



Revista Paulista de Pediatria

ISSN: 0103-0582

rpp@spsp.org.br

Sociedade de Pediatria de São Paulo  
Brasil

Biagi Batista, Mariana; Possamai Romanzini, Catiana Leila; CastroPiñero, José; Vaz Ronque, Enio Ricardo

Validade de testes de campo para estimativa da aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática

Revista Paulista de Pediatria, vol. 35, núm. 2, abril-junho, 2017, pp. 222-233  
Sociedade de Pediatria de São Paulo  
São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=406051664017>

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

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# VALIDADE DE TESTES DE CAMPO PARA ESTIMATIVA DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Validity of field tests to estimate cardiorespiratory fitness in children and adolescents: a systematic review

Mariana Biagi Batista<sup>a</sup>, Catiana Leila Possamai Romanzini<sup>a,\*</sup>,  
José Castro-Piñero<sup>b</sup>, Enio Ricardo Vaz Ronque<sup>c</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Revisar sistematicamente a literatura para verificar a validade dos testes de campo para avaliação da aptidão cardiorrespiratória (ACR) em crianças e adolescentes.

**Fontes de dados:** Foram utilizadas as bases de dados: Medline (PUBMED), SPORTDiscus, Scopus, Web of Science, além das bases latino-americanas LILACS e SciELO. A busca compreendeu todo o período de existência das bases até fevereiro de 2015, em idioma inglês e português. Todas as etapas do processo foram previstas de acordo com o PRISMA.

**Síntese dos dados:** Após verificação dos critérios de inclusão, elegibilidade e qualidade dos estudos, 43 trabalhos foram analisados na íntegra, sendo obtidos 38 por meio da busca nas bases de dados eletrônicas e cinco por meio de biblioteca particular e referências de outros artigos. Do total dos artigos, apenas 13 foram considerados de alta qualidade segundo os critérios adotados. O teste mais investigado na literatura foi o *shuttle run* de 20 metros (SR-20 m), contabilizando 23 trabalhos, seguido pelos testes de distâncias entre 550 metros e 1 milha com 9 estudos, os testes com tempos de 6, 9 e 12 minutos também com 9 estudos e, por fim, os protocolos de banco e novas propostas de teste representados por 7 trabalhos.

**Conclusões:** O teste SR-20 m parece ser o mais apropriado para avaliação da ACR de jovens, com a equação de Barnett, recomendada para estimativa do  $VO_2$  pico. Como segunda alternativa para avaliação da ACR, indica-se o teste de 1 milha e, a equação proposta por Cureton, para estimativa do  $VO_2$  pico.

**Palavras-chave:** confiabilidade; aptidão física; jovens; revisão sistemática.

## ABSTRACT

**Objective:** To systematically review the literature to verify the validity of field-tests to evaluate cardiorespiratory fitness (CRF) in children and adolescents.

**Data sources:** The electronic search was conducted in the databases: Medline (PubMed), SPORTDiscus, Scopus, Web of Science, in addition to the Latin American databases LILACS and SciELO. The search comprised the period from the inception of each database until February 2015, in English and Portuguese. All stages of the process were performed in accordance with the PRISMA flow diagram.

**Data synthesis:** After confirming the inclusion criteria, eligibility, and quality of the studies, 43 studies were analyzed in full; 38 obtained through the searches in the electronic databases, and 5 through private libraries, and references from other articles. Of the total studies, only 13 were considered high quality according to the adopted criteria. The most commonly investigated test in the literature was the 20-meter shuttle run (SR-20 m), accounting for 23 studies, followed by tests of distances between 550 meters and 1 mile, in 9 studies, timed tests of 6, 9, and 12 minutes, also 9 studies, and finally bench protocols and new test proposals represented in 7 studies.

**Conclusions:** The SR-20-m test seems to be the most appropriate to evaluate the CRF of young people with the equation of Barnett, recommended to estimate  $VO_2$  peak. As an alternative for evaluating CRF, the 1-mile test is indicated with the equation proposed by Cureton for estimating  $VO_2$  peak.

**Keywords:** reliability; physical fitness; youth; systematic review.

\*Autor correspondente. E-mail: [mbiagibatista@yahoo.com.br](mailto:mbiagibatista@yahoo.com.br) (M. B. Batista).

<sup>a</sup>Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

<sup>b</sup>Departamento de Educação Física, Escola de Educação, Universidad de Cádiz, Puerto Real, Espanha.

<sup>c</sup>Departamento de Educação Física. Grupo de Estudo e Pesquisa em Atividade Física e Exercício, UEL, Londrina, PR, Brasil.

Recebido em 16 de março, 2016; aprovado em 2 de outubro, 2016; disponível on-line em 08 de junho de 2017.

## INTRODUÇÃO

A aptidão física, em geral, refere-se a uma série de características físicas que estão diretamente relacionadas à capacidade de uma pessoa realizar atividades físicas e/ou se exercitar.<sup>1</sup> Neste sentido, dentre seus componentes destaca-se a aptidão cardiorrespiratória (ACR), também conhecida como aptidão aeróbica ou potência aeróbica máxima.<sup>2</sup>

Atualmente, a ACR tem sido considerada um importante marcador de saúde de adultos<sup>3,4</sup> e jovens.<sup>1,5</sup> Crianças e adolescentes que possuem altos níveis nos indicadores cardiorrespiratórios tendem a apresentar menos fatores de risco para doenças cardiovasculares, como obesidade, pressão alta, dislipidemia, e resistência à insulina, entre outros.<sup>6</sup> Além disso, estudos prospectivos indicaram que a alta ACR durante a infância e adolescência está associada à um perfil cardiovascular saudável na vida adulta.<sup>7</sup>

Com relação à avaliação dos indicadores da ACR, o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  pico) é reconhecido como um dos melhores índices para medir a potência aeróbica entre os jovens.<sup>2</sup> O  $VO_2$  pico pode ser medido objetivamente e de maneira confiável em laboratório, por meio da análise direta dos gases envolvidos na ventilação pulmonar, durante a execução de testes progressivos e máximos em diversos ergômetros. Porém, devido ao alto custo, uso de equipamentos sofisticados, necessidade de avaliadores capacitados para realizar os testes e a grande demanda de tempo para cada avaliação, seu uso fica limitado em ambientes como escolas, clubes esportivos e estudos com a população.<sup>8</sup>

Dessa forma, a aplicação de testes baseados em campo, que proporcionam a predição do  $VO_2$  pico por meio de modelos matemáticos têm se tornado uma alternativa interessante para avaliar a ACR, já que demonstram vantagens significativas, como baixo custo operacional, facilidade na aplicação e acesso aos locais de teste, assim como a oportunidade de avaliar um grande número de pessoas ao mesmo tempo.<sup>9</sup> Por outro lado, testes de campo para a avaliação da ACR usam métodos indiretos para estimar o  $VO_2$  pico, ou seja, podem apresentar erros de medição. Então, para que um teste de campo seja considerado apropriado, deve ter boa “validade”, ou seja, produzir boas medidas da variável que se propõe a medir. Dessa forma, ao escolher um protocolo de campo dentre os propostos na literatura para avaliar a ACR, é importante verificar se este é válido para a população analisada.

Duas décadas após a primeira iniciativa que sintetizou os critérios relacionados à validação dos vários testes de campo para avaliar a aptidão física entre os jovens, Castro-Piñero et al.<sup>8</sup> atualizaram esta revisão, de forma mais criteriosa e sistemática, considerando os diferentes níveis de evidência para a validade dos testes de campo, de acordo com os critérios de qualidade

estabelecidos para os estudos analisados. Assim, considerando a velocidade na produção da literatura científica atual, mostrando novas evidências de validade, principalmente na infância e na adolescência, que são fases importantes para a detecção de problemas de saúde e para promover intervenções, este tipo de estudo torna-se necessário.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi de fazer uma revisão sistemática da literatura para verificar a validade de testes de campo para avaliação da ACR em crianças e adolescentes.

## MÉTODO

Realizamos uma revisão sistemática da literatura usando as bases MedLine (PUBMED), SPORTDiscus, Scopus, Web of Science, além das bases de dados latinoamericanas, LILACS, e SciELO. A busca compreendeu todo o período de existência das bases até fevereiro de 2015, em idioma inglês e português. Decidimos usar somente essas duas línguas porque os principais estudos estavam disponíveis em inglês; incluímos o português porque achamos importante demonstrar esta informação.

A estratégia de busca compreendeu as seguintes palavras-chave e operadores booleanos: (“Validation Studies” OR “Cross Validation” OR “Criterion Validity” OR “Validity” OR “Reliability” OR “Comparison”) AND (“Oxygen Consumption” OR “Maximal Oxygen Uptake” OR “Cardiorespiratory Fitness” OR “Aerobic Capacity” OR “Aerobic Fitness” OR “ $VO_2$  Peak” OR “ $VO_2$  Maximal” OR “Field Test” OR “Shuttle Run Test” OR “Walk Test” OR “Run Test” OR “SR-20m” OR “20m Multistage Shuttle Run” OR “12 Minute” OR “One Mile Walk Test” OR “1600m Run”) AND (“Child” OR “Children” OR “Teenager” OR “Youth” OR “Adolescent” OR “Adolescents” OR “Students” OR “Schoolchildren”). Foram aplicados os filtros: busca por título, palavras-chave, resumo e/ou todos os campos/assuntos; artigos científicos publicados em periódicos, incluindo artigos de revisão e revisão sistemática; área de estudos e que envolvessem seres humanos. Para base de dados Scopus, ainda foi utilizado o filtro específico para área de interesse, na qual foi selecionado “Profissões da Saúde”.

No caso específico das bases de dados latino-americanas LILACS e Scielo, foram utilizadas as seguintes palavras-chave para busca: (“jovens” OR “adolescentes”) AND (“aptidão cardiorrespiratória” OR “teste de 9 minutos” OR “consumo de oxigênio”).

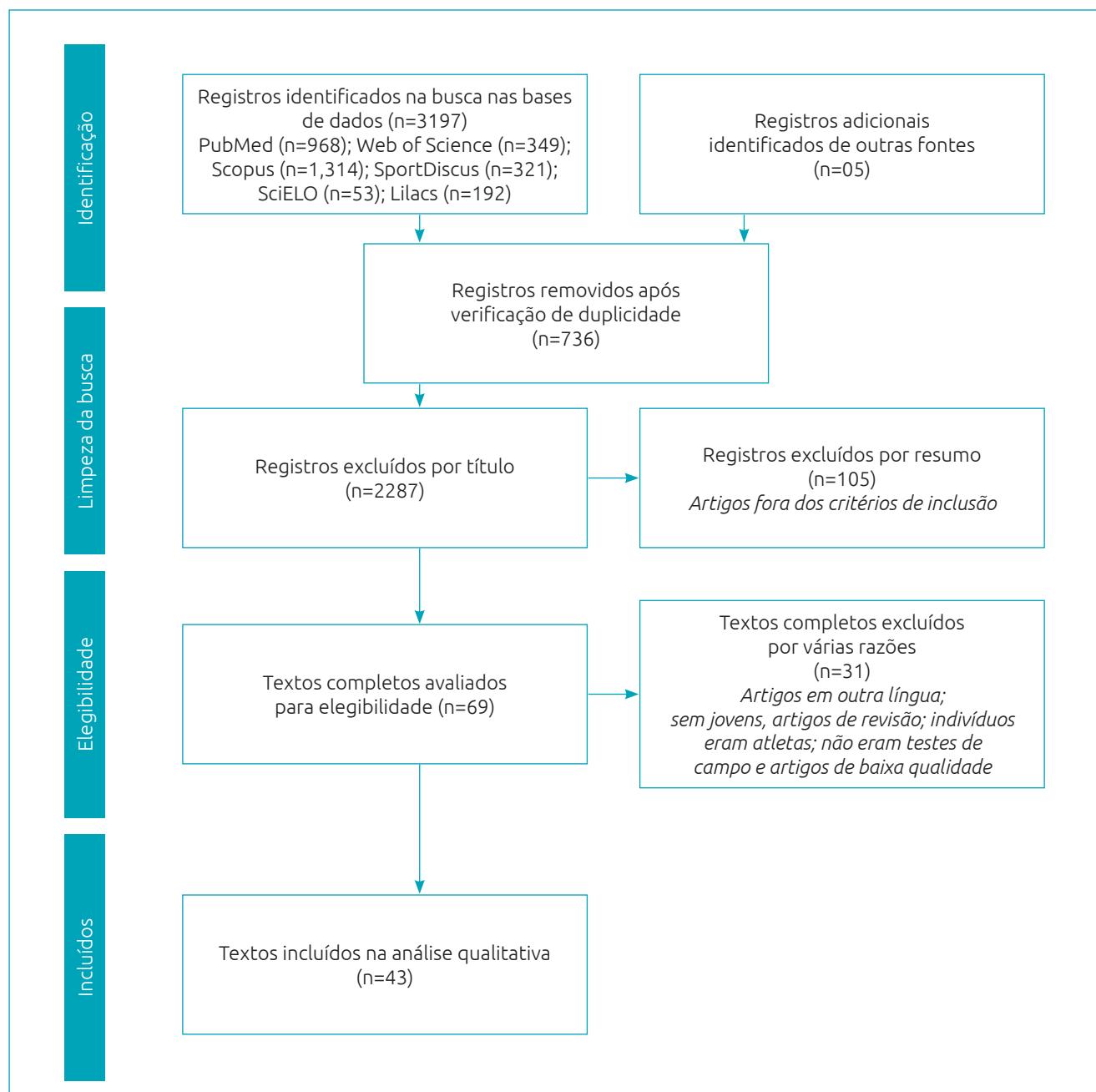
Os critérios de elegibilidade dos artigos foram: ter como objetivo principal a investigação da validade de um ou mais testes de campo para estimativa da ACR e, a população investigada ser de crianças e/ou adolescentes considerados saudáveis, ou seja, sem qualquer patologia diagnosticada ou eventuais problemas que impedissem a realização de testes motores e não-atletas.

Todas as fases do processo foram realizadas de acordo com o fluxograma do PRISMA<sup>10</sup> (Figura 1) e a seleção e análise dos estudos foram realizadas de maneira independente, por dois pesquisadores (MBB e CLPR). No caso de discordância, um terceiro pesquisador (ERVR) era convidado a determinar a inclusão ou exclusão de estudos.

Após a conclusão da busca, de acordo com os procedimentos já demonstrados, 3.197 artigos foram localizados nas seis bases de dados analisadas. Cinco estudos extras foram localizados e incluídos de bibliotecas privadas e referências bibliográficas.

O passo seguinte do processo foi a exclusão de referências duplicadas, e 736 referências foram excluídas, ou seja, 2.461 títulos foram analisados. O passo a seguir consistiu da leitura dos títulos dos artigos selecionados para possível exclusão daqueles que não estavam adequados aos critérios de elegibilidade; 2.287 artigos foram excluídos, restando 174.

Os resumos foram lidos para analisar os critérios, assim como para a inclusão e exclusão dos estudos que geraram dúvidas durante a leitura do título. Cento e cinco estudos foram excluídos por não estarem de acordo com os critérios



**Figura 1** Fluxograma do processo de seleção de artigos.

de elegibilidade, deixando 69 estudos para a próxima fase. Então, outros 25 artigos foram excluídos por outras razões, deixando, então, 44 estudos.

A análise qualitativa foi adaptada de Castro-Piñero et al.<sup>8</sup>, e considerou três itens nos artigos: número de participantes, descrição da amostra e análise estatística. Para cada um desses itens, o artigo poderia receber uma pontuação de 0 a 2, e, ao final da análise, uma classificação foi dada de acordo com a soma dos pontos de cada item. Uma adaptação da pontuação para qualidade foi realizada e categorizada da seguinte forma: qualidade baixa (0-2 pontos), moderada (3-4 pontos) ou de alta qualidade (5-6 pontos). Depois desta avaliação, seis artigos foram excluídos devido à baixa qualidade metodológica.

Por meio da análise qualitativa dos estudos incluídos nesta revisão sistemática, foi possível estabelecer níveis de evidência relacionados à validade dos protocolos do estudo. Uma evidência forte foi atribuída a protocolos de teste considerados válidos por 3 ou mais estudos de alta qualidade; a evidência moderada foi atribuída a testes validados por 2 estudos de alta qualidade ou 3 ou mais estudos de qualidade moderada; e evidência limitada foi atribuída a testes validados por vários estudos de baixa qualidade, resultados inconsistentes de diversos estudos, independentemente da qualidade, ou os resultados de um único estudo.

## RESULTADOS

O processo de seleção do estudo está demonstrado na Figura 1. A busca preliminar encontrou 3.197 artigos, sendo 968 na base de dados Medline (PUBMED), 349 na Web of Science, 1.314 no Scopus, 321 no Sport Discus, 53 na SciELO e 192 na Lilacs.

Após a análise dos critérios de inclusão e elegibilidade, um total de 3.153 estudos foram excluídos até esta fase do processo. Depois, os artigos foram classificados de acordo com critérios qualitativos. Este procedimento foi adotado para garantir que somente estudos que tivessem qualidade metodológica pelo menos moderada fossem incluídos e, assim, permitir que ao final do processo de revisão sistemática pudessem ser identificados níveis de evidências quanto à validade dos testes de campo analisados.<sup>8</sup> Além disso, como as bases de dados latino-americanas foram inseridas na busca, usamos a evidência moderada já que alguns testes são muito usados no Brasil; por exemplo, o teste de corrida/caminhada de 9 minutos não tinha nenhuma validação.

Por fim, 43 artigos originais foram analisados por completo. Dos estudos incluídos na revisão, 13 foram considerados de alta qualidade<sup>11-23</sup> (Tabelas 1 e 2), e 30 de qualidade moderada (Tabelas 3 e 4).<sup>24-53</sup>

### Shuttle run de 20 metros

Do total de 23 estudos que investigaram a validade do teste shuttle run de 20 metros (SR-20m), alguns procuraram desenvolver equações para estimar o  $VO_2$  pico<sup>12,14,19,25,31,34,38,43,47,53</sup>, incluindo variáveis dos modelos de regressão, como gênero, idade, velocidade obtida ao final de cada teste, número de voltas, peso corporal, altura, espessura da pele, e índice de massa corporal (IMC), entre outros. Os estudos usaram modelos matemáticos lineares e quadráticos, além de alguns baseados em redes neurais artificiais (RNAs). Seus resultados demonstraram valores de coeficiente de correlação entre os valores de  $VO_2$  pico da nova equação e aqueles produzidos pelo método padrão, variando de  $r=0,65$  a  $r=0,86$ , coeficientes de determinação entre  $R^2=0,68$  e  $R^2=0,85$ , e erro padrão de estimativa (EPE) de 2,4 a 7,0 mL/kg/min.

Além disso, vários estudos realizaram a validação cruzada de equações disponíveis na literatura, dentre as quais a mais investigada foi originalmente proposta por Léger et al.<sup>25</sup>, analisada em todos os estudos com este objetivo.<sup>13,17-20,23,28,29,35,40,47,53</sup>

Outras equações também foram analisadas em relação à sua validação, como aquelas criadas por Barnett et al.,<sup>31,17-20,23,47</sup>, Fernhall et al.,<sup>54,18,40</sup>, Ruiz et al.,<sup>14,17,19</sup>, Matsuzaka et al.,<sup>12,17,18,20,47</sup>, Mahar et al.,<sup>43,20,47</sup>, e Kuipers et al.<sup>55,23</sup>

Porém, além de determinar o  $VO_2$  pico com o teste SR-20m, uma alternativa mais simples e muito usada por profissionais é a verificação somente dos parâmetros atingidos no teste, como o número de voltas (indo e voltando) e a velocidade alcançada na fase final do teste. Assim, poucos estudos tinham o objetivo de observar somente a razão do  $VO_2$  pico avaliado diretamente no laboratório, assim como os resultados do teste SR-20m.<sup>24,26,28-30,35</sup> Os resultados demonstraram valores de coeficiente de correlação variando de  $r=0,51$  a 0,93.

### Testes de corrida e/ou caminhada em distâncias de 550 m a 1609 m (1 milha)

Como resultado da revisão sistemática da literatura, nove estudos investigaram a validade de testes de campo para estimar a ACR, com distâncias variando de 550 metros para corrida,<sup>52</sup> 0,5 milhas para corrida/caminhada,<sup>15</sup> 1-milha (1.600 m) para corrida/caminhada,<sup>16,27,28,33,37</sup> 1 milha para caminhada,<sup>36</sup> e o teste submáximo de 1 milha.<sup>11</sup> Os resultados desses estudos apresentaram coeficientes de correlação variando de  $r=0,59$  a -0,83; coeficientes de determinação de  $R^2=0,42$  a 0,84, e erro padrão de estimativa entre EPE=3,26 mL/kg/min e 4,99 mL/kg/min.

No caso do teste de corrida/caminhada de 1 milha (1.600 metros), alguns autores sugerem equações para determinar o  $VO_2$  pico, como Buono et al.,<sup>27</sup>, que obteve um coeficiente de determinação de  $R^2=0,84$ , e erro padrão de estimativa de 4,3 mL/kg/min ou 9% para a equação proposta. Depois,

Cureton et al.<sup>33</sup> propôs uma equação generalizada para indivíduos de 8 a 25 anos de idade, considerando informações sobre o tempo total do teste, idade, sexo e IMC, apresentando bons valores de validação ( $r=0,72$  e erro padrão de estimativa de  $4,8 \text{ mL/kg/min}$ ).

**Tabela 1** Resumo dos estudos classificados como alta qualidade, com o objetivo de validar o teste SR-20 m para estimar a aptidão cardiorrespiratória de crianças e adolescentes.

Autor	Teste	Principais Resultados
Matsuzaka et al. <sup>12</sup>	SR-20m	Equação 1: $R^2=0,81$ ; EPE=3,3 mL/kg/min Equação 2: $R^2=0,80$ ; EPE=3,4 mL/kg/min.
Suminski et al. <sup>13</sup>	SR-20m	$r=0,62$ e $p<0,001$ entre o $\text{VO}_2$ pico medido e estimado com o teste SR-20m, EPE=4,71 e 3,10 mL/kg/min para ♂ e ♀, respectivamente, Dif. Média=1,07 e 0,27 mL/kg/min para ♂ e ♀, respectivamente.
Ruiz et al. <sup>14</sup>	SR-20m	Equação de Léger: erro % = 17,13; EPE=4,27 mL/kg/min; Dif. Média=4,9 mL/kg/min Equação RNA: erro % = 7,38; EPE=2,84 mL/kg/min; Dif. Média=0,5 mL/kg/min
Ruiz et al. <sup>17</sup>	SR-20m	Equações: Ruiz: $r=0,75$ ; EPE=5,3 mL/kg/min; Dif. Média=3,7 mL/kg/min. Léger: $r=0,58$ ; EPE=6,5 mL/kg/min; Dif. Média=5,5 mL/kg/min Barnett: 1) $r=0,75$ ; EPE=5,3 mL/kg/min; Dif. Média=2,9 mL/kg/min; 2) $r=0,72$ ; EPE=5,6 mL/kg/min; Dif. Média=1,3 mL/kg/min. Matsuzaka: $r=0,73$ ; EPE=5,5 mL/kg/min; Dif. Média=3,2 mL/kg/min.
Melo et al. <sup>18</sup>	SR-20m	Fitnessgram: $r=0,91$ ; Dif. Média=1,8 mL/kg/min. Léger: $r=0,88$ ; Dif. Média=4,7 mL/kg/min. Barnett: A): $r=0,62$ ; Dif. Média=6,1 mL/kg/min. Barnett B): $r=0,68$ ; Dif. Média=-4,2 mL/kg/min. Barnett C): $r=0,79$ ; Dif. Média=3,5 mL/kg/min. Fernhall: $r=0,56$ ; Dif. Média=7,3 mL/kg/min. Matsuzaka: A): $r=0,72$ ; Dif. Média=5,4 mL/kg/min. Matsuzaka B): $r=0,80$ ; Dif. Média=4,2 mL/kg/min.
Silva et al. <sup>19</sup>	SR-20m	Regressão: $r=0,89$ ; Dif. Média=-0,01 mL/kg/min; EPE=4,9 mL/kg/min. RNA: $r=0,79$ ; Dif. Média=-1,5 mL/kg/min; EPE=5,6 mL/kg/min. Léger: $r=0,82$ ; Dif. Média=-2,7 mL/kg/min; EPE=5,2 mL/kg/min. Barnett: $r=0,80$ ; Dif. Média=-0,9 mL/kg/min; EPE=5,4 mL/kg/min. Ruiz: $r=0,80$ ; Dif. Média=-4,2 mL/kg/min; EPE=5,5 mL/kg/min.
Batista et al. <sup>20</sup>	SR-20m	Equações: Barnett: $r=0,79$ ; EPE=5,81 mL/kg/min; Dif. Média=2,0 mL/kg/min; Léger: $r=0,60$ ; EPE=7,59 mL/kg/min; Dif. Média=5,58 mL/kg/min; Mahar: $r=0,80$ ; EPE=5,69 mL/kg/min; Dif. Média=-0,89 mL/kg/min; Matsuzaka: $r=0,77$ ; EPE=5,97 mL/kg/min; Dif. Média=4,0 mL/kg/min
Ernesto et al. <sup>23</sup>	SR-20m	♂: Léger: $r=0,76$ ; EPE=4,10 mL/kg/min; Dif. Média=2,2 mL/kg/min; Kuipers: $r=0,75$ ; EPE=4,06 mL/kg/min; Dif. Média=0,8 mL/kg/min; Barnett: $r=0,76$ ; EPE=3,42 mL/kg/min; Dif. Média=-1,4 mL/kg/min; ♀: Léger: $r=0,53$ ; EPE=2,43 mL/kg/min; Dif. Média=-1,0 mL/kg/min; Kuipers: $r=0,54$ ; EPE=4,76 mL/kg/min; Dif. Média=-2,5 mL/kg/min; Barnett: $r=0,66$ ; EPE=3,42 mL/kg/min; Dif. Média=-2,3 mL/kg/min.

♂ = meninos; ♀ = meninas; ACR: aptidão cardiorrespiratória; Dif. Média: diferença média;  $\text{VO}_2$ max ou  $\text{VO}_2$ pico: consumo máximo de oxigênio determinado pela medida padrão ouro;  $r$ : coeficiente de correlação;  $R^2$ : coeficiente de explicação; EPE: erro padrão de estimativa; mL/kg/min: valores relativos de consumo de oxigênio em mililitros por quilograma de peso corporal por minuto; SR-20m: teste shuttle run de 20 metros; RNA: modelo matemático baseado na rede neural artificial.

6 minutos,<sup>24</sup> corrida/caminhada de 9 minutos<sup>22,32,39,49</sup> e corrida/caminhada de 12 minutos.<sup>39,53</sup>

Os testes de 6 minutos de duração envolvendo caminhadas e/ou corridas apresentaram resultados ligados à relação entre a distância obtida no teste e o  $\text{VO}_2$  pico avaliado por um método direto entre  $r=0,22$  e  $0,63$ , considerado como baixo a moderado, sem propor uma equação para estimar o  $\text{VO}_2$  pico.<sup>24,42,45,51</sup> No caso do teste de 9 minutos, a relação entre a distância do teste e o  $\text{VO}_2$  pico ficou entre  $r=0,43$  e  $0,71$ ,<sup>32,39,49</sup> com uma iniciativa proposta para a equação de previsão para o  $\text{VO}_2$  pico utilizando informações sobre a distância do teste, maturação biológica, soma de dobras cutâneas e sexo, presente em resultados de validação de  $r=0,57$ , diferença média de  $-1,4$  mL/kg/min e erro padrão de  $8,39$  mL/kg/min.<sup>22</sup>

Finalmente, os testes que consideraram o tempo de 12 minutos de corrida e/ou caminhada, originalmente propostos por Cooper, em 1968, apresentaram coeficientes de correlação entre a distância do teste e o  $\text{VO}_2$  pico avaliado em laboratório de  $r=0,70$  a  $r=0,82$ ,<sup>39,53</sup> com uma equação proposta para estimar o  $\text{VO}_2$  pico, mas somente entre adolescentes obesos.<sup>53</sup>

### Testes de banco máximos e submáximos e outros protocolos

Quatro estudos foram identificados que buscavam validar protocolos de banco para estimar a ACR.<sup>27,38,41,46</sup> Nesses estudos,

os testes duravam três minutos em diferentes ritmos e passos. A relação entre os resultados do teste e o  $\text{VO}_2$  pico estimado medido diretamente variava de  $r=0,48$  a  $0,78$ .<sup>27,41</sup> Dois estudos propuseram equações para estimar o  $\text{VO}_2$  pico usando o teste de banco, com resultados de  $r=0,77$  a  $0,84$ , e EPE entre  $6,0$  e  $7,0$  mL/kg/min.<sup>38,46</sup>

Além disso, três estudos abordavam o protocolo do teste de campo para avaliar a ACR proposto por Andersen et al.<sup>44</sup> Este teste foi proposto, inicialmente, para jovens de 9 a 11 anos de idade, atletas adolescentes entre 14 e 15 anos, e estudantes universitários com idades entre 20 e 27 anos. O teste tem a duração de 10 minutos e é realizado em um espaço delimitado por duas linhas paralelas, com uma distância de 20 metros entre si. O participante deve correr de uma linha a outra em intervalos de 15 segundos correndo e 15 segundos descansando, para completar a maior distância possível até o final dos 10 minutos. Os autores validaram o teste ( $r=0,68$ ) e também propuseram uma equação de previsão para o  $\text{VO}_2$  pico considerando a distância máxima alcançada no teste em metros, e por sexo ( $r=0,84$ ).<sup>44</sup>

Em seguida, dois estudos tentaram validar o teste de Andersen et al.<sup>44</sup>, assim como propor uma nova equação de previsão para o  $\text{VO}_2$  pico, em outras amostras com idades variando de 6 a 10 anos.<sup>21,48</sup>. Os resultados de validade foram considerados satisfatórios ( $r=0,63$  a  $0,73$ ), e a equação proposta foi melhor que a original ( $R^2=0,61$  a  $R^2=0,85$ ; EPE=5,59 mL/kg/min).<sup>21</sup>

**Tabela 2** Resumo dos estudos classificados como sendo de alta qualidade, com o objetivo de validar outros testes para estimar aptidão cardiorrespiratória em crianças e adolescentes.

Autor	Teste	Principais resultados
Hunt et al. <sup>11</sup>	Teste submáximo de 1 milha	$r=0,88$ , EPE=3,26 mL/kg/min para a equação de previsão, $r=0,88$ ; EPE=3,34 mL/kg/min, ET=4,39 mL/kg/min na validação cruzada
Castro-Piñero et al. <sup>15</sup>	Corrida/caminhada de meia milha	Nova equação: $R^2=0,44$ , EPE=4,4 mL/kg/min; erro % = 13,9; Dif. Média = -0,4 mL/kg/min Equação de Fernhall: EPE=7,1 mL/kg/min; erro % = 50,4; Dif. Média = 18,1 mL/kg/min
Castro-Piñero et al. <sup>16</sup>	Corrida/caminhada de 1 milha	$R^2=0,52$ , EPE=3,2 mL/kg/min; erro % = 32,2; Dif. Média = 10,01 mL/kg/min
Aadland et al. <sup>21</sup>	Testes propostos por Andersen et al.	A relação entre o $\text{VO}_2$ pico e a distância do teste de Andersen: Teste 1 – $r=0,63$ ; Teste 2 – $r=0,70$ e Teste 3 – $r=0,68$ . A equação proposta por Andersen subestimou o $\text{VO}_2$ pico (46,9 mL/kg/min versus 54,5 mL/kg/min; $p<0,001$ ). A nova equação propôs uma melhor performance ao estimar o $\text{VO}_2$ pico: $R^2=0,61$ e EPE=5,69; $p<0,001$ .
Paludo et al. <sup>22</sup>	Teste de corrida/caminhada de 9 minutos	A validação da equação proposta apresentou $r=0,57$ , IC=0,68, limites de concordância -1,4 mL/kg/min, EPE=8,39 mL/kg/min e CV=21,94%.

♂ = meninos; ♀ = meninas; ACR: aptidão cardiorrespiratória; Dif. Média: Diferença média;  $\text{VO}_2$  max ou  $\text{VO}_2$  pico: consumo máximo de oxigênio determinado pela medida padrão ouro;  $r$ : coeficiente de correlação;  $R^2$ : coeficiente de explicação; EPE: erro padrão de estimativa; ET: erro total; mL/kg/min: valores relativos de consumo de oxigênio em mililitros por quilograma de peso corporal por minuto; IC: intervalo de confiança; CV: coeficiente de variação.

**Tabela 3** Resumo de estudos classificados como sendo de qualidade moderada, com o objetivo de validar o teste SR-20 m para estimar a aptidão cardiorrespiratória entre crianças e adolescentes.

Autor	Teste	Principais resultados
Van Mechelen et al. <sup>24</sup>	SR-20m	A relação entre o teste SR-20m e o $\text{VO}_2$ pico foi $r=0,68$ para ♂, $r=0,69$ para ♀
Léger et al. <sup>25</sup>	SR-20m	$r=0,71$ .
Boreham et al. <sup>26</sup>	SR-20m	$r=0,87$ entre SR-20m e $\text{VO}_2$ máx.
Anderson <sup>28</sup>	SR-20m	$r=0,72$ entre SR-20m e $\text{VO}_2$ máx; diferença entre o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ SR-20m previsto e o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ EM 1,3 mL/kg/min.
Liu et al. <sup>29</sup>	SR-20m	$r=0,65$ entre o $\text{VO}_2$ pico e o número de voltas em ♂; $r=0,51$ entre o $\text{VO}_2$ pico e o número de voltas em ♀; $r=0,72$ entre o $\text{VO}_2$ pico e o $\text{VO}_2$ pico SR-20m previsto, sem diferenças significantes, EPE=5,27 mL/kg/min.
Mahoney <sup>30</sup>	SR-20m	$r=0,83$ entre o $\text{VO}_2$ pico e o número de voltas em ♂; $r=0,76$ entre o $\text{VO}_2$ pico e o número de voltas em ♀.
Barnett et al. <sup>31</sup>	SR-20m	$r=0,72$ entre o $\text{VO}_2$ pico e a equação de Léger; $r=0,74$ ; EPE=4,6 mL/kg/min entre o $\text{VO}_2$ pico e a velocidade máxima em SR-20m. Equação 1: $r=0,85$ , EPE=3,7 mL/kg/min. Equação 2: $r=0,84$ , EPE=3,7 mL/kg/min. Equação 3: $r=0,82$ ; EPE=4,0 mL/kg/min.
McVeigh et al. <sup>34</sup>	SR-20m	$r=0,78$ entre o $\text{VO}_2$ pico e a velocidade máxima em SR-20m ♂; $r=0,79$ entre o $\text{VO}_2$ pico e a velocidade máxima em SR-20m; $R^2=0,68$ ; EPE=3,23 mL/kg/min em ♂; $R^2=0,85$ ; EPE=2,4 mL/kg/min em ♀.
Mc Naughton et al. <sup>35</sup>	SR-20m Europeu; SR-20m Canadense	$r=0,93$ entre o $\text{VO}_2$ pico e VE; $r=0,87$ entre o $\text{VO}_2$ pico e VC; VE e VC foram diferentes em relação ao $\text{VO}_2$ pico, subestimado em VE=7,7% e superestimado em VC=11,4%.
Pitetti et al. <sup>40</sup>	SR-20m	$r=0,78$ entre as equações de Fernhall e Léger. $r=0,67$ ; EPE=5,8 mL/kg/min (Fernhall); $r=0,61$ ; EPE=6,1 mL/kg/min (Léger)
Mahar et al. <sup>43</sup>	SR-20m/ PACER	$r=0,65$ , EPE=6,38 mL/kg/min modelo de equação; $r=0,54$ , EPE=6,67 mL/kg/min entre MS e PR, $\text{VO}_2$ pico com Léger.
Mahar et al. <sup>47</sup>	SR-20m	Modelo quadrático: $r=0,73$ ; EPE=6,39 mL/kg/min; Modelo linear 2: $r=0,71$ ; EPE=6,61 mL/kg/min; Léger: $r=0,58$ ; EPE=7,63 mL/kg/min; Dif. Média=5,58 mL/kg/min; Mahar: $r=0,69$ ; EPE=6,81 mL/kg/min; Barnett A): $r=0,66$ ; EPE=7,06 mL/kg/min; Barnett B): $r=0,64$ ; EPE=7,20 mL/kg/min; Matsuzaka A): $r=0,66$ ; EPE=7,02 mL/kg/min; Matsuzaka B): $r=0,65$ ; EPE=7,14 mL/kg/min.
Scott et al. <sup>50</sup>	SR-20m/ PACER	Comparação de valores medidos e estimados: $r=0,87$ ; Dif. Média: $-0,9 \pm 5,1$ mL/kg/min e EPE= 1,4 mL/kg/min.
Hamlin et al. <sup>52</sup>	SR-20m	Correlação por amostra total: SR-20m: $r=0,70$ ; ajustada (massa corporal; maturação): SR-20m: $r=0,73$ ; $R^2=0,535$ e EPE=0,47%
Quinart et al. <sup>53</sup>	SR-20m (AD)	SR-20m (AD) (Léger): Dif. Média: -3,30 mL/kg/min. Equações recentes: SR-20m (AD): $R^2=0,77$ ; Dif. Média: 0,01 mL/kg/min.

♂ = meninos; ♀ = meninas; ACR: aptidão cardiorrespiratória; Dif. Média: diferença média; MS and PR: Medida e Prevista;  $\text{VO}_2$ max: consumo máximo de oxigênio;  $\text{VO}_2$ peak: consumo máximo de oxigênio; EPE: erro padrão de estimativa; %E: porcentagem de participantes que estavam dentro da medida de erro; SR-20m: teste *shuttle run* de 20 metros; PACER: Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run; SR-20m (AD): teste *shuttle run* de 20 metros adaptado.

**Tabela 4** Resumo dos estudos classificados como tendo qualidade moderada, com o objetivo de validar outros testes para estimar a aptidão cardiorrespiratória de crianças e adolescentes.

Autor	Teste	Principais resultados
Van Mechelen et al. <sup>24</sup>	Teste de caminhada de 6 minutos	A relação é de 0,76 para a amostra total. Teste de corrida de 6 min e o VO <sub>2</sub> pico foi $r=0,51$ para ♂, $r=0,45$ para ♀ e 0,63.
Buono et al. <sup>27</sup>	Corrida/caminhada de 1 milha; Teste do banco	$r=-0,73$ entre 1 milha e VO <sub>2</sub> máx; $r=0,48$ entre banco e VO <sub>2</sub> máx.
Anderson <sup>28</sup>	Teste de corrida de 1.600 m	$r=-0,83$ entre o tempo de corrida 1.600 m e VO <sub>2</sub> máx
Turley et al. <sup>32</sup>	Corrida/caminhada de 9 min.	A relação para testes e VO <sub>2</sub> pico (na bicicleta ergométrica), respectivamente: ♂ $r=0,65$ e $r=0,71$ ; ♀ $r=0,56$ e $r=0,48$ .
Cureton et al. <sup>33</sup>	Corrida/caminhada de 1 milha	$r=0,71$ ; EPE=4,8 mL/kg/min para a equação de previsão; $r=0,72$ ; EPE=4,8 mL/kg/min na validação cruzada.
McSwegin et al. <sup>36</sup>	Corrida/caminhada de 1 milha	$r=0,84$ ; EPE=4,50 mL/kg/min; EM=7,16 mL/kg/min; %E=38,6 para a equação de Dolgener; $r=0,80$ ; EPE=4,99 mL/kg/min; EM=5,17 mL/kg/min; %E=65,9 para a equação de Kline.
Rowland et al. <sup>37</sup>	Corrida/caminhada de 1 milha	$r=0,77$ entre VO <sub>2</sub> máx e velocidade de corrida.
Garcia et al. <sup>38</sup>	CAFT; Teste de banco	Equação modelo (4 dobras cutâneas) foi mais precisa. ♂: $r=0,83$ , EPE=6,0 mL/kg/min; ♀: $r=0,77$ , EPE=7,0 mL/kg/min.
Drinkard et al. <sup>39</sup>	Corrida/caminhada de 9-12 min	$r=0,63$ entre VO <sub>2</sub> máx e distância coberta em 9 min; $r=0,72$ entre VO <sub>2</sub> máx e distância coberta em 12 min.
Hui; Cheung <sup>41</sup>	Teste de 3 min - step cadências	$r=0,76$ ; $r=0,78$ e $r=0,72$ entre VO <sub>2</sub> pico MS e PR com teste de banco em cadências 22, 26 e 30 passos por min.
Li et al. <sup>42</sup>	Teste de caminhada de 6 min.	$r=0,44$ entre VO <sub>2</sub> máx e distância coberta em 6 min.
Andersen et al. <sup>44</sup>	Testes de Andersen	Distância pelo teste e pelo VO <sub>2</sub> máx: $r=0,68$ ; Após equação de regressão, VO <sub>2</sub> máx foi $r=0,84$ para o grupo todo.
Morinder et al. <sup>45</sup>	Teste de caminhada de 6 min.	Correlação entre a distância coberta em 6 min., e medida de VO <sub>2</sub> max foi $r=0,34$ .
Jacks et al. <sup>46</sup>	Teste YMCA	71% de variabilidade do VO <sub>2</sub> pico medido diretamente. A correlação com VO <sub>2</sub> pico MS e PR pelo teste YMCA foi $r=0,84$ .
Ahler et al. <sup>48</sup>	Testes de Andersen	A relação é VO <sub>2</sub> máx: $r=0,73$ ( $p<0,001$ ); $R^2=0,53$ ( $p<0,002$ ); Ajustada (sexo; massa corporal): $R^2=0,85$ ( $p<0,0002$ ).
Paludo et al. <sup>49</sup>	Corrida/caminhada de 9 min.	Correlação entre a distância coberta no teste e o VO <sub>2</sub> pico medido foi de $r=0,59$ para ♂ e $r=0,43$ para ♀.
Vanhelst et al. <sup>51</sup>	Caminhada de 6 min.	A relação entre a distância coberta em 6 minutos e VO <sub>2</sub> máx foi $r=0,22$ ( $p=0,026$ ).
Hamlin et al. <sup>52</sup>	Corrida de 550 m	Para a amostra total: $r=0,59$ ; Ajustada (massa corporal; maturação): $r=0,65$ , $R^2=0,418$ e EPE=0,55%.
Quinart et al. <sup>53</sup>	Corrida/caminhada de 9 min.	(Cooper): Dif. Média: 6,71 mL/kg/min. Equações recentes: Caminhada/corrida de 12 min.: $R^2=0,75$ ; Dif. Média: -0,10 mL/kg/min.

♂ = meninos; ♀ = meninas; ACR: aptidão cardiorrespiratória; Dif. Média: Diferença média; MS e PR: Medido e Previsto; VO<sub>2</sub>max: consumo máximo de oxigênio; VO<sub>2</sub>pico: consumo máximo de oxigênio; EPE: erro padrão de estimativa; %E: porcentagem de participantes que estavam dentro do erro da medida; CAFT: Canadian Aerobic Fitness Test.

## DISCUSSÃO

Após a verificação dos critérios de inclusão, elegibilidade e qualidade, 43 estudos foram analisados por completo. De todos os artigos analisados, 13 foram considerados de alta qualidade, e 30 de qualidade moderada (Tabelas 1 a 4), de acordo com os critérios adotados.<sup>8</sup> O teste mais analisado na literatura foi o SR-20 m, presente em 23 artigos (Tabelas 1 e 3),<sup>1,2-14,17-20,23-26,28-31,34,35,40,43,47,50,52,53</sup> que verificavam sua validade e foram incluídos na revisão. Depois, vieram os testes de distâncias entre 550 metros e 1 milha (1.600 metros), em 9 estudos,<sup>11,15,16,27,28,33,36,37,52</sup> seguido de testes de 6, 9 e 12 minutos, também em 9 estudos<sup>22,24,32,39,42,45,49,51,53</sup> e, finalmente, os protocolos de banco e novos protocolos representados em 7 artigos (Tabelas 2 e 4).<sup>21,27,38,41,44,46,48</sup>

### Shuttle run de 20 metros (SR-20 m)

Nossos resultados estão de acordo com aqueles de Castro-Piñero et al.<sup>8</sup>, que encontraram forte evidência de que o SR-20 m é válido para estimar a ACR em jovens. Porém, com relação ao desenvolvimento das equações para estimar o  $VO_2$  pico, alguns artigos recentes complementam esses resultados no que diz respeito à validação cruzada das equações disponíveis na literatura.<sup>18-20,23,47</sup> Na grande maioria dos estudos, a equação original proposta por Léger et al.<sup>25</sup> apresentou resultados com menor validade, com tendência a subestimar o  $VO_2$  pico, em comparação a modelos propostos depois. Porém, quando a análise foi estratificada de acordo com sexo, a equação de Léger et al.<sup>25</sup> produziu melhores estimativas de  $VO_2$  pico entre as meninas.<sup>18,20,23</sup>

Barnett et al.<sup>31</sup> se destacaram dentre as equações propostas, com forte evidência de validade; Matsuzaka et al.<sup>12</sup>, com evidência moderada; Ruiz et al.<sup>14</sup>, com evidência moderada; e Mahar et al.<sup>43,47</sup>, também com evidência moderada de validade, apesar de terem sido indicados pela FITNESSGRAM para estimar o  $VO_2$  pico no teste SR-20 m. Porém, é preciso ter cuidado ao interpretar os resultados da validação cruzada das equações mencionadas, já que, na maioria das vezes, os resultados foram satisfatórios em análises de grupo checadas pela ANOVA, pelo coeficiente de correlação linear e pela regressão linear simples, mas não quando verificadas no nível individual, por meio do acordo promovido pela análise de Bland e Altman em 1986, nem com relação à parcialidade e tendências. Assim, o pesquisador deve escolher a equação mais adequada de acordo com seu objetivo; análises de grupo ou individual.

### Testes de corrida e/ou caminhada em distâncias de 550 m a 1.600 m (1 milha)

Dentre os protocolos que consideram distâncias pré-estabelecidas, o teste de corrida/caminhada de 1 milha é o mais divulgado e analisado na literatura, sendo usado em um total de

5 artigos que estavam de acordo com os critérios de inclusão e elegibilidade desta revisão.<sup>16,27,28,33,37</sup>

Iniciativas de pesquisa de validação têm usado a equação de Cureton et al.<sup>33</sup> para estimar o  $VO_2$  pico no teste de 1 milha, e isso pode ser justificado por alguns fatores, como o uso de variáveis fáceis de acessar, apresentando menos erros intra e inter-avaliadores no modelo de regressão (tempo total do teste, sexo, idade e IMC), em comparação à equação de Buono et al.<sup>27</sup>, que usam a medida da espessura da pele em seu modelo. Este modelo é recomendado pela bateria de testes FITNESSGRAM para calcular o  $VO_2$  pico ao realizar o teste de 1 milha, verificando a ACR entre jovens.

Em relação aos testes com distâncias pré-estabelecidas, há evidência moderada para o teste de caminhada/corrida de 1 milha, e evidência limitada para protocolos da corrida de 550 metros, caminhada de 1 milha, teste submáximo de 1 milha, e corrida/caminhada de meia milha devido à falta de estudos que validem esses testes entre os jovens. A equação proposta por Cureton et al.<sup>33</sup> parece ser a melhor para estimar o  $VO_2$  pico no teste de corrida/caminhada de 1 milha, considerando que o nível de aptidão física dos indivíduos pode influenciar os resultados. Assim, nossos resultados estão de acordo com aqueles de Castro-Piñero et al.<sup>8</sup>, já que novas iniciativas para validar esses protocolos não foram identificadas na literatura.

### Testes de corrida/caminhada de 6, 9 e 12 minutos

No teste de caminhada de 6 minutos, houve evidência limitada de validade, com resultados inconsistentes nos estudos. Isso também foi demonstrado no teste de corrida de 6 minutos, sendo que somente uma análise testou sua validade.<sup>24</sup> Este fato pode ser explicado parcialmente pelas características do teste, como sua duração e tipo de esforço. Por outro lado, o teste de 9 minutos apresentou evidência de validade moderada. Quatro estudos investigaram a validade, e resultados favoráveis foram obtidos ( $r=0,43$  a  $0,71$ ).<sup>22,32,39,49</sup> Foi encontrada somente uma iniciativa para propor e validar uma equação que estimasse o  $VO_2$  pico no teste de 9 minutos, porém, apesar da alta qualidade do artigo, a classificação da evidência não foi possível devido à sua representação em estar presente em somente um estudo.<sup>22</sup>

Assim como os testes de corrida e caminhada de 6 minutos, o de 12 minutos também demonstrou evidência de validade limitada entre os jovens, representada somente em dois estudos de qualidade moderada que verificaram sua validade,<sup>39,53</sup> com somente uma equação proposta para estimar o  $VO_2$  pico com o teste de 12 minutos.<sup>53</sup> Assim, sugerimos outras iniciativas para verificar a validade de protocolos de campo em testes de corrida e/ou caminhada de 6 e 12 minutos, para promover resultados mais consistentes na população de crianças e adolescentes.

## Testes de banco máximos e submáximos e outros protocolos

Quatro estudos foram encontrados avaliando a validade do teste de banco; 3 eram máximos<sup>27,38,41</sup> e um submáximo,<sup>46</sup> com resultados favoráveis similares ( $r=0,48$  a  $r=0,84$ ). Duas equações propostas para estimar o  $VO_2$  pico com os testes de banco foram apresentadas,<sup>38,46</sup> com resultados considerados válidos para estimar a ACR. Porém, outras iniciativas de validação cruzada são necessárias para provar seu uso em populações diferentes. Assim, há evidência moderada de validade para o teste de banco, mas é importante ressaltar que os testes demonstraram diferenças, de acordo com o protocolo usado.

O protocolo de testes proposto por Andersen et al.<sup>44</sup> foi investigado em três artigos, dois com qualidade moderada<sup>44,48</sup> e um com alta qualidade.<sup>21</sup> Assim, obteve evidência moderada de validação, sem indicação para a equação estimar o  $VO_2$  pico pelo teste devido ao número limitado de artigos que verificaram a validade da equação original e a nova proposta.<sup>21,44</sup> Então, é preciso ter cuidado ao usar o teste de Andersen et al.,<sup>44</sup> já que foi destinado a uma pequena amostra de pessoas de 9 a 11 anos de idade, e, portanto, mesmo com moderada evidência de validade, necessita ser testado em amostras de outras idades antes de ser utilizado.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados nesta revisão sistemática, a conclusão é de que o teste SR-20 m aparentemente

é o mais adequado para avaliar a ACR entre os jovens, apresentando forte evidência de validade. A equação recomendada para estimar o  $VO_2$  pico com o teste SR-20 m é aquela proposta por Barnett et al.<sup>31</sup>, com forte evidência e validade, e, como alternativa, as propostas de Mahar et al.<sup>43</sup> e Mahar et al.<sup>47</sup>, devido à evidência moderada de validade, sendo recomendada pela bateria FITNESSGRAM para estimar o  $VO_2$  pico.

Como possível alternativa para avaliar a ACR, quando não for possível usar o teste SR-20 m, indica-se o teste de 1 milha, que demonstrou evidência moderada de validade, assim como a equação proposta por Cureton et al.<sup>33</sup> para estimar o  $VO_2$  pico usando o teste de 1 milha. Adicionalmente, pode-se utilizar também os testes de 9 minutos, banco e de Andersen et al.<sup>44</sup> que apresentaram moderada evidência de validade, porém, sem indicação de equações para estimativa do  $VO_2$  pico por meio desses testes até o momento.

## Financiamento

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

## Conflito de interesses

Os autores declararam não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

1. Ortega F, Ruiz J, Castillo M, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32:1-11.
2. Armstrong N. Aerobic fitness of children and adolescents. *J Pediatr*. 2006;82:406-8.
3. Blair SN, Wei M, Lee CD. Cardiorespiratory fitness determined by exercise heart rate as a predictor of mortality in the Aerobics Center Longitudinal Study. *J Sports Sci*. 1998;16 Suppl:S47-55.
4. Katzmarzyk PT, Church TS, Blair SN. Cardiorespiratory fitness attenuates the effects of the metabolic syndrome on all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Arch Intern Med*. 2004;164:1092-7.
5. Ruiz JR, Huybrechts I, Cuenca-García M, Artero EG, Labayen I, Meirhaeghe A, et al. Cardiorespiratory fitness an ideal cardiovascular health in European adolescents. *Heart*. 2015;101:766-73.
6. Anderssen SA, Cooper AR, Riddoch C, Sardinha LB, Harro M, Brage S, et al. Low cardiorespiratory fitness is a strong predictor for clustering of cardiovascular disease risk factors in children independent of country, age and sex. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007;14:526-31.
7. Anderson L, Hasselstrøm H, Grønfelt V, Hansen S, Karsten F. The relationship between physical fitness and clustered risk from adolescence to young adulthood: eight years follow-up in the Danish youth and Sport Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2004;1:6.
8. 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.
9. Grant JA, Joseph AN, Campagna PD. The prediction of  $VO_2$ max: a comparison of 7 indirect tests of aerobic power. *J Strength Cond Res*. 1999;13:346-52.
10. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *Ann Intern Med*. 2009;151:W65-94.
11. Hunt BR, George JD, Vehrs PR, Fisher AG, Fellingham GW. Validity of a submaximal 1-mile track jog test in predicting  $VO_2$ max in fit teenagers. *Pediatr Exerc Sci*. 2000;12:80-90.
12. 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.

13. 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.
14. Ruiz JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Piñero J, Benitez JM, Araujo-Azofra A, et al. Artificial neural network-based equation for estimating  $VO_2$ max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artif Intell Med.* 2008;44:233-45.
15. Castro-Piñero J, Ortega FB, Mora J, Sjöström M, Ruiz JR. Criterion related validity of 1/2 Mile run-walk test for estimating  $VO_2$ peak in children aged 6-17 years. *Int J Sports Med.* 2009;30:366-71.
16. Castro-Pinero J, Mora J, Gonzalez-Montesinos JL, Sjostrom M, Ruiz JR. Criterion-related validity of the one-mile run/walk test in children aged 8-17 years. *J Sports Sci.* 2009;27:405-13.
17. 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.
18. Melo X, Santa-Clara H, Almeida J, 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.
19. Silva G, Oliveira NL, Aires L, Mota J, Oliveira J, Ribeiro JC. Calculation and validation of models for estimating  $VO_2$ max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Arch Exerc Health Dis.* 2012;3:145-52.
20. 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.
21. Aadland E, Terum T, Mamen A, Andersen LB, Resaland GK. The Andersen aerobic fitness test: reliability and validity in 10-year-old children. *PLoS One.* 2014;9:e110492.
22. Paludo AC, Batista MB, Gobbo LA, Ronque ER, Petroski EL, Serassuelo Junior H. Development of equations to estimate the  $VO_2$ peak by the 9-minute test. *Rev Bras Med Esporte.* 2014;20:176-80.
23. Ernesto C, Silva FM, Pereira LA, de Melo GF. Cross validation of different equations to predict aerobic fitness by the shuttle run 20 meters test in Brazilian students. *J Exerc Physiol.* 2015;18:46-55.
24. Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HC. Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1986;55:503-6.
25. 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.
26. Boreham CA, Paliczka VJ, Nichols AK. A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *J Sports Med Phys Fitness.* 1990;30:19-23.
27. Buono MJ, Roby JJ, Micale FG, Sallis JF, Shepard WE. Validity and reliability of predicting maximum oxygen uptake via field tests in children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 1991;3:250-5.
28. Anderson GS. The 1600-m Run and Multistage 20-m Shuttle Run as Predictive Tests of Aerobic Capacity in Children. *Pediatr Exerc Sci.* 1992;4:312-8.
29. 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.
30. Mahoney C. 20-MST and PWC170 validity in non-Caucasian children in the UK. *Br J Sports Med.* 1992;26:45-7.
31. Barnett A, Chan LY, Bruce IC. 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. Turley KR, Wilmore JH, Simons-Morton B, Williston JM, Epping JR, Dahlstrom G. The reliability and validity of the 9-minute run in third-grade children. *Pediatr Exerc Sci.* 1994;6:178-87.
33. Cureton KJ, Sloniger MA, O'Bannon JP, Black DM, McCormack WP. A generalized equation for prediction of  $VO_2$ peak from 1-mile run/walk performance. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27:445-51.
34. McVeigh SK, Payne AC, Scott S. The reliability and validity of the 20-meter shuttle test as a predictor of peak oxygen uptake in Edinburgh school children, age 13 to 14 years. *PES.* 1995;7:69-79.
35. Naughton LM, Cooley D, Kearney V, Smith S. A comparison of two different shuttle run tests for the estimation of  $VO_2$ max. *J Sports Med Phys Fitness.* 1996;36:85-9.
36. McSwegin PJ, Plowman SA, Wolff GM, Guttenberg GL. The validity of a one-mile walk test for high school age individuals. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 1998;2:47.
37. Rowland T, Kline G, Goff D, Martel L, Ferrone L. One-mile run performance and cardiovascular fitness in children. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 1999;153:845-9.
38. Garcia AW, Zakrajsek JS. Evaluation of the Canadian aerobic fitness test with 10- to 15-year-old children. *Pediatr Exerc Sci.* 2000;12:300-11.
39. Drinkard B, McDuffie J, McCann S, Uwaifo GI, Nicholson J, Yanovski JA. Relationships between walk/run performance and cardiorespiratory fitness in adolescents who are overweight. *Phys Ther.* 2001;81:1889-96.
40. Pitetti KH, Fernhall B, Figoni S. Comparing two regression formulas that predict  $VO_2$ peak using the 20-M shuttle run for children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 2002;14:125-34.
41. Hui SS, Cheung PP. Comparison of the effects of three stepping cadences on the criterion-related validity of a step test in Chinese children. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2004;8:167-79.
42. Li AM, Yin J, Yu CC, Tsang T, So HK, Wong E, et al. The six-minute walk test in healthy children: reliability and validity. *Eur Respir J.* 2005;25:1057-60.
43. 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 Suppl 2:S34-46.
44. Andersen LB, Andersen TE, Andersen E, Anderssen SA. An intermittent running test to estimate maximal oxygen uptake: the Andersen test. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008;48:434.
45. Morinder G, Mattsson EV, Sollander C, Marcus C, Larsson UE. Six-minute walk test in obese children and adolescents: reproducibility and validity. *Physiother Res Int.* 2009;14:91-104.

46. Jacks DE, Topp R, Moore JB. Prediction of  $\text{VO}_2$  peak using a sub-maximal bench step test in children. *Clinical Kinesiology*. 2011;65:68-75.
47. 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 Suppl 2:S117-23.
48. Ahler T, Bendiksen M, Krstrup P, Wedderkopp N. Aerobic fitness testing in 6- to 9-year-old children: reliability and validity of a modified Yo-Yo IR1 test and the Andersen test. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:871-6.
49. Paludo AC, Batista MB, Serassuelo Júnior H, Cyrino ES, Ronque ER. Estimation of cardiorespiratory fitness in adolescents with the 9-minute run/walk test. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2012;14:401-8.
50. Scott SN, Thompson DL, Coe DP. The ability of the PACER to elicit peak exercise response in the youth. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45:1139-43.
51. Vanhelst J, Fardy PS, Salleron J, Béghin L. The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *Disabil Rehabil*. 2013;35:479-82.
52. 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.
53. Quinart S, Mougin 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  $\text{VO}_2$ . *J Sci Med Sport*. 2014;17:521-5.
54. 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*. 1997;102:602-12.
55. Kuipers H, Verstappen F, Keizer H, Geurten P, van Kranenburg G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *Int J Sports Med*. 1985;6:197-201.