



Revista Paulista de Pediatria

ISSN: 0103-0582

ISSN: 1984-0462

Sociedade de Pediatria de São Paulo

Heinzmann-Filho, João Paulo; Zanatta, Letiane Bueno; Vendrusculo, Fernanda Maria; Silva, Juliana Severo da; Gheller, Mailise Fatima; Campos, Natália Evangelista; Oliveira, Margareth da Silva; Feoli, Ana Maria Pandolfo; Gustavo, Andréia da Silva; Donadio, Márcio Vinícius Fagundes  
FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA MEDIDA VERSUS ESTIMADA POR DIFERENTES EQUAÇÕES DURANTE O TESTE DE EXERCÍCIO CARDIOPULMONAR EM ADOLESCENTES OBESOS

Revista Paulista de Pediatria, vol. 36, núm. 3, Julho-Setembro, 2018, pp. 309-314  
Sociedade de Pediatria de São Paulo

DOI: 10.1590/1984-0462/2018;36;3;00015

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=406057157010>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc



Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal  
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa acesso aberto

# FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA MEDIDA VERSUS ESTIMADA POR DIFERENTES EQUAÇÕES DURANTE O TESTE DE EXERCÍCIO CARDIOPULMONAR EM ADOLESCENTES OBESOS

Maximum heart rate measured versus estimated by different equations during the cardiopulmonary exercise test in obese adolescents

João Paulo Heinzmann-Filho<sup>a</sup>, Letiane Bueno Zanatta<sup>a</sup>, Fernanda Maria Vendrusculo<sup>a</sup>, Juliana Severo da Silva<sup>a</sup>, Mailise Fatima Gheller<sup>a</sup>, Natália Evangelista Campos<sup>a</sup>, Margareth da Silva Oliveira<sup>a</sup>, Ana Maria Pandolfo Feoli<sup>a</sup>, Andréia da Silva Gustavo<sup>a</sup>, Márcio Vinícius Fagundes Donadio<sup>a,\*</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Comparar os valores de frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ) medidos e estimados por diferentes equações durante o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) em adolescentes obesos.

**Métodos:** Trata-se de um estudo transversal. Foram incluídos adolescentes, de idades entre 15 e 18 anos, com obesidade (escore-Z do índice de massa corpórea – IMC > 2,0). Coletaram-se dados demográficos e antropométricos, seguidos da realização do TECP, pela qual foi registrada a  $FC_{máx}$ . O valor mais elevado de frequência cardíaca (FC) atingida no pico do exercício foi considerado como a  $FC_{máx}$ . A comparação entre os valores de  $FC_{máx}$  medidos e os estimados pelas equações foi realizada empregando-se quatro equações prévias. Utilizaram-se a estatística descritiva e o teste de ANOVA (pós-teste de Bonferroni).

**Resultados:** Foram incluídos 59 adolescentes obesos, sendo 44% do sexo masculino. A média de idade foi de  $16,8 \pm 1,2$  anos e a do IMC (escore-Z), de  $3,0 \pm 0,7$ . No pico do exercício, a média de  $FC_{máx}$  (batimentos por minuto – bpm) foi de  $190,0 \pm 9,2$ , o coeficiente de troca respiratória de  $1,2 \pm 0,1$  e o consumo máximo de oxigênio –  $VO_{2máx}$  (mL/kg/min) – de  $26,9 \pm 4,5$ . Ao comparar-se os valores medidos de  $FC_{máx}$  com os estimados pelas diferentes fórmulas, demonstrou-se que as equações “220-idade”, “208-0,7 x idade” e a “207-0,7 x idade” superestimam ( $p < 0,001$ ) os resultados medidos de  $FC_{máx}$  em adolescentes obesos. Apenas a equação “200-0,48 x idade” apresentou resultados similares ( $p = 0,103$ ) com os valores mensurados no TECP.

## ABSTRACT

**Objective:** To compare the values of measured maximum heart rate (HRmax) and maximum heart rate estimated by different equations during the cardiopulmonary exercise test (CPET) in obese adolescents.

**Methods:** This is a cross-sectional study. Adolescents aged between 15 and 18 years old, with obesity (BMI Z-score > 2.0) were included. Demographic and anthropometric data were collected, followed by CPET, recording HRmax. The highest heart rate reached at peak exercise was considered as HRmax. The comparison between measured and estimated HRmax values was performed using four previous equations. Descriptive statistics and the ANOVA test (Bonferroni post-test) were used.

**Results:** Fifty-nine obese adolescents were included, 44% of them male. The mean age was  $16.8 \pm 1.2$  years old and the BMI (Z-score) was  $3.0 \pm 0.7$ . At peak exercise, the mean HRmax (bpm) was  $190.0 \pm 9.2$ , the respiratory coefficient was  $1.2 \pm 0.1$ , and the  $VO_{2max}$  (mL/kg/min) was  $26.9 \pm 4.5$ . When comparing the measured values of HRmax with those estimated by the different formulas, the equations “220-age”, “208-0.7 x age” and “207-0.7 x age” were shown to overestimate ( $p < 0.001$ ) the measured HRmax results in obese adolescents. Only the “200-0.48 x age” equation presented similar results ( $p = 0.103$ ) with the values measured in the CPET.

\*Autor correspondente. E-mail: [mdonadio@pucrs.br](mailto:mdonadio@pucrs.br) (M.V.F. Donadio).

<sup>a</sup>Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Recebido em 30 de maio de 2017; aprovado em 12 de setembro de 2017; disponível on-line em 12 de setembro de 2018.

**Conclusões:** Os achados do presente estudo demonstram que a equação “200-0,48 x idade” parece ser mais adequada para estimar a  $FC_{máx}$  em adolescentes obesos.

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca; Fisiologia cardiovascular; Teste de esforço; Obesidade; Pediatria; Adolescente.

**Conclusions:** The findings of the present study demonstrate that the equation “200-0.48 x age” seems to be more adequate to estimate HRmax in obese adolescents.

**Keywords:** Heart rate; Cardiovascular physiological phenomena; Exercise test; Obesity; Pediatrics; Adolescent.

## INTRODUÇÃO

A frequência cardíaca (FC) é um parâmetro fisiológico de fácil mensuração, comumente utilizado para avaliar a resposta cardiovascular durante o exercício e a fase de recuperação.<sup>1,2</sup> A FC aumenta linearmente com a intensidade do esforço, sendo denominado frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ) o maior valor alcançado pelo indivíduo durante um esforço físico até o ponto de exaustão.<sup>3</sup>

A  $FC_{máx}$  é utilizada como importante indicador para a prescrição da intensidade do exercício, devido à sua boa relação com o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ), na faixa entre 50 e 90% do  $VO_{2máx}$ .<sup>2,4</sup> Geralmente, indivíduos destreinados apresentam valores elevados de FC tanto no repouso como no esforço físico máximo, em comparação aos treinados.<sup>5,6</sup> Dados indicam também que o treinamento físico causa redução da  $FC_{máx}$ , em consequência das adaptações da bomba cardíaca e do sistema nervoso autônomo para alcançar um débito cardíaco eficiente.<sup>7</sup> Além disso, a FC elevada no repouso é considerada preditor independente de mortalidade na população em geral e em sujeitos com doença cardiovascular.<sup>5,8</sup>

A determinação da  $FC_{máx}$  pode ser realizada de forma direta, por intermédio de ergômetros com protocolos incrementais de esforço, ou de maneira indireta, por meio de equações preditivas.<sup>1,9,10</sup> Algumas fórmulas de predição de  $FC_{máx}$  oriundas de estudos com população adulta<sup>9,11</sup> já foram testadas na população infantil,<sup>1,12,13</sup> incluindo a avaliação de participantes saudáveis bem como de sujeitos com doenças prévias. De maneira geral, parece que a equação clássica “220-idade”<sup>11</sup> tende a superestimar os valores medidos de  $FC_{máx}$  na faixa etária pediátrica,<sup>13,14</sup> sendo sugeridas outras equações ou pontos de corte para estimar essa variável em amostras com indivíduos jovens.<sup>9,15</sup> A partir de nosso conhecimento, nenhum estudo investigou o comportamento da  $FC_{máx}$  em adolescentes obesos, o que poderia comprometer a aplicação das equações preditivas na população infantil, tendo em vista a possível influência do estado nutricional sobre o desempenho cardiovascular.

Portanto, considerando a grande aplicabilidade da  $FC_{máx}$  para avaliação, prescrição e prognóstico clínico, além da ausência de informações sobre a fórmula de predição mais representativa para a população de adolescentes com obesidade, foi desenvolvido o presente estudo. Assim, o objetivo desta pesquisa foi comparar os valores de  $FC_{máx}$  medidos e estimados

por diferentes equações durante o teste de exercício cardiopulmonar (TECP) em adolescentes obesos.

## MÉTODO

Trata-se de um estudo transversal. Foram incluídos adolescentes, de idades entre 15 e 18 anos, com obesidade (escore-Z do índice de massa corpórea –  $IMC > 2,0$ ). Por outro lado, foram excluídos os participantes com problemas musculoesqueléticos, neurológicos, vasculares, pulmonares e cardíacos. Além disso, foram excluídos aqueles sujeitos que não conseguissem preencher os critérios de exaustão no TECP.

Este estudo é parte de uma pesquisa “guarda-chuva”, denominada de “Efeito de intervenção interdisciplinar com abordagem motivacional na modificação do estilo de vida (MERC) em adolescentes com sobrepeso e obesidade”. O referido estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) sob o CAAE nº 36209814.6.0000.5336 em consonância com a Declaração de Helsinki. Todos os pais e/ou responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e os adolescentes, o termo de assentimento.

A seleção dos participantes foi realizada por conveniência por meio de anúncios e cartas-convite. A coleta de dados foi realizada no Hospital São Lucas (HSL) da PUCRS, nos turnos da manhã e da tarde, no período de agosto de 2014 a dezembro de 2016. Coletaram-se dados demográficos (idade e gênero) e antropométricos (peso, altura e IMC), seguidos do TECP e suas variáveis fisiológicas (cardiovasculares, ventilatórias, metabólicas e subjetivas). Todas as avaliações foram realizadas por pesquisadores treinados, antes da inclusão dos participantes no programa de intervenção do estudo “guarda-chuva”.

A avaliação antropométrica foi realizada por meio do registro do peso e da altura em triplicata ou até a obtenção de dois valores idênticos. O peso foi obtido com os indivíduos em posição ortostática, com o mínimo de roupa, sem calçados e utilizando-se uma balança digital (G-Tech, Glass 1 FW, Rio de Janeiro, Brasil) com precisão de 100 g. A altura foi coletada com os participantes descalços, com os pés em posição paralela e os tornozelos unidos. As medidas de altura foram obtidas utilizando-se um estadiômetro portátil (AlturaExata, TBW, São Paulo, Brasil) com precisão

de 1 mm. A partir dessas aferições, as características antropométricas foram normalizadas por meio do escore-Z para o IMC.<sup>16</sup>

O teste de exercício cardiopulmonar foi realizado de acordo com as recomendações da American Thoracic Society e da American College of Chest Physicians.<sup>17</sup> Todos os exames foram realizados com temperatura da sala entre 22 e 24°C e umidade relativa do ar em torno de 60%. A avaliação foi realizada em um sistema computadorizado (Aerograph, AeroSport®, Estados Unidos), acoplado a um analisador de gases (VO<sub>2000</sub>, MedGraphics®, Estados Unidos) e utilizando uma esteira rolante (KT-10400, Inbramed®, Brasil). As variáveis coletadas incluíram o VO<sub>2 máx</sub>, a ventilação máxima (VE<sub>máx</sub>), o coeficiente de troca respiratória (RQ), a saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), os níveis subjetivos de dispnéia e cansaço nas pernas (escala de Borg modificada),<sup>18</sup> o oxigênio de pulso (VO<sub>2</sub>/FC) e a FC<sub>máx</sub>. A FC<sub>máx</sub> foi obtida com o auxílio de um oxímetro de pulso (DX2405, Dixtal®, Brasil), utilizando-se o valor mais elevado que um indivíduo pudesse atingir em esforço máximo até o ponto de exaustão. O teste foi realizado com um protocolo de rampa, adaptado de acordo com um estudo prévio.<sup>19</sup> Os participantes foram orientados a caminhar por dois minutos para se adaptar à esteira, com uma velocidade de 3 km/h e sem inclinação. Após, houve incrementos na velocidade de 0,5 km/h a cada minuto, com inclinação fixa em 3% até a finalização do teste.<sup>19</sup> Todos foram encorajados a manter o ritmo até a exaustão ou o surgimento de sinais e/ou sintomas limitantes (dispnéia, dor nas pernas e/ou tontura). Para se considerar o teste como máximo, pelo menos três dos seguintes critérios deveriam ser observados: exaustão ou incapacidade para manter a velocidade requerida, coeficiente de troca respiratória >1,10, FC<sub>máx</sub> >85% da FC estimada (fórmula: 220-idade) e a presença de platô no VO<sub>2 máx</sub>.<sup>20,21</sup>

A comparação entre os valores medidos de FC<sub>máx</sub> e os estimados pelas equações foi realizada utilizando-se quatro equações prévias. Essas fórmulas foram denominadas de acordo com sua equação de predição para facilitar a visualização dos dados. Assim, foram identificadas como as equações “220-idade”,<sup>11</sup> “208-0,7 x idade”,<sup>9</sup> “207-0,7 x idade”<sup>22</sup> e “200-0,48 x idade”.<sup>23</sup>

O cálculo amostral foi estimado com base nos dados dos primeiros 25 participantes do estudo, tendo em vista as variabilidades da FC<sub>máx</sub> mensurada e da estimativa pela equação “220-idade”. Dessa forma, considerando desvio padrão de 8,9 para FC<sub>máx</sub> medida e de 1,14 para FC<sub>máx</sub> estimada, diferença mínima a ser detectada de 4 batimentos por minuto (bpm), nível de significância de 0,05 e poder de 90%, estimou-se um tamanho amostral de 55 participantes.

As principais variáveis do estudo foram avaliadas por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que tiveram distribuição normal foram apresentados em média e desvio padrão, enquanto os assimétricos, em mediana e intervalo interquartil.

As comparações dos valores medidos de FC<sub>máx</sub> com os resultados estimados pelas diferentes fórmulas de predição e a influência da idade sobre essa variável foram realizadas utilizando-se o teste de ANOVA de uma via (pós-teste de Bonferroni). Todas as análises e o processamento dos dados foram realizados com o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 18,0 (SPSS Inc., EUA). Em todos os casos as diferenças foram consideradas significativas quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

De um total de 61 participantes, dois foram excluídos devido a não preencherem os critérios de exaustão do TECP. Assim, foram incluídos 59 adolescentes obesos, sendo 44% do sexo masculino. A média de idade foi de 16,8±1,2 anos, com IMC (escore-Z) de 3,0±0,7. A Tabela 1 apresenta os dados demográficos e antropométricos da amostra.

Quanto aos resultados do TECP no pico do exercício, a média de FC<sub>máx</sub> foi de 190,0 bpm (93,5% da FC<sub>máx</sub> prevista), com RQ de 1,2, VO<sub>2</sub> de 26,9 mL/kg/min e VE<sub>máx</sub> de 68,5 L/min. A maioria dos sujeitos solicitou interrupção do teste devido à dispnéia e/ou ao cansaço nas pernas (mediana de 5), indicando que os adolescentes atingiram os critérios de exaustão do teste. A Tabela 2 demonstra os resultados das variáveis fisiológicas obtidas a partir do TECP.

Ao comparar-se os valores medidos de FC<sub>máx</sub> (bpm) com os estimados pelas diferentes fórmulas, demonstrou-se que as equações “220-idade”, “208-0,7 x idade” e a “207-0,7 x idade” superestimam ( $p < 0,001$ ) os resultados medidos de FC<sub>máx</sub> na amostra. As equações acima tendem a supervalorizar, em média,

**Tabela 1** Caracterização dos 59 adolescentes obesos avaliados.

Variáveis avaliadas	Média/frequência	Varição (mínima-máxima)
Demográficas		
Idade, anos (média±desvio padrão)	16,8±1,2	15,0–18,8
Sexo masculino [n (%)]	44,0 (74,6)	–
Antropométricas		
Altura, cm (média±desvio padrão)	165,0±8,1	137,5–184,0
Peso, kg (média±desvio padrão)	97,3±17,1	56,9–141,2
IMC, absoluto (média±desvio padrão)	35,6±4,7	29,1–48,3
IMC, escore-z (média±desvio padrão)	3,0±0,7	2,0–4,8

IMC: índice de massa corpórea.

em 13,2 bpm [FC estimada: 203,2±1,2], 6,3 bpm [FC estimada: 196,3±0,8] e 5,3 bpm [FC estimada: 195,3±0,8] a  $FC_{m\acute{a}x}$  alcançada pelos adolescentes, respectivamente. Apenas a equação “200-0,48 x idade” apresentou resultados similares ( $p=0,103$ ) com os valores mensurados no estudo, registrando apenas 1,9 bpm [FC estimada: 191,9±0,6] além do resultado medido (Figura 1).

Por outro lado, não houve diferença significativa ( $p=0,164$ ) na comparação dos valores de  $FC_{m\acute{a}x}$  medidos entre as diferentes idades (15 a 18 anos). Os resultados da  $FC_{m\acute{a}x}$  (bpm) de acordo com a idade foram de 188,0±11,4 ( $\Delta_{FC}$ : 43), 192,2±7,0 ( $\Delta_{FC}$ : 25), 193,4±5,6 ( $\Delta_{FC}$ : 18) e 186,9±9,5 ( $\Delta_{FC}$ : 35), respectivamente.

Por fim, a Figura 2 apresenta um gráfico de dispersão, demonstrando o comportamento da  $FC_{m\acute{a}x}$  medida e os valores estimados pelas diferentes equações em relação à idade. Novamente, os dados indicam que a equação “200-0,48 x idade” permanece mais próxima dos valores medidos ao longo da faixa etária avaliada.

## DISCUSSÃO

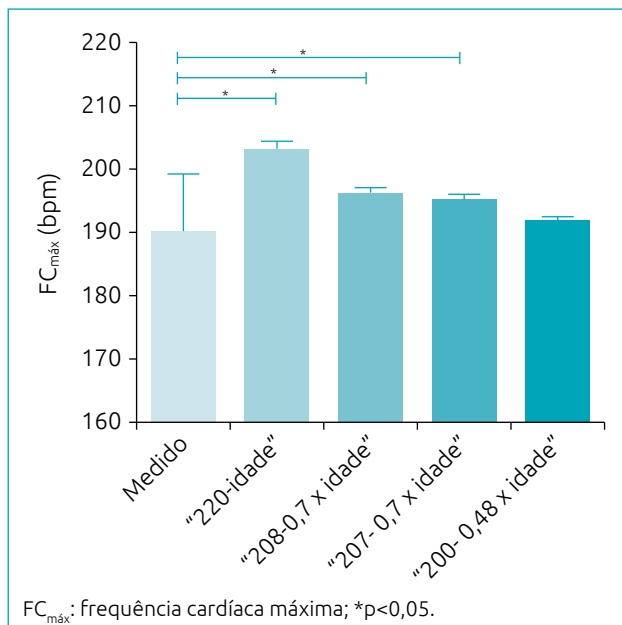
A escolha da fórmula de predição da  $FC_{m\acute{a}x}$  implica diretamente no quanto de esforço será exigido do sistema cardiovascular

**Tabela 2** Resultados do teste de exercício cardiopulmonar nos 59 adolescentes obesos avaliados.

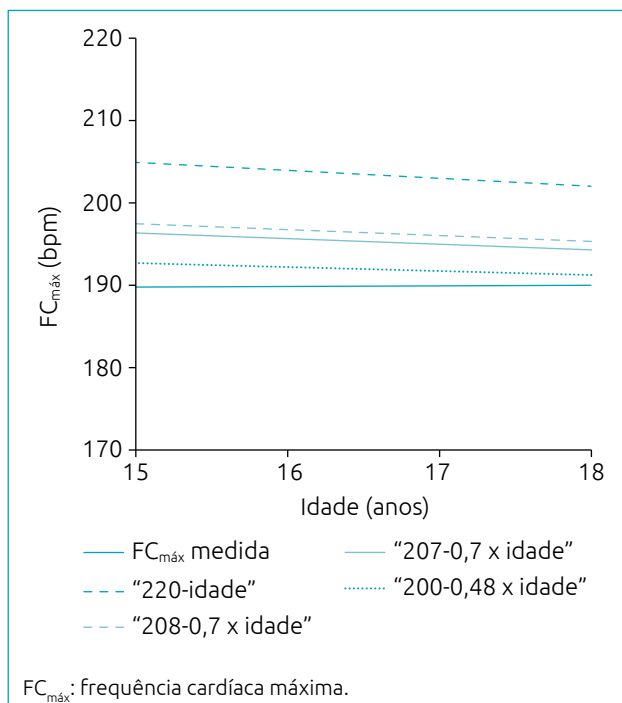
Variáveis avaliadas	Média/mediana	Varição (mínima-máxima)
<b>Cardiovasculares</b>		
$FC_{m\acute{a}x}$ , bpm	190,0±9,2	166,0–209,0
SpO <sub>2</sub> , %	96,0±2,0	90,0–99,0
VO <sub>2</sub> /FC, mL/min/batimento	15,9±6,5	10,8±41,7
<b>Ventilatórias</b>		
VO <sub>2</sub> , L/min	2,6±0,6	1,6–4,9
VO <sub>2</sub> , mL/kg/min	26,9±4,5	18,0–36,4
VE <sub>máx</sub> , L/min	68,5±17,8	35,0–129,4
<b>Metabólicas</b>		
RQ	1,2±0,1	1,1–1,4
VO <sub>2</sub> no LA, mL/kg/min	21,5±6,2	11,0±38,9
<b>Subjetivas</b>		
Borg dispneia	5,0 (3,2–7,0)	0,0–10,0
Borg membros inferiores	5,0 (3,0–7,0)	0,0–10,0

Dados contínuos apresentados em média ± desvio-padrão, exceto para a variável Borg (mediana [intervalo interquartilico]); variáveis categóricas expressas em frequência absoluta e relativa; SpO<sub>2</sub>: saturação periférica de oxigênio; VO<sub>2</sub>: consumo máximo de oxigênio; FC: frequência cardíaca; bpm: batimento por minuto; VE<sub>máx</sub>: ventilação máxima; RQ: coeficiente de troca respiratória; LA: limiar anaeróbico.

durante o exercício físico. Assim, vieses importantes nessa estimativa podem levar a falhas na prescrição da intensidade do exercício, bem como no êxito quanto aos resultados alcançados após



**Figura 1** Comparação entre os valores medidos de frequência cardíaca máxima (bpm) e os estimados pelas diferentes fórmulas em adolescentes obesos.



**Figura 2** Gráfico de dispersão da frequência cardíaca máxima medida e os valores estimados pelas diferentes equações em relação a idade.

o treinamento. Os achados do presente estudo demonstram que a predição da  $FC_{\text{máx}}$  em adolescentes obesos deve ser realizada a partir da equação “200-0,48 x idade”, considerando a maior semelhança entre os valores medidos e os estimados por essa equação.

De acordo com o nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a testar diferentes fórmulas de predição de  $FC_{\text{máx}}$  em adolescentes com obesidade, levando em conta o possível efeito da massa corporal sobre o desempenho cardiovascular. Nossos achados corroboram o fato de que as equações preditivas são adequadas quando aplicadas em populações com características parecidas com as da amostra a partir da qual a fórmula foi criada. Embora as equações utilizadas no presente estudo tenham sido geradas a partir de amostras com indivíduos adultos,<sup>9,11,22,23</sup> somente a equação “200-0,48 x idade” foi gerada com base em indivíduos obesos,<sup>23</sup> o que se aproxima das características amostrais apresentadas neste estudo, justificando os resultados encontrados. Um fato interessante é que esse estudo<sup>23</sup> relata ser necessário utilizar uma equação específica para a população obesa, enquanto sugere que se continue utilizando a equação de “220-idade” para adultos eutróficos.

Embora a equação clássica de “220-idade”<sup>11</sup> tenha sido frequentemente utilizada como importante recurso da Fisiologia do exercício desde a década de 1930, parece que ela equação não foi gerada a partir de uma pesquisa original, conforme relatou uma publicação prévia.<sup>2</sup> Tal fórmula foi criada a partir da observação de 11 estudos publicados ou não na área da Fisiologia, o que compromete sua validação científica no campo do exercício.<sup>2</sup> Apesar disso, diversos estudos continuaram testando a utilização dessa fórmula para estimar a  $FC_{\text{máx}}$  na população pediátrica e na adulta.<sup>1,3,13</sup> Assim, parece existir um consenso de que essa fórmula superestima os resultados medidos de  $FC_{\text{máx}}$  na população pediátrica,<sup>1,13,24</sup> o que corrobora nossos resultados. Além disso, relato prévio<sup>23</sup> indica que essa equação parece superestimar os resultados de  $FC_{\text{máx}}$  em amostras com idade inferior a 40 anos e subestimar os achados em sujeitos idosos.

Os resultados do presente estudo também evidenciaram que não houve diferença significativa na  $FC_{\text{máx}}$  medida entre as faixas etárias avaliadas e que existe uma variabilidade nessa variável quando observado o desvio padrão/delta dos nossos resultados. Essa variação (desvio padrão) oscilou entre 5,6 e 11,4 bpm na amostra, o que se encontra próximo dos valores relatados por pesquisas prévias.<sup>1,2</sup> Estudo realizado recentemente com atletas pediátricos relatou que a idade não influenciou de forma significativa o modelo de predição para estimar a  $FC_{\text{máx}}$ , incluindo outras variáveis, como FC de repouso, aptidão física, massa corporal e percentual de gordura.<sup>15</sup> Além disso, o estudo sugere que se utilize um ponto de corte de, no mínimo, 180 bpm para estimar a  $FC_{\text{máx}}$  em crianças e adolescentes, devido ao pequeno poder de predição de sua fórmula e ao fato de os

valores medidos encontrarem-se em uma faixa semelhante.<sup>15</sup> Assim, vêm sugerindo evidências de que a idade não influencia de forma significativa a  $FC_{\text{máx}}$  em amostras pediátricas, o que poderia ser justificado pelos distintos efeitos cronotrópicos dessa e pela fraca correlação da idade com a  $FC_{\text{máx}}$  em jovens.<sup>25</sup>

O presente estudo também testou outras duas equações preditivas da  $FC_{\text{máx}}$ ,<sup>9,22</sup> sendo elas a equação “208-0,7 x idade”<sup>9</sup> e a “207-0,7 x idade”.<sup>22</sup> No entanto, ambas superestimaram os resultados da FC no pico do exercício, estimando, em média, 6,3 e 5,3 bpm além do valor observado, respectivamente. Tais equações já foram previamente testadas em outros estudos,<sup>1,3,15,26-29</sup> sendo alguns conduzidos com população pediátrica<sup>1,15,29</sup> e outros realizados com amostras de indivíduos adultos.<sup>3,26-28</sup> Em grande parte,<sup>3,27,28</sup> a equação “208-0,7 x idade” parece ser adequada para a população adulta, enquanto apenas um estudo relatou sua validade para amostras infantis,<sup>1</sup> diferindo-se de nossos achados. Todavia, tais resultados podem ser explicados devido a esse estudo ter incluído somente meninos (10 a 16 anos) saudáveis e ativos,<sup>1</sup> diferentemente das características amostrais do presente estudo. Além disso, outro estudo<sup>15</sup> demonstrou existir fraca correlação da  $FC_{\text{máx}}$  medida em uma amostra pediátrica com os valores preditos pela equação “207-0,7 x idade”, indicando pouca validade quando aplicada em crianças e adolescentes.

Uma das limitações do presente estudo é a restrita faixa etária avaliada, tendo em vista que não foram incluídos indivíduos abaixo dos 15 anos de idade, o que poderia confirmar esses resultados também em idades mais jovens. No entanto, nossos achados indicam que a equação “200-0,48 x idade”, oriunda de uma amostra de adultos obesos, deve ser a primeira escolha de centros de treinamento ou reabilitação no momento da predição da  $FC_{\text{máx}}$  em adolescentes com obesidade. Espera-se que futuros estudos testem a aplicação dessa equação em amostras compostas por crianças e adolescentes mais jovens, considerando que o TECP costuma ser realizado a partir dos oito anos de idade.

Concluindo, os achados do presente estudo demonstram que a equação “200-0,48 x idade” parece ser mais adequada para estimar a  $FC_{\text{máx}}$  em adolescentes com obesidade, indicando a importância de se utilizar equações específicas para cada amostra investigada. Esses resultados apresentam importante relevância clínica, considerando que essa variável é utilizada tanto na prescrição de exercícios para redução de peso e melhora da aptidão física como no monitoramento da atividade física, buscando a sua realização de forma segura a fim de evitar possíveis eventos adversos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores (JPHE, LBZ, FMV, JSS e MG) agradecem o CNPq e a CAPES pela concessão de bolsas de auxílio.

## Financiamento

CNPq - Edital Universal 14/2013.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

- Machado FA, Denadai BS. Validity of maximum heart rate prediction equations for children and adolescents. *Arq Bras Cardiol.* 2011;97:136-40.
- Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the "HRmax= 220-age" equation. *JEPonline.* 2002;5:1-10.
- Camarda SR, Tebexreni AS, Páfaro CN, Sasai FB, Tambeiro VL, Juliano Y, et al. Comparison of maximal heart rate using the prediction equations proposed by Karvonen and Tanaka. *Arq Bras Cardiol.* 2008;91:311-4.
- Meneghelo RS, Araújo CG, Stein R, Mastrocolla LE, Albuquerque PF, Serra S, et al. III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95:1-26.
- Cook S, Togni M, Schaub MC, Wenaweser P, Hess OM. High heart rate: a cardiovascular risk factor? *Eur Heart J.* 2006;27:2387-93.
- Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med.* 2003;33:517-38.
- Whyte GP, George K, Shave R, Middleton N, Nevill AM. Training induced changes in maximum heart rate. *Int J Sports Med.* 2008;29:129-33.
- Caetano J, Delgado Alves J. Heart rate and cardiovascular protection. *Eur J Intern Med.* 2015;26:217-22.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37:153-6.
- Santos AL, Silva SC, Farinatti PT, Monteiro WD. Peak heart rate responses in maximum laboratory and field tests. *Rev Bras Med Esporte.* 2005;11:170-3.
- Fox SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res.* 1971;3:404-32.
- Mahon AD, Marjerrison AD, Lee JD, Woodruff ME, Hanna LE. Evaluating the prediction of maximal heart rate in children and adolescents. *Res Q Exerc Sport.* 2010;81:466-71.
- Verschuren O, Maltais DB, Takken T. The 220-age equation does not predict maximum heart rate in children and adolescents. *Dev Med Child Neurol.* 2011;53:861-4.
- Caputo EL, Silva MC, Rombaldi AJ. Comparison of maximal heart rate attained by distinct methods. *Rev Educ Fis.* 2012;23:277-84.
- Gelbart M, Ziv-Baran T, Williams CA, Yarom Y, Dubnov-Raz G. Prediction of maximal heart rate in children and adolescents. *Clin J Sport Med.* 2017;27:139-44.
- Onis M, Garza C, Onyango AW, Borghi E. Comparison of the WHO child growth standards and the CDC 2000 growth charts. *J Nutr.* 2007;137:144-8.
- Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS, American College of Sports Medicine. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12:215-7.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:377-81.
- Borel B, Leclair E, Thevenet D, Beghin L, Berthoin S, Fabre C. Correspondences between continuous and intermittent exercises intensities in healthy prepubescent children. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:977-85.
- Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. *J Pediatr (Rio J).* 2006;82:426-30.
- Karila C, Blic J, Waernessyckle S, Benoist MR, Scheinmann P. Cardiopulmonary exercise testing in children: an individualized protocol for workload increase. *Chest.* 2001;120:81-7.
- Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDonald A, Russi GD, Moudgil VK. Longitudinal modeling of the relationship between age and maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:822-9.
- Miller WC, Wallace JP, Eggert KE. Predicting max HR and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:1077-81.
- Policarpo FB, Fernandes Filho J. Usar ou não a equação de estimativa (220-idade)? *R Bras Ci Mov.* 2004;12:77-9.
- Barbosa e Silva O, Saraiva LC, Sobral Filho DC. Treadmill stress test in children and adolescents: higher tolerance on exertion with ramp protocol. *Arq Bras Cardiol.* 2007;89:391-7.
- Silva VA, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, Oliveira RJ. Maximum heart rate in Brazilian elderly women: comparing measured and predicted values. *Arq Bras Cardiol.* 2007;88:314-20.
- Roy S, McCrory J. Validation of maximal heart rate prediction equations based on sex and physical activity status. *Int J Exerc Sci.* 2015;8:318-30.
- Segundo VH, Albuquerque Filho N, Matos F, Dantas PM, Pinto EF, Felipe TR, et al. Use of predictive equations of maximum heart rate for exercise prescription: a comparative study. *J Sports Phys Educ.* 2016;3:4-8.
- Colantonio E, Kiss M, Dal P, Augusta M. Is the HRmax= 220-age equation valid to prescribe exercise training in children? *JEPonline.* 2013;16:19-27.