



Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo

Heart Rate in prescription of train to long distance runners

Frederico de Castro Branco¹
Jeferson Macedo Vianna
Jorge Roberto Perrout de Lima

Resumo

BRANCO, F. C., VIANNA, J. M., LIMA, J. R. P. Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. **R. bras. Ci e Mov.** 2004; 12(2): 75-79.

O objetivo desse trabalho foi construir equações para predição da FC máxima (FC máx.) e da FC de treino (FC Tr) em corredores de fundo, além de comparar a validade da aplicação de predições generalizadas da FC máx. e da FC Tr no grupo estudado. 14 corredores foram submetidos a teste progressivo na esteira ergométrica que consistia basicamente em incrementos de 1 Km/h a cada minuto até a exaustão, sendo a velocidade inicial de 8 Km/h. Foram medidos FC e consumo de oxigênio (VO₂). Comparou-se a FC máx. observada com a predita por diversas equações generalizadas e foram propostas duas equações específicas para corredores: FC máx. = 204,8 - 0,7 * idade; %FC máx. = 0,58 * %VO₂ máx. + 42,45. Esta última foi comparada à proposta de Marion et al. (10). A FC máx. observada nos corredores foi menor que a predita pelas equações, mas apresentou declínio relacionado à idade semelhante. A equação para predição da FC Tr apresentou baixo erro padrão de estimativa (3,8%) e alto índice de determinação (R² = 0,90), sugerindo que a intensidade de treino pode ser determinada com razoável precisão pela FC. A equação de Marion difere da dos corredores, sobretudo em cargas baixas.

PALAVRAS-CHAVE: Frequência Cardíaca Máxima, Consumo de Oxigênio.

Abstract

BRANCO, F. C., VIANNA, J. M., LIMA, J. R. P. Heart Rate in prescription of train to long distance runners. **R. bras. Ci e Mov.** 2004; 12(2): 75-79.

The objective of this study was to construct equations to predict maximal heart rate (MRH) and training heart rate (THR). In addition it was studied the validity of utilization of existing generalized equation in prescribing training for runners. Fourteen male runners were submitted to a treadmill graded test according the protocol: adptative phase with 4 km/h and 1% of slope followed by 1 min stage with 8 km/h and thereafter the speed was increased by 1 km/h each min until exhaustion. HR and oxygen up-take (VO₂) were measured. Observed and predicted MHR and THR were compared and were constructed specifics equations: MHR = 204.8 - 0,7 * age and %MHR = 0.58 * %VO₂max + 42.45. The majority of generalized equation super estimated runners MHR, that also showed to decreased due to aging. The equation to predict THR showed small standard error of the mean (3.8 %) and high coefficient of determination (.90). the results suggests that the training intensity can be estimated accurately by either the specific equation or by Marion et alii (1994) mainly in high intensity.

KEYWORDS: Maximal Heart Rate, Oxygen Uptake

¹ Laboratório de Avaliação Física e Motora da FAEFID
Universidade Federal de Juiz de Fora

Recebido: 30/04/2003

Aceite: 07/07/2003



Introdução

O consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx.) é uma importante variável para avaliar a potência aeróbia do indivíduo e para prescrever a intensidade do treinamento aeróbio. Quando se conhece com exatidão a distância percorrida, o controle da intensidade do treinamento pode ser feito com base na velocidade de corrida (VC). Como muitas vezes os atletas de resistência realizam sessões de treino em locais onde não é possível a marcação das distâncias para determinação da VC (em trilhas, por exemplo), a utilização da FC para prescrição da intensidade de treino é viável nestes casos. A FC pode ser utilizada para prescrições de treinamento com alta fidedignidade, pois a FC e o VO_2 aumentam linearmente com a intensidade do exercício (1, 9, 11, 12).

A medição da FC, que já era muito fácil há alguns anos, se tornou mais simples ainda com a disponibilidade dos cardiofrequencímetros. Entretanto, para utilização dos valores de FC obtidos durante o treino é necessário o conhecimento da FC máx. do indivíduo e da relação FC x VO_2 . Para a estimativa da FC máx. de indivíduos não-atletas foram desenvolvidas várias equações (3, 5, 7, 8, 15), conforme mostra a Tabela 1. Para a estimativa da FC Tr existe a proposta de Marion et al. (10), descrita na Tabela 2.

As predições, tanto para a FC máx. quanto para a FC Tr, são generalizadas – se aplicam à maioria da população. Não se conhece a adequação de tais predições a um grupo altamente treinado e com alto grau de especificidade como os corredores de fundo.

O objetivo do presente artigo foi propor equações para a estimativa da FC máx. e da FC Tr para corredores de fundo e compará-las com algumas equações existentes.

Tabela 1 – Equações de predição da frequência cardíaca máxima

Equação	Aplicação	Referência
FC máx. = 220 - idade	Geral	Karvonen et al., 1957
FC máx. = 210 - 0,65 * idade	Geral	Jones et al., 1975
FC máx. = 206 - 0,597 * idade	Mulheres	Hossack et al., 1981
FC máx. = 205 - 0,41 * idade	Homens Sedentários	Sheffield et al., 1965
FC máx. = 198 - 0,41 * idade	Homens Ativos	Sheffield et al., 1965
FC máx. = 201 - 0,6 * idade	Homens	Calvert et al., 1977
FC máx. = 192 - 0,7 * idade	Mulheres	Calvert et al., 1977
FC máx. = 209 - 0,7 * idade	Homens	Univer. de Ball State
FC máx. = 214 - 0,8 * idade	Mulheres	Univer. de Ball State

Tabela 2 – Relação do percentual da frequência cardíaca e percentual do consumo máximo de oxigênio, proposta por Marion et al. (1994).

% FC máxima	% VO_2 máximo
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

Material e métodos

Amostra

O estudo foi realizado com 14 corredores fundistas do sexo masculino de Juiz de Fora e região, cujas características estão na Tabela 3.

Tabela 3 – Características da amostra estudada

Características	Média	DP
Idade (anos)	25,1	7,4
Estatura (cm)	169	5,5
Peso (Kg)	60,5	5,5
Gordura (%)	6,0	1,7
FC repouso (bpm)	54,5	8,1
FCmáx. prevista (bpm)	194,9	7,4
FC de pico (bpm)	186,9	8,9
Velocidade máxima (km/h)	19,4	1,1
Consumo máximo de oxigênio ($\text{ml/Kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	67,9	7,5

Material

Os testes foram realizados em esteira ergométrica. O VO_2 foi obtido por espirometria de circuito aberto realizada pelo analisador metabólico Teem 100 com registros a cada 20 s. Para o registro da FC foi utilizado o cardiofrequencímetro Polar Accurex. Para as medidas antropométricas foram utilizados compasso de dobras cutâneas marca Lange, balança eletrônica marca Filizola e um estadiômetro fixo à parede.

Procedimentos experimentais

Ao chegar no laboratório os sujeitos tinham tomados seus dados pessoais e suas medidas antropométricas (peso, estatura e as dobras cutâneas do tórax, abdome e da coxa). Para estimativa do percentual de gordura foi utilizada a equação de Jackson e Pollock (6).

Após a realização das medidas antropométricas o indivíduo era colocado deitado usando um cardiofrequencímetro durante cerca de 6 minutos para a FC atingir valores próximos aos de repouso. Ao final dos 6 minutos era registrada a FC de repouso. O indivíduo era orientado a realizar um aquecimento/adaptação à esteira que consistia numa passagem rápida (cerca de 30 s nos primeiros e 10 s nos estágios finais) por cada estágio do protocolo. Como a FC se elevava em decorrência do aquecimento, esperava-se a FC novamente retornar a valores próximos aos de repouso para iniciar o teste.

O teste ergométrico consistiu em colocar o atleta na esteira com uma velocidade inicial de 4 Km/h, sendo que após 1 minuto a velocidade era aumentada para 8 Km/h e, a partir daí, era aumentada em 1 Km/h a cada minuto até a exaustão.

Tratamento estatístico

Foi feita estatística descritiva (média e desvio padrão) das variáveis e construíram-se as equações de regressão da FC máx. em função da idade e do % da FC máx. em função do % do VO_2 máx. Utilizou-se o programa Excel 97 da Microsoft.

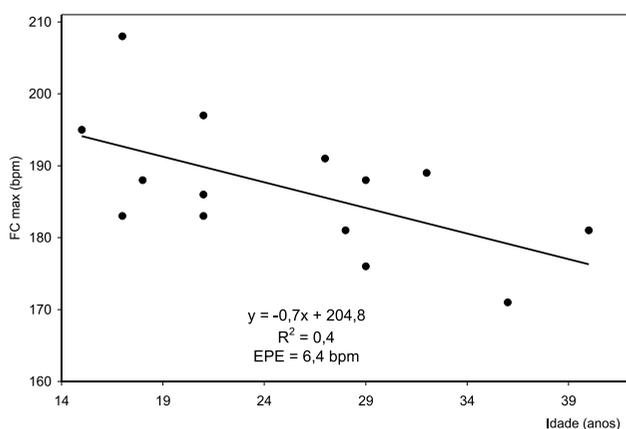
Resultados

A Figura 1 mostra a relação entre FC máx. e a idade dos corredores. Aos dados foi ajustada uma equação linear para estimativa da FC máx. A equação ajustada (equação 1), em que o valor de 204,8 foi arredondado para 205, tem coeficiente de determinação (R^2) de 0,4 e erro padrão de estimativa (EPE) de 6,4 bpm.

Equação 1: $\text{FCmáx} = 205 - 0,7 * \text{Idade}$



Figura 1 – Frequência cardíaca máxima dos corredores, observada ao final do teste, ajustada por equação linear



Os valores de FC e VO_2 (Figura 2) foram normalizados pelo percentual da FC máx. e percentual do VO_2 máx., respectivamente. Aos valores normalizados, representados no gráfico de dispersão (Figura 3), ajustou-se uma equação linear (equação 2) que apresentou R^2 de 0,9 e EPE de 3,8 %.

Equação 2: $\% FC_{m\acute{a}x} = 42,45 + \% VO_{2m\acute{a}x} * 0,58$

Figura 2 – Frequência cardíaca e consumo de oxigênio por velocidade de corrida (média e desvio padrão)

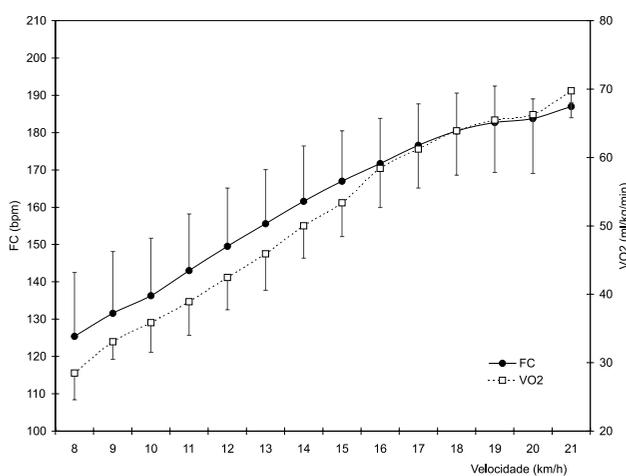
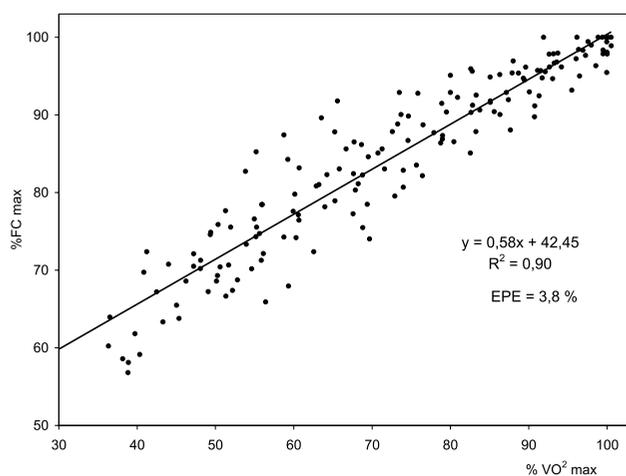


Figura 3 – Valores individuais de percentual da frequência cardíaca máxima em função do percentual do consumo máximo de oxigênio, ajustados por equação linear

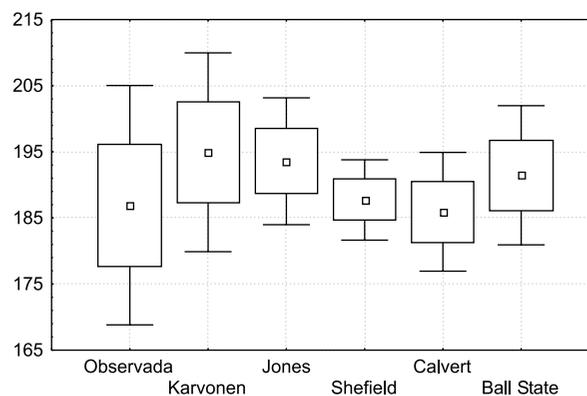


Ao se comparar as diversas equações para predição da FC máx. com a FC máx. observada nos corredores (Tabela 4 e Figura 4) a análise de variância, seguida do teste de Scheffé, mostrou que não há diferença significativa entre a predição feita pelas equações de Calvert et al. (3) e Sheffield et al. (15) e a FC máx. observada nos corredores.

Tabela 4 – Comparação da frequência cardíaca máxima observada ao final do teste e estimada por várias equações de predição

Ind	Idade	FC observada	Karvonen	Jones	Sheffield	Calvert	Ball State
1	18	188	202	198	191	190	196,4
2	29	176	191	191	186	184	188,7
3	28	181	192	192	187	184	189,4
4	27	191	193	192	187	185	190,1
5	21	186	199	196	189	188	194,3
6	36	171	184	187	183	179	183,8
7	40	181	180	184	182	177	181
8	21	183	199	196	189	188	194,3
9	32	189	188	189	185	182	186,6
10	17	208	203	199	191	191	197,1
11	29	188	191	191	186	184	188,7
12	21	197	199	196	189	188	194,3
13	17	183	203	199	191	191	197,1
14	15	195	205	200	192	192	198,5
Média	25,1	186,9	194,9	193,7	187,7	186,0	191,5
DP	7,4	8,9	7,4	4,8	3,0	4,4	5,2

Figura 4 – Média, desvio padrão e 1,96 * desvio padrão da frequência cardíaca máxima observada e predita por equações de regressão



A Figura 5 permite uma abordagem mais ampla, pois compara o comportamento da FC máx. com o avançar da idade. Assim, algumas equações possuem uma predição muito semelhante a dos corredores em idades mais baixas, porém estimam uma redução na FC máx. menor do que acontece, distanciando-se da correta estimativa em idades mais avançadas (Sheffield et al., 15). Em outras equações ocorre o contrário, ou seja, elas estimam uma FC máx. maior que a real nos jovens, mas por considerarem uma redução na FC máx. também maior, aproximam-se da prescrição correta com o avançar da idade (Karvonen et al., 8). Fica evidente

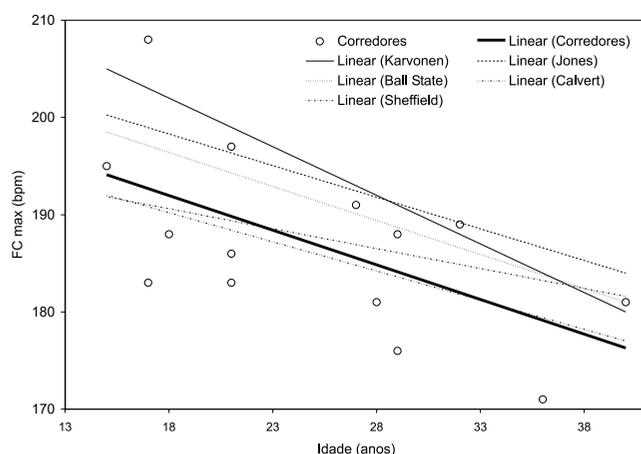


pela observação da Figura 5 que a equação que mais se aproxima da equação proposta para corredores em qualquer idade é a de Calvert et al. (3).

Tabela 5 – Comparação das frequências cardíacas de treino a 60 e 80 % do consumo máximo de oxigênio estimadas pelas equações dos corredores e de Marion et al. (1994)

Ind	FC max	FC correspondente a 60 e 80% do VO ₂ max			
		Equação Marion et al.		Equação Corredores	
		60 %	80%	60%	80%
1	188	137	164	145	167
2	176	128	153	136	157
3	181	132	157	139	161
4	191	139	166	147	170
5	186	136	162	143	166
6	171	125	149	132	152
7	181	132	157	139	161
8	183	134	159	141	163
9	189	138	164	146	168
10	208	152	181	160	185
11	188	137	164	145	167
12	197	144	171	152	175
13	183	134	159	141	163
14	195	142	170	150	174
Média	187	136	163	144	166
DP	9	6	8	7	8

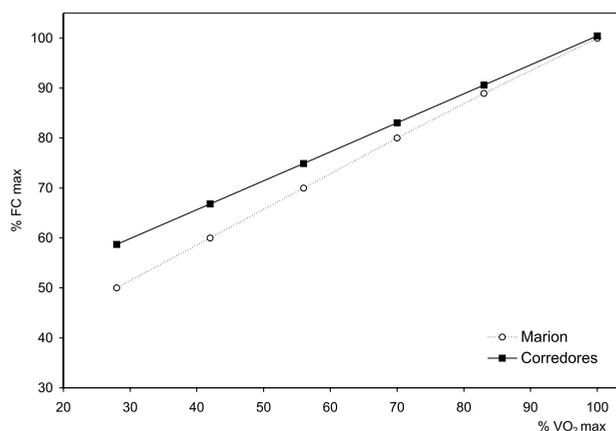
Figura 5 - Comparação das equações de regressão da frequência cardíaca máxima observada ao final do teste e estimada por várias equações de predição. Os círculos representam os valores individuais dos corredores.



Para a comparação da predição do % da FC máx. foi calculada a FC Tr pela equação proposta por Marion et al. (10) e pela equação dos corredores (equação 2) para as intensidades de 60 e 80 % do VO₂ máx., conforme mostra a Tabela 5. A equação de Marion et al. (10) estima a FC de 73 e 87% da FC máx. e a dos corredores 77 e 89% da FC máx., respectivamente. Analisando as médias obtidas para o grupo estudado pode-se notar que a prescrição feita pela equação de Marion et al. (10) difere da dos corredores, principalmente

em cargas mais baixas (cerca de 8 bpm). A Figura 6 mostra que para um mesmo percentual de carga de trabalho (% do VO₂ máx.) os corredores apresentam um percentual de FC máx. maior que a média populacional. Mas, a medida em que se aumenta a carga de trabalho os percentuais de FC máx. se aproximam.

Figura 6 - Comparação das equações de regressão da frequência cardíaca de treino estimada pelas equações dos corredores e de Marion et al. (1994).



Discussão dos Resultados

O presente estudo apresenta grande relevância para a prescrição de treino para corredores, pois verificou a possibilidade de se utilizar neste grupo as propostas de treinamento já existentes que se baseiam na média populacional, além disso, o trabalho propôs estimativas de FC máx. e FC Tr específicas para atletas de resistência. A amostra, constituída de corredores com resultados expressivos em competições regionais de corrida rústica, apresentou valores fisiológicos e antropométricos coerentes com atletas de elite (VO₂ máx. de 67,9 ml/Kg/min. e percentual de gordura de 6%). Outro fator a ser destacado na amostra se refere à idade dos corredores: média de 25,1 ± 7,4 anos, valor mínimo de 15 e máximo de 40 anos. Em média, o grupo estudado se encontra na faixa de idade em que ocorrem os melhores resultados em corrida de fundo e a amplitude dos dados (máximo – mínimo) de 25 anos permitiu estudar o declínio da FC máx. em função da idade. As características da amostra demonstram que os dados encontrados no estudo possuem alta especificidade para corredores.

Os principais achados da pesquisa sugerem que a FC máx. dos corredores é menor que a da média populacional e que seu declínio em função da idade parece ser semelhante ao proposto pela maioria das estimativas estudadas. Esta suposição pode ser justificada pelos resultados da comparação da equação proposta para os corredores com outras equações, feita na Figura 5, na qual é possível observar que a equação dos corredores estima valores colocados entre os menores do conjunto de equações em todas as idades. Deve-se ressaltar que do conjunto de equações estudadas a de Karvonen et al. (8) foi a que mais se distanciou da equação proposta para corredores, principalmente em faixas etárias menores.



Brooks et al. (2) observam que o treinamento aeróbio tem apenas pequena influência na FC máx. fazendo com que ela decresça aproximadamente 3 batimentos. O pequeno decréscimo da FC máx. talvez possa ser explicado pelos achados do estudo de Gledhill et al. (4) no qual observou-se que em atletas treinados não ocorria platô do volume sistólico em exercício de alta intensidade, devido ao aumento do volume sanguíneo e melhora no enchimento ventricular. O decréscimo de 0,7 bpm/ano de idade encontrado nos corredores é compatível com os achados de Roecker et al. (14) que encontraram decréscimo de 3 a 4 bpm por cada 5 anos de idade (0,7 bpm/ano), testando 7397 indivíduos de ambos os sexos e diferentes níveis de condição aeróbia.

Os resultados relativos à FC Tr sugerem que os corredores apresentam um percentual de FC máx. para um dado % do VO_2 máx. mais alto que o previsto pela equação de Marion et al. (10), principalmente em cargas mais baixas. A metodologia empregada no estudo não oferece informações suficientes para explicar tal diferença. Pode-se especular que isto se deve ao fato dos corredores possuírem uma menor FC máx., fazendo com que uma dada FC Tr represente um valor percentual maior. A relação % VO_2 máx. X % da FC máx., em indivíduos treinados e não - treinados, deve ser melhor estudada, pois seu entendimento pode trazer informações úteis para o treinamento aeróbio.

O estudo realizado teve como objetivo observar se as recomendações encontradas na literatura para treinamento aeróbio poderiam ser utilizadas em um grupo específico, como o de corredores de fundo. Assim, no estudo não se utilizou grupo de controle ou outro procedimento que permitisse aprofundar no entendimento das variáveis estudadas. Os resultados dos corredores foram comparados a médias e estimativas populacionais, o que juntamente com a natureza descritiva do estudo, não permite inferir relações causais para as diferenças encontradas.

Apesar da idade média da amostra ser típica dos corredores de melhores resultados, deve-se ressaltar que as equações apresentadas pelo presente estudo, bem como a comparação com as equações já existentes, são específicas para a faixa etária estudada. Assim, pode ser que para corredores com idades mais avançadas (maior que 40 anos) outras equações possam prever melhor as variáveis abordadas (FC máx., FC Tr, relação VO_2 x FC, etc.).

O protocolo utilizado pode ter influenciado a FC máx. observada, pois consistiu no aumento da velocidade de corrida em curtos períodos de tempo. Talvez, se as cargas fossem mantidas numa mesma intensidade durante períodos mais longos a FC máx. observada poderia ter sido mais alta.

As equações usadas para estimar a FC máx. têm EPE que variam de 6,4 a 15 bpm (13). Assim, a estimativa feita para corredores, talvez por se tratar de um grupo homogêneo, apresentou um R^2 de 0,40 e um EPE de 6,4 bpm que, apesar de ser relativamente pequeno, pode comprometer a prescrição de exercício baseada na FC máx. Por outro lado, a relação entre os percentuais de VO_2 máx. e FC máx. apresentou um R^2 de 0,90 e um EPE de 3,8% da FC máx. Considerando o R^2 e o EPE, a maneira mais segura para prescrever o treino de corredores compreende a realização de um teste máximo para identificar a FC máx. e, a partir daí, usar a estimativa da relação entre % do VO_2 máx. x % da FC máx. proposta neste trabalho.

Conclusão

Para predição da FC máx. em corredores de resistência a equação que mais se aproximou da proposta pelo presente trabalho foi a de Calvert et al. (3). Entretanto, como a dispersão da FC máx. é razoavelmente grande, recomenda-se a realização de teste máximo para identificação da FC máx. individual do atleta. A proposta de Marion et al. (10) para estimativa do % FC máx. de treino, difere da proposta pelo presente trabalho, pois em cargas baixas os corredores apresentam um percentual de FC mais alto que a estimativa proposta. Os treinadores devem ser cautelosos na utilização de estimativas da FC máx. e da FC Tr.

Referências Bibliográficas

1. BLAIR, S.N. et al. Prova de Esforço e Prescrição de Exercício. Rio de Janeiro -RJ, Revinter, 1994
2. BROOKS, G.A. et al. Exercise Physiology Human bioenergetics and its applications. 3ª ed., Mountain View: May Field Publishing Company, 2000.
3. CALVERT, A.F.; BERNSTEIN, L.; BAILEY, I.K. Physiological responses to maximal exercise in a normal Australian population-comparative values in patients with anatomically defined coronary artery diseases. Aust. N.Z.J. Med. 1977; 7 : 497-506.
4. GLEDHILL, N.; COX, D.; JAMMIR, R. Endurance athletes' stroke volume does not plateau: major advantage is diastolic function. Medicine and Sciences in Sports and Exercise. 1994; 9 : 1116 - 1121.
5. HOSSACK, K.F.; KUSUMI, F.; BRUCE, R.A. Approximate normal standards of maximal cardiac output during upright exercise in women. Am. J. Cardiol. 1981; 47 : 1080-1086.
6. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density for men. Br J Nutr. 1978; 40 : 497 - 504.
7. JONES, N.L. et al. Clinical Exercise Testing. Philadelphia, W. B. Saunders, 1975.
8. KARVONEN, J.J.; KENTALA, E.; MUSTALA, O. The effects of training on heart rate. A "longitudinal" study. Ann. Med. Exp. Biol. Fenn. 1957; 35 : 307.
9. LEITE, P.F. Exercício e o Coração. Belo Horizonte – MG, Health, 1997.
10. MARION, A.; KENNY, G.; THODEN, J. Heart Rate response as a means of quantifying training loads: Practical considerations for coaches. Sports. 1994; 14 (2).
11. MCARDLE, W.D.; KATCH, F.L.; KATCH, V.L. Fisiologia do Exercício. 4ª ed. Rio de Janeiro – RJ, Guanabara, 1998.
12. NUNES, L. O Organismo no Esforço. Lisboa, Caminho, 1996.
13. ROBERGS, R. A.; LANDWEHR, R. The surprising history of the "Hr máx. = 220 - age" equation. Journal of Exercise Physiology - online. 2002; 5 (2) : 1-9.
14. ROECKER, R. et al. Heart rate prescription from performance and anthropometrical characteristics. Medicine and Sciences in Sports and Exercise. 2002; 34 (5) : 881 - 887.
15. SHEFFIELD, L.T.; HOLT, J.H.; REEVES, T.J. Exercise graded by heart rate in electrocardiographic testing for angina pectoris. Circulation. 1965; 32 : 622-629.

