

Freqüência Cardíaca Máxima em Idosas Brasileiras: uma Comparação entre Valores Medidos e Previstos

Maximum Heart Rate in Brazilian Elderly Women: Comparing Measured and Predicted Values

Valter Abrantes Pereira da Silva, Martim Bottaro, Marco Aurélio Justino, Maurício Maltez Ribeiro, Ricardo Moreno Lima, Ricardo Jacó de Oliveira

Universidade Católica de Brasília, Departamento de Endocrinologia, Universidade de São Paulo – Brasília, DF – São Paulo, SP

Resumo

Objetivo: O presente estudo objetivou comparar os valores de freqüência cardíaca máxima (FCmáx) medidos durante um teste de esforço progressivo (TEP), com os obtidos através de equações de predição, em idosas brasileiras.

Métodos: Um TEP máximo sob o protocolo modificado de Bruce, realizado em esteira, foi utilizado para obtenção dos valores de referência da freqüência cardíaca máxima (FCmáx), em 93 mulheres idosas ($67,1 \pm 5,16$ anos). Os valores obtidos foram comparados aos estimados pelas equações “220 – idade” e a de Tanaka e cols., através da ANOVA, para amostras repetidas. A correlação e a concordância entre os valores medidos e os estimados foram testadas. Adicionalmente, a correlação entre os valores de FCmáx medidos e a idade das voluntárias foi examinada.

Resultados: Os resultados foram os seguintes: 1) a média da FCmáx atingida no TEP foi de $145,5 \pm 12,5$ batimentos por minuto (bpm); 2) as equações “220 – idade” e a de Tanaka e cols. (2001) superestimaram significativamente ($p < 0,001$) a FCmáx por uma diferença média de 7,4 e 15,5 bpm, respectivamente; 3) a idade se relacionou significativamente ($p < 0,001$) e inversamente com a FCmáx medida.

Conclusão: Baseado nesses resultados, pode-se concluir que ambas as equações de predição da FCmáx superestimam significativamente os valores obtidos durante um TEP máximo em brasileiras idosas, fato que pode ter implicações relevantes ao se prescrever intensidade de exercícios para essa população. Foi também observado que a FCmáx relacionou-se inversamente com a idade das voluntárias, sugerindo que a reserva cronotrópica continua a declinar após os 60 anos de idade.

Palavras-chave: Freqüência cardíaca, teste de esforço, mulheres, idoso, esforço físico.

Summary

Objective: This study sought to compare maximum heart rate (HRmax) values measured during a graded exercise test (GXT) with those calculated from prediction equations in Brazilian elderly women.

Methods: A treadmill maximal graded exercise test in accordance with the modified Bruce protocol was used to obtain reference values for maximum heart rate (HRmax) in 93 elderly women (mean age 67.1 ± 5.16). Measured values were compared with those estimated from the “220 - age” and Tanaka et al formulas using repeated-measures ANOVA. Correlation and agreement between measured and estimated values were tested. Also evaluated was the correlation between measured HRmax and volunteers’ age.

Results: Results were as follows: 1) mean HRmax reached during GXT was 145.5 ± 12.5 beats per minute (bpm); 2) both the “220 - age” and Tanaka et al (2001) equations significantly overestimated ($p < 0.001$) HRmax by a mean difference of 7.4 and 15.5 bpm, respectively; 3) age was significantly ($p < 0,001$) and inversely related to measured HRmax.

Conclusion: Based on these results, it can be concluded that both prediction equations significantly overestimated HRmax measured during maximal GXT in Brazilian elderly women, a finding that may have important implications when prescribing exercise intensity for this population. In addition, HRmax was inversely related to the volunteers’ age, suggesting that the chronotropic reserve continues to decline after age 60.

Key words: Heart rate; exercise test; women; aged; exertion.

Introdução

A freqüência cardíaca é uma variável mensurada de forma fácil e não-invasiva, tornando ampla sua utilização para avaliar

respostas cardiovasculares ante o exercício e sua recuperação, o estresse, bem como para estudar reatividade simpato-adrenal durante testes cognitivos¹. Durante o exercício de intensidade incremental, os valores de freqüência cardíaca (FC) aumentam progressivamente e de forma proporcional ao trabalho que está sendo realizado², até ser atingido um valor máximo, o qual não pode ser superado a despeito de aumentos subseqüentes na carga do exercício. Esse ponto é denominado freqüência cardíaca máxima (FCmáx) e é usualmente considerado o limite

Correspondência: Ricardo Jacó de Oliveira •

Qs 07, Lote 01, Prédio São João Bosco, Sala 119

71996-700 – Taguatinga, DF

E-Mail: rjaco@ucb.br, rjaco@zaz.com.br

Artigo recebido em 19/08/06; revisado recebido em 28/9/06;

aceito em 10/11/06.

superior do sistema cardiovascular central³.

A FCmáx é uma importante variável fisiológica utilizada como um dos critérios para se verificar o esforço máximo durante um teste ergométrico progressivo⁴ (TEP). Adicionalmente, a citada variável é provavelmente a mensuração de maior utilização como base para se prescrever intensidades em programas de exercícios físicos, sendo geralmente expressa em percentual da máxima ou da frequência cardíaca de reserva (FCmáx – FC de repouso^{3,5}). Embora a reserva cronotrópica seja notadamente influenciada pela idade, relacionando-se inversamente, outros fatores também interferem nessa variável, como tipo de ergômetro utilizado, FC de repouso, tabagismo, gênero do avaliado e composição corporal^{6,7,8}.

Em adendo, o uso de medicamentos com ação cronotrópica negativa, especialmente os betabloqueadores, interfere significativamente na FCmáx medida em jovens^{9,10} e em idosos¹¹. A influência dessas variáveis dificulta uma abordagem precisa para estimar a FCmáx, o que pode ter implicações ao se prescrever exercícios baseado em valores preditos para idade, especialmente para indivíduos idosos, os quais apresentam maior prevalência de doenças cardiovasculares.

A equação de predição “220 – idade” é provavelmente o método mais comumente utilizado para estimar a FCmáx e os relatos originais propondo-a parecem ter sido de Fox e cols¹². Essa equação tem sido extensamente utilizada em idosos brasileiros, embora sua precisão e aplicabilidade necessitem de futuros estudos envolvendo uma amostra dessa população. Mais recentemente, Tanaka e cols.¹³ desenvolveram um outro modelo de regressão ($208 - 0,7 \times \text{idade}$) para estimar a mesma variável, a qual apresenta valores que diferem consideravelmente da equação tradicional. Quando ambas as equações são comparadas, observa-se que a tradicional superestima a FCmáx em adultos jovens, se iguala aos valores obtidos pela regressão de Tanaka em indivíduos com 40 anos e, a partir dessa idade, subestima os resultados quando comparada à equação “ $208 - 0,7 \times \text{idade}$ ”.

Em idosas brasileiras, ambas as equações precisam ser melhor estudadas; portanto, sua aplicação tem sido questionada. Nesse sentido, os objetivos do presente estudo foram comparar os valores de frequência cardíaca máxima (FCmáx) medidos durante um TEP, com os obtidos através das citadas equações de predição, em idosas brasileiras, e correlacionar a idade das voluntárias com a FCmáx medida.

Métodos

Amostra - As participantes do presente estudo foram recrutadas de um projeto social desenvolvido pela Universidade, o qual oferece atividades físicas, assistência médica e psicológica, avaliação nutricional e aulas de inglês para a comunidade idosa local. Após a triagem inicial, 93 idosas brasileiras aparentemente saudáveis e com idade compreendida entre 60 e 81 anos (idade média $67,12 \pm 5,16$ anos) foram voluntárias para participar da presente investigação. Os critérios de exclusão foram os seguintes: 1) contra-indicação absoluta ou relativa ao teste ergométrico; 2) índice de massa corporal maior do que $35,0 \text{ kg/m}^2$ ou menor do que $20,0 \text{ kg/m}^2$; 3) Indivíduos fazendo uso de betabloqueadores e/ou bloqueadores dos canais de cálcio;

4) presença de alterações eletrocardiográficas sugestivas de isquemia do miocárdio ou arritmias cardíacas importantes durante o exame; 5) indivíduos que não atingiram a fadiga voluntária máxima; 6) fumantes; 7) os que não eram brasileiros; e 8) idade menor do que 60 anos. Todas foram submetidas a um TEP com a finalidade de avaliação cardiovascular e prescrição de exercícios físicos aeróbios.

As participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual continha informações sobre a natureza voluntária da amostra, riscos e benefícios dos procedimentos e o direito de abandonar a pesquisa a qualquer momento. O protocolo adotado na coleta de dados foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade. As características físicas, tempo até a exaustão e VO_2 máximo estimado da amostra estudada, estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Características da amostra (n = 93)

Variável	Média \pm Desvio-padrão	Variação
Idade (anos)	$67,12 \pm 5,16$	60 a 81
Peso (kg)	$66,66 \pm 9,29$	43,7 a 88,8
IMC (kg/m^2)	$27,68 \pm 3,48$	20,54 a 34,42
Duração do teste (minutos)	$11,37 \pm 1,67$	7,50 a 15,10
VO_2 máximo estimado ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$)	$22,24 \pm 4,93$	12,25 a 35,35

IMC - Índice de massa corporal; VO_2 - Consumo de oxigênio.

Procedimentos - Todos os procedimentos foram conduzidos no Laboratório de Avaliação Física e Treinamento (LAFIT) da Universidade. A massa corporal foi mensurada com resolução de 0,1 kg utilizando-se uma balança digital (modelo 2006pp TOLEDO, Brasil), após remoção dos sapatos e com as voluntárias vestidas com roupas leves. A estatura foi mensurada com resolução de 0,1 cm, utilizando-se um estadiômetro (CARDIOMED, Brasil) fixado na parede. Índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se a massa corporal pela estatura ao quadrado (kg/m^2). A sala de ergometria do laboratório é climatizada para que a temperatura seja mantida em torno dos 22°C e apresenta os equipamentos e medicações necessários para uma eventual situação de emergência.

Os valores de referência da FCmáx para todos os voluntários foram mensurados através de um TEP, o qual foi realizado em uma esteira rolante (modelo Super ATL, Imbramed, Brasil) controlada eletronicamente, sob a supervisão de um médico cardiologista. As participantes do estudo se abstiveram de caféina e exercício físico por um período de 12 horas e 24 horas, respectivamente, antes da visita ao laboratório. Exaustão voluntária foi estabelecida como sendo o critério para finalização do TEP e encorajamentos verbais foram oferecidos às voluntárias durante os instantes finais do exame. A FC foi monitorada continuamente através de eletrocardiografia (ECG Digital, Micromed, Brasil) obedecendo à seguinte seqüência lógica: repouso (12 derivações padrão),

durante toda a realização do esforço (três derivações: CM5, D2M e V2M) e seis minutos de recuperação, sendo os valores expressos em batimentos por minuto (bpm). A derivação CM5 foi definida como canal de ritmo.

A determinação do valor da FC foi feita, automaticamente, através do cálculo da média móvel dos intervalos R-R dos oito últimos complexos, atualizado a cada sístole. Resumidamente, a FC média dos oito últimos batimentos = $1 / (R-R)_m \times 60$, onde $(R-R)_m$ é a média dos últimos oito intervalos, em segundos. O software utilizado para a monitoração eletrocardiográfica foi o Ergo PC for Windows (Micromed, Brasil), o qual controlou a velocidade e a inclinação da esteira através de interface de comunicação com o computador. Após verificação de possíveis interferências no traçado eletrocardiográfico e ocorrência de extra-sístoles, a FCmáx foi considerada como o maior valor de frequência cardíaca atingido durante o exame.

O teste foi conduzido de acordo com o protocolo de Bruce modificado (dois estágios de 2,7 km/h a 0% e 5% seguidos do protocolo de Bruce padrão), o qual iniciava após anamnese, avaliação cardiovascular (ECG e pressão arterial) de repouso e um aquecimento composto por exercícios de alongamento e caminhada de um minuto a 1,5 quilômetros por hora. O protocolo é composto por estágios de três minutos e incrementos de intensidade conforme a tabela 2. Ao final de cada estágio, a pressão arterial foi mensurada utilizando-se um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio, e a percepção subjetiva de esforço foi monitorada através de comunicação direta, utilizando como instrumento a escala de Borg¹⁴. Para avaliação da aptidão cardiorrespiratória das voluntárias, foi feita a estimativa do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máximo) relativo ao peso corporal, através da carga atingida durante o TEP e de acordo com a equação de caminhada proposta pelo Colégio Americano de Medicina Desportiva⁴, na qual o VO_2 ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) = $0,1 \times$ Velocidade (em metros por minuto) + $1,8 \times$ Velocidade x Inclinação + $3,5$. As participantes foram informadas verbalmente acerca dos procedimentos do TEP, quando foram instruídas a se exercitar até que não mais estivessem aptas a continuar.

Tabela 2 - Demonstração dos incrementos de velocidade e inclinação do protocolo utilizado: Bruce modificado

Estágios	Duração do estágio (min)	Velocidade (km/h)	Inclinação (%)
1	3'	2,7	0,0
2	3'	2,7	5,0
3	3'	2,7	10,0
4	3'	4,0	12,0
5	3'	5,5	14,0
6	3'	6,8	16,0

A duração dos estágios está apresentada em minutos, a velocidade em quilômetros por hora e a inclinação em porcentual.

Estimativa dos valores de FCmáx - Para identificar os valores previstos de FCmáx foram utilizadas as equações "220 - idade"

e "208 - 0.7 x idade"¹³, as quais foram escolhidas pela ampla utilização e por questionamentos acerca da aplicabilidade. A equação "220 - idade" é geral e erroneamente citada em conexão à referência de Karvonen e cols.⁶; entretanto, sua publicação original não é totalmente conhecida. Essa é provavelmente a estratégia mais empregada para prever a FCmáx, inclusive em estudos envolvendo indivíduos idosos de ambos os sexos¹⁵⁻¹⁸.

Tratamento estatístico - Foi utilizada a estatística descritiva para todas as variáveis e os dados foram apresentados como médias e desvios-padrão. Para verificar a normalidade da distribuição dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Para testar diferenças entre o valor de referência da FCmáx (medido) e os valores preditos através das duas equações, foi aplicado uma análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas. O *post hoc* de Bonferroni foi adotado para identificação de contrastes relevantes entre as médias. Para examinar a relação entre os valores de FCmáx previstos pelas duas equações e os efetivamente medidos, foram conduzidas regressões lineares e adotado o coeficiente de correlação de Pearson. A mesma estratégia foi adotada para verificar a relação existente entre idade e a máxima FC medida no TEP. O método de Bland-Altman¹⁹ foi utilizado para avaliar concordância entre os valores medidos e os previstos. O nível de significância adotado no presente estudo foi de $p \leq 0,05$. O tratamento estatístico foi realizado através dos softwares SPSS PC for Windows versão 10.0 e Microsoft Excel 2003.

Resultados

O TEP foi inicialmente realizado por 144 indivíduos, mas apenas 93 foram considerados para as análises subsequentes. As demais voluntárias foram excluídas em razão dos seguintes motivos: 15 delas tinham menos de 60 anos de idade; quatro apresentaram indícios de isquemia do miocárdio; duas, hiper-reatividade pressórica (Pressão Arterial Sistólica > 220 mmHg); e uma, arritmia ventricular complexa durante a realização do esforço. Nove outras voluntárias estavam fazendo uso de betabloqueadores e uma referiu dor torácica durante o exame. Quatro apresentaram IMC < 20 kg/m², e 15 delas, IMC > 35 kg/m². A análise exploratória dos dados revelou que todas as variáveis demonstraram uma distribuição normal e nenhum *outlier* foi detectado (z -scores < $\pm 3,0$). Dessa forma, todas as 93 voluntárias foram incluídas nas análises subsequentes. Todos os testes considerados para o estudo foram interrompidos em razão da exaustão, e não foram observadas complicações durante a realização do esforço ou fase de recuperação.

A tabela 3 apresenta os valores médios e desvios-padrão da FC de repouso, bem como a máxima medida ao final do TEP. São também apresentados na tabela os valores de FCmáx obtidos através das equações de predição.

Os resultados de comparação entre os valores medidos no TEP com os das equações de predição são apresentados na tabela 4. Foi observado que as equações "220 - idade" e a de Tanaka e cols.¹³ superestimaram significativamente ($p < 0,001$) a FCmáx (medida) das mulheres idosas por uma diferença média de 7,4 bpm e 15,5 bpm, respectivamente. A FC atingida no momento da exaustão foi, em média, $95,2 \pm 7,5\%$ da

Artigo Original

máxima prevista pela equação "220 - idade". Ademais, foi evidenciado que os valores obtidos com a equação "208 - 0,7 x idade"¹³ superestimaram a FC_{máx}, de forma estatisticamente significativa ($p < 0,001$), quando comparado aos resultados da equação "220 - idade", apresentando uma diferença média de 8,1 bpm. A relação e a concordância entre os valores medidos e os estimados são apresentadas nas figuras 1 e 2. Os coeficientes de correlação foram de 0,35 e 0,34 para as equações "220 - idade", e a "208 - 0,7 x idade", respectivamente ($p < 0,001$).

A relação entre a idade das voluntárias com a FC máxima medida está ilustrada na figura 3, e o coeficiente de correlação observado foi de -0,34 ($p = 0,0008$). Portanto, a idade se relacionou inversamente com a FC no momento da exaustão.

Discussão

Os critérios de exclusão adotados no presente delineamento objetivaram minimizar a interferência de fatores secundários sobre a variável em estudo. Por exemplo, o tipo de ergômetro utilizado, tabagismo, o gênero do avaliado, o uso de medicamentos com ação cronotrópica negativa (especialmente os betabloqueadores) e a composição corporal afetam significativamente a FC_{máx} medida^{6-8,11}. Nesse sentido, empenho foi demandado para delimitar a amostra, padronizar as condições de realização dos exames e excluir das análises os indivíduos passíveis de influência secundária.

A FC das voluntárias aumentou de forma progressiva e concomitante ao aumento da intensidade do esforço durante o TEP, iniciando com um valor médio de 69,1 bpm (repouso) e atingindo uma média de 145,5 bpm no momento da exaustão. Esse comportamento de FC durante o exercício incremental

é bem estabelecido na literatura, tanto em jovens como em idosos^{15,16}. Alguns fatores influenciam a elevação da FC durante o exercício físico, o que de fato apresenta grande importância para o aumento do débito cardíaco com a finalidade de atender a demanda de oxigênio para a musculatura ativa²⁰. O exercício induz notáveis adaptações autonômicas de forma aguda, as quais influenciam sobremaneira o sistema cardiovascular, incluindo a função cronotrópica^{21,22}. De acordo com Araújo²², durante os primeiros segundos de exercício, independentemente da intensidade, o aumento da FC é mediado primordialmente por uma inibição vagal (menor nível de ativação parassimpática), enquanto uma maior ativação simpática no coração assume um papel mais pronunciado nos momentos subsequentes²¹. Mecano e metaborreceptores musculares, bem como barorreceptores arteriais são vias

Tabela 3 - Estatística descritiva dos valores de frequência cardíaca (média ± desvio-padrão) em repouso, no momento da exaustão durante o TEP, e como resultado das equações de predição

Variável	Média ± Desvio-Padrão	Varição
FC de repouso (bpm)	69,1±9,9	51,0 a 94,0
FC _{máx} medida (bpm)	145,5±12,5	114,0 a 169,0
"220 - idade" (bpm)	152,9±5,1	139,0 a 160,0
Tanaka (bpm)	161,0±3,9	151,3 a 166,0

FC - Frequência cardíaca; FC_{máx} medida - Frequência cardíaca máxima atingida durante o teste ergométrico progressivo.

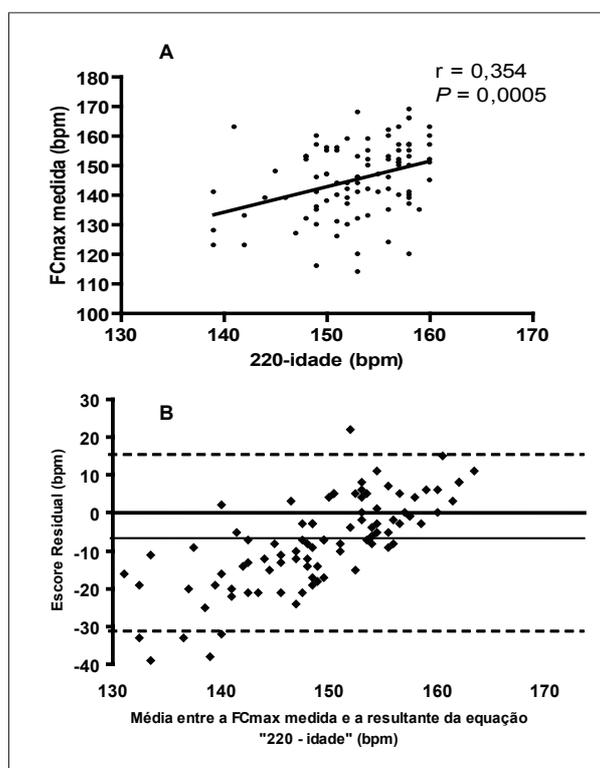


Fig. 1 - Relacionamento entre a frequência cardíaca máxima medida e a estimada através da equação "220 - idade". (A) Correlação entre os valores examinada através do coeficiente de Pearson. Cada ponto indica os valores individuais. (B) Panorama gráfico com a diferença média entre os valores (linha contínua) e o intervalo de confiança a 95% (linhas tracejadas).

Tabela 4 - Comparações entre os valores de FC_{máx} obtidos no TEP com os estimados através das equações "220 - idade" e Tanaka (n = 93)

Variável	Média ± DP (bpm)	Coefficiente de correlação (em relação a FC _{máx} obtida no TEP)
FC _{máx} medida	145,5±12,5	
"220 - idade" (bpm)	152,9±5,1*	0,34
Tanaka (bpm)	161,0±3,9*,#	0,35

DP - Desvio-padrão; FC_{máx} - Frequência cardíaca máxima; bpm - batimentos por minuto. * Diferença significativa em relação a FC_{máx} medida no TEP $p < 0,001$; # Diferença significativa em relação a FC_{máx} estimada através da equação "220 - idade". $p < 0,001$.

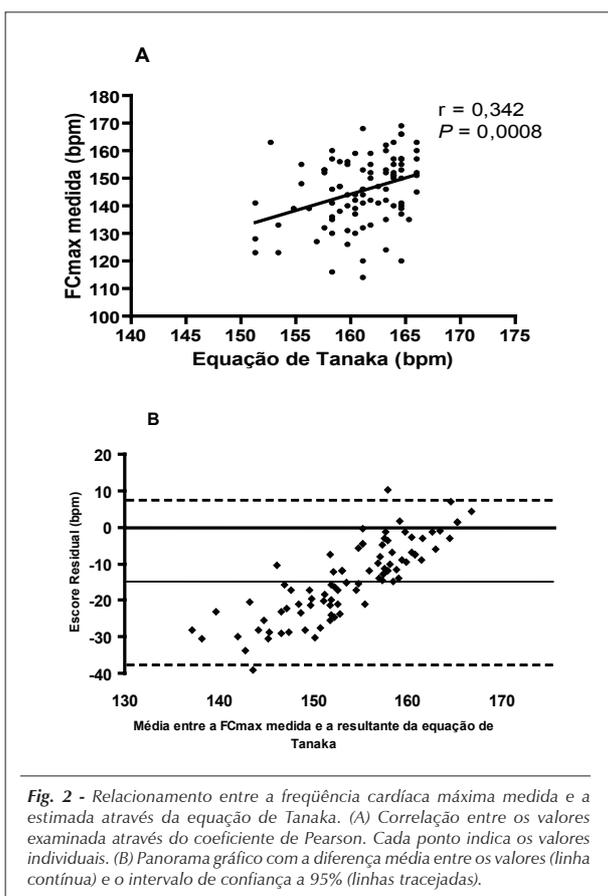


Fig. 2 - Relacionamento entre a freqüência cardíaca máxima medida e a estimada através da equação de Tanaka. (A) Correlação entre os valores examinada através do coeficiente de Pearson. Cada ponto indica os valores individuais. (B) Panorama gráfico com a diferença média entre os valores (linha contínua) e o intervalo de confiança a 95% (linhas tracejadas).

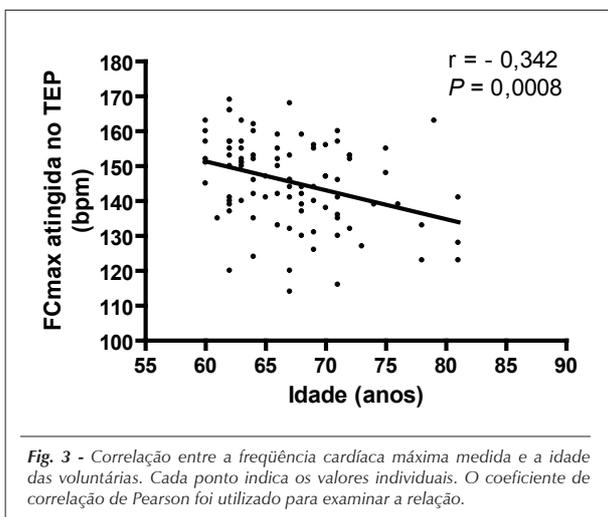


Fig. 3 - Correlação entre a freqüência cardíaca máxima medida e a idade das voluntárias. Cada ponto indica os valores individuais. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para examinar a relação.

aferentes para o centro de controle cardiovascular localizado no bulbo ventrolateral, e apresentam papel relevante na modulação da atividade cronotrópica cardíaca durante o exercício incremental¹⁶.

Com base nos resultados encontrados, verificou-se que os valores de FCmáx medidos no TEP foram significativamente inferiores quando comparados aos obtidos através das equações de predição, apresentando uma diferença média

de 7,4 bpm e 15,5 bpm para as equações “220 – idade” e Tanaka, respectivamente. O achado pode ter importantes implicações ao se prescrever a intensidade de programas de exercícios físicos voltados para essa população. Baseado em valores de FCmáx identificados através das equações, a prescrição de exercício pode impor um estresse cardiovascular e metabólico excessivo. Além de auxiliar a identificação de anormalidades cardiovasculares⁴, a importância da realização de um teste ergométrico antes de indivíduos idosos ingressarem em programas de exercícios físicos é reforçada com os presentes resultados.

Em conjunto com o fato de que a FC baseada em testes ergométricos convencionais superestima a intensidade de treinamento de jovens²³ e de idosos²⁴ quando comparados à prescrição a partir de testes ergoespirométricos, o resultado do presente estudo sugere que a intensidade baseada em equações de predição é ainda mais superestimada; logo, deve ser observada com cautela. Importante consequência clínica desse achado é o fato de que o duplo produto tende a aumentar desproporcionalmente em intensidades relativas elevadas²⁵, aumentando, portanto, o risco de intercorrências cardiovasculares durante as sessões de exercício físico.

Fazendo uma comparação entre os resultados obtidos através da equação de Tanaka e cols. com os valores identificados pela “220 – idade”, foi observado que a primeira superestimou significativamente a FCmáx da amostra. De fato, esses achados foram relatados por Tanaka e cols.¹³ no artigo em que a equação utilizada no presente estudo foi proposta. Em indivíduos com 40 anos de idade, ambas as equações fornecem resultados idênticos; entretanto, em idades superiores, a equação do Tanaka apresenta estimativa com valores mais altos de FCmáx. Dessa forma, a FCmáx identificada no TEP se aproximou mais da equação tradicional, embora o tratamento estatístico tenha revelado diferença significativa. Utilizando a mesma abordagem de predição, relatos prévios apontaram para uma superestimativa da FCmáx medida durante testes ergoespirométricos máximos realizados por brasileiros jovens²³ e idosos²⁴. Nesse sentido, se for lembrado que a fórmula “220 – idade” apresenta um erro padrão de 10 a 12 bpm²⁶ e que a diferença média entre a medida e a predita foi de 7,4 bpm, as pacientes do estudo estão incluídas nos limites esperados da equação. A quantidade de idosas que tiveram seus valores sub ou superestimados através da equação “220 – idade” e Tanaka e cols.¹³ é mais claramente apresentada nas figuras 1A e 1B, respectivamente.

A FC atingida no momento da exaustão foi, em média, 95,12% da máxima prevista (220 – idade), achados que são similares aos observados para uma amostra de 100 brasileiros idosos submetidos a teste ergométrico sintoma-limitante, em um estudo conduzido por Vacanti e cols.¹⁷, no qual a FCmáx observada situou-se em 95,7% da prevista. Wajngarten e cols.²⁴ avaliaram idosos através do teste cardiopulmonar realizado em bicicleta ergométrica e relataram que a FCmáx medida foi, em média, 95% da prevista. Tal resultado é considerado de acordo com o presente estudo, uma vez que Araújo e Pinto²⁷ demonstraram não haver diferenças significativas de FCmáx medidas em testes de exercício em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. Os resultados revelaram que a precisão de ambas as equações

foi questionável, nas brasileiras idosas da presente amostra, corroborando os achados de Kindermann e cols.²⁸, os quais postularam que a predição da FCmáx pela idade é apenas um padrão para estimar o nível de intensidade durante o teste ergométrico, e não necessariamente idêntico aos valores de FC atingidos durante o exercício máximo.

Uma invariável conseqüência do processo de envelhecimento é o declínio do desempenho cardiovascular, ou seja, o débito cardíaco, o volume sistólico, a FCmáx e o consumo máximo de oxigênio sofrem redução^{29,30}. De fato, a FCmáx foi demonstrada relacionar-se inversamente com a idade durante um teste ergométrico em esteira rolante realizado por 95 indivíduos com idade compreendida entre 19 e 69 anos¹⁵. Os resultados do presente estudo confirmam essa redução do cronotropismo, já que uma correlação negativa e significativa foi observada entre essa variável e a idade das voluntárias. Os achados demonstram que, mesmo após os 60 anos de idade, a taquicardia induzida pelo esforço continua apresentando um progressivo declínio. Com o envelhecimento, o controle autônomo da função cardíaca parece estar deprimido, ocorrendo redução da resposta cardíaca à estimulação simpatoadrenérgica e conseqüente diminuição da reserva cronotrópica³⁰.

O menor grau de taquicardia ao esforço explica em parte a reduzida capacidade de gerar débito cardíaco máximo observada nos idosos quando comparados a jovens saudáveis³⁰. Esse processo tem como conseqüência uma concomitante redução da capacidade aeróbia máxima³¹, notada mesmo em idosos que continuam engajados em programas de treinamento de *endurance* intenso e regular³². De fato, o consumo máximo de oxigênio estimado médio da presente amostra (22,24 ml.kg⁻¹.min⁻¹) se mostrou inferior ao relatado para um grupo de jovens caucasianas e hispânicas (34,1 ml.kg⁻¹.min⁻¹); entretanto, similar ao apresentado pelas mulheres com idade igual ou superior aos sessenta anos³³ (21,5 ml.kg⁻¹.min⁻¹). De acordo com a classificação de aptidão cardiorrespiratória proposta pela American Heart Association³⁴, a maioria das participantes do presente estudo enquadra-se como regular, sugerindo que o VO₂ máximo estimado não se distanciou do que seria esperado para mulheres do mesmo grupo etário.

Nós reconhecemos algumas limitações no presente estudo. O TEP foi conduzido utilizando-se a ergometria convencional e não um teste de esforço cardiopulmonar. As medidas ventilatórias durante o teste de esforço possibilitam o acesso a informações que são importantes para assegurar que o avaliado realmente atingiu o ponto de intensidade máxima e conseqüentemente a FCmáx. A presença de um platô no consumo de oxigênio (VO₂), a despeito de subseqüentes incrementos na carga de trabalho e uma elevada taxa de troca respiratória (R > 1,15), é parâmetro identificado durante o teste ergoespirométrico que, em associação com a sensação subjetiva de esforço e variáveis cardiovasculares, indica que o esforço foi realmente máximo³⁵. Para minimizar a possibilidade de os voluntários avaliados não terem atingido o esforço máximo, encorajamentos verbais foram oferecidos nos momentos próximos à exaustão, e a percepção de esforço¹⁴ foi sistematicamente monitorada durante o exame. Em contrapartida, os resultados observados apresentam aplicação clínica importante, uma vez que a grande maioria das clínicas cardiológicas no Brasil emprega testes ergométricos convencionais para avaliar os pacientes, bem como para prescrever intensidades de programas de exercícios físicos para eles^{25,36}.

Conclusões

Em síntese, os resultados do presente estudo sugerem que, em idosas, as equações de predição da FCmáx “220-idade” e a de Tanaka e cols.¹³ apresentam valores significativamente maiores quando comparados aos medidos durante um TEP, devendo ser observados com cautela ao se realizar testes ergométricos e prescrever exercícios físicos para essa população. Por sua vez, a fórmula “220 – idade” apresentou valor clínico relevante, uma vez que a FC observada esteve dentro dos limites esperados da equação; entretanto, o elevado desvio padrão limita sua precisão e avaliação da individualidade fisiológica. Futuros estudos são necessários para confirmar esses achados, os quais devem empregar preferencialmente o teste de esforço cardiopulmonar. Finalmente, os resultados indicam que a reserva cronotrópica continua a declinar após os 60 anos de idade.

Referências

1. Brownley KA, Hinderliter AL, West SG, Girdler SS, Sherwood A, Light KC. Sympathoadrenergic mechanisms in reduced hemodynamic stress responses after exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35 (6): 978-86.
2. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AM, Barreto ACP, Negrão CE, et al. Comportamento da frequência cardíaca e de sua variabilidade durante diferentes fases do esforço progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 71 (6): 787-92.
3. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the H_{max} = “220-age” equation. *JEP.* 2002; 5 (2): 1-10.
4. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 91-114.
5. Pollock ML, Graves JE, Swart DL, Lowenthal DT. Exercise training and prescription for the elderly. *South Med J.* 1994; 87 (5): 88-95.
6. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35 (3): 307-15.
7. 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.
8. Fernhall B, Mc Cubbin JA, Pitetti KH, Rintala P, Rimmer JH, Millar AL, et al. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 (10): 1655-60.
9. Wilmore JH, Freund BJ, Joyner MJ, Hetrick GA, Hartzell AA, Strother RT, et al. Acute response to submaximal and maximal exercise consequent to beta-adrenergic blockade: implications for the prescription of exercise. *Am J Cardiol.* 1985; 55 (10): 135D-141D.
10. Wonisch M, Hofmann P, Fruhwald FM, Kraxner W, Hodi R, Pokan R, et al. Influence of beta-blocker use on percentage of target heart rate exercise prescription. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2003; 10 (4): 296-301.
11. Serro-Azul LG, Wajngarten M, Nussbacher A, Giorgi MC, Meneghetti JC, de Oliveira MA, et al. Estratégia para individualizar uma dose eficiente de betabloqueador em pacientes idosos com isquemia miocárdica e função

- ventricular esquerda preservada. *Arq Bras Cardiol.* 2004; 82 (6): 551-4.
12. Fox III SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res.* 1971; 3: 404-32.
 13. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 37: 153-6.
 14. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14 (5): 377-81.
 15. Sheffield LT, Maloof JA, Sawyer JA, Roitman D. Maximal heart rate and treadmill performance of healthy women in relation to age. *Circulation.* 1978; 57: 79-84.
 16. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance. 3rd ed. Philadelphia: Lea Febiger; 1991. p. 285-95.
 17. Vacanti LJ, Sespedes LB, Sarpi MO. O teste ergométrico é útil, seguro e eficaz, mesmo em indivíduos muito idosos, com 75 anos ou mais. *Arq Bras Cardiol.* 2004; 82 (2): 147-50.
 18. Huggett DL, Connelly DM, Overend TJ. Maximal aerobic capacity testing of older adults: a critical review. *J Gerontol Biol Sci Med Sci.* 2005; 60: 57-66.
 19. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1 (8476): 307-10.
 20. Lewis SF, Taylor WF, Graham RM, Pettinger WA, Schutte JE, Blomqvist CG. Cardiovascular responses to exercise as functions of absolute and relative work load. *J Appl Physiol.* 1983; 54: 1314-23.
 21. Gallo L Jr, Maciel BC, Marin Neto JA, Martins LEB. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in men. *Braz J Med Biol Res.* 1989; 22: 631-43.
 22. Araújo CGS. Fast "on" and "off" heart rate transients at different bicycle exercise levels. *Int J Sports Med.* 1985; 6: 68-73.
 23. Rondon MU, Forjaz CL, Nunes N, do Amaral SL, Barretto AC, Negrao CE. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 70 (3): 159-66.
 24. Wajngarten M, Kalil LM, Negrao CE, Braga AM, Yazbek Jr P, Bellotti G, et al. Avaliação cardiorrespiratória ao exercício no idoso sadio. *Arq Bras Cardiol.* 1994; 63 (1): 27-33.
 25. Araújo CGS. Importância de ergoespirometria na prescrição de exercício ao cardiopata. *Rev SOCERJ.* 1998; 11 (1): 30-47.
 26. Chaitman BR. Teste de esforço. In: Braunwald E. Tratado de medicina cardiovascular. 6ª ed. São Paulo: Roca; 2003. p. 134.
 27. Araújo CGS, Pinto VLM. Freqüência cardíaca máxima em testes de exercício em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. *Arq Bras Cardiol.* 2005; 85 (1): 45-50.
 28. Kindermann M, Schwaab B, Finkler N, Schaller S, Böhm M, Fröhlig G. Defining the optimum upper heart rate limit during exercise: a study in pacemaker patients with heart failure. *Eur Heart J.* 2002; 23: 1301-8.
 29. Landin RJ, Linnemeier TJ, Rothbaum DA, Chappellear J, Noble RJ. Exercise testing and training of the elderly patient. *Cardiovasc Clin.* 1985; 15 (2): 201-18.
 30. Ferrari AU, Radaelli A, Centola M. Invited review: aging and the cardiovascular system. *J Appl Physiol.* 2003; 95 (6): 2591-7.
 31. Stathokostas L, Jacob-Johnson S, Petrella RJ, Paterson DH. Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *J Appl Physiol.* 2004; 97 (2): 781-9.
 32. Rogers MA, Hagberg JM, Martin WH, Ehsani AA, Holloszy JO. Decline in VO₂max with aging in master athletes and sedentary men. *J Appl Physiol.* 1990; 68: 2195-9.
 33. Schiller BC, Casas YG, Desouza CA, Seals DR. Maximal aerobic capacity across age in healthy hispanic and caucasian women. *J Appl Physiol.* 2001; 91: 1048.
 34. Kattus AA, et al. and Committee on Exercise, American Heart Association. Exercise testing and training of apparently healthy individuals: a handbook for physicians. New York: American Heart Association; 1972, p. 15.
 35. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27 (9): 1292-301.
 36. Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício: aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq Bras Cardiol.* 1995; 64 (2): 171-81.