

DESENVOLVIMENTO DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DO VO_{2PICO} PELO TESTE DE 9 MINUTOS



ARTIGO ORIGINAL

DEVELOPMENT OF EQUATIONS TO ESTIMATE THE VO_{2PEAK} BY THE 9-MINUTE TEST

DESARROLLO DE ECUACIONES PARA ESTIMATIVA DEL VO_{2PICO} POR EL TEST DE 9 MINUTOS

Ana Carolina Paludo^{1,2}
(Educatória Física)

Mariana Biagi Batista²
(Educatória Física)

Luis Alberto Gobbo³
(Educatör Físico)

Enio Ricardo Vaz Ronque²
(Educatör Físico)

Edio Luiz Petroski⁴
(Educatör Físico)

Helio Serassuelo Junior²
(Educatör Físico)

1. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

2. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

3. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, SP, Brasil

4. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Correspondência:

Escola de Educação Física e Esporte (EEFE) Universidade de São Paulo (USP). Laboratório de Psicossociologia do Esporte (LAPSE). Av. Prof. Mello de Moraes, 65, Cidade Universitária. São Paulo, SP, Brasil.
anacarinopaludo@usp.br

RESUMO

Objetivo: Desenvolver e validar modelos matemáticos para predição do VO_{2pico} em crianças e adolescentes, por meio da utilização do teste de campo de corrida/caminhada de 9 minutos. **Métodos:** Foram avaliados 211 escolares, de sete a 12 anos de idade, de ambos os sexos, regularmente matriculados em duas escolas do Município de Londrina – PR, sendo 141 escolares separados para amostra de desenvolvimento e 70 para validação das equações desenvolvidas. As medidas avaliadas foram: massa corporal, estatura, espessuras de dobras cutâneas (tricipital e subescapular), além da maturação biológica. Os testes de corrida/caminha de 9 minutos foram realizados em pista de atletismo e a análise direta do VO_{2pico} (mL/kg/min) realizada em laboratório, com analisador de gás portátil, através um teste incremental em esteira rolante. O desenvolvimento das equações foi realizado através da análise de regressão linear pelo método stepwise e a validação foi realizada pelos testes matemáticos específicos levando em consideração uma significância de 5% para todas as análises. **Resultados:** A equação geral para a amostra total foi VO_{2pico} = 24,506 + 16,672 (maturação, 0=pré e 1=púbere e pós) – 0,346 (Σ DC) + 5,187 (sexo, 0=F e 1=M) + 0,009 (distância) com um r=0,742 e EPE=9,149 mL/kg/min e sua validação apresentou r=0,570, CCI=0,68, limites de concordância de -1,4 mL/kg/min, EPE=8,39 mL/kg/min e CV= 21,94%. **Conclusão:** Conclui-se que a equação generalizada desenvolvida fornece uma estimativa válida do VO_{2pico} em crianças e adolescentes de sete a 12 anos de idade.

Palavras-chave: consumo de oxigênio, jovens, análise de regressão.

ABSTRACT

Objective: To develop and validate mathematical models for predicting VO_{2peak} in children and adolescents, through the use of the 9-minute run/walk field test. **Methods:** 211 school children were assessed, aged from 7 to 12 years old, of both sexes, enrolled in two schools in the municipality of Londrina-PR. 141 of the school children were separated for the development sample, and 70 for validation of the equations developed. The measurements evaluated were: body weight, height, skinfold thickness (triceps and subscapular), and biological maturation. The 9-minute run/walk field tests were performed on a running track, and direct analysis of peak oxygen consumption (VO_{2peak} in mL/kg/min) was performed in a laboratory with a portable gas analyzer, through an incremental test on a treadmill. The development of the equations was performed by linear regression analysis, using the stepwise method, and the validation was performed by specific mathematical tests, taking into account a level of significance of 5% for all the analyzes. **Results:** The general equation for the total sample was VO_{2peak} = 24.506 + 16.672 (maturation, 0=pre and 1= pubertal and post) – 0.346 (Σ SF) + 5.187 (sexes, 0=F and 1=M) + 0.009 (distance), which showed r=0.742 and SEE=9.149 mL/kg/min and its validation showed r=0.570, ICC=0.68, limits of agreement of -1.4mL/kg/min, SEE=8.39mL/kg/min and CV=21.94%. **Conclusion:** It is concluded that the generalized equation developed provides a valid estimate of VO_{2peak} in children and adolescents aged from 7 to 12 years.

Keywords: oxygen consumption, youth, regression analysis.

RESUMEN

Objetivo: Desarrollar y validar modelos matemáticos para predicción del VO_{2pico} en niños y adolescentes, a través del uso del test de campo de carrera/caminata de 9 minutos. **Métodos:** Fueron evaluados 211 escolares, de siete a 12 años de edad, de ambos sexos, regularmente matriculados en dos escuelas del Municipio de Londrina – PR, siendo 141 escolares separados para muestra de desarrollo y 70 para validación de las ecuaciones desarrolladas. Las medidas evaluadas fueron: masa corporal, estatura, espesores de pliegues cutáneos (tricipital y subescapular), además de la madurez biológica. Los tests de carrera/caminata de 9 minutos fueron realizados en pista de atletismo y el análisis directo del VO_{2pico} (mL/kg/min) realizado en laboratorio, con analizador de gas portátil, a través de un test incremental en cinta rodante. El desarrollo de las ecuaciones fue realizado a través del análisis de regresión lineal por el método stepwise y la validación fue realizada por los tests matemáticos específicos llevando en consideración una significancia de 5% para todos los análisis. **Resultados:** La ecuación general para la muestra total fue VO_{2pico} = 24,506 + 16,672 (madurez, 0=pre y 1=púbere y post) – 0,346 (Σ DC) + 5,187 (sexo, 0=F y 1=M) + 0,009 (distancia) con un r=0,742 y EPE=9,149 mL/kg/min y su validación presentó r=0,570, CCI=0,68, límites de concordancia de -1,4 mL/kg/min, EPE=8,39 mL/kg/min y CV= 21,94%. **Conclusión:** Se concluye que la ecuación generalizada desarrollada provee una estimativa válida del VO_{2pico} en niños y adolescentes de siete a 12 años de edad.

Palabras clave: consumo de oxígeno, jóvenes, análisis de regresión.

INTRODUÇÃO

Frente ao grande interesse da comunidade científica pelas questões relacionadas à aptidão cardiorrespiratória (ACR) em jovens e sua implicação na idade adulta¹, aliado à necessidade de encontrar alternativas acessíveis e de baixo custo para sua avaliação, diversos testes de campo foram criados e incluídos em baterias de testes de aptidão física relacionada à saúde para crianças e adolescentes.

No Brasil, um dos testes de campo mais utilizados para avaliar a ACR em crianças e adolescentes é o teste de corrida/caminhada de 9 minutos (teste de 9 minutos). Esse teste aparece como uma alternativa para a classificação da ACR por baterias de testes internacionais² e nacionais^{3,4}, e apresenta pontos de corte para triagem de fatores de riscos para jovens brasileiros⁵.

Porém, o resultado final é expresso pela distância total percorrida, não havendo ainda na literatura um modelo matemático que converta seus resultados em valor estimado de $VO_{2m\acute{a}x}$. Um modelo matemático auxiliaria na interpretação dos resultados obtidos no teste em valores absolutos ou relativos de consumo máximo de oxigênio, na comparação entre os resultados do próprio indivíduo em diferentes períodos e/ou após processos de intervenção, além de possibilitar a realização de ajustes em relação à massa corporal magra, bem como a possibilidade do desenvolvimento de expoentes alométricos.

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi desenvolver e validar modelos matemáticos para estimativa do VO_{2pico} em crianças e adolescentes a partir do teste de 9 minutos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram do estudo 211 escolares de ambos os sexos e pertencentes a faixa etária de sete a 12 anos. Os critérios de inclusão adotados foram: interesse em participar do estudo, pertencer a faixa etária preestabelecida e estar regularmente matriculados na instituição de ensino selecionada. Como critérios de exclusão: apresentar algum problema físico que impeça temporariamente ou definitivamente o sujeito de ser submetido aos testes motores, fazer uso de medicamentos que possam influenciar no desempenho do teste e a não assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelo responsável.

A amostra foi dividida em dois grupos: grupo de desenvolvimento e grupo de validação, sendo utilizado, para a divisão aleatória dos grupos, a razão 2:1. Assim, 141 crianças e adolescentes compuseram o grupo de desenvolvimento, e 70 o grupo de validação, número esse aconselhável para que a equação tenha um maior poder e menor erro⁶.

Todos os sujeitos e seus responsáveis foram previamente informados sobre a proposta do presente estudo e procedimentos os quais seriam submetidos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil (280/11).

Foram obtidas as medidas antropométricas de massa corporal e estatura através de uma balança de plataforma, digital da marca Ura-no, modelo PS 180, com precisão de 0,1 kg e estadiômetro de madeira com precisão de 0,1cm respectivamente, seguindo os procedimentos de Gordon *et al.*⁷ e posteriormente calculado o índice de massa corporal.

A técnica de espessuras do tecido subcutâneo foi realizada sendo aferidas as dobras cutâneas da região tricipital e subescapular. As medidas foram realizadas por um único avaliador, seguindo o rigor preestabelecido na literatura⁸. O instrumento utilizado foi o adipômetro científico da marca Lange, de acordo com as técnicas descritas por Harrinson *et al.*⁹

A maturação biológica foi avaliada pelas características sexuais secundárias analisadas por meio de desenhos da pilosidade pubiana em meninos e meninas, por meio da utilização das pranchetas propostas por Tanner¹⁰. As figuras foram classificadas como modelo de 1 a 5, de

acordo com os estágios de desenvolvimento sexual e foram utilizadas as classificações propostas por Marshall e Tanner^{11,12} considerado o estágio 1 como pré-pubertal, 2 a 4 como pubertal e 5 como pós-pubertal

A verificação direta do VO_{2pico} foi feita por análise de gases computadorizada, por meio da realização de um teste de intensidade progressiva e máxima em um ergômetro de esteira. Para mensuração direta do consumo de oxigênio durante o teste foi utilizado o analisador de gases portátil K4b² (Cosmed Rome Italy), validado quando comparado ao método Bolsa de Douglas¹³.

Os sujeitos de sete a oito anos de idade realizaram um aquecimento prévio de três minutos a uma velocidade moderada de três quilômetros por hora (km/h) sem inclinação. O teste teve início a uma velocidade de 4 km/h e 1% de inclinação e a cada um minuto foi aumentada a velocidade em 1 km/h e a inclinação foi mantida até o final do teste.

Os escolares de nove a 12 anos de idade realizaram um aquecimento prévio de três minutos, a uma velocidade moderada de 4km por hora (km/h) sem inclinação. O teste teve início com uma velocidade de 5 km/h e 1% de inclinação. A cada dois minutos, foi aumentada a velocidade em 1 km/h e a inclinação foi mantida, até a finalização do teste. A maioria dos escolares atingiram valores de VO_{2pico} entre 8 e 12 minutos, como recomendada para este tipo de teste¹⁴.

Para o encerramento do teste foram considerados: exaustão voluntária do avaliado, com o pedido de encerramento do teste; atingir a frequência cardíaca máxima predita levando em consideração a idade; razão de trocas respiratórias superior a 1,1; detecção do platô na curva de VO_2 definido por um aumento inferior a 2 ml/kg/min. Ao manifestar uma ou mais destas características o teste foi considerado máximo, sendo obtido o valor de VO_2 e considerado VO_{2pico} .

O teste de corrida/caminhada de 9 minutos seguiu as recomendações de Cooper¹⁵ realizado em uma pista de atletismo de 400 metros. O teste consistiu em correr e/ou caminhar a máxima distância possível em um tempo de 9 minutos. A distância foi controlada através do número de voltas completas na pista somando os metros adicionais.

Análise estatística

O desenvolvimento da equação foi realizado pela técnica de regressão linear múltipla, levando em consideração seus pressupostos¹⁶. A entrada das variáveis no modelo regressão foi feita pelo método *stepwise*, entretanto, na possibilidade da variável de interesse distância percorrida não ser inserida pelo programa, no modelo final, esta entrou no modo *Enter*, mesmo com $P>0,05$. Para a escolha das equações propostas, foi obedecida a razão de 20:1 na relação entre número de sujeitos e variáveis no modelo.

Em seguida, verificou-se a multicolinearidade entre as variáveis, segundo valor de VIF (*variance inflation factor* / fator de inflação da variância). De acordo com Hair Jr *et al.*¹⁷ valores de VIF entre 0,19 e 5,30 são aceitos para confirmar a ausência de colinearidade entre as variáveis, pois valores não contemplados nessa amplitude confirmam multicolinearidade entre as variáveis independentes, indicando que somente estas variáveis permanecerão no modelo final. Durante o desenvolvimento de cada modelo, verificou-se a normalidade por meio da análise dos resíduos.

A validade das equações desenvolvidas foi verificada pelos testes de comparação (teste "t" de Student), correlação (coeficiente linear de Pearson), coeficiente de correlação intraclasse e seu intervalo de confiança e os cálculos de EPE e CV. A concordância dos métodos foi analisada pelo teste de Bland e Altman¹⁸, permitindo a verificação dos limites de concordância e possível viés de estimativa.

Para complementar as análises de validação foram realizados os cálculos de desempenho das novas equações por regressão linear simples. Todas as análises levaram em conta uma significância de 5%.

Análise descritiva e analítica e regressão linear múltipla, além da validação, foram realizadas no *software PASW Statistics 18* (IM Corp. Somers, NY, USA) e a análise de Bland e Altman foi realizada no programa *MedCalc Statistical Software* (MedCalc Software, Mariakerke Belgium).

RESULTADOS

Foram encontradas diferenças significantes ($P < 0,05$) entre meninos e meninas apenas para os resultados dos testes motores no qual os meninos apresentaram maiores valores quando comparados às meninas. Em relação aos grupos, não foram observadas diferenças significantes entre as variáveis descritivas apresentadas na tabela 1.

Em relação à maturação sexual, a frequência da amostra separada em desenvolvimento e validação os valores foram respectivamente 46,8 e 44,3% (para os pré-púberes), 51,1 e 54,3% (púberes) e 2,1 e 1,4% (pós-púberes).

As equações desenvolvidas para a estimativa do pico de consumo de oxigênio são apresentadas na tabela 2. Na tentativa de melhor explicar a variável dependente, além de uma equação geral, o presente estudo desenvolveu equações específica por sexo e estágio maturacional.

Dos modelos matemáticos apresentados, o modelo 5 demonstrou melhores valores de correlação linear ($r = 0,829$) explicando 67% da variação do $VO_{2\text{pico}}$ com os menores valores de EPE (5,38 mL/kg/min).

Os valores de VIF encontraram-se dentro dos limites recomendados em todos os modelos matemáticos para todas as variáveis. Adicionalmente foi verificada a distribuição residual, sendo que todos os modelos apresentaram-se normais, no qual os pontos residuais ficaram entre +2 e -2 desvios padrão (para cada modelo).

Em relação a validação das equações (tabela 3), todos os modelos não apresentaram diferenças significativas em relação ao método critério, demonstrado pelo teste de comparação ($P > 0,05$). Já os valores de correlação variaram de muito baixo a moderado ($r = 0,12$ e $r = 0,70$ respectivamente).

Para os valores de correlação intraclass, foi observada uma confiabilidade de fraca a forte, correspondendo ao modelo 4 (0,12) e modelo 5 (0,82) respectivamente. Em relação aos valores de EPE e CV, observa-se que o modelo 5 apresentou os menores resultados com um EPE acerca de 5,57 mL/kg/min e uma variação de 12,18% (figura 1).

A concordância mostrou que exceto para o modelo 5, todos os

Tabela 1. Características descritivas da amostra apresentadas em média (desvio padrão), estratificado por grupo (desenvolvimento e validação).

Variáveis	Desenvolvimento	Validação (n=70)	Total (n=211)
Idade (anos)	10,56 (2,03)	10,54 (1,84)	10,55 (1,96)
Massa Corporal (kg)	39,70 (13,65)	39,09 (13,67)	39,50 (13,63)
Estatura (m)	1,43 (0,12)	1,42 (0,11)	1,42 (0,12)
IMC (kg/m ²)	19,04(4,13)	18,91(4,15)	19,00(4,13)
ΣDC (mm)	25,75 (13,05)	25,75 (13,05)	25,42 (13,28)
9 minutos (m)	1.290,89(228,44)	1.203,57(229,85)	1.261,92(232,05)
$VO_{2\text{pico}}$ (mL/kg/min)	39,32(13,40)	39,66(16,08)	39,43(14,09)

IMC: índice de massa corporal, DC: dobra cutânea.

modelos apresentaram indicativo de tendência (viés) na variabilidade individual na estimativa do VO_2 ($P < 0,05$ – tabela 8), no qual os modelos apresentaram tendência em superestimar os valores de $VO_{2\text{pico}}$ principalmente nos indivíduos com menores valores de consumo de oxigênio. O diagrama de dispersão apresenta a relação do $VO_{2\text{pico}}$ predito pelas equações desenvolvidas e $VO_{2\text{pico}}$ estimado diretamente. Adicionalmente, nos fornece valores de intercepto (=0) e inclinação (=1). Em relação ao intercepto, todos os modelos diferenciaram significativamente do valor zero de linha de identidade, porém em relação à inclinação, apenas os modelos 3 e 4 apresentaram seus valores diferentes de um.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram o desenvolvimento e a validação de um modelo matemático para uma amostra de crianças e adolescentes de sete a 12 anos. Por outro lado, visando especificidade, foram desenvolvidas equações referentes ao sexo e ao estágio maturacional.

Equações para estimativa do consumo máximo de oxigênio ainda são pouco exploradas pela literatura, principalmente por existirem diversos testes de campo. Essa escassez aumenta quando a população em estudo é formada por crianças e adolescentes, além disso, não há modelos matemáticos desenvolvidos a partir da população brasileira, e em especial para o teste de corrida/caminhada de 9 minutos.

Os modelos matemáticos desenvolvidos pelo presente estudo e seus

Tabela 2. Modelos desenvolvidos, variáveis incluídas e respectivas análises de desenvolvimento.

Modelo	p do modelo	r	r ² ajustado	EPE	Variável	Coefficiente	EP	p da variável	Correlação Parcial	VIF
1 (n=138)	<0,001	0,742	0,537	9,149	Constante	24,506	5,586	0,000	-	-
					Maturação	16,672	1,663	0,000	0,655	1,142
					Σ DC Sexo	-0,346	0,065	0,000	-0,419	1,246
					Distância	5,187	1,673	0,002	0,259	1,159
						0,009	0,004	0,023	0,195	1,380
2 (n=65)	<0,001	0,791	0,607	6,233	Constante	34,785	6,976	0,000	-	-
					Maturação	18,243	1,889	0,000	0,775	1,493
					MC Distância	-0,372	0,077	0,000	-0,523	1,687
						0,005	0,005	0,313	0,128	1,186
3 (n=72)	<0,001	0,711	0,484	11,139	Constante	30,936	9,815	0,002	-	-
					Maturação	18,841	2,996	0,000	0,604	1,318
					ΣDC Distância	-0,396	0,109	0,001	-0,401	1,354
						0,008	0,006	0,198	0,155	1,434
4 (n=63)	0,020	0,346	0,091	12,271	Constante	25,758	13,133	0,054	-	-
					ΣDC Distância	-0,371	0,155	0,020	-0,293	1,034
						0,011	0,010	0,258	0,145	1,034
5 (n=74)	<0,001	0,829	0,674	5,388	Constante	41,899	4,482	0,000	-	-
					ΣDC Sexo	-0,348	0,047	0,000	-0,658	1,328
					Distância	7,144	1,424	0,000	0,511	1,310
						0,008	0,003	0,009	0,303	1,622

Modelo 1: modelo completo; Modelo 2: modelo para meninas; Modelo 3: modelo para meninos; Modelo 4: modelo para pré-púberes; Modelo 5: modelo para púbere e pós-púbere; r: coeficiente de correlação de Pearson; r² ajustado: coeficiente de explicação ajustado; EPE: erro padrão de estimativa; EP: erro padrão; VIF: variance inflation factor* (Fator de Inflação da Variância); Maturação, 0: pré-púbere, 1: púbere e pós-púbere; Σ DC: somatório de dobras cutâneas tricipital e subescapular, em mm; MC: massa corporal, em kg; Sexo, 0: meninas, 1:meninos; Distância: distância percorrida, em m, no teste de 9 minutos.

Tabela 3. Validação dos modelos desenvolvidos, com as respectivas análises estatísticas.

Modelo	Média (DP) mL/kg/min	Comparação		Correlação		CCI	IC 95% para CCI	Dif. Média (IC 95%)	Tendência Bland-Alt.	EPE	CV
		T	P	r	P						
1 (n=70) - Mensurado - Estimado	39,66 38,23	0,902	0,370	0,570	0,000	0,68*	0,49 – 0,80	-1,43 (-27,40 - 24,54)	-0,50*	8,39	21,94
2 (n=36) - Mensurado - Estimado	34,43 34,93	-0,311	0,758	0,678	0,000	0,77*	0,55 – 0,88	0,50 (-18,29 - 19,28)	-0,54*	6,09	17,45
3 (n=34) - Mensurado - Estimado	45,20 43,80	0,487	0,629	0,336	0,052	0,45*	-0,09 – 0,73	-1,40 (-34,17 - 31,38)	-0,56*	8,94	20,43
4 (n=31) - Mensurado - Estimado	31,84 30,43	0,410	0,684	0,119	0,524	0,12	-0,81 – 0,57	-1,41 (-39,00 - 36,17)	-0,91*	4,15	13,65
5 (n=39) - Mensurado - Estimado	45,88 45,70	0,165	0,870	0,702	0,000	0,82*	0,66 – 0,91	-0,18 (-13,53 - 13,17)	-0,25	5,57	12,18

Modelo 1: modelo completo; Modelo 2: modelo para meninas; Modelo 3: modelo para meninos; Modelo 4: modelo para pré-púberes; Modelo 5: modelo para púberes e pós-púberes; Mensurado: valor mensurado pelo método de referência; Estimado: valor estimado pela equação desenvolvida; DP: desvio-padrão; t: diferença na distribuição; r: coeficiente de correlação de Pearson; CCI: coeficiente de correlação intraclass (average measures, one-way random); IC 95%: intervalo de confiança para 95%; Dif. média: diferença média por meio de análise de concordância Bland-Altman. EPE: erro padrão de estimativa; CV: coeficiente de variação. * p < 0,05.

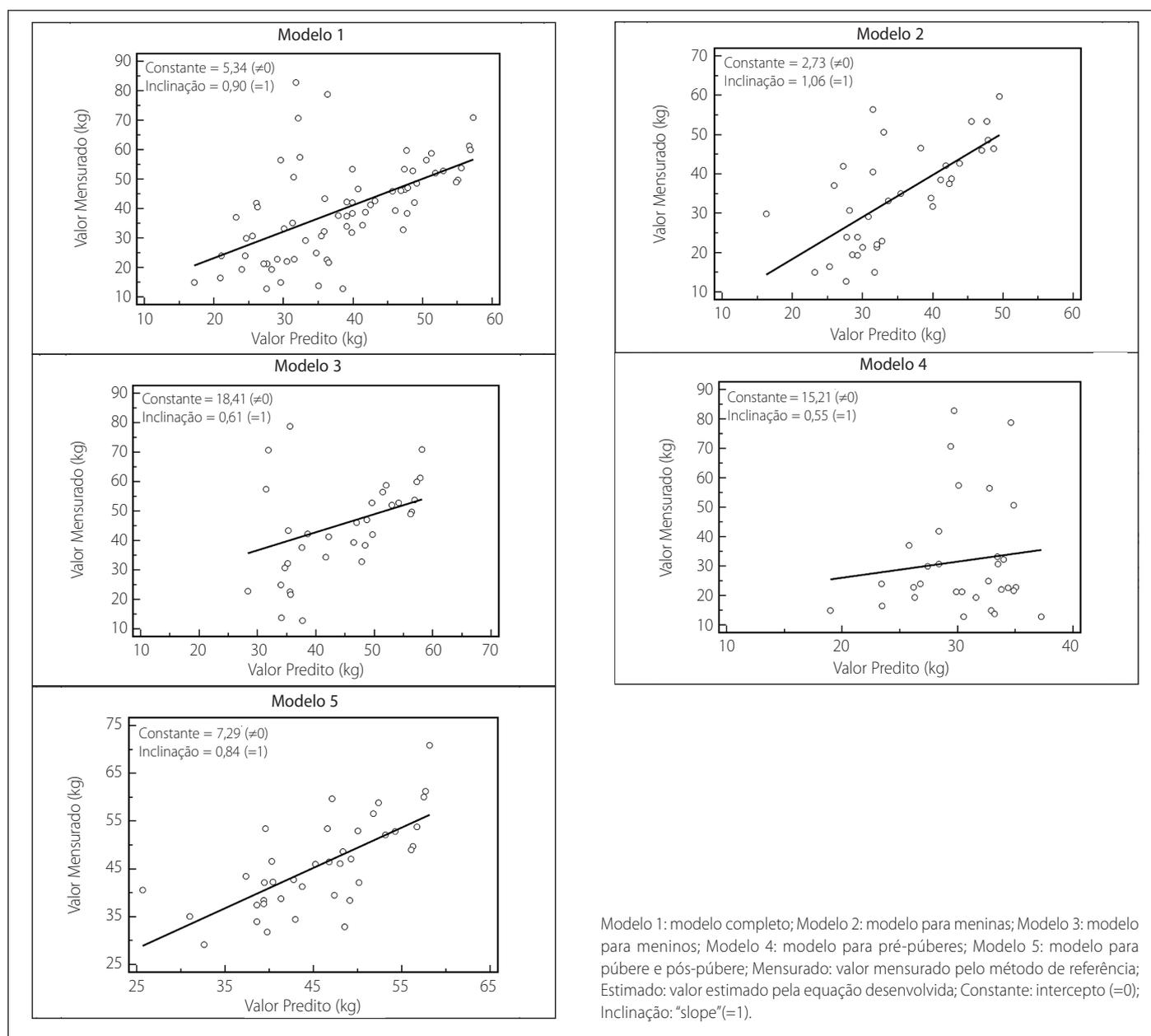


Figura 1. Análise de regressão linear entre método de referência e modelo preditivo.

valores de validação apresentaram-se semelhantes aos demais testes de campo que objetivaram avaliar a ACR^{19,20,21}. Porém, deve-se ressaltar que os testes possuem características diferentes entre eles e a comparação entre os valores devem ser interpretados com cautela.

A equação geral desenvolvida pelo estudo (modelo 1) mostrou valores de EPE e correlação semelhantes às equações desenvolvidas para o teste de 1 milha (EPE= 4,8 mL/kg/min e $r=0,71$)¹⁹, ½ milha (EPE=6,2 mL/kg/min e $r=0,66$)²⁰ e PACER 20m *shuttle* (EPE= 3,4 mL/kg/min e $r=0,59$)²¹.

Levando em consideração as diferenças existentes entre meninos e meninas no comportamento do pico de consumo de oxigênio²², o presente estudo desenvolveu uma equação de estimativa do VO_{2pico} para ambos os sexos. meninas: VO_{2pico}= 34,785 + 18,243 (maturação, pré-púbere=0 e púbere e pós-púbere=1) - 0,372 (massa corporal) + 0,005 (distância). Meninos: VO_{2pico}= 30,936 + 18,841 (maturação, pré-púbere=0 e púbere e pós-púbere=1) - 0,396 (Σ DC) + 0,008 (distância). Ao comparar os modelos desenvolvidos, percebe-se que a equação para meninas apresentou melhores valores de explicação (r^2 ajustado de 0,61) em relação aos seus pares (r^2 ajustado 0,48).

Uma possível explicação para esse comportamento entre os modelos é que para a faixa etária da amostra estudada (sete a 12 anos de idade) ocorre um aumento quase linear no consumo de oxigênio para os meninos. Para as meninas este aumento se dá de forma mais suave²³, assim o grupo dos meninos apresenta-se mais heterogêneo em relação aos valores de VO_{2pico} quando comparado ao grupo das meninas.

Assim como o sexo, o VO_{2pico} também difere em relação ao estágio maturacional²², sendo este o primeiro estudo a desenvolver equações específicas em relação ao estágio maturacional (modelo 4 e 5) para estimativa do pico de consumo de oxigênio. A equação desenvolvida para púberes e pós-púberes (modelo 5) apresenta os melhores valores tanto em relação ao modelo para pré-púberes (modelo 4) quanto em relação aos outros modelos desenvolvidos no presente estudo.

O baixo valor de correlação e o elevado valor de erro apresentado pelo modelo 4 (pré-púberes) podem ser explicados por fatores cognitivos, como a questão relacionada a economia de corrida ou eficiência mecânica, a compreensão e assimilação da realização do teste e ainda por fatores fisiológicos, relacionados ao desenvolvimento dos sistemas influentes na capacidade aeróbia.

Para as análises de validação foram utilizados os testes estatísticos

de comparação, correlação, desempenho e concordância, levando em consideração os modelos matemáticos desenvolvidos e confrontando com os valores de outras equações preditivas do VO_{2pico} para a população pediátrica^{24,25}, as equações desenvolvidas podem ser consideradas válidas.

Deve-se destacar que o presente estudo apresenta como limitação o tamanho da amostra analisada e sua representatividade, mesmo estando dentro dos preceitos recomendados para análise de regressão. Com maior número de sujeitos, seria possível diminuir o erro da equação e melhorar sua explicação.

Porém, mesmo com essa limitação devemos destacar que este é o primeiro estudo a desenvolver uma equação para a estimativa do VO_{2pico} para o teste de corrida/caminhada de 9 minutos para jovens brasileiros.

CONCLUSÃO

Em suma, das equações desenvolvidas pode-se destacar uma equação geral (VO_{2pico}=24,506+16,672 (maturação, 0=pré e 1=púbere e pós) - 0,346 (Σ DC) + 5,187 (sexo, 0=F e 1=M) + 0,009 (distância)), utilizada para a amostra como um todo e uma equação desenvolvida para indivíduos púberes e pós-púberes (VO_{2pico}=41,899 - 0,348 (Σ DC) + 7,144 (sexo, 0=F e 1=M) + 0,008 (distância)), as quais apresentaram-se acuradas para estimar o pico de consumo de oxigênio e relataram bons critérios de validade.

Como aplicação prática, destaca-se que as equações desenvolvidas auxiliarão profissionais de educação física, pediatras e pesquisadores que procuram obter valores de estimativa do consumo de oxigênio através do teste de corrida/caminhada de 9 minutos para crianças e adolescentes com idade entre sete e 12 anos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado (A.C.P. e M.B.B) e pela bolsa de doutorado sanduiche no exterior (L.A.G.); Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa (E.R.V.R.) outorgadas.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Astrand PO, Rodahl K. Textbook of work physiology. 2ed. New York: McGraw Hill, 1986.
2. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance (AAHPERD). Physical Best: The American Alliance physical fitness education and assessment program. Reston, VA: AAHPERD; 1980.
3. Gaya A, Silva GMG. PROESP-BR: Observatório Permanente dos Indicadores de Saúde e fatores de prestação esportiva em crianças e jovens. Manual de Aplicação de Medidas e Testes, Normas e Critérios de Avaliação, 2007 disponível em <http://www.proesp.ufpr.br>, acessado em abril de 2010.
4. Guedes DP. Crescimento, composição corporal e desempenho motor em crianças e adolescentes do município de Londrina (PR), Brasil. [Tese de Doutorado] São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 1994.
5. Bergmann GG, Gaya ACA, Halpen R, Bergmann MLA, Rech RR, Constanzi CB et al. Pontos de corte para a aptidão cardiorespiratória e a triagem de fatores de risco para doenças cardiovasculares na infância. Rev Bras Med Esporte. 2010;16(5):339-43.
6. Sun SS, Chumlea C. Statistical Methods. In: Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. Human Body Composition 2nd ed. United States of America: Human Kinetics, 2005. p.151-60.
7. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martoreli R, editors. Anthropometric standardizing reference manual. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1988. p.3-8.
8. Silva DAS, Pelegrini A, Pires-Neto CS, Vieira MFS, Petroski EL. O antropometrista na busca de dados mais confiáveis. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum 2011;13(1):82-5.
9. Harrinson GC, Buskirk ER, Carter JEL, Johnston FE, Lohman TG, Pollock ML, et al. Skinfold thickness and measurement technique. In: Lohman TG, Roche AF, Martoreli R, editors. Anthropometric standardizing reference manual. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1988. p.55-80.
10. Tanner JM. Growth at adolescence. 2nd ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1962.
11. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in girls. Arch Dis Child. 1969;44:291-303.
12. Marshall WA, Tanner JM. Variations in the pattern of pubertal changes in boys. Arch Dis Child. 1970;45:13-23.
13. McLaughlin JE, King GA, Howley ET, Bassett Jr DR, Ainsworth BE. Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. Int J Sports Med. 2001;22:280-4.
14. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, Sue D, Wasserman K, Whipp B. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. J Appl Physiol. 1983;55(5):1558-64.
15. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen uptake. J Am Med Assoc. 1968;203:135-8.
16. Tabachnick B, Fidell LS. Using multivariate statistics, 3a ed. New York: Harper Collins, 1996.
17. Hair FJ, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. Multivariate data analysis: with readings. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
18. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet. 1986;1:307-10.
19. Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannan JP, Black DM, McCormack WP. A generalized equation for prediction of VO_{2peak} from 1-mile run/walk performance. Med Sci Sport Exc. 1995;27:445-51.
20. Castro-Piñero J, Ortega FB, Mora J, Sjöström M, Ruiz JR. Criterion related validity of ½ mile run-walk test for estimating VO_{2peak} in children aged 6-17 years. Int J Sports Med. 2009;27:405-13.
21. Mahar MT, Welk GJ, Rowe DA, Crotts DJ, McIver KL. Development and validation of a regression model to estimate VO_{2 peak} from PACER 20-m shuttle run performance. J Phys Act Health. 2006;3:534-46.
22. Armstrong N, Welsman JR. Development of aerobic fitness during childhood and adolescence. Pediatr Exc Sci. 2000;12:128-49.
23. Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. J Pediatr. 2006;82:406-8.
24. Ruiz JR, Silva G, Norton O, Ribeiro JC, Oliveira JF, Mota J. Criterion related validity of 20m shuttle run test in adolescents age 13-19 years. J Sports Sci. 2009;27:899-906.
25. Batista MB. Aptidão cardiorespiratória estimada por diferentes testes de campo em adolescentes. [Dissertação de Mestrado] Londrina (PR): Universidade Estadual de Londrina; 2010.
26. Di Prampero. The energy cost of human locomotion on land and in water. Int J Sports Med. 1986;7:55-72.