

EQUAÇÕES PREDITIVAS DO CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO POR MEIO DO TESTE *SHUTTLE RUN* EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Predictive equations of maximum oxygen consumption by shuttle run test in children and adolescents: a systematic review

Francisco José de Menezes Júnior^{a,*} , Íncare Correa de Jesus^a , Neiva Leite^a 

RESUMO

Objetivo: Revisar sistematicamente na literatura o nível de evidência das equações preditivas do pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}) por meio do teste de *shuttle run* de 20 metros (SR-20m) em crianças e adolescentes.

Fonte de dados: As buscas foram conduzidas nas bases de dados eletrônicas Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) via PubMed, ScienceDirect, Web of Science, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Scientific Electronic Library Online (SciELO), de agosto a setembro de 2017, nos idiomas inglês e português. Os critérios de inclusão utilizados foram: estudos originais, com resumo disponível, com equações para predição do VO_{2pico} por meio do SR-20m, adolescentes e/ou crianças, não atletas e com análise correlacional do VO_{2pico} predito e mensurado. O nível de evidência das equações foi caracterizado com base no risco de viés dos estudos, no qual se adotou os seguintes critérios: número da amostra, características da amostra e análise estatística.

Síntese dos dados: Dezoito estudos foram selecionados, nos quais 12 equações foram encontradas e analisadas. Os estudos foram conduzidos com amostras de ambos os sexos com idades de oito a 19 anos. As equações de Léger e Matsuzaka foram classificadas com forte nível de evidência, com variação de amplitude de estimativa entre $r=0,54-0,90$ e $r=0,65-0,90$. Enquanto as equações Ruiz, Barnett e Matsuzaka foram consideradas de evidência moderada, com variação de amplitude de estimativa entre $r=0,75-0,96$, $r=0,66-0,84$ e $r=0,66-0,89$, respectivamente.

Conclusões: A equação de Matsuzaka apresentou parâmetros satisfatórios para estimar o VO_{2pico} em crianças e adolescentes. Embora não explorados em equações, a adiposidade corporal e o estágio puberal demonstram associações relevantes com a aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes.

Palavras-chave: Teste de esforço; Aptidão cardiorrespiratória; Adolescentes; Crianças.

ABSTRACT

Objective: To systematically review the literature as for the level of evidence of predictive equations of VO_{2peak} through the 20-meter shuttle run test (20m-SRT) in children and adolescents.

Data sources: Searches were conducted independently by two researchers, according to the procedures adopted by PRISMA, in the electronic databases MEDLINE via PubMed, ScienceDirect, Web of Science, LILACS and SciELO, for articles published until September 2017 in English and Portuguese. The inclusion criteria were: original studies, abstract available, using predictive equations of VO_{2peak} through 20m-SRT, conducted with adolescents and/or children, non-athletes, and mentioning correlation analysis between predicted and measured VO_{2peak} . The level of evidence of equations was based on the risk of bias of the studies using the following criteria: sample number, sample characteristics, and statistical analysis.

Data synthesis: Eighteen studies were selected, in which fifteen equations were found and analyzed. The studies had been conducted with samples composed of subjects of both sexes, aged 8 to 19 years. Equations of Léger and Matsuzaka had their level of evidence classified as high, and estimation ranged between $r=0.54-0.90$ and $r=0.65-0.90$. Equations by Ruiz, Barnett and Matsuzaka had their level of evidence classified as moderate, and estimation ranged between $r=0.75-0.96$, $r=0.66-0.84$ and $r=0.66-0.89$, respectively.

Conclusions: Matsuzaka's equation presented satisfactory parameters for estimates of VO_{2peak} in children and adolescents. Although not explored in equations, body adiposity and pubertal stage are significantly associated with cardiorespiratory fitness in children and adolescents.

Keywords: Cardiopulmonary Exercise Test; Cardiorespiratory fitness; Adolescents; Children.

*Autor correspondente. E-mail: franciscomenezes@ufpr.br (F.J. Menezes Júnior).

^aUniversidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Recebido em 27 de novembro de 2017; aprovado em 25 de março de 2018; disponível on-line em 28 de fevereiro de 2019.

INTRODUÇÃO

A aptidão cardiorrespiratória (APCR) é importante marcador de saúde em crianças e adolescentes¹ que reflete a eficiência cardiopulmonar na distribuição de oxigênio e musculoesquelética na utilização durante atividade ou exercício físico.^{2,3} Estudos demonstram que crianças com baixa APCR tendem a manter essa condição no decorrer dos anos, que afeta negativamente a capacidade funcional de realizar atividades do cotidiano e a qualidade de vida.^{4,5} Além disso, baixa APCR está associada ao aumento dos fatores de risco de doenças cardiovasculares e alterações metabólicas relacionadas à morbidade na fase pediátrica e à mortalidade nos adultos.^{6,7}

Dessa forma, a análise da APCR é a medida que apresenta o estado de saúde da população infantojuvenil.⁶ Essa medida proporciona informações relevantes para diagnóstico e prognóstico de fatores de risco cardiometabólicos.⁶ Além disso, serve como instrumento em situações terapêuticas, ao possibilitar a prescrição de exercícios de forma individualizada.⁸ O consumo de oxigênio (VO_2) é considerado o principal índice para determinação da APCR.⁹ Em crianças e adolescentes, geralmente é utilizado o pico de consumo de oxigênio (VO_{2pico}), definido como o pico de VO_2 atingido no final do período de esforço máximo.⁹

O VO_{2pico} pode ser mensurado por métodos diretos com a utilização de análises ergoespirométricas em testes máximos conduzidos em laboratório em diferentes ergômetros ou em campo com a simulação da atividade desportiva.^{10,8} A partir dos testes diretos, autores propõem equações que permitem a análise do VO_{2pico} por métodos denominados como indiretos, que podem ser executados em testes máximos ou submáximos, aumentando a praticidade e reduzindo o custo das avaliações.¹¹

Em estudos epidemiológicos, os testes indiretos de campo são os mais indicados, pois geralmente demandam baixo custo, menor tempo de execução e facilidade de aplicação simultânea em maior número de indivíduos.^{12,13} Destaca-se o teste *shuttle run* de 20 metros (SR-20m), idealizado e descrito por Léger et al.¹⁴ para a população adulta, como um dos protocolos de campo mais utilizados em crianças e adolescentes.⁶ O SR-20m é considerado método simples, necessita de poucos equipamentos, pode ser executado em ambientes com pouco espaço e, ainda, possibilita a avaliação de vários indivíduos ao mesmo tempo, o que pode aumentar a motivação dos participantes.^{2,6} Uma revisão sistemática que incluiu cerca de 319 mil crianças e jovens de 32 países demonstrou que o desempenho alcançado no SR-20m foi diretamente relacionado com indicadores de saúde em crianças e adolescentes.⁵

Nas últimas décadas, o SR-20m foi incluído em várias baterias de testes de aptidão física como EUROFIT e FITNESSGRAM,⁶ o que provocou a necessidade de vários estudos aprimorarem equações preditivas do VO_{2pico} por meio desse teste para a população infantojuvenil.^{15,16} Para isso, equações foram desenvolvidas com a utilização de modelos matemáticos de regressão

ou redes neurais artificiais, incluindo características biológicas como idade, sexo, massa corporal e informações do desempenho alcançado no teste.^{17,18}

Por outro lado, a predição do VO_{2pico} por meio de equações pode apresentar variação de medidas ao depender das características da amostra, principalmente a faixa etária, o estágio de maturação sexual, o sexo e a composição corporal.^{16,18} Nesse sentido, para que uma equação seja considerada apropriada, deve apresentar adequada validade, ou seja, produzir pouca amplitude de variação entre os valores de estimativa.¹⁹ Batista et al.¹⁹ apontam a relevância da análise do nível de evidência de equações desenvolvidas para estimar o VO_{2pico} em crianças e adolescentes, que contribuiu para esta revisão de forma mais criteriosa e ordenada.

Portanto, não está clara qual equação estabelece melhor precisão de estimativa com base nas diferentes características da população infantojuvenil, bem como quais variáveis são importantes na predição do VO_{2pico} , pois até o momento não foram analisados de forma sistemática os resultados dos diferentes estudos. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi revisar sistematicamente a literatura para analisar o nível de evidência das equações preditivas do VO_{2pico} por meio do SR-20m em crianças e adolescentes.

MÉTODO

Este trabalho foi conduzido com base nas recomendações da *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-analyses: the PRISMA statement*,²⁰ no período de agosto a setembro de 2017.

Foram selecionadas cinco bases de dados eletrônicas de acordo com a área de conhecimento e relevância científica mundial: Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE) via PubMed, ScienceDirect, Web of Science, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Além disso, buscas foram realizadas nas listas de referências dos artigos selecionados e relacionados ao tema.

As estratégias de pesquisa foram definidas após a identificação e a seleção dos descritores de busca, com base nos termos DECS (descritores em ciências da saúde da BIREME) e MESH (*Medical Subject Headings* — vocabulário controlado utilizado para indexação de artigos para PubMed). Desse modo, optou-se pelas seguintes palavras-chave em língua inglesa e portuguesa: *Cardiopulmonary Exercise Test, Oxygenconsumption, Children e Adolescents*. As palavras-chave foram combinadas por meio dos termos booleanos “AND” e/ou “OR” e o período da publicação dos estudos foi fixado até o mês de setembro de 2017.

As etapas do processo de busca, seleção, análise dos artigos, aplicação dos parâmetros de risco de viés e extração de dados foram realizadas de forma independente por dois

pesquisadores — (F.J.M.J.) e (I.C.J.) — , e nos casos de discordância, um terceiro pesquisador (N.L.) foi convidado a decidir sobre os pontos divergentes.

Após a aplicação dos descritores selecionados, os estudos identificados com duplicidades foram descartados e realizou-se a aplicação dos critérios de inclusão (1, 2 e 3) e não inclusão (4, 5 e 6) aos estudos rastreados, diante da leitura do título e do resumo:

- Estudos originais com desenho transversal, longitudinal ou de ensaio clínico.
- Acesso ao resumo nas bases indexadoras pesquisadas.
- Estudos com equações para $VO_{2\text{pico}}$ por meio do teste SR-20m.
- Amostras com adultos e/ou idosos.
- Estudos em atletas.
- Ausência de análise de correlação entre $VO_{2\text{pico}}$ predito por método indireto e $VO_{2\text{pico}}$ mensurado por método direto.

Após essa fase, foram realizadas a leitura e a análise dos artigos completos classificados como elegíveis; os estudos foram excluídos por várias razões: amostra com patologia diagnosticada, amostra de adultos e adolescentes analisados juntos, protocolo *shuttle run* adaptado, estudos sem mensuração direta do $VO_{2\text{pico}}$, sem análise de correlação e/ou sem predição do $VO_{2\text{pico}}$.

Os critérios de avaliação do risco de viés aplicados aos estudos selecionados foram adaptados por Batista et al.,¹⁹ em que três parâmetros foram observados: número de participantes, descrição da amostra e análise estatística. A fim de mensuração, a cada parâmetro foi atribuído uma pontuação de zero a dois pontos.

Nesse sentido, para o número de participantes, os estudos foram classificados como “0”, quando apresentava menos de 10 participantes; “1”, entre 11 e 50 participantes; ou “2”, acima de 51 participantes. Para o parâmetro da descrição da amostra foram consideradas as características de idade, sexo, estado de saúde, nível de aptidão física, estado púbere, composição corporal, nível de atividade física e etnia. Com base nesses aspectos, os estudos foram classificados com “0”, quando descrito menos de quatro características; “1”, com descrição de quatro características; ou “2”, com descrição maior que quatro. Com relação à análise estatística, os estudos foram classificados com “0”, sem análise de regressão ou medidas de erro; “1”, quando aplicado análise de regressão e/ou medidas de erro; e “2”, presença de mais de três análises estatísticas ou gráfico Bland-Altman plot e/ou análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas. Os estudos foram categorizados de acordo com a pontuação recebida: alto risco de viés (0–2 pontos), moderado risco de viés (3 e 4 pontos) e baixo risco de viés (5 e 6 pontos).

Posteriormente, uma análise da validade das equações identificadas foi conduzida com base nos critérios de nível de evidência expressos por Castro-Piñero et al.:²¹

- Evidência forte: equações validadas por três ou mais estudos com baixo risco de viés.
- Evidência moderada: equações validadas por dois estudos com baixo risco de viés.
- Evidência limitada: equações validadas por estudos com alto risco de viés, resultados inconsistentes de diversos estudos, independentemente do risco de viés, ou os resultados de um único estudo.

Nos artigos selecionados, foram destacadas características das amostras, como idade, sexo e quantidade dos sujeitos. Foram extraídos os valores de coeficiente de correlação (r) e erro padrão de estimativa (EPE), em mL/kg.min, quando disponível. A variação da amplitude de estimativa (ΔAE) de cada equação foi determinada por meio da descrição do menor e do maior valor do coeficiente de correlação obtido pela equação entre os estudos. Para facilitar a identificação, optou-se pela nomeação das equações com o nome do primeiro autor do respectivo estudo em que foi validada. Além disso, quando identificado que um autor desenvolveu duas ou mais equações em um único estudo, foi aderida uma letra a cada equação — (a), (b) ou (c).

As etapas do processo de busca, seleção, análise dos artigos, aplicação dos parâmetros de risco de viés e extração de dados foram realizadas de forma independente por dois pesquisadores — (F.J.M.J.) e (I.C.J.) — , e nos casos de discordância, um terceiro pesquisador (N.L.) foi convidado a decidir sobre os pontos divergentes.

RESULTADOS

Foram encontrados 2.125 estudos com a combinação dos descritores selecionados, sendo que 194 foram descartados após verificação de duplicidade. Logo após, aplicaram-se os critérios de inclusão e não inclusão, o que resultou em 64 estudos classificados como elegíveis com texto completo, finalizando a seleção em 14 artigos para síntese qualitativa. Adicionalmente, quatro estudos identificados em outras listas de referências dos artigos selecionados e relacionados ao tema foram incluídos, totalizando 18 estudos na seleção final. A seleção dos estudos está esquematizada na Figura 1.

Seguindo os critérios adaptados por Batista et al.,¹⁹ nove estudos foram classificados com baixo risco de viés,^{17,21–27,36} enquanto nove, com moderado risco de viés.^{15,16,18,29–35} Os detalhes da aplicação dos critérios de avaliação do risco de viés estão apresentados na Tabela 1.

Nos estudos, as amostras apresentaram faixas etárias de 8 a 19 anos, sendo a maioria desses com estado nutricional eutrófico, com exceção de dois estudos com excesso de peso.^{22,36}

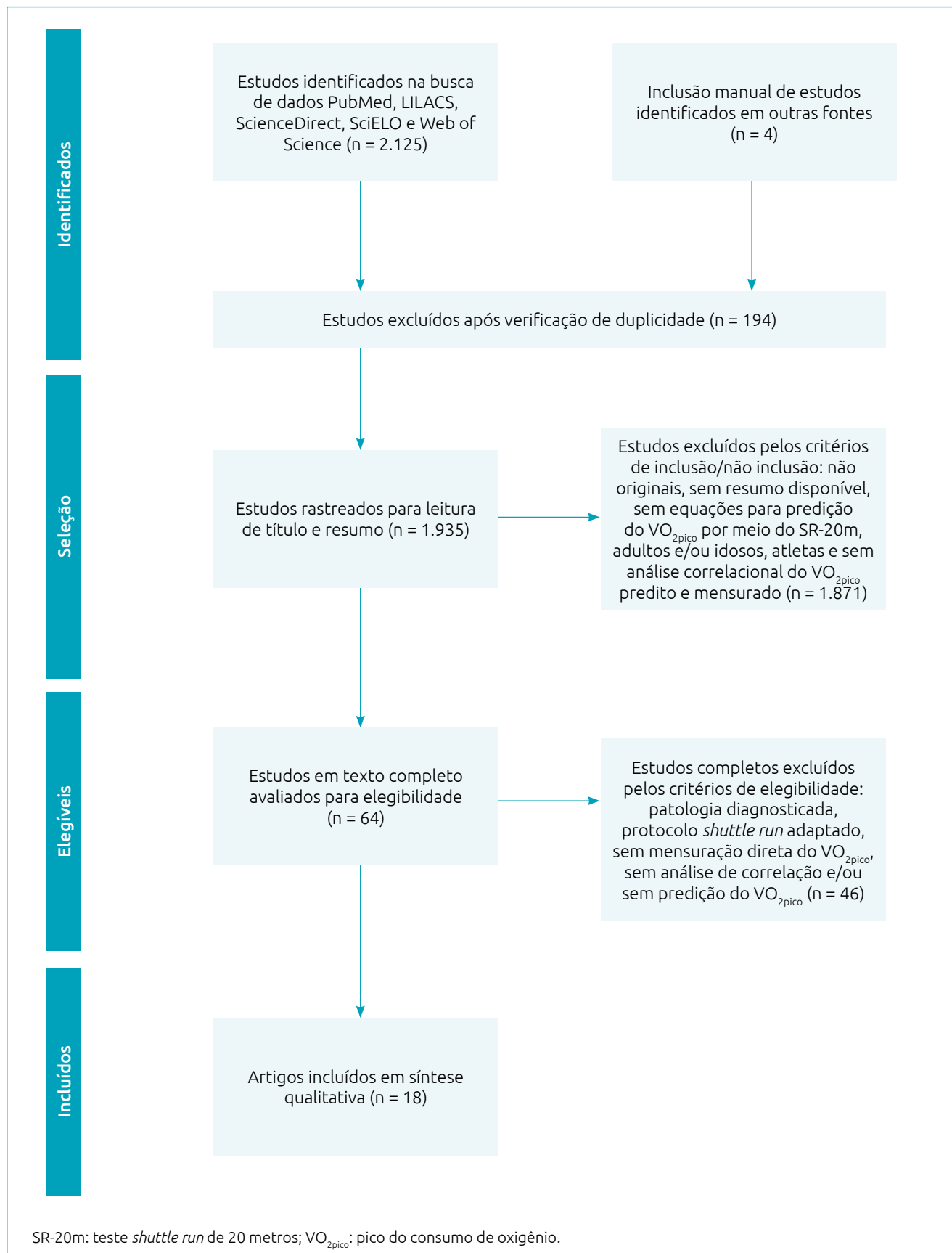


Figura 1 Fluxograma PRISMA.

Foram identificados estudos que procuraram desenvolver equações empregando variáveis em modelos matemáticos de regressão,^{18,23,27,29,31,33,35,36} e redes neurais artificiais.¹⁷ As variáveis utilizadas nas equações foram sexo,^{17,18,23,31,33,35,36} idade,^{17,23,27,29,31,33,36} índice de massa corpórea (IMC),^{18,23,33,35,37} massa corporal,^{17,31,33} estatura¹⁷ e dobra cutânea do tríceps³¹, além de dados de desempenho no teste SR-20m, como velocidade final (km/h),^{23,29,31,36} número de voltas,^{18,23,28,33,35} número de estágios¹⁷ e número de voltas ao quadrado.¹⁸ As características das equações identificadas estão detalhadas nas Tabelas 2 e 3.

Além disso, alguns estudos objetivaram a validação cruzada de equações presentes na literatura, sendo elas: Léger,^{15,17,18,22,24-26,28,30-34} Barnett (a),^{15,18,24,26} Barnett (b),^{15,18,25,28} Barnett (c),²⁴ Matsuzaka (a),^{15,18,24,26} Matsuzaka (b),^{18,24} Mahar (a),^{18,26,34} Mahar (b),^{18,27,34} Mahar (quadrática),^{27,34} Burns¹⁶ e Fernhall.^{23,32} Em meio às equações, duas apresentaram nível de evidência forte,^{23,29} três com evidência moderada^{17,23,31} e sete com evidência limitada.^{18,27,31,33,35}

Entre as equações com evidência forte, a Léger²⁹ foi a mais aplicada em validação cruzada, no entanto demonstra considerável ΔAE e menores valores de estimativa em meninas. Enquanto a equação Matsuzaka (a)²³, além de considerada com forte evidência, obteve valores de estimativa com menor ΔAE e maior valor de correlação entre meninos.

Nas equações identificadas com evidência moderada, a equação Ruiz¹⁶ apresentou pouca ΔAE , ao passo que as equações de Barnett (a)³¹ e Matsuzaka (b)²³ indicaram elevados valores de associação, porém baixa ΔAE , respectivamente. Além disso, a equação Barnett (a)³¹ apresentou maior valor de correlação entre meninas.

Por fim, as equações Barnett (b),³¹ Barnett (c),³¹ Mahar (a),³³ Mahar (b),³³ Mahar (quadrática),¹⁸ Burns,²⁷ Fernhall³⁵ e Quinart³⁶ foram classificadas com nível de evidência limitada. O nível de evidência das equações, bem como suas respectivas ΔAE , está apresentado na Tabela 4.

DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática identificou 18 estudos, nos quais foram identificadas 12 equações. Entre estas, diferentes variáveis foram empregadas, incluindo características da amostra e dados de desempenho no teste SR-20m. Duas equações apresentaram nível de evidência forte;^{23,29} três, evidência moderada^{17,23,31}; e sete, evidência limitada.^{18,27,31,33,35} Nossos achados evidenciam que a equação Matsuzaka (a)²³ tende a ter maior confiabilidade de predição e com alto nível de evidência para ambos os sexos, e pode ser uma potencial equação para estimar o $VO_{2\text{pico}}$ em meninos eutróficos.

Tabela 1 Classificação do risco de viés dos estudos.

Estudos	Número de sujeitos	Características da amostra	Análise estatística	Risco de viés
Léger et al. ²⁹	2	0	1	Moderado
Liu et al. ³⁰	1	2	1	Moderado
Barnett et al. ³¹	2	1	1	Moderado
Pitetti et al. ³²	2	1	1	Moderado
Suminski et al. ²²	2	2	1	Baixo
Matsuzaka et al. ²³	2	2	2	Baixo
Mahar et al. ³³	2	1	1	Moderado
Ruiz et al. ¹⁷	2	1	2	Baixo
Ruiz et al. ¹⁵	1	1	2	Moderado
Boiarskaia et al. ³⁴	2	1	0	Moderado
Mahar et al. ¹⁸	2	1	1	Moderado
Melo et al. ²⁴	2	2	1	Baixo
Silva et al. ²⁵	2	2	2	Baixo
Batista et al. ²⁶	2	2	2	Baixo
Quinart et al. ³⁷	1	2	2	Baixo
Burns et al. ²⁷	2	1	2	Baixo
Ernesto et al. ²⁸	2	1	2	Baixo
Sain-Maurice et al. ¹⁶	2	1	1	Moderado

5 ou 6: baixo risco de viés; 3 ou 4: moderado risco de viés; 1 ou 2: alto risco de viés.

Como apresentado anteriormente, crianças e adolescentes com altos níveis de VO_{2pico} tendem a reduzir os fatores de risco relacionados às doenças cardiovasculares, à obesidade e à síndrome metabólica.^{5,7} Dessa forma, é de grande relevância a precisão de equações em estimar o VO_{2pico} , uma vez que

proporciona informações valiosas para diagnóstico e prognóstico de fatores de risco cardiometabólicos.^{6,8} A acessibilidade a um método prático e barato é algo importante; nesse sentido, o teste SR-20m tem cumprindo esse quesito com forte evidência.^{6,19} Esse teste necessita de recursos baratos e infraestrutura

Tabela 2 Equações preditivas do consumo máximo de oxigênio a partir do teste *shuttle run* de 20 metros em crianças e adolescentes (equações de Léger et al., Ruiz et al., Barnett et al.).

Equação	Estudos	(n) faixa etária	r (EPE mL/kg.min) (VO_2 predito versus VO_2 mensurado)			Variáveis da equação
			♀ ♂	♂	♀	
Léger et al. ²⁹	Léger et al. ²⁹	(188) 8–19	0,71 (5,9)			Idade; velocidade final
	Liu et al. ³⁰	(62) 12–15	0,72 (5,2)			
	Barnett et al. ³¹	(55) 12–17	0,72 (5,4)			
	Pitetti et al. ³²	(61) 8–15	0,57			
	Suminski et al. ²²	(125) 10–12	0,62 (3,9)	0,58 (4,7)	0,55 (3,1)	
	Suminski et al. ²²	(81) 10–12	0,54 (4,2)			
	Suminski et al. ^{22*}	(44) 10–12	0,81 (3,2)			
	Mahar et al. ³³	(135) 12–14	0,54 (6,6)			
	Ruiz et al. ¹⁷	(193) 13–19	0,90 (4,2)			
	Ruiz et al. ¹⁵	(48) 13–19	0,58 (6,5)			
	Boiarskaia et al. ³⁴	(135) 12–14	0,54	0,46	0,39	
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,58 (7,6)			
	Melo et al. ²⁴	(90) 8–10	0,88			
	Silva et al. ²⁵	(114) 10–18	0,67 (7,1)			
	Batista et al. ²⁶	(115) 11–13	0,60 (7,5)	0,60 (7,7)	0,49 (6,4)	
Ernesto et al. ²⁸	(90) 13–17		0,76 (4,1)	0,53 (2,4)		
Ruiz et al. ¹⁷	Ruiz et al. ¹⁷	(193) 13–19	0,96 (2,8)			Sexo; idade; MC; est; estágio
	Ruiz et al. ¹⁵	(48) 13–19	0,75 (5,3)			
	Silva et al. ²⁵	(114) 10–18	0,86 (6,2)			
Barnett et al. ³¹ (a)	Barnett et al. ³¹	(55) 12–17	0,84 (3,7)			Sexo; MC; velocidade final
	Ruiz et al. ¹⁵	(48) 13–19	0,75 (5,3)			
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,66 (7,0)			
	Melo et al., ²⁴	(90) 8–10	0,68			
	Batista et al. ²⁶	(115) 11–13	0,79 (5,81)	0,77 (6,0)	0,72 (5,1)	
Barnett et al. ³¹ (b)	Barnett et al. ³¹	(55) 12–17	0,82 (4,0)			Sexo; idade; velocidade final
	Ruiz et al. ¹⁵	(48) 13–19	0,72 (5,6)			
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,64 (7,2)			
	Silva et al. ²⁵	(114) 10–18	0,71 (6,8)			
	Ernesto et al. ²⁸	(90) 13–17		0,76 (4,1)	0,66 (4,2)	
Barnett et al. ³¹ (c)	Barnett et al. ³¹	(55) 12–17	0,85 (3,7)			Sexo; dobra cutânea do tríceps; velocidade final
	Melo et al. ²⁴	(90) 8–10	0,62			

n: número de sujeitos da amostra; r: coeficiente de correlação; EPE: erro padrão de estimativa; VO_2 : consumo de oxigênio; ♀: masculino; ♂: feminino; *: excesso de peso; MC: massa corpórea; est: estatura.

facilmente acessível em escolas, clubes e academias. Além disso, pode ser considerado método prático e eficiente, que permite a avaliação de várias pessoas ao mesmo tempo.⁶

Nossos achados demonstram que a equação Léger²⁹ foi a equação primária para estimar o VO_{2pico} em crianças e adolescentes presente na literatura. Essa equação, que utilizou variáveis de faixa etária e desempenho no SR-20m, obteve maior popularidade entre os estudos e apresenta forte evidência. No entanto, apresenta considerável ΔAE entre os valores de correlação, sendo

frequentemente inferiores a $r=0,60$.^{15,18,22,32-34} Essa variação entre os resultados pode ser explicada pelas diferenças no sexo da amostra. Embora Léger et al.²⁹ não tenham encontrado força de predição significativa para a variável sexo da amostra, outros estudos demonstram forte associação entre esse componente e a aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes.^{18,32}

Em contrapartida, a equação Matsuzaka (a)²³ classificada com forte evidência obteve valores de validade de estimativa com menor ΔAE . Matsuzaka et al.²³ incluíram variáveis de sexo, faixa

Tabela 3 Equações preditivas do consumo máximo de oxigênio a partir do teste SR-20m em crianças e adolescentes (equações de Matsuzaka et al., Mahar et al., Burns et al., Fernhall et al. e Quinart et al.).

Equação	Estudos	(n) faixa etária	r (EPE mL/kg.min) (VO ₂ predito versus VO ₂ mensurado)			Variáveis da equação
			♀ ♂	♂	♀	
Matsuzaka et al. ²³ (a)	Matsuzaka et al. ²³	(132) 8–17	0,90 (3,3)			Sexo, idade, IMC, velocidade final
	Ruiz et al. ¹⁵	(48) 13–19	0,73 (5,5)			
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,65 (7,1)			
	Melo et al. ²⁴	(90) 8–10	0,72			
	Batista et al. ²⁶	(115) 11–13	0,77 (5,9)	0,80 (5,8)	0,69 (5,3)	
Matsuzaka et al. ²³ (b)	Matsuzaka et al. ²³	(132) 8–17	0,89 (3,4)			Sexo, idade, IMC; laps
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,66 (7,0)			
	Melo et al. ²⁴	(90) 8–10	0,80			
Mahar et al. ³³ (a)	Mahar et al. ³³	(135) 12–14	0,64 (6,44)			Sexo, laps, MC
	Boiarskaia et al. ³⁴	(135) 13	0,57	0,45	0,39	
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,66 (6,99)			
	Batista et al. ²⁶	(115) 11–13	0,80 (5,69)	0,77 (6,11)	0,71 (5,2)	
Mahar et al. ³³ (b)	Mahar et al. ³³	(135) 12–14	0,64 (6,4)			Sexo, idade, IMC, laps
	Boiarskaia et al. ³⁴	(135) 13	0,65	0,56	0,51	
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,71 (6,6)			
	Burns et al. ²⁷	(90) 13–16	0,78			
Mahar et al. ¹⁸ (quadrática)	Boiarskaia et al. ³⁴	(135) 13	0,67	0,62	0,52	Sexo, IMC, laps, laps ²
	Mahar et al. ¹⁸	(244) 10–16	0,73 (6,3)			
	Burns et al. ²⁷	(90) 13–16	0,74			
Silva et al. ²⁵ (a)	Silva et al. ²⁵	(114) 10–18	0,80 (5,7)			Sexo; IMC; estágio
Silva et al. ²⁵ (b)	Silva et al. ²⁵	(114) 10–18	0,86 (5,0)			Sexo; idade; MC; estatura; IMC; estágio
Burns et al. ²⁷	Burns et al. ²⁷	(90) 13–16	0,77			Idade, laps
	Saint-Maurice et al. ¹⁶	(310) 10–18		0,36	0,42	
Fernhall et al. ³⁵	Pitetti et al. ³²	(51) 8–15	0,66			Sexo, IMC, laps
	Melo et al. ²⁴	(90) 8–10	0,56			
Quinart et al. ³⁶	Quinart et al. ^{37*}	(30) 12–17	0,77			Sexo, idade, IMC e velocidade final

n: número de sujeitos da amostra; r: coeficiente de correlação; EPE: erro padrão de estimativa; VO₂: consumo de oxigênio; ♀: masculino; ♂: feminino; *: excesso de peso; IMC: índice de massa corpórea; laps: número de voltas; laps²: número de voltas ao quadrado; MC: massa corpórea.

etária, IMC e desempenho no teste SR-20m, sendo o primeiro estudo a incluir o IMC em equações de predição. Sua equação pode ser considerada a equação com maior precisão de estimativa.

Por outro lado, as equações de Ruiz,¹⁷ Barnett (a)³¹ e Matsuzaka (b)²³, embora classificadas com nível de evidência moderado, apresentaram valores de validade de estimativa consideráveis. Em específico, a equação Ruiz¹⁷ foi a que apresentou menor ΔAE entre os resultados de estimativa. Além disso, essa equação se iguala com Matsuzaka (a),²³ levando em consideração a maior quantidade de características da amostra incluindo sexo, faixa etária, massa corporal, estatura e desempenho no SR-20m. Essa equação, embora avaliada por poucos estudos, pode ser uma ferramenta promissora que deve ser mais bem estudada.

Considerando apenas estudos com baixo risco de viés, os achados tornam-se mais evidentes. A equação Léger²⁹ continua a apresentar maior ΔAE comparada com Matsuzaka (a)²³, entre as equações com forte evidência; enquanto Ruiz¹⁷ obteve valores correlacionais mais elevados e menor ΔAE , em comparação com as demais equações de evidência moderada.

Ao analisar os dados pelo sexo das amostras, apenas a equação de Léger *et al.*²⁹ atingiu evidência forte, apesar de apresentar baixos valores de correlação e elevada ΔAE , demonstrando subestimar a predição de VO_{2pico} em meninas e meninos. Portanto, não foi possível definir a validade das equações específicas por sexo, uma vez que poucos estudos disponibilizaram informações e análises

correlacionais isoladas para essa variável. Apesar disso, Barnett (a)³¹ pode ser uma potencial equação para estimar o VO_{2pico} em meninas e Matsuzaka (a)²³ em meninos, uma vez que essas equações apresentaram maiores valores correlacionais para os respectivos grupos.

Entre as equações com nível de evidência forte e moderado, as equações Matsuzaka (a),²³ Matsuzaka (b)²³ e Ruiz¹⁷ foram as que empregaram o maior número de variáveis da amostra e obtiveram menor ΔAE com valores de correlação elevados. Enquanto Léger²⁹ e Barnett (a)³¹ inseriram menor quantidade de variáveis e apresentaram elevados valores de ΔAE . Observa-se que a utilização de mais de uma característica da amostra, como sexo, massa corporal, estatura ou IMC, nas equações tende a exercer maiores valores de associação entre o VO_{2pico} predito e mensurado. Essa tendência também foi notada em outros estudos.^{37,38} Nesse ponto de vista, foram identificadas associações moderadas entre o VO_{2pico} e o IMC, a massa corporal e o sexo, respectivamente.^{25,32,33}

Segundo Saint-Maurice *et al.*,³⁸ o IMC tende a ter ampla influência sobre a aptidão APCR em crianças e adolescentes, que pode explicar de 30 a 34% da variância entre resultados de estimativa do VO_{2pico} alcançados em equações preditivas. Nessa perspectiva, equações que não levam em consideração o IMC tendem a superestimar a APCR dos indivíduos em estado nutricional elevado.³⁸

Embora ainda não explorado em equações de predição, a porcentagem de gordura corporal demonstra associação relevante com a APCR e em crianças e adolescentes.³⁹ Valores correlacionais

Tabela 4 Classificação do nível de evidência e variação de amplitude de estimativa das equações.

Equações	Baixo risco de viés	Moderado risco de viés	Nível de evidência	ΔAE Todos os estudos	ΔAE Estudos com baixo risco de viés
Léger <i>et al.</i> ²⁹	5	9	Forte	r=0,54–0,90	r=0,54–0,90
Ruiz <i>et al.</i> ¹⁷	2	1	Moderada	r=0,75–0,96	r=0,86–0,96
Barnett <i>et al.</i> ³¹ (a)	2	3	Moderada	r=0,66–0,84	r=0,68–0,79
Barnett <i>et al.</i> ³¹ (b)	2	3	Limitada	r=0,64–0,82	r=0,71
Barnett <i>et al.</i> ³¹ (c)	1	1	Limitada	r=0,62–0,85	r=0,62
Matsuzaka <i>et al.</i> ²³ (a)	3	2	Forte	r=0,65–0,90	r=0,72–0,90
Matsuzaka <i>et al.</i> ²³ (b)	2	1	Moderada	r=0,66–0,89	r=0,80–0,89
Mahar <i>et al.</i> ³³ (a)	1	3	Limitada	r=0,57–0,80	r=0,80
Mahar <i>et al.</i> ³³ (b)	1	3	Limitada	r=0,64–0,78	r=0,78
Mahar <i>et al.</i> ¹⁸ (quadrática)	1	2	Limitada	r=0,67–0,74	r=0,74
Silva <i>et al.</i> ²⁵ (a)	1	0	Limitada	r=0,80	r=0,80
Silva <i>et al.</i> ²⁵ (b)	1	0	Limitada	r=0,86	r=0,86
Burns <i>et al.</i> ²⁶	1	1	Limitada	r=0,77	r=0,77
Fernhall <i>et al.</i> ³⁵	1	1	Limitada	r=0,56–0,66	r=0,56
Quinart <i>et al.</i> ³⁶	1	0	Limitada	r=0,77	r=0,77

ΔAE : variação da amplitude de estimativa; forte evidência: mais de três estudos com baixo risco de viés; moderada evidência: dois estudos com baixo risco de viés; limitada evidência: vários estudos com alto risco de viés, grande amplitude de variação ou apenas um estudo.

de $r=-0,60$ para ambos os sexos, $r=-0,48$ a $-0,53$ para meninos e $r=-0,24$ a $-0,40$ para meninas, evidenciam essa variável como forte preditor para os meninos e moderado para as meninas.^{27,40,41}

Apesar de a idade cronológica ter sido frequentemente utilizada para caracterizar o perfil da aptidão física, os diferentes estágios de maturação sexual tendem a mostrar características de aptidão física diferentes em crianças e adolescentes.^{42,43} Em específico, meninas demonstram diferenças significativas na APCR em diferentes estágios de maturação sexual, geralmente demonstrando decréscimo do $VO_{2\text{pico}}$ ao passo em que o estado de maturação sexual avança.⁴⁴ No entanto, essa variável ainda não foi evidenciada em equações de predição.

Além disso, observa-se que crianças e adolescentes de diferentes classes econômicas, perfil de comportamento sedentário e nível de atividade física habitual podem apresentar diferenças relacionadas diretamente a parâmetros relacionados à saúde.^{40,44,45} No entanto, informações sobre a aplicação dessas variáveis para a predição do $VO_{2\text{pico}}$ em crianças e adolescentes ainda são limitadas, havendo a necessidade de que novos estudos relacionados ao tema sejam desenvolvidos para melhor entendimento sobre a influência dessas variáveis na predição do $VO_{2\text{pico}}$.

Este estudo apresenta algumas limitações para análise que devem ser pontuadas, como a falta de informações de características da amostra, o nível de adiposidade, o nível de atividade física e o comportamento sedentário. Principalmente relacionado a análises de correlação para as amostras isoladas por sexo. Essas limitações tornaram a identificação da melhor equação preditiva para diferentes grupos de crianças e adolescentes um desafio.

Portanto, pesquisas futuras devem disponibilizar mais informações da amostra, como etnia, tempo em comportamento sedentário, nível de atividade física, aspectos da composição corporal e estágio de maturação sexual, bem como promover análises correlacionais com a APCR. Dessa forma, dúvidas relacionadas à associação entre essas variáveis e a predição do $VO_{2\text{pico}}$ podem ser mais bem entendidas, possibilitando que equações mais acuradas sejam elaboradas. Além disso, torna-se importante que pesquisas futuras sejam conduzidas para verificar a reprodutibilidade das

equações Ruiz,¹⁷ Barnett (a),³¹ Matsuzaka (a)²³ e Matsuzaka (b),²³ identificadas nesta revisão como promissoras, mas pouco exploradas em estudos. Essas equações devem ser avaliadas em crianças e adolescentes que apresentam diferentes estados nutricionais, bem como análises específicas por sexo devem ser disponibilizadas.

No presente estudo, foi possível apontar as equações com melhor validade de predição do $VO_{2\text{pico}}$ em crianças e adolescentes, bem como identificar aspectos que dificultaram análise mais satisfatória para eleição de uma equação definitiva. As sugestões presentes nesta revisão contribuem para que estudos futuros sejam mais bem elaborados e descritos, o que colabora para a ampliação do conhecimento científico e prático das análises de equações preditivas do $VO_{2\text{pico}}$ no público infantojuvenil.

Em conclusão, nossos achados sugerem que a utilização de mais de uma característica da amostra nas equações tende a exercer maiores valores de associação entre o $VO_{2\text{pico}}$ predito e mensurado. Nesse sentido, a equação Matsuzaka (a) tende a ser a equação de forte nível de evidência com maior precisão de estimativa em crianças e adolescentes. Embora não explorados em equações de predição, a porcentagem de gordura corporal e o estágio de maturação sexual demonstram associações relevantes com a APCR em crianças e adolescentes e motiva-se a analisá-las em futuras equações. Contudo, novas pesquisas devem ser conduzidas para avaliar a reprodutibilidade de equações identificadas nesta revisão como promissoras, bem como ampliar o entendimento sobre a relação entre variáveis antropométricas, componentes da composição corporal e estágio de maturação sexual na predição do $VO_{2\text{pico}}$ em crianças e adolescentes.

Financiamento

Bolsa de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Departamento de Ciência e Tecnologia (Decit/MS), da Fundação Araucária e Secretaria de Estado da Saúde do Paraná (SESA-PR).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Ruiz JR, Huybrechts I, Cuenca-García M, Artero EG, Labayen I, Meirhaeghe A, et al. Cardiorespiratory fitness and ideal cardiovascular health in European adolescents. *Heart*. 2015;101:766-73.
2. Hamlin MJ, Fraser M, Lizamore CA, Draper N, Shearman JP, Kimber NE. Measurement of cardiorespiratory fitness in children from two commonly used field tests after accounting for body fatness and maturity. *J Hum Kinet*. 2014;40:83-92.
3. Pozuelo-Carrascosa DP, García-Hermoso A, Álvarez-Bueno C, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaino V. Effectiveness of school-based physical activity programmes on cardiorespiratory fitness in children: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*. 2018;52:1234-40.
4. Victo ER, Ferrari GL, Silva Junior JP, Araújo TL, Matsudo VK. Indicadores de estilo de vida e aptidão cardiorrespiratória de adolescentes. *Rev Paul Pediatr*. 2017;35:61-8.

5. Lang JJ, Belanger K, Poitras V, Janssen I, Tomkinson GR, Tremblay MS. Systematic review of the relationship between 20 m shuttle run performance and health indicators among children and youth. *J Sci Med Sport*. 2018;21:383-97.
6. Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS, Dale M, LeBlanc AG, Belanger K, et al. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *Br J Sports Med*. 2016;51:1545-54.
7. Assumpção MS, Ribeiro JD, Wamosy RM, Figueiredo FC, Parazzi PL, Schivinski CI. Impulse oscillometry and obesity in children. *J Pediatr (Rio J)*. 2018;94:419-424.
8. Hansen D, Hens W, Peeters S, Wittebrood C, Van Ussel S, Verleyen D, et al. Physical therapy as treatment for childhood obesity in primary health care: clinical recommendation from AXXON (Belgian Physical Therapy Association). *Phys Ther*. 2016;96:850-64.
9. Arena R, Cahalin LP. Evaluation of cardiorespiratory fitness and respiratory muscle function in the obese population. *Prog Cardiovasc Dis*. 2014;56:457-64.
10. Lambrick D, Jakeman J, Grigg R, Kaufmann S, Faulkner J. The efficacy of a discontinuous graded exercise test in measuring peak oxygen uptake in children aged 8 to 10 years. *Biol Sport*. 2017;34:57-61.
11. Mayorga-Vega D, Aguilar-Soto P, Viciano J. Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis. *J Sports Sci Med*. 2015;14:536-47.
12. Pescatello LS, Arena R, Riebe D, editors. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9th edition. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
13. Mora-Gonzalez J, Cadenas-Sanchez C, Martinez-Tellez B, Sanchez-Delgado G, Ruiz JR, Léger L, et al. Estimating $VO_{2\text{max}}$ in children aged 5–6 years through the preschool-adapted 20-m shuttle-run test (PREFIT). *Eur J Appl Physiol*. 2017;117:2295-307.
14. Léger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y. Aerobic capacity of 6 to 17-year-old Quebecois - 20 meter shuttle run test with 1 minute stages. *Can J Appl Sport Sci*. 1984;9:64-9.
15. Ruiz JR, Silva G, Oliveira N, Ribeiro JC, Oliveira JF, Mota J. Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test in youths aged 13–19 years. *J Sports Sci*. 2009;27:899-906.
16. Saint-Maurice PF, Welk GJ, Finn KJ, Kaj M. Cross-validation of a PACER prediction equation for assessing aerobic capacity in Hungarian youth. *Res Q Exerc Sport*. 2015;86:S66-73.
17. Ruiz JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Piñero J, Benitez JM, Arauzo-Azofra A, et al. Artificial neural network-based equation for estimating $VO_{2\text{max}}$ from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med*. 2008;44:233-45.
18. Mahar MT, Guerieri AM, Hanna MS, Kemble CD. Estimation of Aerobic Fitness from 20-m Multistage Shuttle Run Test Performance. *Am J Prev Med*. 2011;41:S117-23.
19. Batista MB, Romanzini CL, Castro-Piñero J, Ronque ER. Validity of field tests to estimate cardiorespiratory fitness in children and adolescents: a systematic review. *Rev Paul Pediatr*. 2017;35:222-33.
20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6:e1000097.
21. Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2010;44:934-43.
22. Suminski RR, Ryan ND, Poston CS, Jackson AS. Measuring aerobic fitness of hispanic youth 10 to 12 years of age. *Int J Sports Med*. 2004;25:61-7.
23. Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, Kumakura N, Ikeda A, Wilk B, et al. Validity of the multistage 20-M shuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. *Pediatr Exerc Sci*. 2004;16:113-25.
24. Melo X, Santa-Clara H, Almeida JP, Carnero EA, Sardinha LB, Bruno PM, et al. Comparing several equations that predict peak VO_{2} using the 20-m multistage-shuttle run-test in 8-10-year-old children. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111:839-49.
25. Silva G, Oliveira NL, Aires L, Mota J, Oliveira J, Ribeiro JC. Calculation and validation of models for estimating $VO_{2\text{max}}$ from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Arch Exerc Health Dis*. 2012;3:145-52.
26. Batista MB, Cyrino ES, Arruda M, Dourado AC, Coelho-E-Silva MJ, Ohara D, et al. Validity of equations for estimating VO_{2} peak from the 20-m shuttle run test in adolescents aged 11-13 years. *J Strength Cond Res*. 2013;27:2774-81.
27. Burns RD, Hannon JC, Brusseau TA, Eisenman PA, Saint-Maurice PF, Welk GJ, et al. Cross-validation of aerobic capacity prediction models in adolescents. *Pediatr Exerc Sci*. 2015;27:404-11.
28. Ernesto C, Silva FM, Pereira LA, Melo GF. Cross validation of different equations to predict aerobic fitness by the shuttle run 20 meters test in Brazilian students. *J Exerc Physiol Online*. 2015;18:46-55.
29. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6:93-101.
30. Liu NY, Plowman SA, Looney MA. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Res Q Exerc Sport*. 1992;63:360-5.
31. Barnett A, Chan LY, Bruce LC. A preliminary study of the 20-m multistage shuttle run as a predictor of peak VO_{2} in Hong Kong Chinese students. *Pediatr Exerc Sci*. 1993;5:42-50.
32. Pitetti KH, Fernhall B, Figoni S. Comparing two regression formulas that predict $VO_{2\text{peak}}$ using the 20-m shuttle run for children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci*. 2002;14:125-34.
33. Mahar MT, Welk GJ, Rowe DA, Crofts DJ, McIver KL. Development and validation of a regression model to estimate $VO_{2\text{peak}}$ From PACER 20-m shuttle run performance. *J Phys Act Health*. 2006;3:34-46.
34. Boiarskaia EA, Boscolo MS, Zhu W, Mahar MT. Cross-Validation of an Equating Method Linking Aerobic FITNESSGRAM® Field Tests. *Am J Prev Med*. 2011;41:S124-30.

35. Fernhall B, Pitetti KH, Vukovich MD, Stubbs N, Hensen T, Winnick JP, et al. Validation of cardiovascular fitness field tests in children with mental retardation. *Am J Ment Retard.* 1998;102:602-12.
36. Quinart S, Mougín F, Simon-Rigaud ML, Nicolet-Guénat M, Nègre V, Regnard J. Evaluation of cardiorespiratory fitness using three field tests in obese adolescents: validity, sensitivity and prediction of peak VO₂. *J Sci Med Sport.* 2014;17:521-5.
37. Pienaar C, Coetzee B, Monyeki AM. The use of anthropometric measurements and the influence of demographic factors on the prediction of in a cohort of adolescents: the PAHL study. *Ann Hum Biol.* 2015;42:135-42.
38. Saint-Maurice PF, Welk GJ, Laurson KR, Brown DD. Measurement agreement between estimates of aerobic fitness in youth: The impact of body mass index. *Res Q Exerc Sport.* 2014;85:59-67.
39. Lopes L, Santos R, Moreira C, Pereira B, Lopes VP. Sensitivity and specificity of different measures of adiposity to distinguish between low/high motor coordination. *J Pediatr (Rio J).* 2015;91:44-51.
40. Ronque VE, Cyrino ES, Mortatti AL, Moreira A, Avelar A, Carvalho FO, et al. Relationship between cardiorespiratory fitness and indicators of body adiposity in adolescents. *Rev Paul Pediatr.* 2010;28:296-302.
41. Borfe L, Rech DC, Benelli TE, Paiva DN, Pohl HH, Burgos MS. Association between childhood obesity and cardiorespiratory fitness: a systematic review. *Rev Bras Promoç Saúde.* 2017;30:118-24.
42. Minatto G, Ribeiro RR, Achour Junior A, Santos KD. Influence of age, sexual maturation, anthropometric variables and body composition on flexibility. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2010;12:151-8.
43. Soares NM, Silva RJ, Melo EV, Oliveira AC. Influence of sexual maturation on cardiorespiratory fitness in school children. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2014;16:223-32.
44. Minatto G, Petroski EL, Silva DA. Body fat, muscular and cardiorespiratory fitness according to sexual maturation among Brazilian adolescents from a town of German colonization. *Rev Paul Pediatr.* 2013;31:189-97.
45. Aguilar MM, Vergara FA, Velásquez EJ, Marina R, García-Hermoso A. Screen time impairs the relationship between physical fitness and academic attainment in children TT. *J Pediatr (Rio J).* 2015;91:339-45.