

ANÁLISE COMPARATIVA DO VO₂ MÁXIMO DIRETO E INDIRETO ATRAVÉS DO TESTE EM CICLOERGÔMETRO

Valdomiro de Oliveira*

Diógenes Sanches**

Marco Antonio Sant'Ana***

OLIVEIRA, V.; SANCHES, D.; SANT'ANA, M. A. Análise comparativa do VO₂ máximo direto e indireto através do teste em cicloergômetro. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*. 2(1): 75-82, 1998.

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo analisar a capacidade aeróbica máxima, utilizando metodologia ou avaliação direta e indireta, através do teste ergométrico de Balke. A pesquisa foi descritiva, do tipo "estudo de caso". Foram analisados quinze atletas masculinos da equipe de Voleibol adulta da COCAMAR de Maringá, onde foi aplicado individualmente o teste de forma direta e indireta. O VO₂ máx. direto foi obtido através do Analisador Metabólico MMC 2900, por meio de prova de esforço máximo, em ml/min e o indireto através da frequência cardíaca. Os valores médios do VO₂ máx. foi de 3379 ml/min do método direto e o indireto de 4753 ml/min. Dessa forma pode-se perceber com os resultados da pesquisa, que o VO₂ máx., no método indireto, superestima o VO₂ no método direto.

PALAVRAS-CHAVE: teste em cicloergômetro; voleibol; VO₂ direto; VO₂ indireto.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIRECT AND INDIRECT VO₂ MAXIMAL THROUGH THE CYCLOERGOMETER TEST

OLIVEIRA, V.; SANCHES, D.; SANT'ANA, M. A. Comparative analysis of direct and indirect VO₂ maximal through the cycloergometer test. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*. 2(1): 75-82, 1998.

ABSTRACT: This study had the purpose of analyzing the maximal aerobic capacity using direct and indirect methodology, or evaluation through the Balke's ergometer test. The research was descriptive, of the "case study" kind. Fifteen male athletes from the volleyball team of COCAMAR of Maringá were analysed, the direct and indirect forms of the test being applied, the direct VO₂ máx. was obtained through Metabolic Analyser MMC 2900, by means of maximal effort assay, in ml/min, and the indirect through cardiac rate. The mean values of VO₂ max were 3379 ml/min for the direct method and 4753 ml/min for the indirect. Thus it can be seen through results that the VO₂ max. is overestimated by the indirect method, as compared with the direct VO₂.

KEY WORDS: cycloergometers test; direct VO₂; indirect VO₂; volleyball.

Introdução

Consumo máximo de O₂ é a quantidade máxima de oxigênio que o organismo pode captar, transportar e consumir, com o objetivo de fornecer a todos os seus processos metabólicos. O VO₂ máx. reflete o volume de oxigênio consumido por unidade de tempo, podendo ser expresso em valor absoluto (l/min) ou por quilo corporal (ml/kg/min) (McARDLE *et al.*, 1996;

ASTRAND, 1980).

Para RICART *et al.* (1989), o consumo máximo de O₂ é um índice que reflete a condição física de um indivíduo e a capacidade dos sistemas cardiovascular e respiratório. De acordo com o autor, o VO₂ máx. é considerado mundialmente como um dos mais preciosos indicadores da eficiência do sistema cardiorespiratório e metabólico do organismo. Dessa forma percebe-se a

* Professor licenciado em Educação Física pela Universidade Estadual de Maringá.

** Professor do Departamento de Ciências Morfofisiológicas da Universidade Estadual de Maringá.

*** Educador Físico. Professor do Departamento de Ciências Morfofisiológicas da Universidade Paranaense. Doutorando em Atividade Física – Universidade de Leon – Espanha.

Endereço para correspondência: Marco Antonio Sant'Ana. Universidade Paranaense. Pça. Mascarenhas de Moraes, s/n. Umuarama-PR. CEP: 87.502-210.

importância de predizer o VO_2 para a periodização do treinamento.

Diferentes métodos são apresentados na literatura para a mensuração desta variável, dividindo-se basicamente em dois métodos: O direto, através da análise dos gases inspirados e expirados e o indireto, pela análise do ECG através de fórmulas matemáticas. Acredita-se que a comparação entre o método direto e indireto pode apresentar diferenças que afetem o condicionamento que se relaciona com o VO_2 máx. de atletas adultos de voleibol. Para comprovar esta hipótese, o presente estudo teve como objetivo analisar a capacidade aeróbica máxima utilizando metodologia direta e indireta através do teste ergométrico de Balke.

Revisão de Literatura Bioenergética

Na contração muscular, a molécula de miosina precisa de energia química na forma de Adenosina Trifosfato (ATP). O ATP é produzido através dos alimentos que ingerimos. A forma de energia do ATP implica em reações químicas metabólicas, podendo ser anaeróbicas ou anoxidativa (sem a presença de oxigênio) e aeróbica oxidativa (com a presença de oxigênio) (VANDER *et al.*, 1981).

A energia obtida de forma anaeróbica ocorre através de dois sistemas. O primeiro é o sistema fosfogênio, ou ATP-PC; e o segundo a glicólise anaeróbica ou o sistema do ácido láctico. FOX *et al.* (1991) dizem que o sistema fosfogênio (ATP-PC) constitui a fonte de energia mais rápida para ser utilizada pelo músculo. É o principal sistema energético para a produção de ATP durante os exercícios de alta intensidade e curta duração, como uma corrida de 100m rasos.

VANDER *et al.* (1981), acrescenta dizendo que no início de qualquer treinamento esportivo de maior intensidade ocorre uma demora inicial na absorção respiratória de oxigênio que provavelmente é causada por uma resposta relativamente lenta do sistema cardiorespiratório. Com isso, o músculo é obrigado a obter a energia

necessária através de processos anaeróbicos.

LEITE (1986) diz que os sistemas energéticos anaeróbicos são sistemas acessórios e de urgência que auxiliam o sistema aeróbico em situação de perigo e na execução de provas atléticas em que a utilização destas vias devam ser predominantes.

Segundo FOX *et al.* (1991), uma das ligações fosfáticas de ATP contém um composto chamado fosfocreatina (PC) e quando este composto é desintegrado ocorre a liberação de grande quantidade de energia utilizada para a ressíntese do ATP, através do auxílio de enzimas específicas que vai ser fornecido às células musculares.

FOX *et al.* (1991) enfatizam que o sistema do fosfogênio representa a fonte mais rápida de ATP para ser usado pelo músculo, isso porque não depende de uma longa série do transporte do oxigênio que respiramos para os músculos que estão realizando o trabalho; e tanto ATP quando PC estão armazenados no interior dos músculos.

Para McARDLE *et al.* (1996), o nível de lactato no sangue é o indicador mais comum da ativação do sistema glicolítico.

Segundo MATSUDO (1983), em atividades físicas com duração superior a aproximadamente três minutos, a energia requerida passa a ser obtida primordialmente através do metabolismo oxidativo dos nutrientes.

O sistema aeróbico libera energia para a produção de ATP graças à desintegração, principalmente de carboidratos e gorduras e às vezes de proteínas em dióxido de carbono e água. O sistema aeróbico produz a maior parte do ATP, porém, requer várias séries de reações químicas complexas (FOX *et al.*, 1991; VANDER, 1981; McARDLE *et al.*, 1996; GUYTON, 1997). Estas reações químicas podem ser divididas em três séries principais que são: 1. Glicólise aeróbica; 2. Ciclo de Krebs; e 3. Sistema de transporte de elétrons.

VANDER *et al.* (1981), salienta a importância da intensidade do trabalho

muscular e com isso a velocidade de contração na fibra muscular que se modifica dependendo do abastecimento de energia. A velocidade de contração é mais alta com os fosfatos de energia; a mais baixa é na queima aeróbica dos ácidos graxos.

FOX *et al.* (1991) explicam que na primeira série de reações denominadas glicólise aeróbica, o glicogênio é transformado em piruvato; a seguir, no ciclo de Krebs, o dióxido de carbono é produzido e os elétrons, na forma de átomos de hidrogênio, são removidos. Na série final de reações os átomos de hidrogênio (elétrons) são transportados até o oxigênio que respiramos, formando água e sintetizando o ATP. O Sistema oxidativo é utilizado em atividades de baixa intensidade e longa duração.

Consumo de oxigênio

O consumo de oxigênio representa a quantidade de oxigênio utilizada no organismo em intervalo de um minuto (VO_2) e é considerado também o melhor indicador indireto do gasto energético ou potência aeróbica de um indivíduo ao realizar um trabalho físico. O VO_2 é medido em litros de oxigênio por minuto (l/min^{-1}), quando expresso em sua forma absoluta como mililitros de oxigênio consumido por quilograma de peso corporal a cada minuto (ml/kg) ou $ml/min^{-1}/kg^{-1}$ quando expresso de forma relativa e de acordo com o peso de cada indivíduo (ARAÚJO, 1986).

Este mesmo autor diz que, o consumo de oxigênio pode ser medido de forma direta ou estimado de forma indireta. Para a medida do VO_2 , é necessário conhecer basicamente a ventilação pulmonar, as funções inspiradas e expiradas de oxigênio, a temperatura e a pressão barométrica ambiental. Já a estimativa indireta é mais freqüentemente feita a partir da resposta da freqüência cardíaca num esforço geralmente de 4 a 6 minutos de duração e de intensidade constante ou pelo cálculo de gasto energético do trabalho realizado. O VO_2 de um indivíduo em repouso na posição sentada é estimado como igual ao peso corporal vezes um valor constante de 3,5 $ml/kg/min$.

A este valor do VO_2 de repouso dá-se também o nome de MET (Metabolic Equivalent), que é definido como a quantidade de O_2 exigido por minuto, em condições de repouso tranquilo. O VO_2 tende a aumentar com a carga de esforço desenvolvido pelo indivíduo, até atingir um ponto a partir do qual o consumo de oxigênio encontra seu estado de equilíbrio. Do ponto de vista prático costuma-se considerar que o indivíduo se encontra em estado de equilíbrio quando a freqüência cardíaca se mantém dentro de uma variabilidade igual ou menor do que 4 batimentos por minuto. A partir deste ponto, o indivíduo tende a entrar em metabolismo anaeróbico com glicólise e produção de lactato que logo o levará a exaustão (ARAÚJO, 1984).

Consumo máximo de oxigênio

Para STEGEMANN (1981), a capacidade máxima de absorção de oxigênio e a capacidade de performance máxima estão intimamente ligadas.

O VO_2 máx., segundo ARAÚJO (1986), é um caso particular de consumo de oxigênio; é a determinação de seu nível máximo que significa o maior nível de consumo de oxigênio que um indivíduo consegue alcançar em um esforço, inspirando e expirando em nível do mar. No entanto MOREIRA & BITTENCOURT (1985) observam que a capacidade máxima de utilização de oxigênio pelo organismo representa a nossa capacidade aeróbica e normalmente é medida pelo maior volume de oxigênio que conseguimos consumir em um minuto. VO_2 máx. simboliza a máxima produção de energia por minuto.

BARBANTI (1987), em seu trabalho, conclui ser a capacidade aeróbica a responsável pela maior quantidade de oxigênio que pode ser absorvida por minuto com uma carga dinâmica.

VIVACQUA (1992) preconiza que o VO_2 máx. ou potência aeróbica máxima é o maior volume de oxigênio que se pode absorver em nível alveolar e transportar até os tecidos do corpo durante uma atividade física máxima no tempo de um minuto

estando diretamente relacionada ao débito cardíaco e a diferença arteriovenosa do oxigênio.

Mensuração da capacidade aeróbica máxima

ARAÚJO (1984) descreve que foram elaborados e padronizados numerosos testes para a medida de VO_2 máx., nesses testes o desempenho em geral independe da força da velocidade das dimensões corporais e da habilidade. McARDLE *et al.* (1996) relatam que o teste para o VO_2 máx. pode exigir um esforço super máximo contínuo de 3 a 5 minutos, porém, em geral consiste em aumento de esforço até o ponto em que o indivíduo não consegue mais continuá-lo. Para identificar que uma pessoa alcançou sua capacidade máxima de metabolismo aeróbico, durante determinado exercício, será necessário alcançar um nivelamento ou platô na captação de oxigênio. Isso significa que atingindo o platô, o VO_2 máx. já foi alcançado.

Formas para prever VO_2 máx.

ASTRAND (1980) preconiza que a potência aeróbica máx. de uma pessoa pode ser determinada por mensuração direta da captação máxima de oxigênio do indivíduo ou avaliada com base nos dados obtidos com os testes submáximos.

Segundo McARDLE *et al.* (1996), a medida direta de VO_2 máx. requer um grande laboratório e considerável motivação por parte do indivíduo testado. Os mesmos autores dizem que devido as dificuldades encontradas para se equipar um laboratório razoável e preciso foram elaborados inúmeros testes destinados a prever o VO_2 máximo. Estes utilizam a frequência cardíaca do exercício ou pós-exercício com um esquema padronizado de exercícios submáximo realizado numa bicicleta, numa esteira rolante ou num teste de banco. Esses testes utilizam a relação essencialmente linear entre frequência cardíaca e consumo de oxigênio para várias intensidades de exercícios do leve a moderadamente pesado.

Diferentes métodos são apresentados na literatura para mensuração desta variável, dividindo-se basicamente em métodos

diretos onde geralmente são utilizados esteira rolante, bicicleta ergométrica e remo ergométrico, acoplados a analisadores de gases computadorizados e métodos indiretos, onde são utilizados bicicleta ergométrica com freio mecânico ou eletromagnético, bancos de madeira e pista de atletismo, sendo o VO_2 máx. determinado através de monogramas, fórmulas matemáticas e tabelas (FOX *et al.*, 1991; McARDLE *et al.* 1996; ASTRAND, 1980).

Como a diferença atrio-ventricular/oxigênio apresenta limites estreitos de variação (entre 15 e 17 vol. %), pode-se considerar o VO_2 máx. como uma correlação linear com o débito cardíaco. Com base nessa relação, algumas fórmulas foram desenvolvidas, objetivando o cálculo do débito cardíaco em exercício.

Durante atividade física intensa, o consumo de O_2 de uma pessoa sedentária pode chegar a 20 a 26 litros por minuto, enquanto o atleta alcança 30 a 40 litros. O débito cardíaco está relacionado diretamente com o consumo máximo de oxigênio e, portanto, com a potência aeróbica máxima. Qualquer fator que altere o débito cardíaco também restringirá os valores do VO_2 máx.

Pressão arterial

Uma resposta normal da pressão arterial no teste ergométrico se caracteriza por um aumento progressivo do componente sistólico, proporcional à carga de trabalho, até limites máximos de 220 a 230 mmHg., o que representa uma variação de 30 a 80 mmHg.

Em relação ao trabalho máximo desempenhado em METs (PAS máx./MET máx.), são normais valores entre 4 e 10 mmHg/MET, considerados uma variação muito ampla.

Material e Método

Neste estudo de caso, 15 jogadores adultos do sexo masculino, da equipe de voleibol da COCAMAR de Maringá com idade variando entre 18 e 32 anos, fizeram os teste direto e indireto.

Para as medidas de VO_2 máx. direto

utilizou-se o protocolo de BALKE (ARAÚJO, 1986) e os seguintes equipamentos: eletrocardiógrafo; cicloergômetro de frenagem eletromagnética; analisador metabólico MMC 2900, para mensurar o VO_2 máx. direto; ficha para coleta de dados; eletrodos descartáveis para ECG; máscaras para controle de entrada e saída de gases.

Para as medidas do VO_2 máx. indireto também foi utilizado o protocolo de BALKE e um freqüencímetro com eletrodos acoplados e um cicloergômetro.

Os dados foram coletados no Laboratório de Fisiologia do Esforço (LABFISE) da Universidade Estadual de Maringá, no período da tarde entre 14 e 17 horas.

O teste de esforço consiste na aplicação de cargas progressivas (25 watts) a cada intervalo de 2 min. A velocidade do pedal é constante em 60 rpm. O teste é

contínuo e limitado por sintomas.

Resultados

Os resultados de todos os sujeitos da amostra obtidos no teste de esforço realizado no LABFISE/UEM apresentaram valores diferentes, tanto para o método de verificação direta de VO_2 máx. comparados com os dados obtidos de forma indireta (Tabela 1).

Tivemos um valor máximo no teste direto de 3971 ml/min. durante o teste de esforço, o valor mínimo ficou em 2839 ml/min.

O teste indireto apresentou dados mais altos em relação aos do teste direto, o valor máximo de consumo de O_2 ficou em 5553 ml/min. o mínimo calculado foi de 4251 ml/min.

Os dados comparados pela freqüência dos valores mostraram que o teste direto teve um índice menor que o teste indireto.

Tabela 1 - Resultados do VO_2 máx. no método direto e indireto após o teste de esforço de atletas adultos de modalidade voleibol.

Sujeitos	VO_2 máx. direto (ml/min)	VO_2 máx indireto (ml/min)
01	3780	4982
02	3498	5002
03	2981	4676
04	3709	5305
05	3289	4078
06	3971	5084
07	3165	4607
08	2839	4251
09	3308	4765
10	3935	5553
11	3527	4407
12	3413	4807
13	3369	5512
14	2995	4278
15	2917	4388

Na Tabela 2 apresentamos os valores obtidos no método direto e indireto em ml/min comparando os desvios que ocorrem. Observa-se que o desvio-padrão dos testes caracterizou um nível elevado no consumo de O_2 do teste indireto de aproximadamente 61 ml/min.

As curvas apresentadas na Figura 1 revelam a diferença que ocorre entre os dados coletados durante os testes realizados. A freqüência de resultados do teste indireto indica um valor mais alto comparado ao teste realizado de forma direta utilizando o analisador de gases.

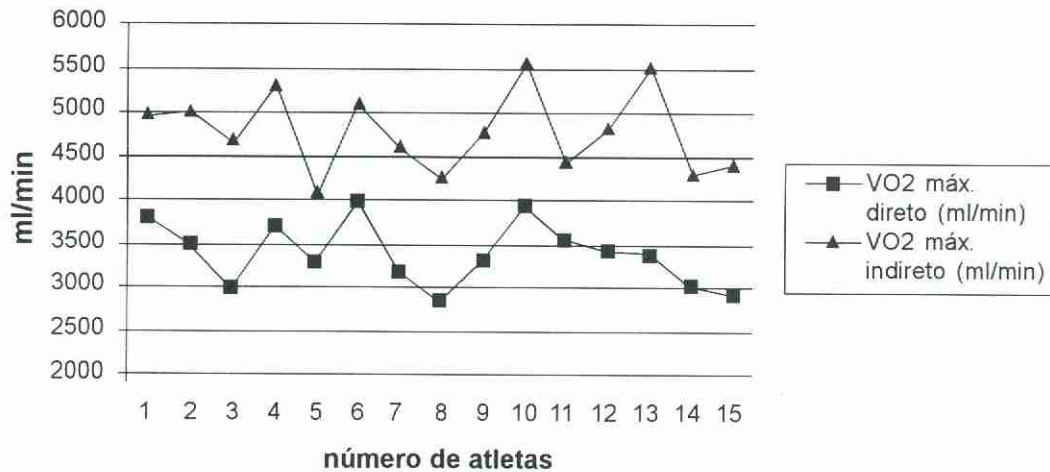


Figura 1 - Valores dos resultados obtidos pelos atletas em ml/min durante o teste de esforço pelo método direto e método indireto.

Tabela 2 - Comparação do VO₂ máx. medido através do método direto com o do método indireto em atletas adultos da modalidade voleibol.

Variáveis	X	SD	Tc
VO ₂ máx. direto	3379	362	
VO ₂ máx. indireto	4753	423	-19,16*

*tt (0,05 : 14) = 2,14

Discussão

O maior valor de VO₂ encontrado neste teste foi de 55 ml/kg/min com relação ao teste indireto, onde, de acordo com a tabela de VO₂ máx. de ARAÚJO (1986) pode ser considerado excelente em teste desse tipo. Entendemos que o voleibol não é uma modalidade que exige uma capacidade aeróbica do tipo endurance, mas sim ambas as formas de energia, tanto aeróbica como anaeróbica, prevalecendo a anaeróbica.

Os valores obtidos, no teste direto e indireto, foram coletados em um período de início de preparação da equipe, após um período de três meses de inatividade. Como o VO₂ máx. reflete o consumo de O₂ por unidade de tempo e sendo este um índice que mostra a capacidade física do atleta relacionado ao sistema cardiovascular e respiratórios (McARDLE *et al.* 1996; ASTRAND, 1980; RICART, 1989), podemos considerar os

valores apresentados na Tabela 1 como bons na fase em que se encontram.

Segundo LEITE (1986) a mensuração do VO₂ máx. é aceita internacionalmente como o maior parâmetro para avaliar a capacidade aeróbica máxima. Fica mais fácil programar o treinamento a partir dos valores individuais e melhorar a performance dos atletas.

Fazendo a comparação dos valores coletados, podemos perceber na Tabela 02, onde aplicou-se o teste “t” de Student para amostras dependentes, com nível de significância 0,05, ou seja, os resultados obtidos com o teste de forma indireta não são equivalentes aos resultados de forma direta. Se relacionarmos que os valores obtidos no teste direto foram equivalentes ao gasto energético dos atletas e que podem ser considerados marcadores para o treinamento (LEITE, 1986; FOX *et al.*, 1991; McARDLE *et al.*, 1996; MATSUDO, 1983), o teste

indireto mostra valores elevados que mascaram a capacidade física que seria necessária para um ótimo desempenho dos atletas.

Pode-se perceber na Tabela 01 que os valores do método indireto superestimaram os valores do método direto. Dessa forma, o trabalho dessa equipe deverá ser baseado nos valores do método direto, devido a fidedignidade do mesmo, já discutido na revisão de literatura. Os valores obtidos no método direto estão de acordo com a fase de treinamento da equipe, ou seja, em início de temporada (GUYTON, 1997; FOX *et al.*, 1991; VANDER, 1981; McARDLE *et al.*, 1996; MATSUDO, 1984).

Após um período de treinamento, de mais ou menos três meses, se aplicássemos novamente os testes, com certeza esses valores aumentariam, pois o treinamento, como vimos, aumenta a capacidade aeróbica máxima.

Os valores do teste indireto superestimaram os valores do teste direto, e não podemos deixar de ressaltar que, os testes indiretos foram desenvolvidos em pesquisas realizadas nos continentes europeus e norte americano, sendo que essas fórmulas matemáticas foram desenvolvidas e usadas para o padrão somatópico daquela população, o que demonstra que há necessidade de se desenvolver fórmulas matemáticas para o padrão somatópico da população brasileira, que ainda é uma grande miscigenação de raças (ARAÚJO, 1984; ARAÚJO, 1986; BARBANTI, 1987). Os testes diretos são altamente confiáveis porque trabalham com equipamentos tecnicamente desenvolvidos para mensurar diretamente os gases inspirados e expirados, sendo que estes equipamentos são validados e os seus resultados são fidedignos, pois a sua margem de erro é de 0,0001 (VIVACQUA, 1992; MOREIRA & BITTENCOURT, 1985; STEGEMANN, 1981; ASTRAND, 1980).

Conclusão

Os resultados obtidos através dos métodos direto e indireto para mensuração da potência máxima foram consideradas

estatisticamente diferentes. Dessa forma, quando submetemos atletas visando performance em avaliação indireta, os valores coletados podem ser bem diferentes dos resultados obtidos nos testes diretos. Portanto, deve-se tomar cuidado na interpretação dos resultados e na prescrição das atividades diárias de treinamento.

Pode-se perceber que o VO_2 máx. direto superestimado nesse trabalho pode atrapalhar a programação do profissional. Se o treinador ou professor não tiver o conhecimento dessas grandezas o insucesso, com certeza aparecerá como resultado final do seu trabalho.

A avaliação do VO_2 máx. por determinação das frações de concentração dos gases inspirados e expirados, fornecem-nos, uma grande quantidade de informações por metodologia não evasiva, muito importante para compreender o comportamento do sistema cardiorespiratório e as funções metabólicas frente aos exercícios físicos.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, C. G. S.. **Manual de teste de esforço**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ao livro Técnico, 1984.
- ARAÚJO, W. **Ergonomia & cardiologia desportiva**. Rio de Janeiro, Medsi, 1986.
- ASTRAND, P. **Tratado de fisiologia do exercício**. 2.ed. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.
- BARBANTI, V. J. **Teoria e prática do treinamento desportivo**. 4.ed. São Paulo, Edgard Blucher, 1987.
- FOX, E. L.; BOWERS, R. W.; FOSS, M. L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 4.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1991.
- GUYTON, A. C. & HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 9.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1997.
- LEITE, P. F. **Fisiologia de Exercício Ergométrico e Condicionamento Físico**. 2.ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 1986.
- MATSUDO, V. K. **Testes em Ciência do Esporte**. 2.ed. São Caetano do Sul, 1983.
- McARDLE, W. D.; KATHY, F. I.; KATHY, V. L. **Exercise Physiology**. 4.ed. London, Williams & Wilkins, 1996.
- MOREIRA, S. B. & BITTENCOURT, N. **Metas e Mitos**. Rio de Janeiro, Sprint, 1985.
- RICART, R.M. *et al.* **Efectos de la edad Y sexo**

em la Presdicion de la VO₂ máx. **Apunts**,
26(101): 169-75, 1989.
STEGEMANN, J. **Fisiologia Humana**. São
Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1981.
VANDER, J. A.; SHERMAN, J. H.; LUCIANO,

D. S. **Fisiologia Humana**. 3.ed. São Paulo,
McGraw Hill, 1981.
VIVACQUA, R. & HESPANHA, R. **Ergometria
e reabilitação em cardiologia**. Rio de Janeiro,
Medsi, 1992.