionamento na bicicleta ergométrica, entretanto, ele recebe um capacete que permite o acoplamento de uma válvula de duas vias (Hans Rudolph) e é realizada a preensão nasal por meio de prendedor apropriado. Após considerar-se o examinando adaptado ao equipamento, o que se faz pela observação, ao monitor, das respostas ventilatórias (quadro I) durante alguns minutos, é iniciada a coleta definitiva dos dados. A colaboração do examinando depende muito da atitude da equipe examinadora antes e durante a prova, devendo ser tranquilizadora e permitir a adaptação do indivíduos ao sistema.

A coleta dos dados se iniciou com o examinando já posicionado na bicicleta. Após período de repouso de 2min, sucederam-se outros três, de aquecimento, sem aplicação de potência. A partir do 5º min iniciou-se protocolo em "rampa"<sup>3</sup>, com incremento de potência contínuo, progressivo e individualizado, baseado em previsão da potência máxima a ser alcançada por indivíduos normais, segundo fórmulas estabelecidas para cada sexo<sup>4</sup> e que consideram a idade e as características antropométricas. No caso dos selecionados para o nosso estudo, o cálculo da potência máxima predita sugeriu incrementos de 5, de 7,5, de 10 ou de 15watts/min, mantendo-se a velocidade de 60 rotações/min (rpm). O período de recuperação foi de 4 min. Durante os três primeiros, manteve-se a velocidade de 30rpm, e, durante o último, o examinando per-

Quadro I - Variáveis ergoespirométricas

Siglas	Significado
VO <sub>2</sub> (STPD)	Volume de oxigênio consumido por minuto, em mililitros
VCO <sub>2</sub> (STPD)	Volume de dióxido de carbono expirado por minuto, em mililitros
VE (BTPS)	Volume de ar expirado por minuto, em litros (VE=FRxVC)
FR	Frequência respiratória
VC (BTPS)	Volume corrente, em mililitros
VE/VO	Equivalente ventilatório de oxigênio
VE/VCO <sub>2</sub>	Equivalente ventilatório de dióxido de carbono
VCO <sub>2</sub> /V $\dot{O}$ <sub>2</sub>	Razão de troca respiratória
PetO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Pressão de oxigênio ao final da expiração
PetCO <sub>2</sub>	Pressão de dióxido de carbono ao final da expiração
Vd/Vt <sup>2</sup>	Razão entre o espaço morto funcional estimado e volume corrente

STPD - standard temperature and pressure, dry; BTPS - body temperature, ambient pressure, saturated with water vapor

maneceu em repouso na bicicleta. Na fase de recuperação, a potência, no 1º min foi equivalente a 50% da máxima atingida no teste: no 2º min. foi equivalente a 25% e, no 3º, equivalente à resistência dos pedais.

Foram estudados registros eletrocardiográficos e medidas de PA por método auscultatório em repouso na bicicleta ergométrica, ao final do aquecimento e a cada minuto do teste de esforço e da recuperação.

O estudo pormenorizado do comportamento fisiológico durante o exercício tem implicações práticas. Nesse sentido, as determinações do limiar anaeróbio e do ponto de compensação respiratória, propiciada pela avaliação cardiorespiratória ao exercício, têm sido valorizadas<sup>2</sup>. Dessa forma, o limiar ventilatório anaeróbio foi determinado na ocorrência de pelo menos duas das seguintes condições (fig. 1A): a) perda da linearidade entre a ventilação pulmonar (VE) e o consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), observada a partir do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO<sub>2</sub>): b) tendência à ascensão da relação entre o volume de dióxido de carbono expirado por minuto (VCO<sub>2</sub>) e o VO<sub>2</sub>, denominada razão de troca respiratória (VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>): c) o menor valor da pressão de oxigênio ao final da expiração (PetO<sub>2</sub>)<sup>5-7</sup>. O ponto de compensação respiratória foi determinado em ocorrência de (fig. 1B): a) perda da linearidade da relação entre VE e VCO<sub>2</sub>, verificada a partir

do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO<sub>2</sub>) e/ ou b) verificação do maior valor da pressão de dióxido de carbono ao final da expiração (PetCO<sub>2</sub>) precedendo a sua queda abrupta<sup>8</sup>.

Foram empregados critérios de normalidade preditos por outros autores<sup>2,4,5</sup>. Considerou-se como consumo de oxigênio de pico (VO<sub>2</sub> pico) o valor médio do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) dos 30s finais do teste.

A monitorização dos dados em tempo real permite detectar, a qualquer momento, comportamento cardiorespiratório não compatível com o esperado para o teste, possibilitando, portanto, a própria correção de problemas técnicos, entre os quais, presença de artefatos, de vazamentos, ou de obstrução do sistema e calibração inadequada do aparelho.

## Resultados

Os resultados são apresentados de forma apenas descritiva, considerando-se médias e desvios-padrão de cada variável (tab. 1, II, III e IV). Os valores absolutos da frequência cardíaca (FC) e da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) encontram-se na tabela I e os das variáveis cardiorespiratórias na tabela II. Os valores percentuais em relação ao pico do exercício são apresentados na tabela III e os valores percentuais do pico em re-

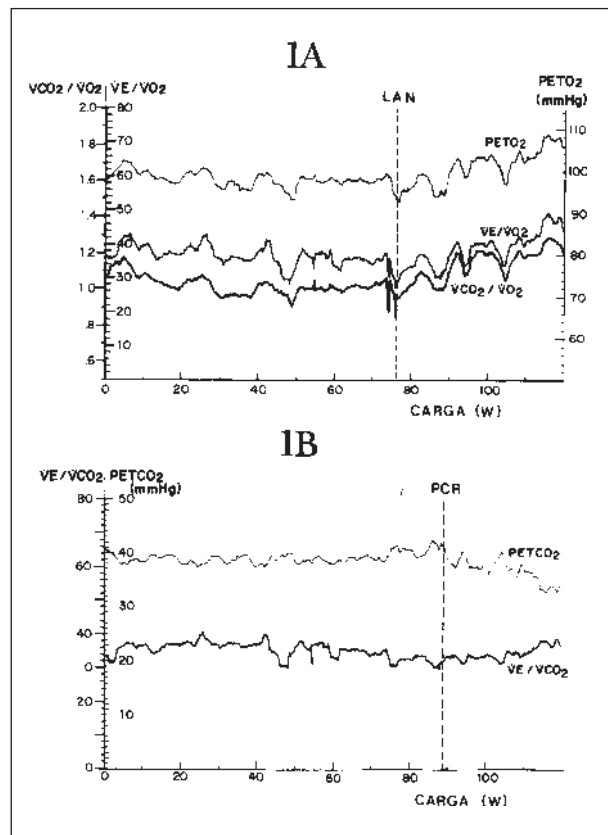


Fig. 1 - Limiar anaeróbio ventilatório e ponto de compensação respiratória. A) limiar anaeróbio (LAN) e B) ponto de compensação respiratória (PCR); VE/VO<sub>2</sub>: equivalente ventilatório de oxigênio; VE/VCO<sub>2</sub>: equivalente ventilatório de dióxido de carbono; VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>: razão de troca respiratória; PetO<sub>2</sub>: pressão de oxigênio ao final da expiração; PetCO<sub>2</sub>: pressão de dióxido de carbono ao final da expiração.

	Repouso	LAN	PCR	PICO
FC (bpm)	74±11	50±16 W	89±17 W	120±23 W
PAS (mmHg)	145±22	186±22	205±24	216±24
PAD (mmHg)	92±13	99±11	98±9	103±11

	Repouso	LAN	PCR	PICO
VO (ml/min <sup>-1</sup> )	273±58	890±255	1277±312	1688±340
VO <sup>2</sup> (ml/kg <sup>-1</sup> /min <sup>-1</sup> )	4±1	12±3	18±4	23±5
VCO <sub>2</sub> (ml/min <sup>-1</sup> )	215±47	794±225	1349±321	2018±370
VE (l <sup>3</sup> /min <sup>-1</sup> )	11±2	29±6	47±11	76±18
FR (ipm)	15±3	22±4	26±5	35±7
VC (ml/min <sup>-1</sup> )	776±150	1356±242	1813±318	2203±398
VE/VO	41±9	33±5	37±4	46±11
VE/VCO <sub>2</sub>	52±9	36±5	34±3	37±5
VO/VCO <sub>2</sub>	0,80±0,1	0,90±0,1	1,07±0,1	1,21±0,2
PetO <sub>2</sub> <sup>2</sup>	92±8	97±4	97±4	104±7
PetCO <sub>2</sub>	36±3	38±3	38±3	34±5

Vd/Vt 0,38±0,1 0,27±0,1 0,23±0,04 0,20±0,04 \*Siglas obedecem significados descritos no quadrp I e tabela I.

**Wajungarten e col**  
**Avaliação cardiorespiratória ao exercício no idoso sadio**

**Tabela III - Valores percentuais (média±desvio-padrão) das variáveis no limiar anaeróbio (LAN) e no ponto de compensação respiratória (PCR) em relação aos valores observados no pico do exercício.**

	LAN	PCR	PICO
Potência	42±14	75±8	100
FC*	68±8	83±8	100
VO	53±11	77±9	100
VCÖ	40±13	67±10	100
VE <sup>2</sup>	40±13	61±12	100
VE/VO	73±11	79±10	100
VE/VCÖ	97±8	90±7	100
VO <sub>2</sub> /VÖ <sub>2</sub>	75±8	87±5	100

· Siglas obedecem significados descritos no quadro I e tabela I.

**Tabela IV - Valores percentuais (media±desvio-padrão) das variáveis no pico do exercício em relação aos valores preditos.**

	Valores médios	Vlores extremos
Potência	97±19	59-127
FC*	95±11	70-119
VO	93±18	54-114
VCÖ	93±15	52-118
VE <sup>2</sup>	61±17	34-94
VE/VO	74±15	46-111
VE/VCÖ	74±11	52-92
VCO <sub>2</sub> /VÖ <sub>2</sub>	101±12	72-131

· Siglas obedecem significados descritos no quadro I e tabela I.

lação aos preditos<sup>4,9,10</sup> na tabela IV.

O tempo total de teste, incluindo 2min de repouso e três de aquecimento foi de 18+ -3min. Desta forma, a fase de aumento contínuo de potência durou 13+ -3min. O incremento médio de potência, baseado no valor predito para cada indivíduo, foi de 10+ -2W.

A PA durante o exercício manteve-se dentro dos limites da normal idade para a faixa etária, incluindo ausência de redução do valor diastólico. Apenas três indivíduos não alcançaram 85% da FC máxima predita para a idade, ainda que tivessem superado o ponto de compensação respiratória. Em relação à potência, o comportamento da amostra foi extremamente heterogêneo (59 a 127% da potência máxima predita).

### Discussão

O tempo de esforço, entre 7 e 18min, superou a duração mínima de 6min, preconizada para determinação do limiar anaeróbio e de 12min, proposta para obtenção de maiores valores de VO<sub>2</sub> pico<sup>11</sup>. Além disso, é importante ressaltar a confiabilidade dos valores de VO pico obtidos em testes com duração de até 17min<sup>11</sup>. Assim, a predição da potência máxima pela fórmula de Wasserman e col<sup>4</sup> garantiu tempo de coleta suficiente para análise adequada dos dados e evitou que a fadiga muscular compromete-

tesse a execução da prova.

O valor da PA verificado antes do início do exercício, ligeiramente maior do que o observado ao exame clínico, reproduziu um achado freqüente, mesmo em normotensos.

De início deve ser acentuado que, em nosso meio, não existem estudos adequados que definam normalidade de comportamento à avaliação cardiorespiratória durante o exercício. Sabe-se, além disso, que as dificuldades em estabelecer critérios de normalidade são maiores nas faixas etárias mais altas. Assim, tornou-se obrigatório, como já acentuado, o emprego de critérios propostos por autores estrangeiros. Entre eles, tem-se utilizado, inclusive em nosso Serviço, o sugerido por Wasserman e col<sup>4</sup>, baseado em porcentagens atingidas de valores preditos.

VO<sub>2</sub> - O consumo máximo de oxigênio tem sido considerado como importante indicador do nível de capacidade física<sup>12</sup>. Nossa experiência tem confirmado que em teste realizado em bicicleta ergométrica raramente atinge-se o platô de consumo de oxigênio, que define este parâmetro<sup>13</sup>. De fato, na prática, recorre-se ao consumo de oxigênio observado no pico do esforço (VO<sub>2</sub> pico). Observamos valores de VO<sub>2</sub> pico que variaram entre 16 e 33 ml/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>, semelhantes aos encontrados por outros investigadores<sup>14-17</sup>. Eles foram obtidos através de correção do consumo de oxigênio em ml/min-1 pela massa corporal, que tende a se elevar com o envelhecimento. Esta correção favorece a comparação de indivíduos com dimensões corporais diversas. O idoso, porém, apresenta redução da massa corporal magra (muscular), que não é rotineiramente determinada. Esta característica deve ser ressaltada porque a diminuição do VO<sub>2</sub> pico, conseqüente ao envelhecimento, é muito atenuada mediante a correção desta variável pela massa magra<sup>15</sup>. Esse comportamento reflete influência expressiva do componente periférico na redução da capacidade física relacionada ao processo de envelhecimento<sup>19</sup>. Esta redução é influenciada, também, embora em menor grau, pela diminuição do débito cardíaco máximo, basicamente provocada pela menor resposta cronotrópica<sup>20,21</sup>.

Uma redução da capacidade aeróbia máxima pode estar associada ao processo de envelhecimento normal, a hábitos sedentários, a doenças<sup>12</sup> e ainda à falta de motivação. Em nossa investigação, todos os indivíduos alcançaram o limiar anaeróbio e apenas dois, que chegaram à FC submáxima predita para a idade, deixaram de alcançar o ponto de compensação respiratória. Em média, a porcentagem do VO<sub>2</sub> pico atingida no limiar anaeróbio e no ponto de compensação respiratória, foi compatível com o esperado, ou seja, 40% a 70% a 90% do VO<sub>2</sub> pico, respectivamente.

Em termos médios, observamos coerência de comportamento em relação aos valores preditos de FC, de potência e de VO<sub>2</sub> no pico do exercício. No idoso, porém, freqüentemente verifica-se dissociação entre a capacidade física observada e a condição de seus determinantes (central e periférico). De fato, na análise individual (não apresentada), verificamos casos com dissociação entre os comportamentos de FC, de potência e de VO<sub>2</sub> no pico do



exercício, em relação aos valores preditos. Em tais eventualidades, a avaliação cardiorespiratória ao exercício permitiu análise mais objetiva e precisa do desempenho. Assim, por exemplo, um indivíduo que interrompeu o exercício e apenas 81% da FC máxima predita para a idade, exibiu variáveis cardiorespiratórias dentro de limites normais:  $VO_2$  pico= 114% e potência=108% dos valores preditos: limiar anaeróbio aos 46% e ponto de compensação respiratória aos 64% do  $VO_2$  pico.

**VCO<sub>2</sub>**- A medida do volume de dióxido de carbono eliminado através de respiração, embora pouco utilizada isoladamente, torna-se importante quando apreciada em associação a outros dados cardiorespiratórios. Confirmando achados de outros autores <sup>7</sup>, observamos que o idoso, como o jovem, exibe, durante o exercício em “rampa”, aumento progressivo do VCO<sub>2</sub>, fenômeno que se processa devido ao acréscimo da atividade metabólica nos músculos ativos. No limiar anaeróbio (fig. IA), verifica-se acentuação do aumento da VCO<sub>2</sub>. Nesta fase há aumento desproporcional da produção de dióxido de carbono em relação ao consumo de oxigênio, devido ao tamponamento de íons hidrogênio pelo bicarbonato. Quando o ponto de compensação respiratória é alcançado (fig. 1A), sendo o tamponamento do bicarbonato insuficiente para conter a acidose metabólica, há nova aceleração de aumento do VCO<sub>2</sub>, desta vez por estímulo direto do centro respiratório <sup>13</sup>.

**VE, FR e VC** - Os valores observados sob condições mais adequadas de repouso não são modificados pelo envelhecimento normal <sup>13</sup>. OS valores observados antes do início do exercício, entretanto, foram bastante variáveis e elevados em relação aos habitualmente observados em tais condições. De fato, nesta situação, a ventilação pulmonar sofre influência do estado emocional do examinando, que pode alterar tanto a frequência respiratória quanto o volume corrente.

Durante o exercício, a influência da ansiedade, em geral se reduz e o comportamento da ventilação passa a ser controlado pela demanda metabólica e pela produção de dióxido de carbono, conseqüente ao aumento de íons de hidrogênio.

A ventilação pulmonar, como esperado, aumentou abruptamente durante a transição do repouso para o exercício, em magnitude que variou de indivíduo para indivíduo e de forma contínua até a exaustão.

Em concordância com a literatura, o ritmo de aumento da ventilação foi modificado no limiar anaeróbio (em relação ao consumo de oxigênio) e no ponto de compensação respiratória (em relação a produção de dióxido de carbono) <sup>13</sup>. Após o ponto de compensação respiratória, o aumento da ventilação ocorreu principalmente em função do aumento de FR. Os valores ventilatórios máximos atingidos variaram de 34% a 94% da ventilação voluntária máxima predita <sup>9,10</sup>. O valor percentual médio foi de 61+ - 17% do predito, em concordância com os achados de Wasserman e col <sup>22</sup> que observaram valores de 50% a 80%

da ventilação voluntária máxima no pico do exercício. A diferença entre a ventilação voluntária máxima e a ventilação pulmonar no pico do exercício é considerada pelos referidos autores como a “reserve respiratória” (20% a 50% da ventilação voluntária máxima) <sup>24</sup> e a observação de redução desse índice poderia indicar acometimento pulmonar.

Por outro lado, elevação da “reserve respiratória”, refletindo subutilização da capacidade ventilatória, em ausência de alterações eletrocardiográficas, pode significar tanto um teste ineficaz quanto problemas músculo esqueléticos.

Ao aumento da ventilação está associada sensação de dispnéia <sup>22,26</sup>. Em nenhum caso observamos dispnéia, desproporcional ao trabalho executado e comportamento da ventilação pulmonar pouco compatível com o de outras variáveis, achado relativamente freqüente no idoso deprimido ou ansioso e que pode ser minimizado pela atitude da equipe durante o exame.

**VE/VO<sub>2</sub> e VE/VCO<sub>2</sub>** - Os equivalentes ventilatórios expressam a relação ventilação/metabolismo energético, sendo particularmente utilizados para determinação do limiar anaeróbio e do ponto de compensação respiratória. Em repouso, os equivalentes ventilatórios são grandemente influenciados pelo fator emocional. Por isso, nessa situação, seus valores foram maiores do que no limiar anaeróbio. Como esperado, durante o esforço observou-se que a VE aumentou proporcionalmente ao VO<sub>2</sub> até o limiar anaeróbio e ao VCO<sub>2</sub> até o início da compensação respiratória (fig. IA e IB). Em comparação com os achados de outros autores <sup>22</sup> para VE/VO<sub>2</sub> (29,1+4,3) e de VE/VCO<sub>2</sub> (26,5+4,4) no limiar anaeróbio, os valores de VE/VCO<sub>2</sub> observados foram ligeiramente elevados. Isto pode ser explicado pela diferença na idade dos indivíduos observados. Estudamos apenas pessoas acima de 60 anos, enquanto aqueles autores incluíram jovens. Como já observado <sup>22</sup>, o aumento do espaço morto com o envelhecimento pode explicar os valores mais elevados de VE/VCO<sub>2</sub> no presente estudo.

**VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>**- A razão de troca respiratória é indicadora da fonte de substrato energético usada <sup>27</sup>. Valores que se aproximam de 0,71 indicam predominância de utilização de ácidos graxos. Por outra, a sua elevação, aproximando-se do valor 1,0, reflete maior emprego da via glicolítica, que aumenta progressivamente do limiar anaeróbio até a exaustão. Em repouso, observamos valores de 0,80+0,12, com elevação abrupta, após o limiar anaeróbio, o que está de acordo com o descrito por outros autores <sup>13</sup>. É importante ressaltar, entretanto, que o teste em “rampa” não é o mais adequado para interpretação da fonte energética utilizada, pois devido ao aumento contínuo de potência, não se atinge estado de equilíbrio necessário para que a VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub> indique realmente o substrato energético em utilização.

**PetO<sub>2</sub> e PetCO<sub>2</sub>** A pressão de O<sub>2</sub> ao final da

## Wajungarten e col Avaliação cardiorespiratória ao exercício no idoso sadio

expiração ( $P_{et}O_2$ ) expressa, de forma confiável, a pressão de  $O_2$  alveolar, desde que não haja alteração expressiva da distribuição da ventilação e da difusão de gases. A  $P_{et}O_2$  pode exibir gradiente de 10mmHg ou mais em relação à pressão parcial de oxigênio no sangue arterial, de acordo com a intensidade do exercício. Conforme dados da literatura<sup>22</sup>, em nossas observações a  $P_{et}O_2$  diminuiu no início do exercício e praticamente retornou aos seus valores de repouso até o limiar anaeróbio, quando então passou a se elevar rapidamente (fig. IA). Por essa razão e um dos parâmetros utilizados na determinação ao limiar anaeróbio.

Por outro lado, a pressão de  $CO_2$  ao final da expiração ( $P_{et}CO_2$ ) permite verificar apenas tendência de comportamento da pressão parcial de dióxido de carbono do sangue arterial. Assim, em casos de doença pulmonar, não se dispense obtenção da gasometria arterial. Os valores da  $P_{et}CO_2$  são muito dependentes do estado emocional do indivíduo na condição de repouso, cause provável da grande variabilidade dos nossos achados. Durante o exercício, ela manteve-se estável até o ponto de compensação respiratória, quando seus valores caíram abruptamente. Esta é a razão pela qual a variável é comumente utilizada para detecção do ponto de compensação respiratória (fig. I B).

**VD/VT** - Nem todo o ar que ventila os pulmões é efetivamente. Existem regiões mal ventiladas e, portanto, menos envolvidas nas trocas respiratórias e regiões alveolares pouco perfundidas, que limitam a saturação de oxigênio do sangue. A fração desperdiçada do volume corrente, do ponto de vista de troca respiratória, determina a diferença entre o volume de ar respiratório real (VE) e a ventilação alveolar. Sabemos que, em decorrência do envelhecimento, o espaço morto funcional aumenta. Em repouso, os valores de VD/Vt foram muito variáveis (0,29 a 0,50). Outros investigadores<sup>22</sup> observaram valores de até 0,45 em indivíduos acima de 40 anos, mas em alguns casos, obtivemos valores maiores do que os observados por aqueles autores (tab. II) embora o comportamento durante o exercício tenha sido concordante com o relatado na literatura. Assim, nesta fase, seus valores diminuíram progressivamente com o aumento da intensidade do esforço devido ao aumento das áreas de perfusão (fig. 2). No limiar anaeróbio, os valores médios observados (0,27±0,1) foram ligeiramente elevados em relação aos encontrados (0,20±0,07) por outros autores<sup>22</sup>. No pico do exercício, observamos valores de 0,20±0,04 (0,12 a 0,25), em concordância com dados da literatura<sup>22</sup>, que considera como normais, valores de até 0,28. O fato da avaliação cardiorrespiratória ao exercício incluir análise precisa da ventilação pulmonar e das trocas respiratórias, permite determinação mais objetiva da capacidade funcional, bem como maior precisão na prescrição de treinamento físico em comparação com a ergometria convencional.

Dois aspectos devem ser acentuados ao fim desta análise de nossa experiência. Por um lado, a avaliação do indivíduo idoso confirmou a significativa heterogeneidade

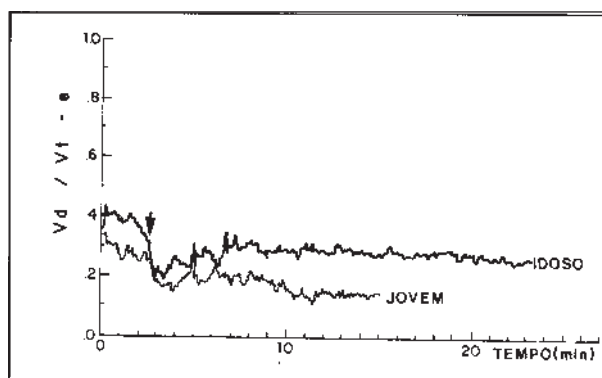


Fig 2 - Razão espaço morto funcional/volume corrente estimada ( $V_d/V_t$  - e) em repouso e durante exercício com incremento progressivo de potência (idoso e jovem saudáveis).

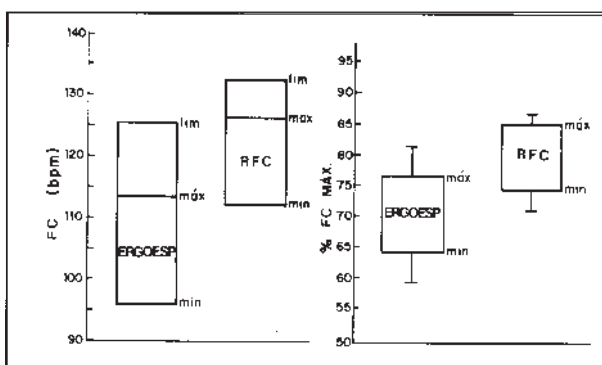


Fig 3 - Faixa de intensidade de treinamento físico. Valores obtidos pela análise metabólica através da avaliação cardio-respiratória ao exercício (ERGOESP) e pela reserva de frequência cardíaca (RFC). Valores médios de frequência cardíaca mínima (min), máxima (máx) e de limite de segurança (lim) (esquerda), e valores percentuais em relação à frequência cardíaca máxima (direita).

de respostas observada na maior parte dos estudos envolvendo este tipo de população. Por outra, em relação ao comportamento descrito para indivíduos jovens, os idosos exibiram resultados compatíveis com a) redução dos valores de  $VO_2$  e de potência no limiar anaeróbio, no ponto de compensação respiratória e também no pico do exercício; b) ligeiro aumento dos valores de VD/Vt em repouso e no limiar anaeróbio e c) semelhança quanto aos valores das demais variáveis analisadas.

A prescrição de treinamento físico, habitualmente, realizada a partir dos dados obtidos no teste de esforço convencional e que leva em consideração a reserva de FC 29, isto é, a diferença entre a FC máxima e a FC de repouso, superestima a real capacidade funcional do indivíduo idoso. A prescrição de treinamento realizada a partir da avaliação cardiorrespiratória ao exercício, que leva em consideração a FC e a potência no momento em que foram alcançados o limiar anaeróbio e o ponto de compensação respiratória, determinou uma faixa de intensidade de

treinamento físico mais baixa do que aquela prescrita a partir da reserva de FC (fig. 3).

Considerando-se que em idosos, benefícios no desempenho físico têm sido observados essencialmente em consequência a programas de exercício admitidos como de moderada intensidade 30, torna-se óbvia a importância de um método que avalie, mais precisamente, os limites individuais dessa intensidade. É o que ocorre com a avaliação cardiorespiratória ao exercício.

### Referências

1. Shephard RJ - The scientific basis of exercise prescribing for the very old. *J Am Geriatr Soc* 1990; 38: 62-70.
2. Yazbek Jr P, Haebisch H, Kedor HH, Camargo Jr PA, Saraiva JF, Serro-Azul LG - Aspectos propedêuticos no uso da ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol* 1985; 44: 291-5.
3. Medical Graphics Corporation. 2001 User's Manual. St. Paul. MN. 1988. Section 8.0 - Final Report: 1-22.
4. Wasserman K - Whipp BJ - Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Respir Dis* 1975; 112:21949.
5. Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL - Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973; 33: 236-43.
6. Wasserman K - The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis* 1984; 12: S35-S40.
7. Whipp BJ, Davis JA, Torrer F, Wasserman K - A test to determine parameters of anaerobic function during exercise. *J Appl Physiol* 1981; 50: 217-21.
8. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ - Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia, Lea & Febiger 1987; 33-6.
9. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K - Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129: 549-555.
10. Campbell SC - A comparison of the maximum voluntary ventilation with forced expiratory volume in one second: an assessment of subject cooperation. *J Occup Med* 1982; 24: 531-3.
11. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue DY, Wasserman K, Whipp BJ - Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *J Appl Physiol* 1983; 55:1558-64.
12. Lakatta EG - Changes in cardiovascular function with aging. *Eur Heart J* 1990; 11 (suppl C): 22-9.
13. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ - Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia, Lea & Febiger 1987; 29-36.
14. Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al - Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in elderly older men and women. *J Gerontol* 1989; 44: M147-57.
15. Kohrt WM, Malley MT, Coogan AR et al - Effects of gender, age, and fitness level on response of VO<sub>2</sub> max to training in 60-71 yr old. *J Appl Physiol* 1991; 71: 2004-11.
16. Sidney KH, Shephard RJ - Frequency and intensity of exercise training for elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc* 1978; 10: 125-31.
17. Posner JD, Gorman KM, Windsor-Landsberg L et al - Low to moderate intensity endurance training in healthy older adults: physiological responses after four months. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40: 1-7.
18. Renlund DG, Gerstenblith G - Exercise and the aging heart. *Cardiol Clin* 1987; 5: 331-6.
19. Holloszy JO - Adaptations of muscular tissue to training. *Prog Cardiovasc Dis* 1976; 18: 445-58.
20. Wajungarten M - Função ventricular esquerda em idosos sadios durante exercício dinâmico. Estudo por meio da cintilografia sincronizada das câmaras cardíacas. (Tese à Livre-Docência). São Paulo: Faculdade de Medicina da USP 1990.
21. Rodeheffer RJ, Gerstenblith G, Becker LC, Fleg JL, Weisfeldt ML, Lakatta EG - Exercise cardiac output is maintained with advancing age in healthy human subjects: cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for diminished heart rate. *Circulation* 1984; 69: 203-13.
22. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ - Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia Lea & Febiger 1987; 72-86.
23. Shephard RJ - Habitual physical activity levels and perception of exertion in the elderly. *J Cardiopul Rehabil* 1989; 9: 17-23.
24. Sullivan MJ, Cobb FR - The anaerobic threshold in chronic heart failure. Relation to blood lactate, ventilatory basis, reproducibility, and response to exercise training. *Circulation* 1990; 81: 1147-58.
25. Wasserman K - Overview and future directions. *Circulation* 1990; 81: 1159-1164.
26. Haebisch H - Fundamentos de Fisiologia Respiratória Humana. São Paulo. Pedagógica Universitária 1980; 109-10
27. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ - Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia, Lea & Febiger 1987; 6-26.
28. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ - Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia, Lea & Febiger 1987; 81-3.
29. Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ et al - Effects of exercise training on cardiorespiratory function in men and women >60 years of age. *Am J Cardiol* 1991; 67: 633-9.
30. Posner JD, Gorman KM, Windsor-Landsberg L et al - Low to moderate intensity endurance training in healthy older adults: physiological responses after four months. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40: