

Comparação da Frequência Cardíaca Máxima Medida com as Fórmulas de Predição Propostas por Karvonen e Tanaka

Comparison of Maximal Heart Rate Using the Prediction Equations Proposed by Karvonen and Tanaka

Sérgio Ricardo de Abreu Camarda¹, Antonio Sérgio Tebexreni¹, Cristmi Niero Páfaró², Fábio Bueno Sasaí², Vera Lúcia Tambeiro¹, Yara Juliano³, Turíbio Leite de Barros Neto¹

Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP¹, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP², Universidade Santo Amaro, São Paulo, SP³ - Brasil

Resumo

Fundamento: Fórmulas de predição da frequência cardíaca máxima são amplamente utilizadas em serviços de ergometria e para prescrição de treinamento, contudo há controvérsia na literatura sobre a eficácia delas.

Objetivo: Comparar a frequência cardíaca máxima obtida pelo teste ergoespirométrico com as equações propostas por Karvonen e Tanaka.

Métodos: Dos 24.120 testes ergoespirométricos máximos, com protocolo de cargas crescentes, realizados em esteira rolante e armazenados no banco de dados do Cemafe, no período de 1994 a 2006, foram resgatados 1.091 resultados da frequência cardíaca máxima de indivíduos sedentários do sexo masculino e 956 do feminino. Esses dados foram utilizados como padrão-ouro na comparação com as fórmulas de predição propostas por Karvonen e Tanaka.

Resultados: Os valores médios da frequência cardíaca máxima medida foram: $181,0 \pm 14,0$, $180,6 \pm 13,0$ e $180,8 \pm 13,8$, para o sexo masculino, feminino e ambos os sexos, respectivamente. Seguindo o mesmo padrão, os valores para equação de Karvonen foram de $182,0 \pm 11,4$, $183,7 \pm 11,5$ e $183,9 \pm 11,7$; e os de Tanaka $182,0 \pm 8,0$, $182,6 \pm 8,0$ e $182,7 \pm 8,2$. A equação de Karvonen apresentou valores de correlação iguais à de Tanaka, quando comparadas com a frequência cardíaca máxima medida, $r = 0,72$.

Conclusão: As equações de Karvonen e Tanaka são semelhantes para predição da frequência cardíaca máxima e apresentam boa correlação com a frequência cardíaca máxima medida. (Arq Bras Cardiol 2008; 91(5) : 311-314)

Palavras-chave: Frequência cardíaca, teste de esforço, estudos transversais.

Summary

Background: Equations for predicting maximal heart rate (HRmax) are widely used in exercise testing and for training prescription, but their efficacy remains controversial in the literature.

Objective: To compare maximal heart rate during cardiopulmonary exercise testing (CPET) using the prediction equations developed by Karvonen and Tanaka.

Methods: Of the 24,120 maximal treadmill graded exercise tests stored in the CEMAFE database from 1994 to 2006, 2047 HRmax values were analyzed, 1091 of which were from male and 956 from female sedentary subjects. These data were used as a gold standard to compare Karvonen's and Tanaka's prediction formulas.

Results: Mean measured maximal heart rates were 181.0 ± 14.0 ; 180.6 ± 13.0 , and 180.8 ± 13.8 for men, women, and both genders combined, respectively. Likewise, mean values from Karvonen's equation were 182.0 ± 11.4 ; 183.7 ± 11.5 , and 183.9 ± 11.7 ; and from Tanaka's, 182.0 ± 8.0 ; 182.6 ± 8.0 , and 182.7 ± 8.2 . Karvonen's and Tanaka's equations yielded the same correlation coefficients, as compared with measured maximal heart rate ($r = 0.72$).

Conclusion: Karvonen's and Tanaka's equations are similar in predicting maximal heart rate and show good correlation with measured maximal heart rate. (Arq Bras Cardiol 2008; 91(5) : 285-288)

Key words: Heart rate; exercise test; cross-sectional studies.

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

Correspondência: Sérgio Ricardo de Abreu Camarda •

Av. Marechal Stênio de Albuquerque Lima, 82 - Paraíso - 04005-040 - São Paulo, SP - Brasil

E-mail: s.camarda@hotmail.com

Artigo recebido em 22/01/08; revisado recebido em 10/03/08; aceito em 17/03/08.

Introdução

A frequência cardíaca máxima (FCM) é o valor mais elevado da frequência cardíaca que um indivíduo pode atingir em um esforço máximo até o ponto de exaustão¹, sendo uma importante variável fisiológica para quantificar o esforço máximo durante um teste ergométrico². É um indicador amplamente utilizado para prescrição de intensidades em programas de exercícios aeróbios, por possuir uma estreita relação com o consumo máximo de oxigênio³. Os indivíduos destreinados, em geral, apresentam valores mais elevados para a FCM que os treinados⁴. Contudo, alguns autores relatam que a FCM não varia significativamente com o treinamento⁵. A redução da FCM com o treino se deve, provavelmente, às adaptações do coração e sistema nervoso autônomo para alcançar um débito cardíaco ótimo⁶. Os testes máximos realizados em cicloergômetros apresentam valores de FCM de 5% a 10% inferiores em relação ao obtido em esteira ergométrica, esse fato é explicado pela ocorrência da fadiga periférica⁷. Contudo, outro estudo encontrou uma boa associação entre a FCM medida, nos testes realizados nos dois ergômetros, para 57% dos indivíduos⁸. Uma das equações mais utilizadas para a predição da FCM é a $220 - \text{idade}$ ⁹, proposta para essa finalidade por Fox e cols.¹⁰. Essa equação tende a superestimar a FCM de indivíduos jovens (< 40 anos) e a subestimar a frequência de idosos¹¹. Outra equação utilizada para predição dessa variável é o modelo de regressão proposto por Tanaka e cols.¹² ($208 - (0,7 \times \text{idade})$), que apresenta valores de FCM menores do que a de Karvonen e cols.⁹. Essas equações podem apresentar grande margem de erros³. Existe conflito na literatura sobre a aplicação das equações para predição da FCM, alguns demonstram boa correlação com a FCM medida, outros, fraca. Parte disso se dá por causa da diversidade de condições experimentais, como tipo de população, amostra pequena, variedade de protocolos de avaliação, equipamentos para análise e ergômetros utilizados.

O presente estudo propõe comparar a FCM obtida por meio de teste ergoespirométrico máximo em esteira rolante, de brasileiros sedentários, de ambos os sexos e com faixa etária de 12 a 69 anos, com as fórmulas de predição propostas por Tanaka e cols.¹² e Karvonen e cols.⁹.

Métodos

O presente estudo transversal retrospectivo clínico foi realizado no Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte (Cemafe) da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da mesma instituição (CEP n. 0961/06). Dos 24.120 testes ergoespirométricos máximos, com protocolo de cargas crescentes, realizados em esteira rolante e armazenados no banco de dados do Cemafe, no período de 1994 a 2006, foram resgatados 1.091 resultados da frequência cardíaca máxima de indivíduos sedentários do sexo masculino e 956 do feminino. Esses dados foram utilizados como padrão-ouro na comparação com as fórmulas de predição propostas por Karvonen e Tanaka. Após a tabulação dos dados, calcularam-se as frequências cardíacas máximas pelas equações de predição de Karvonen ($220 - \text{idade}$) e Tanaka ($208 - (0,7 \times \text{idade})$),

seguida pela comparação com a FCM medida. Os critérios de inclusão englobaram indivíduos sedentários, brasileiros e aparentemente saudáveis, com faixa etária de 12 a 69 anos, que realizaram o teste ergoespirométrico em esteira rolante elétrica e com índice de massa corpórea $\leq 40 \text{ kg/m}^2$. Com base nos dados do questionário padrão de avaliação física do Cemafe sobre hábitos de vida, foram considerados sedentários os indivíduos que relataram não ter participado de nenhum tipo de atividade física, ou ter participado de atividade física por um período menor do que 20 minutos por dia e com frequência menor do que três vezes por semana, há pelo menos seis meses. Os indivíduos que procuraram os serviços do Cemafe com fins específicos eram assintomáticos e aparentemente saudáveis. Foram considerados brasileiros os indivíduos que preencheram a ficha cadastral como nascidos no Brasil, excluindo-se, portanto, estrangeiros e/ou naturalizados.

Os resultados foram obtidos pelo teste ergoespirométrico com protocolo de carga crescente, padrão do Cemafe para sedentários, que consiste em iniciar na carga de 3,0 km/h sem inclinação, com duração de 2 minutos, seguida por estágios com duração de 1 minuto e incrementos de 1,0 km/h até a exaustão, em esteira rolante (Precor C964i USA). Quando foi necessário dar prosseguimento ao teste, após dez minutos de incrementos de carga, realizaram-se incrementos na inclinação de 2,5% ou 5,0% a cada minuto. Os critérios adotados para interromper o teste e classificá-lo como máximo foram: atingir o platô do consumo máximo de oxigênio em relação a carga, razão das trocas gasosas igual ou superior a 1,1 e exaustão física. A frequência cardíaca máxima foi determinada pelo sistema de ergometria (Ergo-S e eletrocardiógrafo EP-3 DIXTAL-Brasil). Para análise dos resultados, aplicou-se a correlação de Pearson e teste "t" para dados pareados, para a comparação da frequência cardíaca máxima com as fórmulas de predição¹³. Foram determinadas as médias e desvios padrão das variáveis peso, altura, índice de massa corpórea, idade e frequência cardíaca máxima atingida no teste cardiopulmonar. Por tratar-se de um estudo retrospectivo clínico, a limitação do estudo consiste na falta de controle do pesquisador sobre as medidas dos testes e questionários aplicados no período de 1994 a 2006.

Resultados

Para caracterizar a amostra, realizaram-se as medidas altura (cm) e peso (kg) e calculou-se o índice de massa corpórea (kg/m^2), juntamente com a idade. Os valores dessas variáveis são apresentados em médias e desvio padrão na tabela 1. As médias da FCM medida e preditas pelas equações de Karvonen e Tanaka, por meio da análise estatística descritiva, são mostradas na tabela 2. Por meio do teste t Student, para dados pareados, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,000$) entre as equações de predição analisadas no estudo e a FCM medida no laboratório. Realizou-se a correlação de Pearson entre a FCM medida e as fórmulas de predição de Karvonen e Tanaka, para determinar a correlação dessas equações com a FCM medida. A equação de Karvonen (gráf. 1) apresentou os mesmos valores de correlação obtidos na de Tanaka (gráf. 2), quando elas foram comparadas com a FCM medida, $r = 0,72$ e $r^2 = 0,52$.

Tabela 1 – Descrição da amostra pelo número de participantes (n), idade, altura, peso e índice de massa corpórea (n = 2.047)

Sexo	n	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)	IMC (kg/m ²)
Masculino	1.091	37,8 ± 11,4	174,9 ± 7,0	82,0 ± 13	26,8 ± 3,8
Feminino	956	36,3 ± 11,4	161,7 ± 6,8	63,2 ± 10,9	24,2 ± 4,0
Masculino e feminino	2.047	37,1 ± 11,4	168,7 ± 9,5	73,3 ± 15,4	25,6 ± 4,1

Valores apresentados em média ± desvio padrão.

Tabela 2 – Número de participantes (n), análise estatística, pelo teste “t” pareado, entre a frequência cardíaca máxima (FCM) medida vs. FCM predita pela equação de Karvonen e FCM medida vs. FCM predita pela equação de Tanaka. FCM em batimentos por minuto (bpm) (n = 2.047)

Sexo	n	FCM medida (bpm)	FCM Karvonen (bpm)	FCM Tanaka (bpm)
Masculino	1.091	181,0 ± 14,0	182,0 ± 11,4*	182,0 ± 8,0**
Feminino	956	180,6 ± 13,0	183,7 ± 11,5*	182,6 ± 8,0**
Masculino e feminino	2.047	180,8 ± 13,8	183,9 ± 11,7*	182,7 ± 8,2**

Valores apresentados em média ± desvio padrão; * Teste “t” pareado FCM medida vs. FCM Karvonen $t = -9,63$ ($p < 0,000$); ** Teste “t” pareado FCM medida vs. FCM Tanaka $t = -5,56$ ($p < 0,000$).

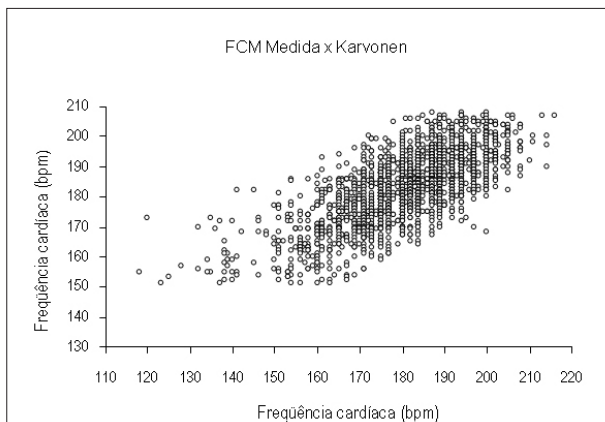


Gráfico 1 - Correlação de Pearson entre a frequência cardíaca máxima (FCM) medida e a equação de predição de Karvonen “220-idade”, ($r=0,72$; $r^2=0,52$; $n=2047$).

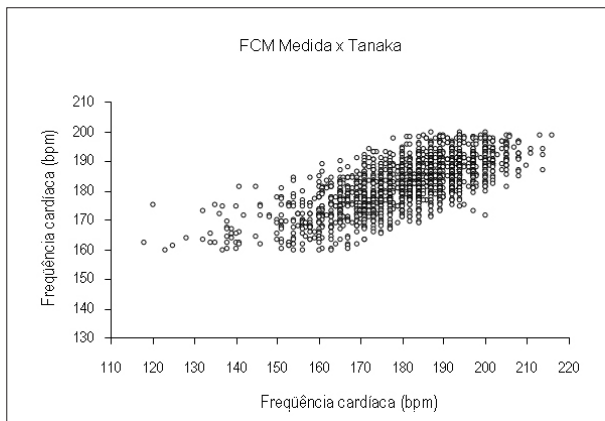


Gráfico 2 - Correlação de Pearson entre a frequência cardíaca (FCM) medida e a equação de predição de Tanaka “208-(0,7 x idade)”, ($r=0,72$; $r^2=0,52$; $n=2047$).

Discussão

A predição da FCM por equações é amplamente utilizada para prescrição de treinamento e em serviços de ergometria. A equação mais utilizada é a 220 - idade, podendo tal fato ser justificado em razão da freqüente citação e utilização dessa fórmula em livros e artigos relacionados à fisiologia do exercício, exames de certificação em medicina esportiva, em programas de condicionamento físico e em indústrias ligadas ao segmento de atividade física¹⁴. Contudo, essa equação é criticada na literatura, pois o estudo que a gerou teve uma outra abordagem que não envolvia a elaboração desta para predição da FCM¹¹. Conseqüentemente, a fórmula 220 - idade não apresenta mérito científico para ser utilizada no campo da fisiologia do exercício e em áreas afins²¹. De acordo com Tanaka e cols.¹², a elaboração da fórmula 220 - idade⁹ se deu por meio da revisão feita por Fox e cols.¹⁰. Essa fórmula foi determinada arbitrariamente para um total de dez estudantes. A idade mais elevada utilizada foi de 65 anos, e a maioria dos indivíduos apresentou idade ≤ 55 anos. Esse mesmo estudo comparou a equação 220 - idade⁹ com a 208 - (0,7 x idade)¹²: a primeira equação superestima a FCM em jovens adultos em comparação à segunda, e com o aumento da idade essa relação tende a crescer. Entre os selecionados, incluíram-se indivíduos com doenças cardiovasculares, tabagistas ou que utilizavam drogas cardioativas. Essas condições influenciam a FCM, independentemente da idade¹⁴. Apesar das constatações de que a equação 220 - idade seria inadequada para a aplicação na área das ciências da saúde, o American College of Sports Medicine¹⁵ indica a fórmula de Karvonen para a prescrição do exercício aeróbico, pois ela apresenta uma correlação direta com o consumo máximo de oxigênio.

Nosso estudo comparou a frequência cardíaca medida em teste ergoespirométrico de 2047 brasileiros sedentários, 1.091 do sexo masculino e 956 feminino, com idade entre 12 e 69 anos, com as fórmulas de Karvonen e cols.⁹ e Tanaka e cols.¹², a fim de esclarecer qual a correlação entre a FCM medida e as duas fórmulas de predição. Os valores encontrados por nós, para a correlação de Pearson entre a FCM medida e as equações propostas por Karvonen e cols.⁹ e Tanaka e cols.¹², foram os

mesmos ($r = 0,72$). Esse valor assemelha-se ao estudo proposto por Tanaka que encontrou uma correlação de $r = 0,79$ para indivíduos do sexo masculino e $r = 0,73$ para o feminino, entre a FCM medida e a equação $208 - (0,7 \times \text{idade})^{12}$. Em estudo com idosas na faixa etária de 60 a 81 anos, as equações de predição da FCM de Karvonen e cols.⁹ ($220 - \text{idade}$) e de Tanaka e cols.¹² ($208 - (0,7 \times \text{idade})$) apresentaram valores significativamente maiores quando comparados aos medidos durante um teste de esforço progressivo, com uma fraca correlação entre a FCM medida e as equações de predição de Karvonen (0,354) e Tanaka (0,342). Contudo, para a faixa etária da nossa amostra de 12 a 69 anos, a frequência cardíaca máxima medida apresentou valores significativamente menores ($p < 0,000$) que as equações de predição.

O uso de regressões para estimar indiretamente a FCM no cicloergômetro para indivíduos que não apresentam bom condicionamento físico aumenta potencialmente o erro de predição da FCM e, conseqüentemente, da intensidade de exercício a ser realizado, o que sugere que a FCM deveria ser determinada diretamente para cada indivíduo⁸. A boa correlação encontrada em nosso estudo ($r = 0,72$) entre a FCM medida e as equações de predição de Karvonen e Tanaka pode ser justificada pelo maior número de indivíduos e pelo fato de os testes terem sido realizados em esteira, em vez de bicicleta ergométrica¹⁶.

Em estudo para comparação dos valores da FCM obtidos em laboratório com equações de predição, Vasconcelos¹⁷ constatou que a equação $220 - \text{idade}^9$ apresenta maior correlação com FCM medida do que a proposta por Inbar e cols.¹⁸. Esse resultado mostrou discordância com outros estudos que apontam a equação por Inbar e cols.¹⁸ como uma das mais precisas¹⁸.

É fato que métodos diretos de medição possuem maior eficácia para determinação da FCM, no entanto continua sendo grande a utilização de fórmulas de predição, principalmente a

equação $220 - \text{idade}$, por profissionais ligados a ciências da saúde. Nosso estudo demonstrou que existe boa correlação entre a FCM medida e as equações de predição, contudo são necessários mais estudos relacionados ao desenvolvimento de equações que apresentem maior precisão para prever a FCM.

Acreditamos que a magnitude da amostra e dos dados, coletados no Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte (Cemafe), credencia o presente estudo para comparar a frequência cardíaca máxima medida com as equações de predição propostas por Karvonen ($220 - \text{idade}$) e Tanaka ($208 - (0,7 \times \text{idade})$).

Conclusões

As equações de predição da frequência cardíaca máxima propostas por Karvonen ($220 - \text{idade}$) e Tanaka ($208 - (0,7 \times \text{idade})$) são semelhantes para predição da frequência cardíaca máxima, de indivíduos do sexo masculino e feminino, com faixa etária de 12 a 69 anos, demonstrando boa correlação ($r = 0,72$) com a frequência cardíaca máxima medida.

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

Este artigo é parte de tese de Doutorado de Sérgio Ricardo de Abreu Camarda pela Universidade Federal de São Paulo.

Referências

1. Wilmore JH, Costill DL. Fisiologia do esporte e do exercício. 2ª ed. São Paulo: Manole; 2005.
2. ACSM's guidelines for exercises testing and prescription. 6th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 91-114.
3. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the $H_{\text{rmax}} = "220 - \text{age}"$ equation. J Exerc Physiol. 2002; 5 (2): 1-10.
4. Lester FM, Sheffield LT, Trammel P, Reeves TJ. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercises. Am Heart J. 1968; 76: 370-6.
5. Ekblom B, Astrand PO, Saltin B, Stenberg J, Wallstrom B. Effect of training on circulatory response to exercise. J Appl Physiol. 1968; 24 (4): 518-28.
6. Pollock ML. The quantification of endurance training program. In: Wilmore JH. Exercise and sports sciences reviews. New York: Academic Press; 1973. p. 155-88.
7. Penitenti RM. Estudo comparativo da frequência cardíaca em ciclistas e indivíduos ativos [dissertação]. São Paulo: Universidade Bandeirante de São Paulo; 2004.
8. Araújo CGS, Pinto VLM. Frequência cardíaca máxima em testes de exercícios em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. Arq Bras Cardiol. 2005; 85: 45-50.
9. Karvonen JJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a "longitudinal" study. Ann Med Exp Biol Fenn. 1957; 35: 307-15.
10. Fox III SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. Ann Clin Res. 1971; 3: 404-32.
11. Policarpo FB, Fernandes Filho J. Usar ou não a equação de estimativa "220 - idade?". Rev Bras Cienc Mov. 2004; 12: 77-9.
12. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age - Predicted Maximal Heart Revisited. J Am Coll Cardiol. 2001; 37:153-6.
13. Zar JH. Bioestatistical analysis. 3rd ed. New Jersey: Printice-Hall: Inc; 1996.
14. Whaley MH, Kaminsky LA, Dwyer GB, Getchell LH, Norton JA. Predictors of over-and underachievement of age-predicted maximal heart rate. Med Sci Sports Exerc. 1992; 24 (10): 1173-9.
15. American College of Sports Medicine. ACSM's Guidelines for exercisetesting and prescription. Philadelphia: Lea & Febiger; 2000.
16. Silva VAP, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, de Oliveira RJ. Frequência cardíaca máxima em idosas brasileiras: uma comparação entre valores medidos e previstos. Arq Bras Cardiol. 2007; 88 (3): 314-20.
17. Vasconcelos TL. Comparação das respostas de frequência cardíaca máxima através de equações predativas e teste máximo em laboratório. Rev Bras Presc Fisiol Exerc. 2007; 1(2): 19-24.
18. Inbar O, Oren A, Scheinowitz M, Rotstein A, Dlin R, Casaburi R. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. Med Sci Sports Exerc. 1994; 26: 538-46.