

Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória de adultos sem teste de exercícios físicos

A non-exercise prediction model for estimation of cardiorespiratory fitness in adults

Juan Marcelo Simões Cáceres¹
Anderson Zampier Ulbrich¹
Tiago Facchini Panigas¹
Magnus Benetti¹

Resumo – A ferramenta mais precisa para avaliação da aptidão cardiorrespiratória é o teste cardiopulmonar de esforço. Entretanto, para sua utilização, são necessários equipamentos de custo elevado, técnicos bem treinados e tempo, restringindo sua utilização em estudos populacionais. Desta forma, o objetivo do estudo foi desenvolver modelos de predição da aptidão cardiorrespiratória de adultos, por meio de variáveis de simples mensuração. Foram utilizados os dados de 8.293 sujeitos, sendo 5.291 homens e 3.235 mulheres. A amostra constituiu-se de dados retrospectivos da cidade de Florianópolis – SC, abrangendo sujeitos entre 18 e 65 anos. Para estimar o consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}), mensurado de maneira direta, foram associados os dados de: idade, massa corporal, condicionamento, estatura, frequência cardíaca pré-esforço, dislipidemia, hipertensão arterial, tabagismo, diabetes. Após a realização dos procedimentos estatísticos por intermédio de regressão linear múltipla, foram desenvolvidas duas equações para o sexo masculino e duas para o sexo feminino. O modelo completo para o sexo masculino apresenta R^2 ajustado de 0,531 e erro padrão de estimativa (EPE) de $7,15 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}$, enquanto que o modelo completo para o sexo feminino apresenta R^2 ajustado de 0,436 e EPE de $5,68 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}$. Conclui-se que o modelo desenvolvido de predição da aptidão cardiorrespiratória é uma alternativa viável e prática para predição do VO_{2pico} em estudos epidemiológicos ou quando um teste cardiopulmonar de esforço não for possível ou acessível.

Palavras-chave: Aptidão cardiorrespiratória; Equação de regressão; VO_{2pico} .

Abstract – *The most accurate tool for assessment of cardiorespiratory fitness is cardiopulmonary exercise testing (CPET). However, CPET requires expensive equipment, trained technicians and time, which limits their use in population studies. In view of this issue, the present study aims to develop regression equations for predicting the cardiorespiratory fitness of adults using simple measurement variables. The study used data from 8,293 subjects, 5,291 male and 3,235 female (age range, 18 to 65 years). The sample was recruited in Florianópolis, Santa Catarina. To develop equations for prediction of peak oxygen uptake (VO_{2peak}), the data associated were: fitness, age, body mass, height, resting heart rate, hypertension, diabetes, dyslipidemia and smoking. After statistical analyses, two equations for men and two for women were developed. The complete equations showed an adjusted $R^2 = 0.531$ and a standard error of estimate (SEE) = $7.15 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}$ for men and $R^2 = 0.436$ and SEE = $5.68 \text{ ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}$ for women. We conclude that the model developed for prediction of cardiorespiratory fitness is feasible and practical for prediction of VO_{2peak} in epidemiological studies or when CPET cannot be performed.*

Key words: Cardiorespiratory fitness; Regression equation; VO_{2peak} .

1 Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências da Saúde e do Esporte. Florianópolis, SC. Bras

Recebido em 28/07/11
Revisado em 31/10/11
Aprovado em 21/11/11



Licença
Creative Commons

INTRODUÇÃO

A aptidão cardiorrespiratória é considerada determinante fisiológico do desempenho em corridas de média e longa distância¹. Entretanto, sua utilidade se restringe não só ao desempenho desportivo, mas também como medida diagnóstica de saúde e prescrição de exercícios físicos².

A determinação do consumo de oxigênio (VO_2) é o principal critério para quantificar a aptidão cardiorrespiratória³, sendo o teste cardiopulmonar de esforço com análise direta de gases considerado o método padrão ouro para sua mensuração; contudo, sua utilização é limitada pelo custo dos equipamentos, espaço necessário para acomodação dos mesmos e realização das avaliações, tempo e profissionais qualificados⁴⁻⁶.

As limitações relativas a esse método passaram a ser motivo de busca por meios alternativos para a determinação do VO_2 . Dentre eles, estão os modelos de predição sem exercícios físicos, que apresentam baixo custo, requerem pouco tempo para sua aplicação e podem ser utilizados em avaliações populacionais⁷⁻¹². Estudos epidemiológicos demonstram que baixos níveis de VO_2 estão associados com o aumento de doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e alguns tipos de câncer¹³⁻¹⁵ e também considerado fator de risco independente para óbito por todas as causas, justificando a sua avaliação em nível populacional¹⁵⁻¹⁷.

No Brasil, existe carência de estudos com este delineamento^{18,19}. Sendo assim, a presente pesquisa tem por objetivo desenvolver equações de predição da aptidão cardiorrespiratória por intermédio de variáveis de simples mensuração, sem a realização de testes que envolvam exercícios físicos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

Estudo descritivo correlacional com delineamento transversal retrospectivo, composto por 8.293 sujeitos, sendo 5.597 ativos (1.969 mulheres e 3.628 homens) e 2.696 sedentários (1.188 mulheres e 1.508 homens). Os dados foram obtidos previamente por meio de banco de dados da Clínica CardioSport da cidade de Florianópolis, Santa Catarina. As avaliações foram realizadas entre janeiro de 2004 e dezembro de 2010, mediante assinatura do termo de consentimento para utilização de seus dados para estudos populacionais. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina sob protocolo nº 97/2010.

Medidas

A massa corporal (MC) foi mensurada com balança Filizola® de resolução de 100 gramas e estatura com estadiômetro da marca SANNY® de precisão 0,1cm. Estas medidas foram realizadas segundo o *Anthropometric Standardization Reference Manual*²⁰.

A frequência cardíaca pré-esforço ($FC_{\text{pré-esf}}$) foi mensurada após cinco minutos de repouso, na posição sentada, que precederam o teste cardiopulmonar de esforço (TCP), com eletrocardiógrafo Elite de três derivações (Micromed - Brasil). Foi considerada a menor frequência cardíaca no período avaliado.

O sexo (masculino e feminino), tabagismo (sim ou não), idade e nível de atividade física (sedentários ou ativos), foram verificados por intermédio de anamnese. Foram considerados ativos os sujeitos que atenderam os critérios citados por Blair et al.²¹, como sendo realizar 30 minutos de exercício físico diários.

As informações sobre hipertensão arterial, diabetes e dislipidemias foram acessadas no banco de dados dos sujeitos estudados, por intermédio de exames solicitados por especialistas na área, seguindo as recomendações da Sociedade Brasileira de Cardiologia²².

Teste de aptidão cardiorrespiratória

O consumo de oxigênio de pico ($VO_{2\text{pico}}$) foi determinado por protocolo de rampa no qual não existe estágios, mas incrementos contínuos de cargas (aumento de inclinação e velocidade) que acontecem de maneira gradual durante o período do teste. A razão de incremento é definida individualmente, com duração entre 8 e 12 minutos. Neste estudo, os avaliados iniciaram o teste caminhando (velocidade entre 3 a 6 km/h) com inclinação a 0% e evoluíram nesses parâmetros de acordo com suas condições físicas, critérios esses sugeridos segundo orientações da *II Diretrizes sobre teste ergométrico*²³ da Sociedade Brasileira de Cardiologia.

Foi utilizada esteira rolante motorizada Imbrasport-ATL, Brasil 1999, juntamente com Eletrocardiograma (ECG) de três derivações (ECG Digital; Micromed - Brasília, DF - Brasil). A análise do $VO_{2\text{pico}}$ foi determinada por intermédio de analisador de gases tipo “*mixing chamber*”, Metalyzer II, Cortex, Alemanha, 2003, com utilização do software acoplado Ergo PC Elite Versão 3.3.6.2 (Micromed, Brasil). Os valores do VO_2 foram expressos relativos à massa corporal ($\text{ml}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}$).

A interrupção do teste foi realizada quando dois dos três critérios a seguir foram atingidos: exaustão máxima (fadiga ou dispnéia); quociente respiratório acima de 1,15; angina progressiva que impediram a continuação do mesmo, assim como a presença de sinais de alteração eletrocardiográfica significativa. O $VO_{2\text{pico}}$ foi considerado pela análise visual do comportamento das curvas do consumo de oxigênio e produção de gás carbônico relativo a massa corporal.

Análise dos dados

Os dados foram analisados por intermédio do pacote estatístico SPSS versão 17.0 para Windows. Foi realizado teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade das variáveis independentes. Realizou-se análise descritiva para caracterizar a amostra verificando a média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. O teste qui-quadrado (χ^2), por meio de tabelas de contingência, verificou as dispersões entre as variáveis categóricas.

Nesta pesquisa, utilizaram-se o VO_{2pico} como variável dependente e o gênero, condicionamento, idade, índice de massa corporal (IMC), $FC_{pré-esf}$, tabagismo, diabetes, hipertensão e dislipidemia como variáveis independentes.

A equação foi desenvolvida por intermédio da análise de regressão linear múltipla, com intervalo de confiança de 95%, pelo método *StepWise*. A fim de verificar a validade da equação desenvolvida, foram calculados a correlação de Pearson (r), o coeficiente de explicação (R^2 ajustado) e erro padrão de estimativa (EPE). Também foi verificado o peso beta (peso- β) das variáveis independentes para verificação da força preditiva das mesmas. Em todas as análises estatísticas adotou-se significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A caracterização amostral dos sujeitos estudados (N=8.293) é apresentada na tabela 1, por meio dos valores mínimos, máximos, média e desvio padrão das variáveis de idade, massa corporal, condicionamento físico, estatura, frequência cardíaca pré-esforço, dislipidemia, hipertensão arterial, tabagismo, diabetes e VO_{2pico} .

Tabela 1. Caracterização da amostra total.

| | Variável | Mínimo | Máximo | Média | DP |
|---------------------|---|--------|--------|--------|-------|
| Mulheres N=3.157 | Idade ^(anos) | 18,02 | 64,99 | 40,45 | 12,40 |
| | Estatura ^(cm) | 142,50 | 190,00 | 162,71 | 6,50 |
| | MC ^(kg) | 39,00 | 111,00 | 62,64 | 10,50 |
| | IMC ^(kg/m²) | 15,99 | 39,84 | 23,68 | 3,90 |
| | $FC_{pré-esf}$ (bpm) | 41,00 | 130,00 | 83,90 | 13,80 |
| | VO_{2pico} (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹) | 16,00 | 62,84 | 31,38 | 7,60 |
| Homens N=5.136 | Idade ^(anos) | 18,00 | 64,99 | 39,58 | 12,50 |
| | Estatura ^(cm) | 145,00 | 208,00 | 176,31 | 7,20 |
| | MC ^(kg) | 42,20 | 145,00 | 81,17 | 12,60 |
| | IMC ^(kg/m²) | 16,73 | 39,89 | 26,09 | 3,60 |
| | $FC_{pré-esf}$ (bpm) | 41,00 | 130,00 | 77,39 | 13,30 |
| | VO_{2pico} (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹) | 16,05 | 75,57 | 40,65 | 10,40 |

Legenda: N= número de indivíduos; MC= massa corporal; DP= desvio padrão; $FC_{pré-esf}$ = frequência cardíaca pré esforço; IMC= índice de massa corporal; VO_{2pico} = consumo de oxigênio de pico

De acordo com a tabela 2, foi verificado maior percentual de indivíduos dislipidêmicos e diabéticos entre os homens quando comparados com as mulheres. Nas demais comorbidades, não foi verificada diferença estatística entre os sexos.

No quadro 1, são apresentadas as equações denominadas Equação Gênero-específica feminina 1 (F1), Equação Gênero-específica feminina 2 (F2), Equação Gênero-específica maculina 1 (M1) e Equação Gênero-específica maculina 2 (M2). A equação M1 foi formada com utilização das 9 variáveis do estudo, na equação F1 a variável diabetes não apresentou significância estatística significativa e desta maneira foi removida do modelo. Essas equações (M1 e F1) apresentaram valores de R^2 ajustado de 0,531 e 7,150 e EPE 7,309 e 5,687 ml⁻¹·kg⁻¹·min, respectivamente. Nos modelos M2 e F2 foram removidas as variáveis de $FC_{pré-esf}$, dislipidemias, diabetes

e hipertensão arterial com o objetivo de tornar sua utilização mais fácil e rápida, tais equações apresentaram R² ajustado de 0,510 e 0,425 e EPE 7,309 e 5,743 ml⁻¹.kg⁻¹.min, respectivamente. Em todos os modelos desenvolvidos, as variáveis independentes demonstraram-se preditoras, estatisticamente significantes (p<0,001), da aptidão cardiorrespiratória.

Tabela 2. Porcentagem de comorbidades da amostra e diferença entre homens e mulheres

| | Homens (N=5.136) | | | | Mulheres (N=3.157) | | | | χ^2 | p |
|--------------|------------------|------|-------|------|--------------------|------|-------|------|----------|--------|
| | Sim | | Não | | Sim | | Não | | | |
| | N | % | N | % | N | % | N | % | | |
| Dislipidemia | 394 | 7,7 | 4.628 | 92,3 | 186 | 5,9 | 2.925 | 94,1 | 9,520 | 0,002* |
| Hipertensão | 568 | 11,1 | 4.454 | 88,9 | 331 | 10,5 | 2.780 | 89,5 | 0,668 | 0,414 |
| Tabagismo | 222 | 4,3 | 4.800 | 95,7 | 123 | 3,9 | 2.988 | 96,1 | 0,891 | 0,345 |
| Diabetes | 114 | 2,2 | 4.908 | 97,8 | 46 | 1,5 | 3.165 | 98,5 | 6,009 | 0,014* |

Legenda: N=número de indivíduos; *p<0,05; χ^2 : teste qui-quadrado.

Quadro 1. Equações específicas de predição da ACR para o sexo feminino e masculino.

| Título | Equação | R | R ² ajustado | EPE |
|--------|--|-------|-------------------------|---|
| M1 | $VO_{2pico} = 47,189 - 0,394 (\text{idade}) - 0,282 (\text{MC}) - 4,289 (\text{condicionamento}) + 0,231 (\text{estatura}) - 0,090 (FC_{pré-esf}) - 2,092 (\text{dislipidemia}) - 1,925 (\text{hipertensão}) - 2,901 (\text{tabagismo}) - 2,295 (\text{diabetes})$ | 0,729 | 0,531 | 7,150 ml ⁻¹ .kg ⁻¹ .min |
| M2 | $VO_{2pico} = 39,390 - 0,409 (\text{idade}) - 0,307 (\text{MC}) - 4,437 (\text{condicionamento}) + 0,254 (\text{estatura}) - 3,081 (\text{tabagismo})$ | 0,714 | 0,510 | 7,309 ml ⁻¹ .kg ⁻¹ .min |
| F1 | $VO_{2pico} = 37,844 - 0,250 (\text{idade}) - 0,208 (\text{MC}) - 3,428 (\text{condicionamento}) + 0,139 (\text{estatura}) - 0,053 (FC_{pré-esf}) - 1,327 (\text{dislipidemia}) - 1,508 (\text{tabagismo}) - 1,009 (\text{hipertensão})$ | 0,661 | 0,436 | 5,687 ml ⁻¹ .kg ⁻¹ .min |
| F2 | $VO_{2pico} = 31,733 - 0,244 (\text{idade}) - 0,219 (\text{MC}) - 3,598 (\text{condicionamento}) + 0,151 (\text{estatura}) - 1,486 (\text{tabagismo})$ | 0,652 | 0,425 | 5,743 ml ⁻¹ .kg ⁻¹ .min |

Legenda: M1: equação masculina 1; M2: equação masculina 2; F1: equação feminina 1; F2: equação feminina 2; r: valor da correlação; R² ajustado: coeficiente de explicação ajustado; EPE: erro padrão de estimativa; VO₂ pico: consumo de oxigênio de pico (ml⁻¹.kg⁻¹.min); Valores a serem aplicados nas fórmulas: idade em anos completos; estatura em centímetros (cm); massa corporal em quilogramas (kg); condicionamento: sedentários (0) e ativos (1); dislipidemia: não (0) e sim (1); tabagismo: não (0) e sim (1); hipertensão: não (0) e sim (1); diabetes: não (0) e sim (1) e FC_{pré-esf}: valor em batimentos por minuto (bpm).

De acordo com o quadro 2, que apresenta a força preditiva (peso-β) das variáveis independentes, observa-se que a idade, MC e condicionamento apresentaram maior contribuição para a predição.

Quadro 2. Peso-β das três variáveis de maior valor preditivo de cada equação

| Equação \ Variável | F1 | F2 | M1 | M2 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|
| Idade | -0,408* | -0,398* | -0,474* | -0,491* |
| MC | -0,290* | -0,304* | -0,339* | -0,369* |
| Condicionamento | -0,219* | -0,230* | -0,187* | -0,198* |

Legenda: F1: equação para o sexo feminino 1; F2: equação para o sexo feminino 2; M1: equação para o sexo masculino 1; M2: equação para o sexo masculino 2; MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; * P < 0,001

DISCUSSÃO

Mesmo que considerada indicativo de risco para desenvolvimento de doenças cardiovasculares e outras doenças crônico-degenerativas, a avaliação e a utilização da aptidão cardiorrespiratória, seja pelo método direto de análise de gases ou por intermédio de equações de predição com a realização de exercícios físicos, são limitadas pelo custo de equipamentos, espaço, tempo e qualificação profissional¹⁵. A obtenção desses dados por intermédio de equações de regressão sem testes que envolvam exercícios físicos é uma alternativa econômica, prática e eficiente, podendo ser utilizada em estudos epidemiológicos^{3,16,17}.

Matthews et al.²⁴ concluíram que o VO_2 pode ser predito sem exercícios físicos em estudos epidemiológicos. Seus avaliados foram divididos em quintis de acordo com sua aptidão cardiorrespiratória (medida de maneira direta). O modelo desenvolvido classificou os avaliados no quintil correto ou adjacente de sua aptidão cardiorrespiratória em 83% dos casos, sendo que apenas 0,13% com baixa aptidão foram classificados como alta²⁴.

Contudo, Whaley et al.²⁵, mesmo concluindo que os modelos de predição da aptidão cardiorrespiratória são válidos, pois satisfazem os critérios estatísticos, consideram-nos insuficientemente acurados para prever a aptidão cardiorrespiratória em estudos epidemiológicos destinados a verificar situação de risco de desenvolvimento de doenças crônico-degenerativas, opondo-se, desta maneira, aos demais estudos^{14,16,17}.

Os resultados de nosso estudo demonstraram que o modelo de predição do VO_2 sem exercícios pode promover estimativas válidas do $VO_{2\text{pico}}$, para homens e mulheres, aparentemente saudáveis, ativos e sedentários, com idades entre 18 e 65 anos. Resultados semelhantes aos reportados por Blair et al.²⁶ (R^2 ajustado 0,59 e EPE não informado); Nes et al.²⁷ ($R^2 = 0,61$ EPE = 5,70 $\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}$ para homens e $R^2 = 0,56$ e EPE 5,15 $\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}$ para mulheres) e à equação de Jackson et al.¹² (R^2 ajustado = 0,61 e EPE = 5,70 $\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}$) que utilizou IMC como alternativa ao percentual de gordura (R^2 ajustado = 0,66 e EPE = 5,35) na equação principal, justificada pela facilidade de sua mensuração.

O presente estudo também apresenta equações alternativas (M2 e F2). Estes modelos obtiveram pequena redução na precisão; contudo, as variáveis utilizadas são de simples mensuração e podem ser utilizadas em situações nas quais não é possível a obtenção de informações sobre $FC_{\text{pré-esf}}$, hipertensão arterial, diabetes e dislipidemia, tornando-se uma alternativa viável de utilização simples e rápida.

Wier et al.²⁸ investigaram o uso da circunferência da cintura como substituto de marcadores da composição corporal em equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem exercício. No estudo, foram desenvolvidos três modelos que diferiram entre si pelas variáveis de CC ($R^2 = 0,65$ EPE = 4,80), percentual de gordura ($R^2 = 0,67$ EPE = 4,72) e IMC ($R^2 = 0,64$ EPE = 4,90). Contudo, nos indivíduos de baixa aptidão cardiorrespiratória, o modelo superestimou sistematicamente em 3 $\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}$ e nos de alta aptidão subestimou em 7 $\text{ml}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}$. Somado a isso, foi observado que a

precisão de tais equações foi maior em indivíduos com idade superior a 50 anos, menos ativos e VO_{2max} entre 30 e 50 $ml^{-1}\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$.²⁷ Recentemente, Nes et al.²⁷ também verificaram boa precisão dos modelos matemáticos nos valores entre 35 e 50 $ml^{-1}\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$ para homens e 30 e 40 $ml^{-1}\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$ para mulheres.

Para ser uma ferramenta relevante para a estratificação de riscos para a saúde, é importante que o modelo preditor possa identificar indivíduos com baixa aptidão.²⁷ Esses modelos^{27,28} demonstraram que os valores na faixa inferior da aptidão cardiorrespiratória podem cometer erro de classificação em que indivíduos em risco podem ser considerados saudáveis, devendo ser utilizado com cautela. Todavia, nosso estudo teve como limitação a não verificação da perda de precisão nos extremos do VO_{2pico} .

Conforme pode ser visualizado por intermédio do peso- β (quadro 2), a variável que revelou maior impacto na predição da aptidão cardiorrespiratória na equação foi a idade, apresentando valores entre -0,398 e -0,491, valores semelhantes aos encontrados por Mailey et al.¹⁷ que foi de -0,450 e Nes et al.²⁷ que obtiveram escores de -0,435 e -0,436 para homens e mulheres respectivamente. Contudo, esses resultados são superiores aos obtidos por Heil et al.¹³, Whaley et al.²⁵ e Bradshaw et al.²⁹. Segundo a literatura, o VO_2 diminui entre oito e 10% por década de vida após os 25 anos de idade^{30,31}. Ravagnani et al.³¹ observaram que um indivíduo na faixa etária entre 60-69 apresenta cerca de 60% do VO_{2max} de quando estava na faixa etária entre 20-29 anos. Dessa maneira, a utilização de tal variável é justificada pela ampla faixa etária que as equações abrangem.

A massa corporal foi a medida que apresentou o segundo maior escore entre os modelos desenvolvidos, apresentando variação de peso- β entre -0,290 e -0,369. Tais valores são inferiores aos escores de 0,434 observados por Whaley et al.²⁵.

As variáveis independentes de idade, massa corporal, condicionamento, estatura, $FC_{pré-esf.}$ e tabagismo foram amplamente utilizadas nos estudos que tratam da predição da aptidão cardiorrespiratória sem a execução de testes de exercícios físicos e suas influências comprovadas pelos procedimentos estatísticos utilizados^{17-19,26,29}. Todavia, em nenhum dos trabalhos que precederam a este, foi avaliada a interferência de alterações metabólicas (dislipidemia e diabetes) e hemodinâmicas (hipertensão arterial) na predição do VO_2 , demonstrando que variáveis ainda não exploradas podem ampliar a precisão dos modelos preditores. Essas variáveis demonstraram-se como estatisticamente significantes para a predição; todavia, quando removidas, seu impacto é pequeno na redução dos valores de R^2 ajustado e EPE.

Isso pode ser visualizado ao se comparar as equações M1 com M2 (Quadro 1), em que a equação reduzida apresenta diminuição no R^2 ajustado de 0,021 e aumento no EPE de 0,159 $ml^{-1}\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$ e também nos modelos F1 com F2 (Quadro 1), em que ocorre redução no R^2 ajustado de 0,011 e aumento no EPE de 0,056 $ml^{-1}\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$. Por esse motivo, os modelos F2 e M2 podem ser utilizados quando não for possível ou conveniente obter tais informações, sem perda considerável na precisão.

Poucos estudos de desenvolvimento de equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes que envolvam exercícios físicos foram

realizados com a população brasileira^{18,19}. Esses trabalhos utilizaram tamanho amostral inferior ao presente estudo e analisaram populações específicas. A importância deste estudo para o Brasil é devido ao tamanho amostral (8.293 indivíduos, sendo 3.157 mulheres e 5.136 homens), ampla faixa etária (18 a 65 anos) e nível de aptidão cardiorespiratória variável (16 a 75,57 ml⁻¹.kg⁻¹.min). O conjunto desses fatores proporciona potencial de generalização elevado.

Todavia, esta pesquisa apresenta precisão reduzida ao se comparar com o estudo de Barbosa et al.¹⁹, que apresentou coeficiente de explicação superior e EPE inferior (R² ajustado = 0,90; EPE= 3,44 ml⁻¹.kg⁻¹.min) ao encontrado nesta investigação. A diferença, possivelmente, deve-se à reduzida amplitude da idade dos indivíduos avaliados no artigo de Barbosa et al.¹⁹ e da classificação da aptidão cardiorespiratória em quatro categorias. Este estudo apresenta como limitação o caráter retrospectivo das variáveis utilizadas.

CONCLUSÃO

As equações desenvolvidas neste estudo apresentaram acuracidade satisfatória para atender as exigências estatísticas para predição da aptidão cardiorespiratória em adultos por intermédio de variáveis de simples aferição, objetivando a avaliação de grandes populações. Contudo, recomenda-se cautela na utilização desta ferramenta quando for requerida precisão em se avaliar o VO_{2pico} de pacientes ou atletas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Midgley AW, Mcnaughton LR, Wilkinson M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med* 2006;36:117-32.
2. Duncan GE, Li SM, Zhou XH. Cardiovascular Fitness among U.S. Adults: NHANES 1999-2000 and 2001-2002. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(8):1324-8.
3. Berkey CS, Hockett HRH, Feld AE, Gillman MW, Frazier AL, Camargo CA, et al. Activity, dietary intake, and weight changes in a longitudinal study of preadolescent and adolescents boys and girls. *Pediatrics* 2000;105:56-64.
4. Tanasescu M, Leitzmann MF, Rimm EB, Willett WC, Stampfer MJ, Hu FB. Exercise type and intensity in relation to coronary heart disease in men. *JAMA* 2002;288:1994-2000.
5. Lee D, Artero EG, Sui X, Blair SN. Mortality trends in the general population: the importance of Cardiorespiratory fitness. *J. Psychopharmacology* 2010;24:27-35.
6. Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T. Physical activity, fitness, and health: international proceedings and consensus statement. Champaign, IL: Human Kinetics; 1994.
7. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995;273:402-7.
8. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:319-30.
9. Skinner JS, MCLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport* 1980;51:234-48.
10. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation. 2a ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1994.

11. American College Of Sports Medicine (ACSM). Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
12. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross MR, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:863-70.
13. Heil DP, Freedson PS, Ahlquist LE, Price J, Rippe JM. Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:599-606.
14. George JD, Stone WJ, Burkett LN. Non-exercise VO₂max estimation for physically active college students. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29:415-23.
15. Maranhão Neto GA, Farinatti PTV. Equações de predição da aptidão cardiorrespiratória sem testes de exercícios e sua aplicabilidade em estudos epidemiológicos: revisão descritiva e análise dos estudos. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:304-14.
16. Jurca R, Jackson AS, LaMonte MJ, Morrow JR, Blair SN, Wareham NJ, et al. Assessing cardiorespiratory fitness without performing exercise testing. *Am J Prev Med* 2005;29:185-93.
17. Mailey EL, White SM, Wójcicki TR, Szabo AN, Kramer AF, McAuley E. Construct validation of a non-exercise measure of cardiorespiratory fitness in older adults. *BMC Public Health* 2010;10:s/p.
18. Lima DF, Abatti PJ. Formulação de equação preditiva do VO₂máx. baseada em dados que independem de exercícios físicos. *Semina* 2006;27:139-49.
19. Barbosa, FP, Fernandes Filho J, Roquetti-Fernandes P, Irany-Knackfuss M. Modelo matemático para levantamento epidemiológico da aptidão física cardiorrespiratória sem teste de esforço. *Rev Salud Publica* 2008;10:260-68.
20. Lohman WS, Roche AF, Martello R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988.
21. Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendation: how much is enough? *Am J Clin Nutr* 2004;79(suppl);913S-20S.
22. Brandão AP, Brandão AA, Nogueira AR, Suplicy H, Guimarães JI, Oliveira JEP. I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e tratamento da Síndrome Metabólica. *Arq Bras Cardiol* 2005;84(SI):2-28.
23. Andrade J, Brito FS, Vilas-Boas F, Castro I, Oliveira JA, Guimarães JI, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. II Diretrizes sobre teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol* 2002;78(supl. 1):1-17.
24. Matthews CE, Heil DP, Freedson PS, Pastides H. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:486-93.
25. Whaley, MH, Kaminsky LA, Dwyer GB, Getchell LH. Failure of predicted VO₂máx to discriminate physical fitness in epidemiological studies. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:85-91.
26. Blair SN, Kannel WB, Kohl HW, Goodyear N, Wilson PWF. Surrogate measures of physical activity and physical fitness. *Am J Epidemiol* 1989;129:1145-56.
27. Nes BM, Janszky I, Vatten LJ, Nilsen TIL, Aspenes ST, Wisloff U. Estimating VO₂peak from a Nonexercise Prediction Model: The HUNT Study, Norway. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43:2024-30.
28. Wier LT, Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. Nonexercise Models for Estimating VO₂max with Waist Girth, Percent Fat, or BMI. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(3):555-61.
29. Bradshaw DI, George JD, Hyde A, LaMonte MJ, Vehrs PR, Hager RL, et al. An Accurate VO₂max. Nonexercise regression model for 18-65-year-old adults. *Res Q Exerc Sport* 2005;76:426-32.
30. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE, Blair SN. Changes in Aerobic Power of Men Aged 25-70 Yr. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(1):113-20.
31. Ravagnani FCP, Coelho CF, Burini RC. Declínio do consumo máximo de oxigênio em função da idade em indivíduos adultos do sexo masculino submetidos ao teste ergospirométrico. *Rev Bras Cienc Mov* 2005;13(3):23-8.

Endereço para correspondência

Juan Marcelo Simões Cáceres
 Rod. Amaro Antonio Vieira 2489/107
 Bairro Itacorubi.
 CEP 88034-102 - Florianópolis, SC.
 Brasil.
 E-mail: juansimoes@yahoo.com.br