

Validade das Equações Preditivas da Frequência Cardíaca Máxima para Crianças e Adolescentes

Validity of Maximum Heart Rate Prediction Equations for Children and Adolescents

Fabiana Andrade Machado¹ e Benedito Sérgio Denada²

Departamento de Educação Física - Universidade Estadual de Maringá (UEM)¹ - Maringá, PR; Departamento de Educação Física - Universidade Estadual Paulista (UNESP)² - Rio-Claro, SP - Brasil

Resumo

Fundamento: Ausência de estudos na literatura validando equações preditivas da frequência cardíaca máxima (FC_{máx}) em crianças e adolescentes.

Objetivo: Analisar a validade das equações preditivas da FC_{máx} “220 - idade” e “208 - (0,7 x idade)” em meninos com idades entre 10 e 16 anos.

Métodos: Um teste progressivo de esforço máximo foi realizado em 69 meninos com idades entre 10 e 16 anos, aparentemente saudáveis e ativos. A velocidade inicial do teste foi de 9 km/h com incrementos de 1 km/h a cada três minutos. O teste foi mantido até a exaustão voluntária, considerando-se como FC_{máx} a maior frequência cardíaca atingida durante o teste. A FC_{máx} medida foi comparada com os valores preditos pelas equações “220 - idade” e “208 - (0,7 x idade)” através da ANOVA, medidas repetidas.

Resultados: Os valores médios da FC_{máx} (bpm) foram: 200,2 ± 8,0 (medida), 207,4 ± 1,5 (“220 - idade”) e 199,2 ± 1,1 (“208 - (0,7 x idade)”). A FC_{máx} predita pela equação “220 - idade” foi significativamente maior ($p < 0,001$) que a FC_{máx} medida e que a FC_{máx} predita pela equação (“208 - (0,7 x idade)”). A correlação entre a FC_{máx} medida e a idade não foi estatisticamente significativa ($r = 0,096$; $p > 0,05$).

Conclusão: A equação “220 - idade” superestimou a FC_{máx} medida e não se mostrou válida para essa população. A equação “208 - (0,7 x idade)” se mostrou válida apresentando resultados bastante próximos da FC_{máx} medida. Estudos futuros com amostras maiores poderão comprovar se a FC_{máx} não depende da idade para essa população, situação em que o valor constante de 200 bpm seria mais apropriado para a FC_{máx}. (Arq Bras Cardiol 2011; 97(2) : 136-140)

Palavras-chave: Frequência cardíaca, criança, adolescente, coração/fisiologia.

Abstract

Background: There are no studies in the literature to validate equations that predict maximum heart rate (HR_{max}) in children and adolescents.

Objective: To analyze the validity of the HR_{max} predictive equations “220 - age” and “208 - (0.7 x age)” in boys aged 10 to 16 years.

Methods: A progressive maximal exertion test was carried out in 69 apparently healthy boys aged 10 to 16 years. The initial test velocity was 9 km/h, with 1-km/h increments every three minutes. The test was maintained until maximum voluntary exertion was achieved, considering HR_{max} as the highest heart rate attained during the test. The measured HR_{max} was compared with the values predicted by the “220 - age” and “208 - (0.7 x age)” equations, using ANOVA for repeated measures.

Results: The mean values of HR_{max} (bpm) were: 200.2 ± 8.0 (measured), 207.4 ± 1.5 (“220 - age”) and 199.2 ± 1.1 (“208 - (0.7 x age)”). The HR_{max} predicted by the “220 - age” equation was significantly higher ($p < 0.001$) than the measured HR_{max} and the HR_{max} predicted by the (“208 - (0.7 x age)”) equation. The correlation between the measured HR_{max} and age was not statistically significant ($r = 0.096$; $p > 0.05$).

Conclusion: The “220 - age” equation overestimated the measured HR_{max} and was not valid for this population. The “208 - (0.7 x age)” equation was valid for this population, showing results that were quite similar to those of measured HR_{max}. Future studies with larger sample sizes can verify whether the HR_{max} does not depend on age for this population, a situation in which the constant 200 bpm value would be more appropriate for HR_{max}. (Arq Bras Cardiol 2011; 97(2) : 136-140)

Keywords: Heart rate; child; adolescent; heart/physiology.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Fabiana Andrade Machado •

Av. Colombo, 5790 - Bloco M06 - Depto. Educação Física - Universidade Estadual de Maringá - 87020-900 - Maringá, PR - Brasil

Email: famachado@uem.br, famachado_uem@hotmail.com

Artigo recebido em 09/10/10; revisado recebido em 03/04/11; aceito em 11/04/11.

Introdução

A frequência cardíaca (FC) é considerada uma variável fisiológica de fácil mensuração, sendo rotineiramente utilizada para avaliar a resposta cardiovascular durante o esforço e a recuperação^{1,2}. A frequência cardíaca máxima (FCmáx), por sua vez, é considerada um dos critérios de verificação do esforço máximo em testes ergométricos^{3,4} e é amplamente utilizada na prescrição da intensidade de exercícios⁴⁻⁶.

A determinação da FCmáx pode ser feita de maneira direta, usualmente por meio de protocolos progressivos de esforço máximo, ou pode ser feita de maneira indireta com o auxílio de equações preditivas, que constituem uma maneira de baixo custo e de fácil aplicação^{1,7,8}.

Entre as diversas equações propostas para prever a FCmáx, a de maior destaque por ser amplamente conhecida é a equação "220 - idade"^{4,9,10}, que curiosamente possui autoria desconhecida, apesar de muitas vezes ser citada como de autoria de Karvonen e cols.¹¹, ainda que o trabalho elaborado por esses autores não tenha envolvido a elaboração dessa equação^{7,10,12,13}. Outra equação que merece destaque é "208 - (0,7 x idade)" proposta por Tanaka e cols.⁴, que foi desenvolvida em um estudo de meta-análise coletando-se dados na literatura de 18.712 sujeitos.

A principal característica dessas e de outras fórmulas apresentadas para prever a FCmáx é a de que todas consideram que essa variável decresce com a idade¹⁴. Apesar de esse decréscimo ser um consenso geral para homens e mulheres, adultos saudáveis, ele pode não ser verdadeiro para crianças e adolescentes, e ainda que o seja, esse decréscimo deve ser mensurado para essa clientela específica, visto que a taxa de decréscimo da maioria das equações foi determinada para uma ampla faixa etária, englobando apenas em alguns casos crianças e adolescentes^{9,15,16}.

Assim, em razão da importância do conhecimento da FCmáx para que uma criança ou adolescente não treine em uma intensidade diferente da apropriada e planejada, e considerando a inexistência na literatura, segundo nosso conhecimento, de estudos validando essas duas equações preditivas da FCmáx para essa clientela, o objetivo deste estudo foi analisar a validade das equações preditivas da FCmáx "220 - idade" e "208 - (0,7 x idade)" em meninos com idades entre 10 e 16 anos.

Métodos

População

Sessenta e nove meninos com idades entre 10 e 16 anos, aparentemente saudáveis e ativos, participaram deste estudo. Os valores médios \pm desvio padrão (DP) da idade, estatura e massa corporal foram: 12,6 \pm 1,5 anos; 152,7 \pm 13,1 cm; 47,3 \pm 14,1 kg, respectivamente; a mediana da idade (intervalo interquartil) foi de 12,1 anos (11,4 - 13,8). A idade foi calculada de forma centesimal considerando a data de nascimento e a data de realização do teste. Nenhum dos participantes estava inserido em programas sistemáticos de treinamento. Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa local. A participação foi voluntária e

isenta de qualquer bônus ou ônus aos sujeitos. Antes do início dos testes os responsáveis tomaram conhecimento de todos os procedimentos a que as crianças seriam submetidas assinando o termo de consentimento livre e esclarecido referente à participação nos testes.

Teste progressivo de esforço máximo

Previamente à realização do teste de esforço em esteira rolante, os participantes realizaram uma visita ao laboratório para uma sessão de adaptação ao ergômetro e também para a verificação das medidas antropométricas (massa corporal e estatura). O teste progressivo de esforço máximo foi realizado em esteira rolante multiprogramável (Inbrasport Super ATL, Porto Alegre, Brasil). Após aquecimento inicial de três minutos a 5 km/h, o teste iniciou-se a 9 km/h, com incrementos de 1 km/h a cada três minutos. Durante todo o teste foi mantida uma inclinação constante referente a 1%. A frequência cardíaca (FC) foi constantemente monitorada por meio de frequencímetro (Polar Vantage XL). O teste foi mantido até a exaustão voluntária, sendo os participantes encorajados verbalmente a se manterem em exercício pelo maior tempo possível. A FCmáx foi definida como a maior FC atingida durante o teste⁴, sendo considerada atingida (válida) apenas quando fossem observados sinais de esforço intenso (hiperpneia, vermelhidão facial, descompasso de passadas)¹⁷.

Análise estatística

Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão (DP) para todas as variáveis mensuradas. Os métodos foram comparados utilizando-se ANOVA para medidas repetidas com o teste *post-hoc* de Bonferroni. ANOVA one-way foi utilizada para comparar a FCmáx medida entre as faixas etárias. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado tanto para relacionar os valores medidos com os valores preditos da FCmáx como para verificar a relação entre a idade e a FCmáx medida. Análise de Bland-Altman¹⁸ foi utilizada para calcular os limites de concordância entre a FCmáx medida e a predita pela idade; o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

Resultados

Na tabela 1 são apresentados os valores medidos e preditos da FCmáx para meninos com idades entre 10 e 16 anos. Os valores apresentados pela equação "220 - idade" foram significativamente maiores ($p < 0,001$) que os valores medidos e que os valores estimados pela equação "208 - (0,7 x idade)", conforme ANOVA para medidas repetidas com o teste *post-hoc* de Bonferroni. A correlação entre os valores da FCmáx medida e os valores preditos para as duas equações não foi estatisticamente significativa ($p > 0,05$) apresentando o mesmo coeficiente de correlação para ambas as equações ($r = -0,096$).

A figura 1 apresenta os valores médios \pm DP da FCmáx medida para as diferentes faixas etárias. ANOVA one-way não demonstrou diferença significativa ($p > 0,05$) entre as faixas etárias. A correlação entre os valores da FCmáx medida e a idade não foi estatisticamente significativa ($r = 0,096$; $p > 0,05$). Observa-se visualmente a ausência de uma tendência

Tabela 1 - Valores da FCmáx medida e estimada para meninos entre 10 e 16 anos de idade (n = 69)

FCmáx	Média ± DP
Medida (bpm)	200,2 ± 8,0*
"208 - (0,7 x idade)" (bpm)	199,2 ± 1,1*
"220 - idade" (bpm)	207,4 ± 1,5

p < 0,001 em relação a 220 - idade; FCmáx - frequência cardíaca máxima.

de aumento ou diminuição da FCmáx com a idade. Isso foi corroborado pela correlação entre essas variáveis, a qual não foi estatisticamente diferente de zero. A variabilidade da FCmáx para as diversas faixas etárias representada pelo DP na figura 1 também não apresentou nenhuma tendência de aumentar ou diminuir com a idade. Verificam-se ainda na figura 1 os elevados valores de DP encontrados, em que o menor e o maior DP foi de 5,1 e 9,0 bpm para as faixas etárias entre 13-14 e 14-15 anos, respectivamente.

A figura 2 refere-se ao gráfico de dispersão dos valores da FCmáx medida da amostra. Destaca-se novamente a alta dispersão dos dados corroborada pelo alto DP apresentado na tabela 1 para a FCmáx medida. Verifica-se também que os valores preditos pela equação "220 - idade", representados pela linha tracejada, apresentam a tendência de superestimar a FCmáx. Por sua vez, os valores preditos pela equação "208 - (0,7 x idade)", representados pela linha pontilhada, aparentam se ajustar muito melhor à média da FCmáx medida.

A análise de concordância entre a FCmáx medida e a predita pelas fórmulas apresentou como viés (diferença entre as médias) ± desvio padrão das diferenças: 7,1 ± 8,3 bpm ("220 - idade") e -1,1 ± 8,2 bpm ("208 - (0,7 x idade)"). Ressalta-se o alto viés de 7,1 bpm apresentado pela diferença

entre as médias dos valores preditos pela equação "220 - idade" e os valores da FCmáx medida, o qual conduz a uma superestimação da FCmáx.

Discussão

O objetivo deste estudo foi analisar a validade das equações preditivas da FCmáx "220 - idade" e "208 - (0,7 x idade)" em meninos com idades entre 10 e 16 anos. O principal achado foi que a equação "220 - idade" superestimou na média os valores da FCmáx não se mostrando válida para essa população, e a equação "208 - (0,7 x idade)" se mostrou válida para essa clientela pediátrica. Além disso, verificamos que a FCmáx se mostrou independente da idade para essa população específica, ressaltando-se que a amostra estudada (n = 69) não permite conclusões definitivas quanto a essa independência de relação.

De acordo com Almeida e cols.¹⁹, equações preditivas são válidas quando aplicadas em populações com características semelhantes às da amostra a partir da qual a equação foi gerada. Dessa forma, apesar de sua ampla aplicação, a fórmula "220 - idade" necessita das amostras pela qual foi gerada, visto o desconhecimento de seu autor e da faixa etária utilizada para a sua elaboração. Já a equação "208 - (0,7 x idade)" foi gerada pela regressão linear de 18.712 sujeitos especialmente entre as idades de 20 e 70 anos.

Verifica-se na tabela 1 que o valor médio da equação "220 - idade" foi significativamente maior ($p < 0,001$) que os valores medidos e que os valores estimados pela equação "208 - (0,7 x idade)". Dessa forma, a equação "220 - idade" superestima, na média, os valores da FCmáx. Aplicando-se a equação "220 - idade", constata-se que FCmáx predita recua linearmente de 210 bpm aos 10 anos para 204 bpm aos 16 anos, superestimando ao longo da faixa etária de 10

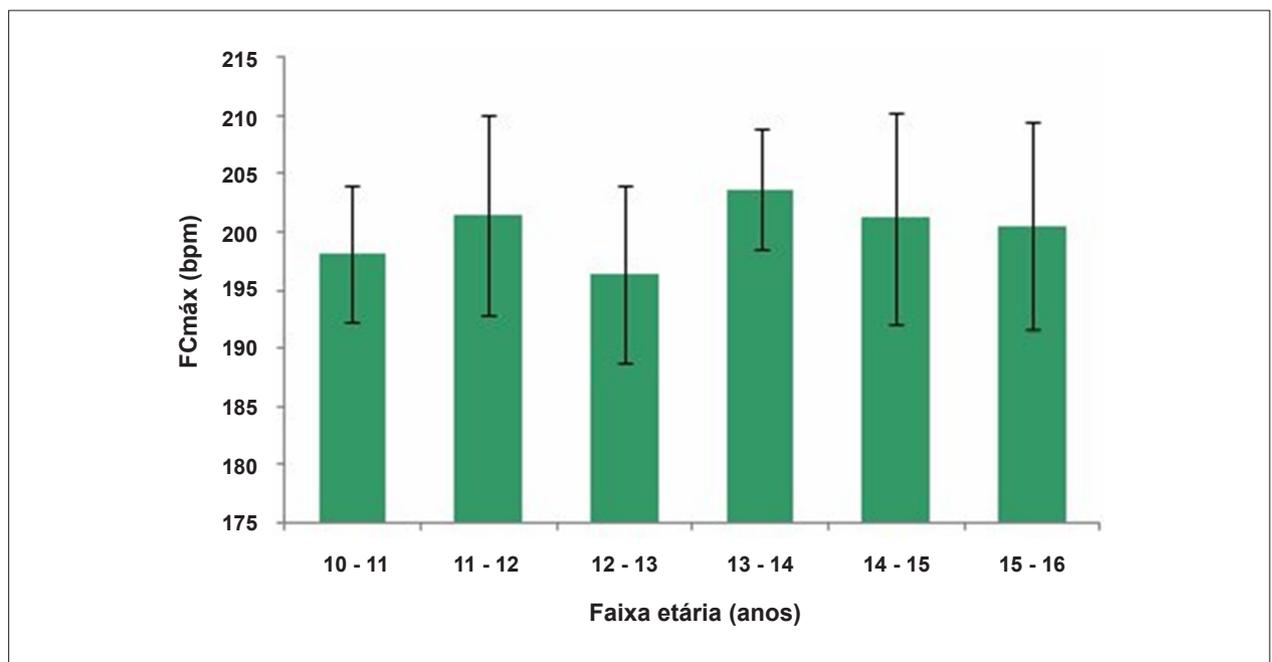


Fig. 1 - Valores médios ± DP da FCmáx medida para as diferentes faixas etárias (n = 69). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as faixas etárias.

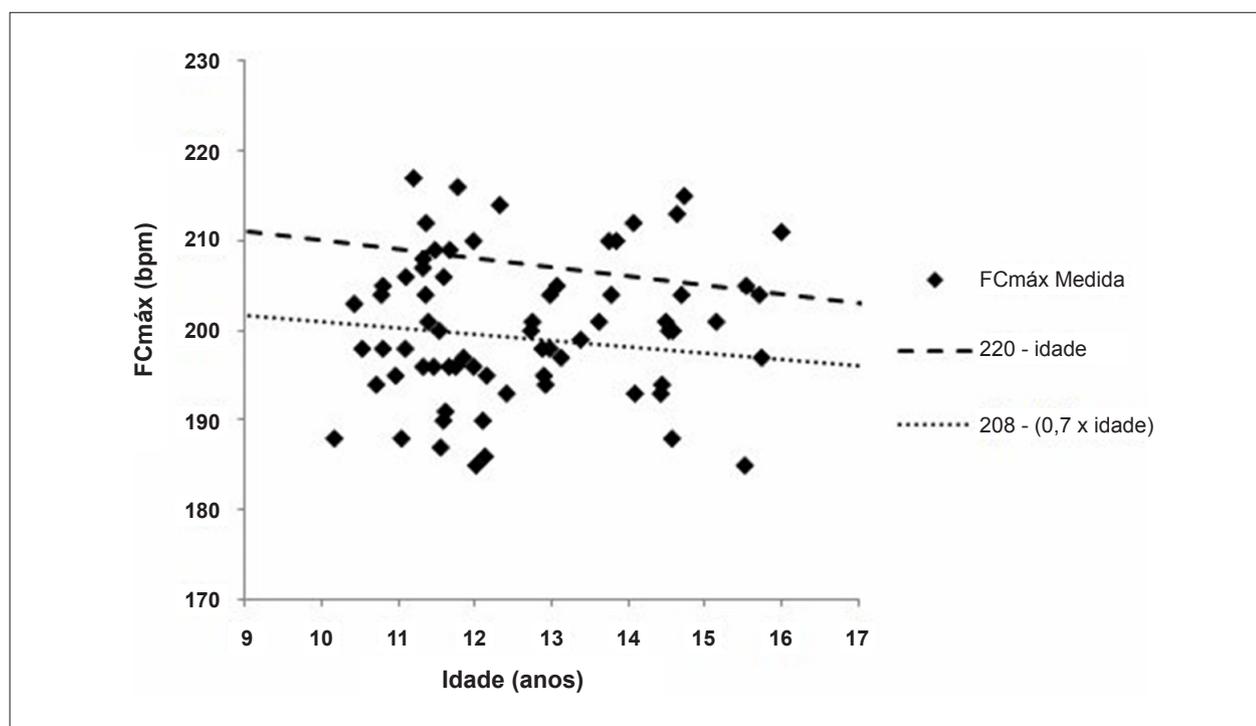


Fig. 2 - Gráfico de dispersão dos valores da FCmáx medida dos sujeitos (n = 69). A linha tracejada representa os valores preditos pela equação "220 - idade". A linha pontilhada representa os valores preditos pela equação "208 - (0,7 x idade)".

a 16 anos o valor médio da FCmáx medida de 200,2 bpm. Essa constatação pode ser feita visualmente pela figura 2. Contrariamente à equação "220 - idade", não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores preditos pela equação "208 - (0,7 x idade)" e os valores medidos. Os valores preditos pela equação "208 - (0,7 x idade)" recuam de 201 bpm aos 10 anos para 196,8 bpm aos 16 anos de idade, apresentando valores acima (idade < 11,1 anos) e abaixo (idade \geq 11,1 anos) da média de 200,2 bpm da FCmáx medida.

Verificou-se por meio da figura 1 que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as diversas faixas etárias para a FCmáx medida. Corroborou para essa ausência de diferença o fato de a correlação entre a FCmáx medida e a idade não ter sido estatisticamente significativa. Dessa forma, por meio deste estudo, não é possível afirmar que a FCmáx decresça com a idade para a população aqui estudada. Apesar de essa amostra não ser pequena (n = 69), ela ainda não permite obter conclusões definitivas quanto à ausência de relação entre a FCmáx e a idade.

Outro ponto interessante apresentado nos resultados foi a alta variabilidade da FCmáx para as diversas faixas etárias, variabilidade representada pelo DP. Esse elevado DP também não apresentou nenhuma tendência de aumentar ou diminuir com a idade. Tanto na figura 1 como na figura 2, é possível verificar esse padrão de um elevado DP para a FCmáx. Ressaltamos que não apenas a FCmáx medida apresentou um alto DP da ordem de 8 bpm, como também a diferença entre as médias (viés) dos valores preditos e medidos apresentou um DP dessa mesma ordem. Esses valores estão de acordo

com a literatura que relata um desvio padrão da ordem de 10 bpm para os valores preditos da FCmáx^{4,10}. Analisando-se o viés e o DP da diferença entre os valores da FCmáx preditos e medidos, verifica-se um amplo limite de concordância para 95% dos casos entre os valores medidos e os preditos pela equação "220 - idade" (-9,5 a 23,7 bpm) e pela equação "208 - (0,7 x idade)" (-17,5 a 15,3 bpm), os quais poderão resultar em erros de até +12% e -9%, respectivamente, considerando a FCmáx média de 202,2 bpm. Diante disso, temos que a alta variabilidade da FCmáx se apresenta como o principal fator limitante para a sua predição.

Conclusão

Com base nesses resultados, conclui-se que a equação "220 - idade" não se mostra válida e apropriada para crianças e adolescentes, já que essa superestimou na média os valores da FCmáx para meninos na faixa etária de 10 a 16 anos. A equação "208 - (0,7 x idade)", por sua vez, apresentou resultados bastante próximos da FCmáx medida, podendo ser considerada uma equação válida para essa clientela pediátrica. Adicionalmente, caso a FCmáx seja realmente independente da idade para meninos dessa faixa etária, o que apenas poderá ser comprovado em futuros estudos com amostras maiores, o valor constante de 200 bpm poderá se tornar o valor mais apropriado para a FCmáx dessa população.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Referências

1. American College of Sports Medicine. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
2. Almeida MB. Frequência cardíaca e exercício: uma interpretação baseada em evidências. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2007;9(2):196-202.
3. Denadai BS, Greco CC. Prescrição do treinamento aeróbio: teoria e prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2005.
4. Tanaka H, Monahan KG, Seals DS. Age – predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153-6.
5. Pollock ML, Graves JE, Swart DL, Lowenthal DT. Exercise training and prescription for the elderly. *South Med J.* 1994;87(5):S88-95.
6. Denadai BS. Variabilidade da frequência cardíaca durante o exercício de carga constante realizado abaixo e acima do limiar anaeróbio. *Rev Bras Cien Esporte.* 1994;16(1):36-41.
7. Fernandes Filho J. A prática da avaliação física, teste, medidas e avaliação em escolares, atletas e academias de ginásticas. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Shape; 2003.
8. Marins JCB, Giannichi RS. Avaliação e prescrição de atividade física – Guia prático. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Shape; 2003.
9. Fernhall B, McCubbin JA, Pitetti, KH, Rintala P, Rimmer JH, Millar AL, et al. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sport Exerc.* 2001;33(10):1655-60.
10. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the "HR_{max}=220-age" equation. *JEPonline.* 2002;5(2):1-10.
11. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exper Fenn.* 1957;35(3):307-15.
12. Barbosa FP, Oliveira HB, Fernandes PR, Fernandes Filho J. Estudo comparativo de equações de estimativa da frequência cardíaca máxima. *Fit & Perform J.* 2004;3(2):108-14.
13. Policarpo FB, Fernandes Filho J. Usar ou não a equação de estimativa (220 – idade)? *Rev Bras Cien Mov.* 2004;12(3):77-9.
14. Tibana RA, Barros E, Silva PB, Silva RAS, Balsamo S, Oliveira AS. Comparação da frequência cardíaca máxima e estimada por diferentes equações. *Brazilian Journal of Biomechanics.* 2009;3(4):359-65.
15. Froelicher VF, Myers JN. Exercise and the heart. 4th ed. Philadelphia: W B Saunders; 2000.
16. Lester M, Sheffield LT, Trammel P, Reeves TJ. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J.* 1968;76(3):370-6.
17. Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev.* 1994;22:435-76.
18. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-10.
19. Almeida JA, Campbell CSG, Pardono E, Sotero RC, Magalhães G, Simões HG. Validade de equações de predição em estimar o VO₂max de brasileiros jovens a partir do desempenho em corrida de 1.600m. *Rev Bras Med Esporte.* 2010;16(1):57-60.