

COMPARAÇÃO DOS PERCENTUAIS DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO

Comparação dos Percentuais do Consumo Máximo de Oxigênio Obtidos em Teste de Esforço com os Determinados Pela Equação do Consumo de Oxigênio de Reserva.

Policarpo FB¹ | Monteiro L¹ | Mayolino R¹ | Roquetti Fernandes P² | Oliveira HB¹ | Silva Dantas PM² | Fernandes Filho J.^{2,3}

¹Universidade Católica de Brasília - UCB - Brasília

²LABIMH - RJ. EESD/UFRJ.

³Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - Rio de Janeiro

Data de submissão_16-06-05 | Data de aprovação_19-07-05

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo comparar os percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtido em teste ergoespiométrico, por meio do protocolo de rampa, com os percentuais calculados pela equação do VO_2R em indivíduos jovens ativos de ambos os sexos (masculino = 10 e feminino = 10), com idade média de $21,40 \pm 2,89$ anos. Foram observadas as variáveis antropométricas: massa corporal $63,39 \pm 10,95\text{kg}$; percentual de gordura (%G) $15,66 \pm 8,22$ e estatura $169,33 \pm 8,74\text{cm}$. A comparação dos percentuais se deu por meio do teste “t” pareado com um nível de significância de ($p < 0,05$), sendo analisadas as intensidades de 50, 60, 70 e 80% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$.

A comparação entre os percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e os calculados pela equação estudada apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) para todas as intensidades embora a correlação tenha sido forte: 0,98; 0,98; 0,99 e 0,98, respectivamente. A diferença observada pode estar relacionada com o protocolo utilizado para a determinação do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, como também o consumo de oxigênio de repouso correspondente a um MET ter sido considerado de $3,5\text{ ml.kg.min}^{-1}$.

ABSTRACT

Comparison between percentages of maximum oxygen uptake measured during a maximal test and predictions based on the equation of oxygen uptake reserve.

The aim of the present study was to compare the percentages of $\text{VO}_{2\text{max}}$ measured directly during a ramp protocol test, with percentages of $\text{VO}_{2\text{max}}$ calculated from the VO_2R equation in active individuals of both genders. Ten males and ten females with an average age of $21,40 \pm 2,89$ volunteered for the study. Their anthropometric variables were as follows: $63,39 \pm 10,95\text{ kg}$ (body mass); $15,66 \pm 8,22$ (fat percentage) and $169,33 \pm 8,74\text{ cm}$ (height). The comparison of the percentages was obtained by means of student's t-test for paired samples ($p < 0,05$) for exercise intensities of 50, 60, 70 and 80% of the $\text{VO}_{2\text{max}}$. The comparison between the percentages of the $\text{VO}_{2\text{max}}$ and the ones calculated by the equation presented significant differences ($p < 0,05$) for all exercise intensities.

The correlations were, 0,98; 0,98; 0,99 and 0,98, respectively for the same intensities. The observed differences can be related with the protocol used for the determination of the $\text{VO}_{2\text{max}}$. Other point that can be intervening in the result would be the oxygen uptake reserve that was of $3,5\text{ ml.kg.min}^{-1}$, that corresponds one MET.

Palavras-chave:

consumo máximo de oxigênio, prescrição, consumo de oxigênio de reserva

Key word:

Maximum oxygen consumption, prescription, oxygen uptake reserve

INTRODUÇÃO

As metodologias empregadas para a prescrição do treinamento aeróbico têm como referência o Consumo Máximo de Oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$). A partir da década de 20, buscou-se estabelecer a relação entre a intensidade do esforço físico com o consumo de oxigênio^{1,2,3}.

Para a determinação das intensidades dos exercícios aeróbicos, a literatura não tem mostrado novas metodologias ou tendências para determiná-las, então, no final da década de noventa, foram apresentados estudos, desenvolvidos por^{4, 5, 6}, que propuseram a utilização da equação do consumo de oxigênio de reserva ($\text{VO}_{2\text{R}}$). Na realidade, não seria uma proposta inovadora, já que a metodologia encontra sustentação na equação de frequência cardíaca de reserva (FCR)⁽²⁴⁾, tendo apenas modificado a variável determinante da intensidade, ou seja, passou-se a utilizar o consumo de oxigênio ao invés da frequência cardíaca.

A proposta de Swain e Leutholtz⁴, leva em consideração que a média do consumo de oxigênio em repouso é de $3,5 \text{ ml O}_2/\text{Kg} \cdot \text{min}^{-1}$ em indivíduos saudáveis, sendo tal valor subtraído do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, obtendo-se assim a reserva do VO_2 . As intensidades dos exercícios aeróbicos ($\text{VO}_{2\text{t}}$) seriam determinadas em percentuais por meio da equação: $\text{VO}_{2\text{t}} = 3,5 + [(\text{VO}_{2\text{máx}} - 3,5) \times \%]$ ^{1,5}

A prescrição das intensidades pelos percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ vem sendo questionada principalmente no que se refere ao treinamento de atletas⁷. Swain⁶ afirma que a proposta da equação do consumo de oxigênio de reserva é para a determinação das intensidades de exercícios aeróbicos para indivíduos sedentários saudáveis, alegando uma melhor paridade dos percentuais do $\text{VO}_{2\text{R}}$ com os percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, em relação aos percentuais calculados pela equação FCR.

Embora este estudo não tenha realizado testes indirectos para a estimativa do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e sim o teste ergoespirométrico, fica um questionamento quanto à obtenção desta variável de forma indireta. A literatura reporta que testes indirectos tendem a subestimar a aptidão cardiorrespiratória, principalmente para a determinação das intensidades dos exercícios^{8,9,10}. Outro ponto importante levantado por Wilmore e Costill², refere-se às restrições da utilização do equivalente metabólico basal (MET) para a classificação das intensidades dos exercícios aeróbicos. Assim, este estudo se propõe a comparar os valores percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtido em teste ergoespirométrico com os calculados pela equação do $\text{VO}_{2\text{R}}$ em indivíduos universitários saudáveis, jovens e ativos de ambos os sexos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa teve uma abordagem descritiva comparativa¹¹, buscando avaliar a relação entre os valores percentuais de 50, 60, 70 e 80% do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) obtidos de forma direta, com os percentuais calculados pela equação do consumo de oxigênio de reserva ($\text{VO}_{2\text{R}}$), em indivíduos jovens saudáveis.

AMOSTRA

O presente estudo teve uma amostra intencional constituída de vinte indivíduos voluntários de ambos os sexos (Homens = 10 e Mulheres = 10), acadêmicos do curso de Educação Física da Universidade Católica de Brasília – UCB, sendo a coleta dos dados realizada no Laboratório de Avaliação Física e Treinamento – LAFIT. Todos os indivíduos foram esclarecidos

e informados sobre os objetivos do estudo e convidados a assinar um termo de participação consentida segundo parecer 196/96 do Código de Pesquisa com Seres Humanos.

PROCEDIMENTOS

Os dados foram coletados no turno da tarde no período de uma semana, seguindo as etapas descritas abaixo.

Primeira etapa: os indivíduos responderam a um questionário de pré-seleção e receberam informações prévias de todos os procedimentos da pesquisa como benefícios e possíveis riscos na realização dos testes de esforço.

Segunda etapa: todos os indivíduos foram submetidos aos seguintes testes

ANTROPOMETRIA

A determinação da composição corporal da amostra foi realizada nas seguintes etapas: a) massa corporal por meio da balança digital com acuidade de 50g marca (TOLEDO®); b) estatura por meio do estadiômetro COUNTRY TECHNOLOGY INC, Gays Mills, WI. (modelo 67034) com escala milimétrica; c) para determinação dos diferentes componentes corporais foi utilizado o protocolo de três dobras cutâneas para homens e o protocolo de três dobras cutâneas para mulheres de Jackson e Pollock¹², sendo os calculados executados pelo programa GALILEU, (MICROMED® versão 3.0.10.100 1999) e; d) os indivíduos foram também submetidos a exame de bioimpedância.

ELETCARDIOGRAMA DE REPOUSO ECG

Todos os indivíduos foram submetidos ao exame de eletrocardiografia de repouso, visando verificar possíveis distúrbios cardíacos que os impedissem de realizar os testes, segundo a avaliação clínica do médico, caso fosse observada anormalidades no traçado o

voluntário era substituído da amostra. Os indivíduos permaneceram deitados por cinco minutos em decúbito dorsal antes do exame. Em seguida foi aferida a pressão arterial de repouso por meio do esfigmomanômetro (BECTON DICKINSON®) e realizado o ECG de repouso utilizando o equipamento MARQUETTE HELIGE®, (Medical Systems, modelo: CardioSmart, versão 3.0 CS-MI).

ESPIROMETRIA DE REPOUSO

Os indivíduos realizaram o teste de máxima ventilação voluntária (MVV) em três tentativas de dez segundos cada, procurando obter-se o melhor resultado. Para tanto, foi utilizado o equipamento Spirotrac III (VITALOGRAPH, versão 4,0), que foi devidamente calibrado utilizando-se de uma seringa de três litros de ar. Este procedimento foi visando estabelecer o pneumotacógrafo adequado em relação à capacidade respiratória de cada indivíduo.

TESTE DE ESFORÇO

O teste de esforço máximo foi realizado em esteira rolante modelo Super ATL (INBRAMED, Porto Alegre, RS), sendo a análise metabólica de gases realizada pelo analisador VO2000®. Antes do início dos testes, o analisador metabólico de gases foi calibrado com uma concentração de gases conhecido composto de 17% de O₂ e 5% de CO₂, com balanço de nitrogênio, atestado pelo Centro de Controle Qualidade de Gases Especiais WHITE MARTINS®, conforme as especificações do fabricante, estando o analisador conectado ao sistema computadorizado ERGOPC Elite® versão 2.0 (MICROMED®, Brasília, DF). O protocolo adotado para a obtenção VO₂máx foi o de rampa, respeitando as características da condição física do indivíduo¹³, iniciando-se em seis km/h com 0% de inclinação.

ESTATÍSTICA

O tratamento estatístico utilizado para análise dos dados foi: a) análise da distribuição da normalidade pelo teste não-paramétrico Kolmogorov-Smirnov; b) teste “t” pareado; c) teste de correlação linear simples de Pearson; d) avaliação do erro padrão de estimativa (EPE) e os escores residuais, que procura observar a diferença entre o valores de referência e o estimado, segundo modelo proposto por Bland e Altman²². O nível de significância adotado foi de ($p < 0,05$). Os dados serão apresentados por meio da estatística de tendência central e dispersão (média $\pm$ desvio padrão – DP). O pacote estatístico utilizado foi o “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS 10.0) for windows.

RESULTADOS

Os voluntários não apresentaram quaisquer alterações funcionais ou patologias que os impedissem de participar do teste de esforço máximo. Os resultados apresentaram uma distribuição normal e não foi observado entre os dados “outlier”.

Os resultados foram analisados de maneira geral, sem a divisão dos grupos, feminino e masculino, pois a equação estudada não faz distinção entre sexos. Os indivíduos avaliados não relataram problemas médicos e as características antropométricas relacionadas à composição corporal não influenciaram nos resultados do máximo consumo de oxigênio (Quadro 1).

	N	Média $\pm$ DP
Idade	20	21,40 $\pm$ 2,89
Massa corporal kg	20	63,39 $\pm$ 10,95
Massa magra kg*	20	28,06 $\pm$ 7,04
Percental de gordura %G	20	15,66 $\pm$ 8,23
Estatura	20	169,33 $\pm$ 8,75
VO _{2máx} (ml/Kg.min ⁻¹)	20	56,60 $\pm$ 10,21

* Massa magra correspondente apenas à massa muscular

Quadro 1_ representação das características gerais da amostra

Na análise do erro padrão de estimativa (EPE) observou-se, nesse estudo, uma tendência no aumento do erro quando os percentuais se aproximaram do esforço máximo, tendendo a superestimar as intensidades relativas aos percentuais de 50% a 80% do VO₂R. Observou-se uma correlação significativa entre os percentuais do VO₂R e VO_{2máx} medidos (Quadro 02).

Quadro 2: Valores médios e desvio padrão para os percentuais do consumo máximo de oxigênio (VO_{2máx}) e os calculados pela equação do consumo de oxigênio de reserva (VO₂R).

	%Vo2máx			
	50	60	70	80
Média	28,44	33,81	39,57	44,68
DP	5,28	6,04	7,22	7,10
EPE	--	--	--	--
R	--	--	--	--

%VO_{2máx} = percentuais médios para o consumo de oxigênio obtidos no teste de esforço máximo

	%VO2R			
	50	60	70	80
Média	30,05**	35,35**	40,67**	45,98**
DP	5,10	6,12	7,15	8,17
EPE	1,14	1,37	1,60	1,83
R	0,98	0,98	0,99	0,98

%VO₂R = intensidade relativa ao consumo de oxigênio determinada para equação preconizada por Swani; *p>0,05; **p>0,001

Nas figuras 1, 2, 3 e 4, pode-se observar os escores residuais, onde os valores obtidos em teste são subtraídos dos calculados, ratificando a tendência da equação em superestimar as intensidades estudadas. Um ponto interessante é a linha de identidade que confirma a tendência dos resultados calculados em se distanciar dos valores observados.

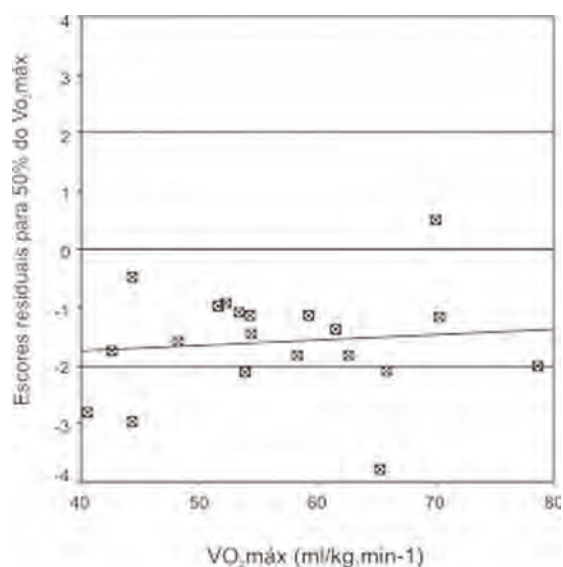


Figura 1_ Escores residuais para a intensidade de 50% do consumo máximo de oxigênio.

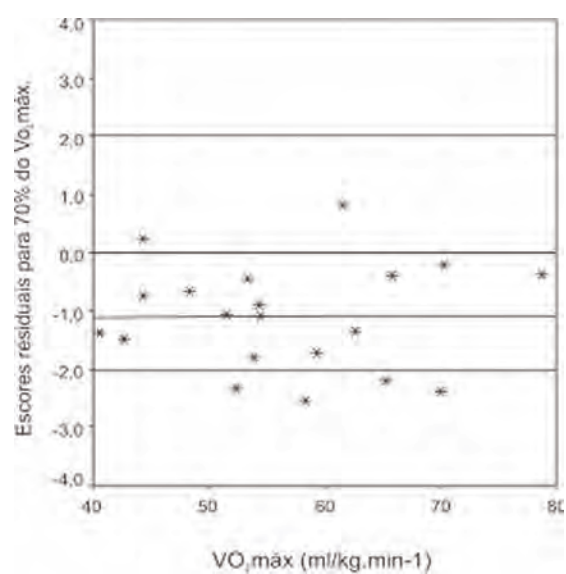


Figura 3_ Escores residuais para a intensidade de 70% do consumo máximo de oxigênio.

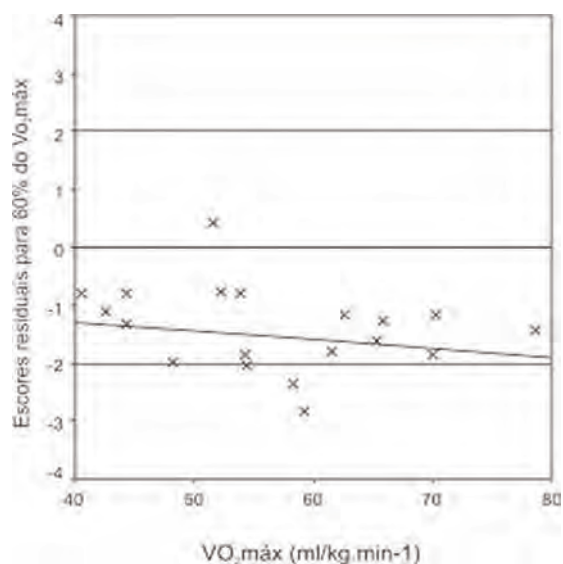


Figura 2_ Escores residuais para a intensidade de 60% do consumo máximo de oxigênio.

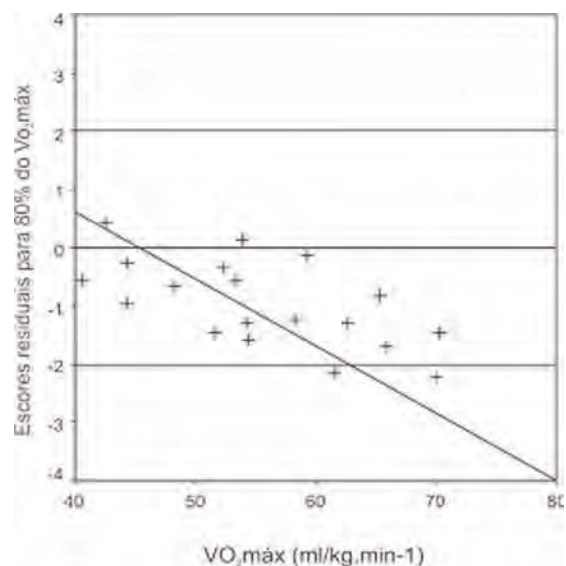


Figura 4_ Escores residuais para a intensidade de 80% do consumo máximo de oxigênio.

DISCUSSÃO

Os pontos limitantes deste estudo centram-se na carência de pesquisas que estabeleçam a relação entre os percentuais do VO_2R com os percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em indivíduos saudáveis, como também, na faixa etária e no número de indivíduos que compuseram a amostra, o que impossibilita a extrapolação dos resultados para o restante da população.

Estudos demonstram que o comportamento dos percentuais da FCR apresenta tendência em subestimar os percentuais entre 50% a 80%, e que os mesmos tendem a se aproximar do máximo consumo de oxigênio^{14,15}.

A comparação entre os percentuais do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ obtidos diretamente com os calculados pela equação do VO_2R apresentaram diferenças significativas ($p < 0,001$) para todas as intensidades estudadas, caracterizando uma tendência em superestimar a capacidade física da amostra. Tal fenômeno não é observado entre os percentuais da FCR e os do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ medido, tendendo a subestimar a aptidão física dos indivíduos^{15,5}. Brawner, Keteyian, Ehrman²⁶ procuraram observar a relação entre os percentuais do VO_2R e os do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em 137 indivíduos portadores de cardiopatias sendo 65 com quadro de infarto agudo do miocárdio e 72 com insuficiência cardíaca crônica, os resultados apontaram diferença significativa, sendo recomendado para a prescrição das intensidades os %FCR.

Observa-se que a curva VO_2 tende a declinar em relação ao tipo de ajuste adotado (lineares, quadráticos ou logarítmicos) depois de determinada intensidade, o que parece ser uma das possíveis causas para os resultados obtidos neste estudo, sendo assim, comportamento do consumo de oxigênio (VO_2) durante o esforço pode ter interferência de distintas variáveis, denominada pelos pesquisadores de cinética do VO_2 .¹⁶ Tal comportamento pode ser melhor analisado em protocolos com incremento das cargas em intervalos de tempo menores. O estudo realizado por Swain et al⁴ utilizou o protocolo de Bruce et al¹⁸ que apresenta incrementos de cargas de trabalho em intervalos maiores. Porém estudos verificaram que a utilização deste protocolo propicia um menor $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em indivíduos jovens em relação ao teste de rampa^{17,18,19,20}.

Segundo Swain e Leutholtz⁴; Swain et al⁵, a equação do VO_2R deve ser utilizada para a prescrição da intensidade de exercícios para indivíduos sedentários e não para atletas. Desta forma, o nível de aptidão física dos voluntários pode ter interferido nos resultados obtidos. Segundo Denadai (1996)²¹, uma das respostas adaptativas ao treinamento é a economia do movimento, onde existe um menor dispêndio energético para uma mesma intensidade submáxima. No presente estudo, podemos observar que a equação superestimou o grupo de voluntário classificados como ativos. Tal resultado cria um questionamento em relação à utilização da equação para indivíduos sedentários, uma vez que a margem de segurança para prescrição de exercícios é diminuída.

A equação estudada demonstrou uma tendência em superestimar a aptidão física de indivíduos ativos. Os resultados observados demonstram que a equação de VO_2R necessita de estudos complementares em indivíduos com diferentes níveis de condição física. Essa recomendação deve-se ao fato da equação não ter atendido as suas especificações de uso, onde os percentuais tenderam a superestimar os valores dos percentuais estudados.

Desta forma, a utilização desta equação para determinação das intensidades dos exercícios aeróbicos é motivo de discussão.

Apesar dos valores da correlação entre os percentuais das intensidades estudadas terem sido considerados fortes, não demonstram que a equação é melhor ou não para a prescrição das cargas de trabalho. Essa resposta demonstra que a equação representa um modelo matemático que busca ajustar as curvas fisiológicas possibilitando uma melhor visualização do consumo de oxigênio em relação ao esforço, o que não se apresenta como um pré-requisito para a determinação das intensidades de exercícios aeróbicos.

CORRESPONDÊNCIA

Av. Central Bloco 1025 casa 09;
Núcleo Bandeirante, Brasília - DF, Brasil.
CEP: 71710-019.
email: fernando@ucb.br

REFERÊNCIAS

- 1_American College of Sports Medicine - ACSM (2003). Diretrizes do ACSM para os Testes de Esforço e sua Prescrição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 91-106.
- 2_Wilmore JH & Costill DL (2001). Fisiologia do Esporte e do Exercício., São Paulo – SP: Manole Ltda, 115-154.
- 3_Foster C, Crowe AJ, Daines E, Dumit M, Green MA, Lettau S (1996). Predicting functional capacity during treadmill testing independent of exercise protocol. *Med Sci Sports Exerc* 28: 752-756.
- 4_Swain DP, Leutholtz BC & Branch JD (1997). Relationship between % heart rate reserve and %VO₂ reserve in treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 30: 318-321.
- 5_Swain DP, Leutholtz BC. & Branch JD (1998). Relationship between % heart rate reserve and %VO₂ reserve in treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc* 30: 318-321.
- 6_Swain DP (1999). VO₂Reserve: A New Method for Exercise Prescription. *ACSM Health & Fitness Jornal* 3: 10-13.
- 7_Denadai BS. (2000). Avaliação Aeróbica: Determinação Indireta da Resposta do Lactato Sanguíneo. Rio Claro, SP: MOTRIX Ltda.
- 8_Rondon MUPB, Forjaz CLM, Nunes N, Amaral SL, Barretto ACP & Negrão CE (1998). Comparação entre a Prescrição de Treinamento Físico Baseada na Avaliação. *Arq Bras Cardiol* 70: 159-166.
- 9_Araújo CS (1998). Importância da Ergoespiometria na Prescrição do Exercício ao Cardiopata. *Rev SOCERJ* XI: 38-47.
- 10_Ghorayeb N, Carvalho T & Lazzoli JK (1999). Atividade Física Não-competitiva para a População. In: Ghorayeb N & Barros Neto T. O Exercício, Preparação Fisiológica, Avaliação Médica – Aspectos Especiais e Preventivos Cap. 22. São Paulo: Atheneu, 255-259.
- 11_Tomas e Nelson (2002). Métodos de Pesquisa em Atividade Física. Porto Alegre: Artmed S.A.
- 12_Fernandes JF, (2003). A Prática da Avaliação Física. Rio de Janeiro: SHAPE Ltda.
- 13_Froelicher VF, Myers J, Follansbee WP & Labovitz AJ (1998). Exercício e o Coração. Rio de Janeiro: Revinter Ltda.
- 14_Robergs RA & Roberts SO (1997). Exercise Physiology: Exercise, Performance and Clinical Applications. Boston: Mosby-Yaer book: Inc.
- 15_Policarpo FB, Biazotto JR & Bottaro MM (2002). Prescrição de Exercícios Físicos por meio da Equação de Frequência Cardíaca de Reserva. <http://www.efdeportes.com> Revista Digital – Buenos Aires – Año 8 - nº 54 – noviembre
- 16_Lima Silva AE, Gagliardi JFL, Lotufo RFM e Molim Kiss MAP (2003). Ajustes lineares vs quadráticos da curva do consumo de oxigênio e teste progressivo. *Rev Bras Cien e Mov* 11: 13-18.
- 17_Wasserman K, Hausen JE, Sue DY, Whipp BJ & Casaburi R (1994). Principles of Exercise Testing and Interpretation. Philadelphia: Lea & Febiger.
- 18_Serra S (1997). Considerações sobre ergoespiometria. *Arq Bras Cardiol* 68: 301-304.
- 19_Tebexreni AS, Lima EV, Tambeiro VL & Barros Neto TL (2001). Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas “versus” protocolo de rampa. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 11: 519-528.

20_Policarpo FB, Ferreira CES, Pereira GJV, Myolino RB (2003). Avaliação do consumo máximo de oxigênio e da frequência cardíaca máxima por diferentes protocolos. XXVI Simpósio Internacional de Ciência do Esporte: Atividade Física Construindo Saúde. Rev Bras Cien e Mov (Ed. Esp):271.

21_Denadai BS (1996). Fatores fisiológicos associados com o desempenho em exercícios de média e longa duração. Rev. Bras Atividade Física e Saúde 1: 82-91.

22_Bland JM & Altman DG (1996). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. Philadelphia: The Lancet: 307-310.

23_Neder JA, Nery LE (2003). Fisiologia Clínica do Exercício: Teoria e Prática. São Paulo: Artes Médicas Ltda.

24_Karvonen MJ, Kental E. & Mustala O (1957). The effects of on heart rate a longitudinal study. Ann. Med. Exp. Biol Fenn. 35: 307-315.

25_Bruce RA, Kusumi F & Hosomer D. (1973). Maximal oxygen uptake and monographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. Am Heart J 85: 546-562.

26_Brawner CA, Keteyian SJ & Ehrman JK. (2002). The relationship of heart rate reserve to VO_2 reserve in patients with heart disease. Med Sci Sports Exerc; 34: 418-422.