

# APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA ASSOCIADA À GORDURA DE ADOLESCENTES: PONTO DE CORTE DO VO<sub>2MÁX</sub>

Cardiorespiratory fitness associated to teenagers' fat: VO<sub>2max</sub> cutoff point

Leandro Smouter<sup>a,\*</sup> , André de Camargo Smolarek<sup>a</sup> , William Cordeiro de Souza<sup>b</sup> , Valderi de Abreu de Lima<sup>c</sup> , Luis Paulo Gomes Mascarenhas<sup>a</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Associar o Consumo Máximo de Oxigênio (VO<sub>2máx</sub>) com o % de Gordura Corporal (%<sub>GC</sub>) e estabelecer o melhor ponto de corte do VO<sub>2máx</sub> para a previsão do %<sub>GC</sub> de risco em adolescentes.

**Métodos:** Estudo realizado com uma amostra de 979 sujeitos entre 10 e 18,8 anos, sendo 556 (56,8%) meninas. O protocolo *shuttle run* de 20 m determinou o VO<sub>2máx</sub> que foi analisado em quintil e escala numérica. Equações de dobras cutâneas determinaram o %<sub>GC</sub>, posteriormente classificado como risco à saúde/obesidade quando >25, para meninas, e >20, para meninos. Utilizou-se regressão — *Odds Ratio* (OR) e Curva Característica de Operação do Receptor (curva ROC) com  $\alpha < 5\%$ .

**Resultados:** Do total de casos válidos, 341 (65,6%) meninas e 202 (53,2%) meninos apresentaram %<sub>GC</sub> de risco, e constatou-se maior proporção do %<sub>GC</sub> de risco no 1º quintil do VO<sub>2máx</sub> para ambos os sexos. Houve associação inversa entre VO<sub>2máx</sub> e %<sub>GC</sub> de risco do 4º quintil (OR 1,84, IC95% 1,05–3,24) até o 1º quintil (OR 4,74, IC95% 2,44–9,19) para meninas, e do 2º quintil (OR 2,99, IC95% 1,48–6,00) até o 1º quintil (OR 5,60, IC95% 2,64–11,87) para meninos. Pontos de corte do VO<sub>2máx</sub> para previsão do %<sub>GC</sub> de risco  $\leq 40,9$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup> (*Area Under the Curve* (Área Sob a Curva) – AUC: 0,65;  $p < 0,001$ ) para meninas e  $\leq 44,8$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup> (AUC: 0,66;  $p < 0,001$ ) para meninos foram destaques analíticos.

**Conclusões:** VO<sub>2máx</sub> esteve associado inversamente ao %<sub>GC</sub>, e os pontos de corte do VO<sub>2máx</sub> para a previsão do %<sub>GC</sub> de risco são resultados importantes para ações de combate à obesidade precoce.

**Palavras-chave:** Obesidade pediátrica; Associação; Aptidão cardiorrespiratória; Curva ROC.

## ABSTRACT

**Objective:** To associate the Maximal Oxygen Uptake (VO<sub>2max</sub>) with body fat percentage (%BF), and to establish the best VO<sub>2max</sub> cutoff point for predicting risk %BF in teenagers.

**Methods:** This study was carried out with 979 subjects aged 10 to 18.8 years, 556 (56.8%) girls. The 20 m shuttle run protocol determined the VO<sub>2max</sub>, which was analyzed in quintiles and in a numeric scale. Cutaneous fold equations determined the %BF, later classified as risk to health/obesity when >25 in girls and >20 in boys. Regression method was used — *Odds Ratio* (OR) and Receiver Operating Characteristics Curve (ROC curve) with  $\alpha < 5\%$ .

**Results:** From the total number of valid cases, 341 (65.6%) girls and 202 (53.2%) boys presented %BF of risk, and a larger proportion of %BF of risk was observed in the 1st quintile of the VO<sub>2max</sub> for both genders. There was inverse association between VO<sub>2max</sub> and %BF of risk from the 4th quintile (OR 1.84, 95%CI 1.05–3.24) until the 1st quintile (OR 4.74, 95%CI 2.44–9.19) for girls, and from the 2nd quintile (OR 2.99, 95%CI 1.48–6.00) until the 1st quintile (OR 5.60, 95%CI 2.64–11.87) for boys. As analytic highlights, VO<sub>2max</sub> Cutoff points for prediction of %BF of risk were  $\leq 40.9$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup> (AUC: 0.65;  $p < 0.001$ ) for girls and  $\leq 44.8$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup> (AUC: 0.66;  $p < 0.001$ ) for boys..

**Conclusions:** VO<sub>2max</sub> was inversely associated to the %BF, and VO<sub>2max</sub> cutoff points for prediction of %BF of risk are important results to generate action to fight early obesity.

**Keywords:** Pediatric obesity; Association; Cardiorespiratory fitness; ROC curve.

\*Autor correspondente. E-mail: [leandrosmouter@hotmail.com](mailto:leandrosmouter@hotmail.com) (L. Smouter).

<sup>a</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade do Contestado, Canoinhas, SC, Brasil.

<sup>c</sup>Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Recebido em 28 de agosto de 2017; aprovado em 04 de dezembro de 2017; disponível on-line em 20 de dezembro de 2018.

## INTRODUÇÃO

No plano global, considerando países e territórios, há registro de elevação no acesso e na qualidade do cuidado da saúde pessoal entre 1990 e 2015.<sup>1</sup> No entanto, a prevalência de obesidade é um fator de preocupação mundial, pois cresce mais rápido do que o acesso ao cuidado da saúde pela população, chegando a estimativas alarmantes até o ano de 2030.<sup>1,2</sup> No topo da lista, Estados Unidos, com 65 milhões de casos, e Reino Unido, com 11 milhões, são as regiões que apresentam as maiores previsões de adultos obesos para o ano de 2030.<sup>2</sup> No curso da obesidade, prevê-se a elevação da carga de doenças cardiovasculares. Números entre 6 e 8,5 milhões de casos de diabetes e entre 5,7 e 7,3 milhões de casos de acidentes vasculares cerebrais são lócus de destaque, e o mesmo se estende às demais regiões do globo.<sup>2</sup>

Especificando-se nas Américas, a preocupação com o número crescente de adultos obesos projetado para os próximos anos é evidente.<sup>3</sup> Acordos entre países da América do Norte e elaboração de políticas na América Latina são ações evidenciadas em prol do combate à obesidade precoce no adolescente.<sup>4,5</sup> Isso porque a obesidade é um fator de risco modificável, que se inicia principalmente na adolescência, fase na qual o desequilíbrio nas taxas de gordura corporal começa a ocorrer.<sup>6</sup> Grande parte dos adultos de 2030 é adolescente hoje, portanto o controle da gordura corporal abaixo do nível de risco à saúde é imprescindível nessa fase.

Uma pesquisa de acompanhamento prospectivo por 26 anos com 770 sujeitos, de 5 a 20 anos de idade, revelou que a taxa de triglicérides elevada na adolescência ocasionou eventos cardiovasculares e índices de diabetes melito tipo II aumentados na vida adulta, e o triglicéride é um importante componente da taxa de gordura corporal.<sup>7</sup> Evidencia-se também que adolescentes com % de Gordura Corporal ( $\%_{GC}$ ) acima do nível de risco à saúde apresentam 2,2 vezes mais chance de desenvolverem complicações cardiovasculares.<sup>8</sup>

A adolescência é caracterizada por transformações morfológicas, fisiológicas e comportamentais influenciadas por fatores exógenos, como físico, social e ambiental.<sup>9</sup> A Aptidão Cardiorrespiratória (ACR) aumenta naturalmente à medida que o tempo avança na adolescência, e se estende por um prazo maior nos meninos.<sup>10</sup> Entretanto, as transformações características da adolescência são irregulares e contribuem para que o aumento natural da ACR não se sustente de forma adequada em alguns indivíduos, que desenvolvem e mantêm a ACR insuficiente e o  $\%_{GC}$  excessivo, os quais, se combinados, podem levar à obesidade.<sup>10</sup>

A ACR baseada no Consumo Máximo de Oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) e o  $\%_{GC}$  são importantes marcadores da saúde.<sup>11</sup> Embora a chance de apresentar  $\%_{GC}$  de risco para a saúde seja 3,2 vezes maior em adolescentes com  $VO_{2m\acute{a}x}$  considerado baixo,<sup>12</sup> pontos de corte precisos do  $VO_{2m\acute{a}x}$  para a previsão do  $\%_{GC}$  de risco ainda não estão bem definidos nesse estrato etário. Assim, o objetivo do

presente estudo foi associar o  $VO_{2m\acute{a}x}$  com o  $\%_{GC}$  e estabelecer o melhor ponto de corte do  $VO_{2m\acute{a}x}$  para a previsão do  $\%_{GC}$  considerado como risco à saúde/obesidade em adolescentes.

## MÉTODO

Estudo transversal de base escolar desenvolvido entre os anos 2010 e 2012. Participaram 979 sujeitos de 10 a 18,8 anos da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil, sendo 556 (56,8%) meninas e 423 (43,2%) meninos. Realizou-se a seleção em três etapas:

- Análise por conglomerado, pela qual se selecionou cinco regiões do município (norte, sul, leste, oeste e central).
- Probabilística aleatória simples, pela qual se elegeu 12 escolas, considerando as regiões pré-selecionadas.
- Seleção dos participantes correspondentes a cada instigação elegível de forma aleatória.

Além disso, consideraram-se quatro critérios de exclusão: comprometimento físico interferente na avaliação da ACR; uso de fármacos aceleradores da perda de gordura; ausência de consentimento de participação; e idade cronológica fora da faixa entre 10 e 19 anos.

Além da idade cronológica para o cálculo da ACR, as variáveis sexo e maturação biológica foram avaliadas e controladas, haja vista sua influência no  $VO_{2m\acute{a}x}$  e no  $\%_{GC}$  durante a adolescência.<sup>13</sup> A idade foi identificada com base na data de nascimento nos registros escolares dos participantes. Os registros também forneceram informações do primeiro fator controlado: sexo (feminino ou masculino). Para o controle do sexo nas análises, realizaram-se e apresentaram-se resultados separados por sexo.

Os critérios de Tanner<sup>14</sup> foram considerados para o segundo fator controlado: maturação biológica, caracterizada como  $MB_{TANNER}$ . Para avaliá-la, adotou-se o procedimento de autoavaliação do(a) participante, no qual imagens preestabelecidas por Tanner<sup>14</sup> foram apresentadas aos sujeitos; a autoanálise e a indicação do estágio (I, II, III, IV ou V) em que se encontravam no momento eram realizadas pelos participantes. Em seguida, os estágios foram reagrupados, segundo Tanner,<sup>14</sup> em pré-púbere (estágio I), púbere (estágios II, III e IV), e pós-púbere (estágio V), formando assim um fator com três níveis, considerado em cálculos e análises.

As variáveis antropométricas avaliadas foram: Estatura (EST), Massa Corporal (MC), Dobra Cutânea Tricipital (DCTR) e Dobra Cutânea Subescapular (DCSE). Para quantificar a EST em metros (m), o participante se posicionou de acordo com o plano de Frankfurt, sem utilizar calçado, em um estadiômetro portátil WCS® (Curitiba, Paraná, Brasil) com precisão de 0,1 cm, sendo a média aritmética de duas mensurações invariáveis a 0,2 cm o valor final da EST.<sup>15</sup> A MC foi quantificada em

quilograma (kg); para isso, o participante, sem utilizar calçado e com roupa leve, posicionou-se na plataforma de uma balança digital PLENA® (Bom Retiro, São Paulo, Brasil) com precisão de 100 g, sendo a média aritmética de duas mensurações invariáveis a 0,2 kg o valor final da MC.<sup>15</sup> Para a quantificação da DCTR e da DCSE em milímetros (mm), utilizou-se os pontos de reparo anatômico do protocolo de Slaughter et al.<sup>16</sup> para o posicionamento de um plicômetro CESCORF® (Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil) com precisão de 0,1 mm, sendo a média aritmética de três mensurações invariáveis a 0,2 mm para cada dobra os valores finais da DCTR e da DCSE.

A ACR foi avaliada por meio do  $VO_{2\text{máx}}$  com o protocolo de campo *shuttle run* de 20 m (corrida de vai e vem de 20 m) de Léger e Lambert.<sup>17</sup> Esse protocolo avalia o  $VO_{2\text{máx}}$  de forma indireta por meio do estágio de condicionamento do sujeito. Mais detalhes do teste podem ser obtidos em outro estudo.<sup>18</sup> Em suma, os sujeitos se deslocavam para frente e para trás em um curso de 20 m na quadra poliesportiva, sendo cada deslocamento comandado por um sinal sonoro que iniciou em 8,5 km/h e se elevou a 0,5 km/h em cada estágio. À medida que o sujeito não conseguiu mais acompanhar o ritmo, o último deslocamento completo foi considerado para determinar o estágio de referência no cálculo do  $VO_{2\text{máx}}$  com a seguinte Equação 1:

$$VO_{2\text{máx}} = 31,025 + (3,238 \times A) - (3,248 \times B) + 0,1536 (B \times A) \quad (1)$$

Onde:

A: velocidade no último estágio;

B: idade, em anos.

O protocolo de Léger e Lambert<sup>17</sup> é um estimador fidedigno do  $VO_{2\text{máx}}$  em adolescentes; foi comparado com o método padrão-ouro analisador de gases em pesquisa<sup>19</sup> de validade ( $r=0,93$ ) e em estudo<sup>20</sup> de reavaliação por metanálise ( $r_p=0,78$ ). O valor estimado do  $VO_{2\text{máx}}$  pode ser apresentado em litros por minuto (L/min) ou de forma relativa à MC do sujeito, em mililitros por quilograma por minuto ( $\text{mL}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ ). Preconizando exatidão, foi utilizada a unidade  $\text{mL}/\text{kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$ .<sup>17</sup> Além disso, o  $VO_{2\text{máx}}$  foi analisado na divisão por cinco grupos equilibrados (quartil) e em escala numérica, respeitando assim os critérios dos métodos analíticos empregados.

Para o cálculo do  $\%_{\text{GC}}$ , utilizou-se o valor da DCTR e da DCSE, bem como valores próprios para cada estágio da  $MB_{\text{TANNER}}$ , conforme Slaughter et al.,<sup>16</sup> na seguinte equação 2:

$$\%_{\text{GC}} = \begin{cases} \text{Pré-púbere} & [1,21 (DCTR+DCSE) - 0,008 (DCTR+DCSE)^2 - 1,7 \\ \text{Púbere} & [1,21 (DCTR+DCSE) - 0,008 (DCTR+DCSE)^2 - 3,4 \\ \text{Pós-púbere} & [1,21 (DCTR+DCSE) - 0,008 (DCTR+DCSE)^2 - 5,5 \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

DCTR: Dobra Cutânea Tricipital;

DCSE: Dobra Cutânea Subescapular.

Em adolescentes, as equações de Slaughter et al.<sup>16</sup> apresentam ótima correlação ( $r=0,90$ ) com o método padrão-ouro para a avaliação do  $\%_{\text{GC}}$  — *Dual Energy X-Ray Absorptiometry*,<sup>21</sup> não ocasionam inflação econômica à pesquisa e são recomendadas para essa faixa etária.<sup>22</sup>

Os valores de corte específicos para idade e sexo estudados por Lohman,<sup>23</sup> e recentemente também considerados por Pelegrini et al.,<sup>6</sup> foram utilizados na classificação do  $\%_{\text{GC}}$ , sendo considerados risco à saúde/obesidade valores  $>25$  para meninas e  $>20$  para meninos.

Para tabular os dados com dupla digitação, utilizaram-se o *software* Microsoft Office Excel®, versão 2010 (Redmond, Washington, Estados Unidos), e o *software* MedCalc®, versão 11.3 (Oostende, Flandres Ocidental, Bélgica), para procedimentos analíticos. Indicadores descritivos de média, desvio padrão, mediana, valor mínimo, valor máximo, frequência absoluta, frequência relativa e quintil foram empregados. Aplicaram-se dois métodos analíticos: regressão logística binária — *Odds Ratio* (OR), com correção da  $MB_{\text{TANNER}}$  em bloco; e Curva Característica de Operação do Receptor (curva ROC). Todas as análises consideraram  $\alpha < 5\%$ .

Termos de consentimento livre e esclarecido e de assentimento livre e esclarecido foram respectivamente utilizados para anuência dos responsáveis legais pelos participantes do estudo e dos voluntários da pesquisa. Todos os cuidados éticos previstos na Resolução nº 196/1996, vigente no período do estudo, atual Resolução nº 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde brasileiro, foram observados. O estudo obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Paraná, deferida sob o Parecer nº 0137.0.208.000-07.

## RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir correspondem aos 900 casos válidos, 520 (57,7%) do sexo feminino e 380 (43,3%) do sexo masculino. Dessa forma, 79 indivíduos (8,0%) foram considerados perdas, uma vez que havia dados faltantes imprescindíveis às análises. A idade média foi de  $13,7 \pm 2,1$  e de  $13,9 \pm 2,0$  anos para meninas e meninos, respectivamente. Os resultados descritivos, conforme as variáveis estudadas e o sexo, são apresentados pela Tabela 1.

Para o sexo feminino, 341 (65,6%) indivíduos apresentaram  $\%_{\text{GC}}$  de risco; já para o sexo masculino, esse desfecho ocorreu em 202 (53,2%) casos. Houve maior proporção do  $\%_{\text{GC}}$  de risco no 1º quintil do  $VO_{2\text{máx}}$ , bem como menor

frequência no 5º quintil para os dois sexos. Na Figura 1, são apresentados resultados do  $\%_{GC}$ , considerando categorias inferior e superior ao critério de risco à saúde, conforme o quintil do  $VO_{2máx}$ .

Os modelos de regressão obtiveram ajustes significativos, tanto para o sexo feminino (Wald: 27,9;  $p < 0,001$ ) quanto para o sexo masculino (Wald: 25,9;  $p < 0,001$ ). Para meninas, a OR para  $\%_{GC}$  de risco se elevou significativamente à medida que o  $VO_{2máx}$  se reduziu, sendo que essa tendência ocorreu do 4º quintil (OR 1,84, IC95% 1,05–3,24) até o 1º quintil (OR 4,74, IC95% 2,44–9,19). Para meninos, esse desfecho se repetiu, porém apenas do 2º quintil (OR 2,99, IC95% 1,48–6,00) até o 1º quintil (OR 5,60, IC95% 2,64–11,87). Na Figura 2, são apresentados os resultados das regressões.

Os pontos de corte do  $VO_{2máx}$  concordaram com as análises de regressão, isto é, o ponto de corte  $\leq 40,9$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup> obtido na curva ROC para o sexo feminino está dentro do quintil no qual a OR passou a ser significativa para esses sujeitos. Esse desfecho também ocorreu para o sexo masculino, uma vez que o ponto de corte foi  $\leq 44,8$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>. Na Figura 3, são apresentados resultados das análises de curva ROC com pontos de corte do  $VO_{2máx}$  para a previsão do  $\%_{GC}$  de risco à saúde.

## DISCUSSÃO

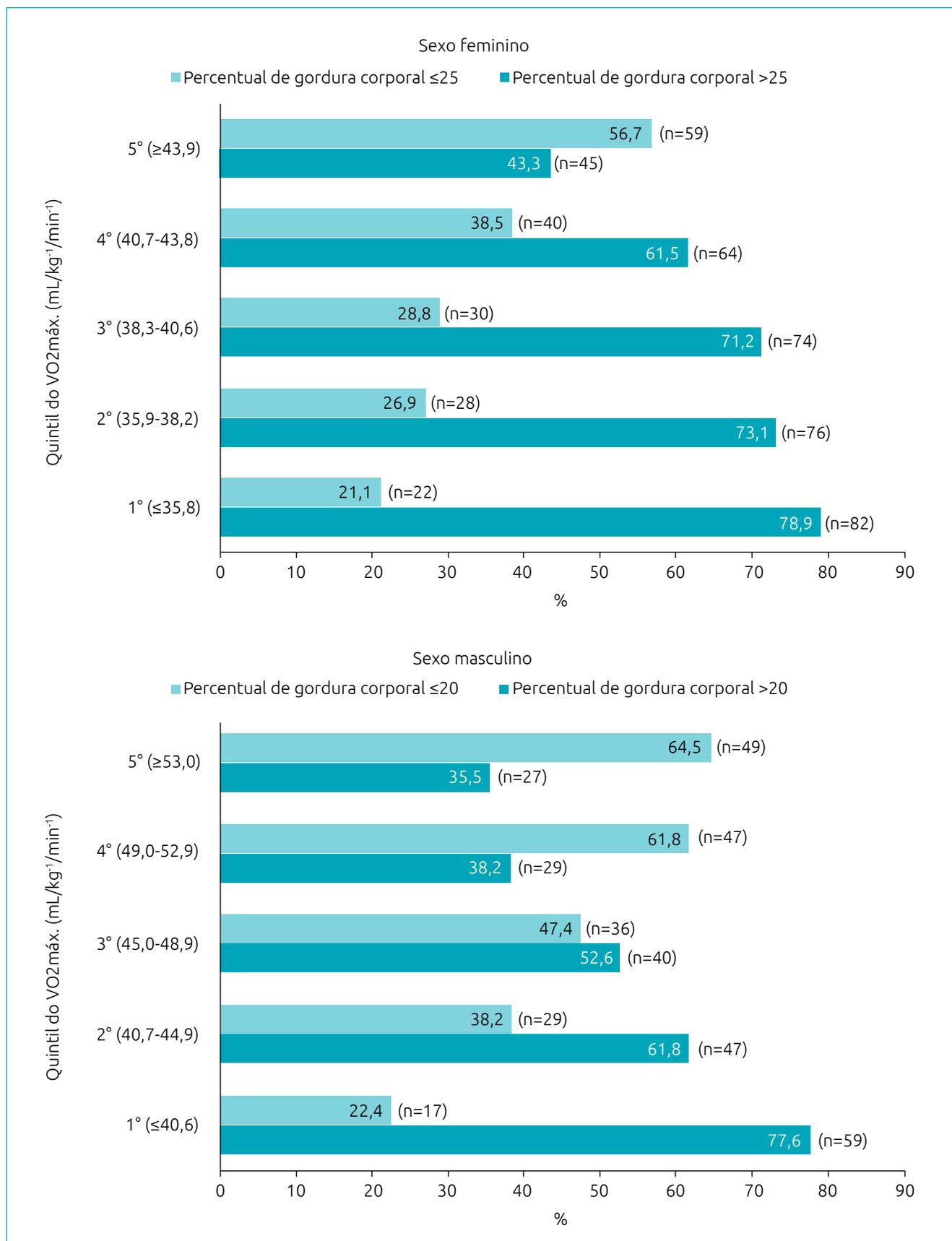
O presente estudo contribuiu para a evidência de associação inversa (+ $VO_{2máx}$  = -chance do  $\%_{GC}$  de risco) entre  $VO_{2máx}$  e  $\%_{GC}$  em adolescentes. Ressalta-se que, embora a associação tenha ocorrido em ambos os sexos, nas meninas, ela se apresentou dois quintis antes do que nos meninos, implicando, do ponto de vista clínico-funcional, em valores de corte para  $VO_{2máx}$  diferentes entre os sexos. Dessa forma, o melhor ponto de corte do  $VO_{2máx}$  para previsão do  $\%_{GC}$  de risco na curva ROC foi menor para as meninas.

Para explicar a associação inversa entre  $VO_{2máx}$  e  $\%_{GC}$  em quintis do  $VO_{2máx}$  diferentes para meninas e meninos, pode-se sugerir que, na adolescência, exista maior propensão ao déficit nutricional de ferro em meninas do que em meninos,<sup>24</sup> e como esse tipo de déficit impacta negativamente no transporte de oxigênio pelo organismo, a ACR seria reduzida nas meninas.<sup>25</sup> Em segundo lugar, evidencia-se que o  $\%_{GC}$  em meninas é superior ao dos meninos nesta faixa etária devido a diferenças metabólicas decorrentes do processo de maturação biológica.<sup>26</sup> Dessa forma, esses dois fatos também corroboram o resultado do  $VO_{2máx}$  inferior para as meninas, bem como do  $\%_{GC}$  inferior para os meninos (Tabela 1), indicando concordância com a literatura.<sup>24-26</sup>

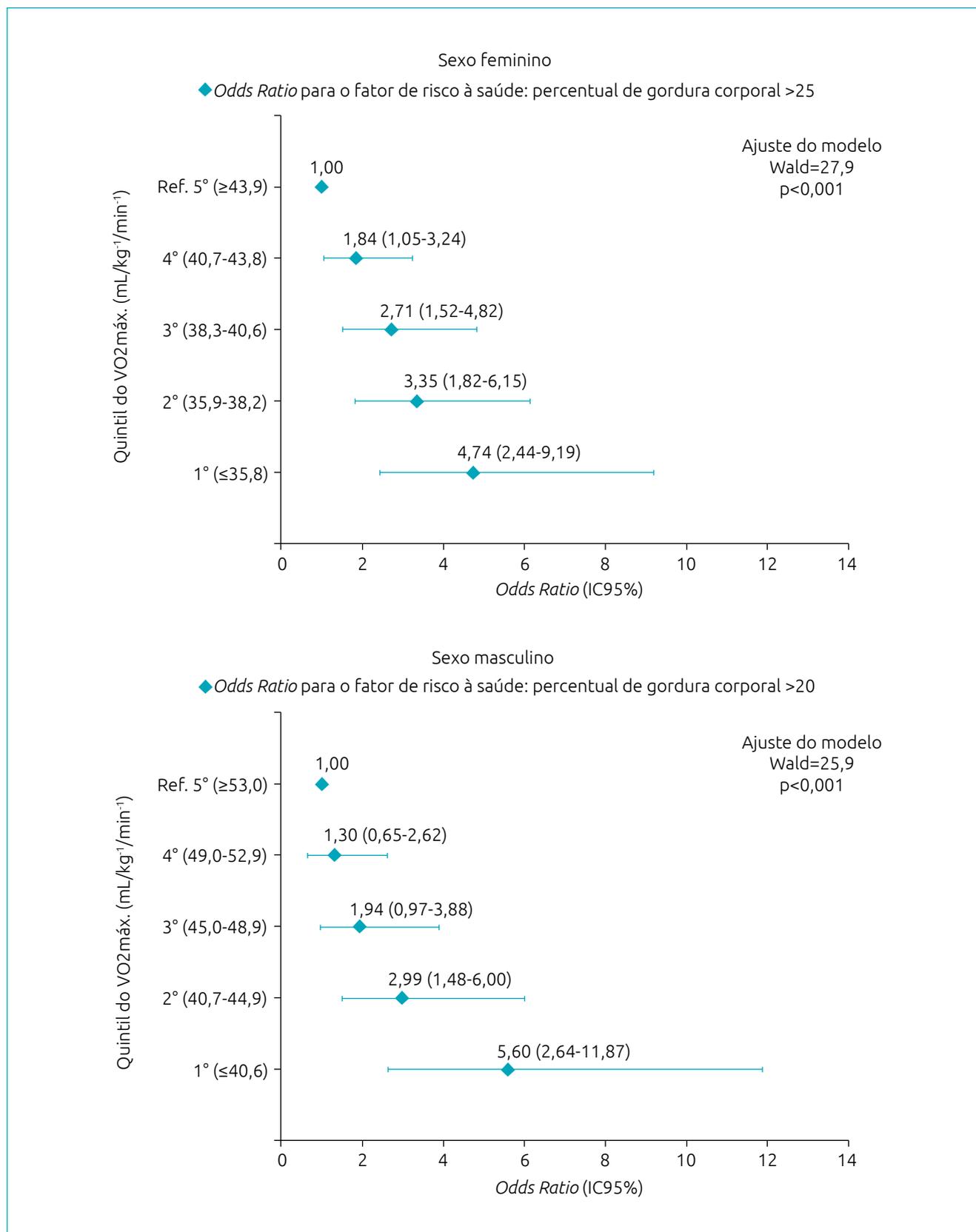
**Tabela 1** Dados descritivos das variáveis estudadas de acordo com o sexo dos adolescentes.

Variável	Sexo							
	Feminino (n=520)				Masculino (n=380)			
	$\bar{X} \pm DP$	Md	Mín.	Máx.	$\bar{X} \pm DP$	Md	Mín.	Máx.
Idade (anos)	13,7±2,1	13,6	10	18,8	13,9±2,0	13,9	10,3	18,4
MB <sub>TANNER</sub> *	3,4±0,9	4	1	5	3,4±1,0	4	1	5
EST (m)	1,56±0,08	1,56	1,27	1,82	1,62±0,14	1,63	1,31	1,96
MC (kg)	50,5±11,7	49,8	24,9	96,5	54,4±15,1	54,3	25,7	123,9
DCTR (mm)	15,0±5,3	14,0	5,6	34,0	11,0±5,4	9,6	4,3	31,3
DCSE (mm)	12,3±6,5	10,5	4,5	45,3	9,9±6,6	7,8	4,1	46,5
GC (%)	30,0±9,1	27,9	14,7	65,5	23,3±9,3	20,5	11,3	71,3
$VO_{2máx}$ **	39,5±5,2	39,3	20,2	65,0	46,8±7,1	46,8	26,8	65,6
$VO_{2máx}$ (quintis)								
1º quintil**	32,4±2,9	33,3	20,2	35,8	36,8±3,0	37,4	26,8	40,6
2º quintil**	36,8±0,7	36,9	35,9	38,2	43,0±1,2	43,3	40,7	44,9
3º quintil**	39,3±0,7	39,3	38,3	40,6	46,8±1,1	46,8	45,0	48,9
4º quintil**	42,0±0,8	42,0	40,7	43,8	50,7±1,0	50,9	49,0	52,9
5º quintil**	46,8±3,4	45,7	43,9	65,0	56,7±3,0	56,4	53,0	65,6

$\bar{x}$ : média aritmética; DP: desvio padrão; Md: mediana; Mín.: valor mínimo; Máx.: valor máximo; MB<sub>TANNER</sub>: maturação biológica; EST: Estatura; MC: Massa Corporal; DCTR: Dobra Cutânea Tricipital; DCSE: Dobra Cutânea Subescapular; GC: Gordura Corporal;  $VO_{2máx}$ : Consumo Máximo de Oxigênio; \*estágio de Tanner; \*\*mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>.



**Figura 1** Análise descritiva do % de Gordura Corporal inferior e superior ao nível de risco à saúde, conforme o quintil do Consumo Máximo de Oxigênio e de acordo com o sexo dos adolescentes.



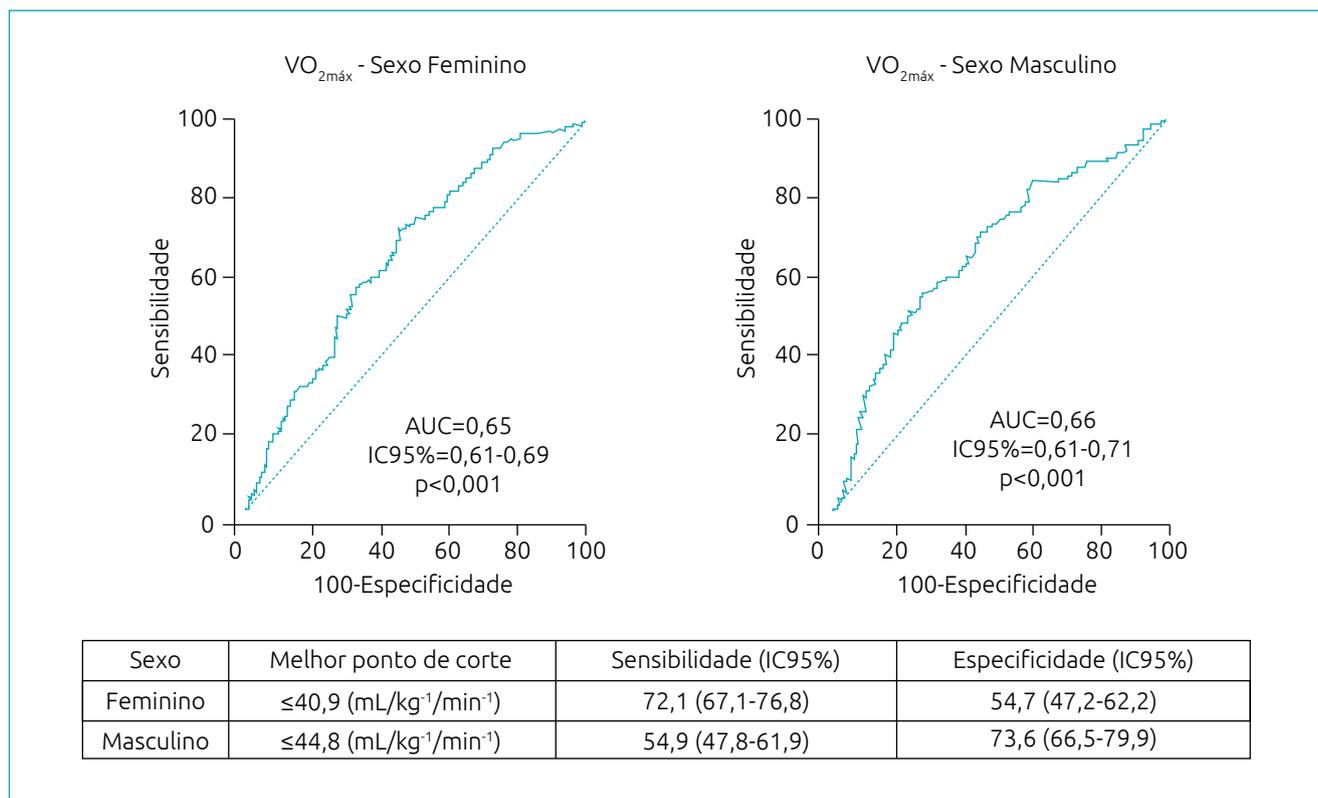
**Figura 2** Odds Ratio com intervalo de confiança de 95% para o % de Gordura Corporal de risco à saúde em adolescentes, segundo o quintil do Consumo Máximo de Oxigênio e após o ajuste por estágio da maturação biológica na análise de regressão logística binária.

O  $VO_{2\text{máx}}$  se apresentou significativamente associado ao  $\%_{\text{GC}}$  de risco primeiro nas meninas, ou seja, os sujeitos entram na fase da adolescência e o  $VO_{2\text{máx}}$  tende a cair e o  $\%_{\text{GC}}$  a aumentar antes nas meninas do que nos meninos (Figura 1). De tal modo, a OR vem apenas apontar qual é o quintil mais específico em que essas associações ocorrem (Figura 2), principalmente nos meninos, pois a associação inversa entre  $VO_{2\text{máx}}$  e  $\%_{\text{GC}}$  de risco para meninas já foi evidenciada em uma pesquisa específica para esse sexo.<sup>27</sup> Assim, os dados apresentados pelo presente estudo concordam com tal pesquisa, além de acrescentar que, para meninos, também há essa associação.

Nas análises de regressão, os valores do  $VO_{2\text{máx}}$  passam a elevar a OR para  $\%_{\text{GC}}$  de risco em valores próximos nos dois sexos, mas em limítrofes de quintis diferentes (Figura 2), isto é, quando atingem valores  $<43,8 \text{ mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$  (4º quintil) para as meninas e  $<44,9 \text{ mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$  (2º quintil) para os meninos. Esse fato revela que o determinante da discrepância de quintis, nos quais a OR passa a ser significativa entre os dois sexos, são as características fisiológicas e morfológicas, uma vez que os valores do  $VO_{2\text{máx}}$  são semelhantes; e a associação ocorre antes nas meninas, porque a propensão de ganho de tecido adiposo é superior nelas em relação aos meninos, quando há perda na ACR nessa faixa etária.<sup>28</sup>

Em outro estudo, constataram-se valores descritivos de média para  $VO_{2\text{máx}}$  de 41,1 e de 44,2  $\text{mL/kg}^{-1}/\text{min}^{-1}$  para meninas e meninos, respectivamente.<sup>26</sup> Esses dois valores estão próximos dos dois pontos de corte estabelecidos na curva ROC para valores de previsão do  $\%_{\text{GC}}$  de risco para meninas e meninos no presente estudo (Figura 3). Assim, a pesquisa anteriormente abordada<sup>26</sup> contribui para ressaltar a precisão dos valores encontrados nas duas curvas ROC do presente estudo, uma vez que os autores<sup>26</sup> também avaliaram o  $\%_{\text{GC}}$  com o protocolo de Slaughter et al.<sup>16</sup> e, na ocasião, encontraram valores descritivos médios de 25,0% em meninas e de 20,0% em meninos, exatamente os valores de corte adotados no presente estudo para  $\%_{\text{GC}}$  considerado risco à saúde.

Hormônios sexuais endógeno-atuantes na adolescência, por consequência, também podem influenciar na constituição periférica dos tecidos. Os hormônios estrogênio e testosterona são produzidos pelos dois sexos, mas de forma díspar.<sup>13</sup> Por um lado, há maior produção de estrogênio no sexo feminino; sendo ele um facilitador para o depósito de tecido adiposo, a concentração de gordura em meninas se eleva.<sup>13</sup> Por outro lado, há maior produção de testosterona no sexo masculino, sendo ele um determinante para o desenvolvimento natural da massa muscular, a concentração de massa músculo-esquelética tende a ser maior nos meninos.<sup>13</sup> Dessa forma, eles apresentam maior  $VO_{2\text{máx}}$  do que elas nessa faixa



**Figura 3** Análise de curva ROC, de acordo com o sexo, e melhor ponto de corte do Consumo Máximo de Oxigênio para a previsão do % de Gordura Corporal acima do nível de risco à saúde de adolescentes.

etária, porque o  $VO_{2\text{máx}}$  é aumentado com o ganho de massa muscular. Esse é um fato que colabora para o ponto de corte obtido na curva ROC ser maior para os meninos (Figura 3).

O  $VO_{2\text{máx}}$  insuficiente e o  $\%_{\text{GC}}$  de risco estão associados à inflamação de baixo grau na parede arterial em adolescentes.<sup>29</sup> A inflamação de baixo grau produzida por proteína C-reativa (PCR) e citocina interleucina-6 (IL-6) é um preditor de risco para patologias cardiovasculares.<sup>29</sup> O princípio dessa afirmativa é o de que a inflamação de baixo grau ocasionada por PCR e IL-6 exerce a função de mediadora entre obesidade, inflamação, resistência à insulina e doenças cardiovasculares.<sup>29,30</sup>

Nesse sentido, o  $\%_{\text{GC}}$  abaixo do valor de risco à saúde ajuda a controlar a inflamação de baixo grau na parede arterial, ou seja, contribui para evitar a ação inflamatória da PCR e da IL-6 que, consequentemente, não atuando, evitam doenças cardiovasculares. No entanto, o  $VO_{2\text{máx}}$  assume dupla função no processo. De um lado, a sua elevação ajuda a inibir a inflamação por PCR e IL-6 na parede arterial.<sup>29</sup> De outro se constatado em valores inferiores aos pontos de corte apresentados pelo presente estudo (Figura 3), também auxilia na previsão do  $\%_{\text{GC}}$  de risco, e pode ser considerado um alerta para o controle da obesidade precoce em adolescentes.

Manter o  $\%_{\text{GC}}$  abaixo do nível de risco à saúde é importante para evitar a obesidade precoce, e o  $VO_{2\text{máx}}$ , em níveis adequados, contribui para isso. Atividades que acarretam manutenção e elevação do  $VO_{2\text{máx}}$ , como exercício físico e atividade física regular, são essenciais. Além disso, profissionais envolvidos com práticas corporais de adolescentes poderão utilizar os pontos de corte do  $VO_{2\text{máx}}$  obtidos no presente estudo (Figura 3) para alertar os jovens sobre o risco de estarem suscetíveis ao desequilíbrio nas taxas de gordura corporal, uma vez que o protocolo de campo *shuttle run* é viável à prática diária.

Algumas limitações do estudo devem ser apontadas: a primeira é que as variáveis  $VO_{2\text{máx}}$  e  $\%_{\text{GC}}$  foram estudadas de forma indireta. A segunda é que o  $VO_{2\text{máx}}$  foi calculado com base na avaliação máxima, diferentemente de estudos nos quais são consideradas avaliações submáximas. E a terceira é que os valores dos pontos de corte estabelecidos para o  $VO_{2\text{máx}}$  na presente pesquisa (Figura 3) são válidos exclusivamente para adolescentes.

O número de casos estudados esteve em bom volume para estabelecer pontos de corte do  $VO_{2\text{máx}}$ , mas pesquisas para aprimorá-los e corroborá-los na previsão do  $\%_{\text{GC}}$  de risco com medidas diretas serão necessárias para avaliar possíveis divergências não passíveis de controle nos métodos indiretos. Dimensionar a proporção da redução do  $\%_{\text{GC}}$  com a elevação do  $VO_{2\text{máx}}$  e por quanto tempo o  $VO_{2\text{máx}}$  precisa ser mantido para que o processo de oxidação da gordura melhore também serão desafios às pesquisas futuras.

Como conclusão, o  $VO_{2\text{máx}}$  esteve inversamente associado ao  $\%_{\text{GC}}$  em meninas e meninos. O ponto de corte do  $VO_{2\text{máx}}$  para a previsão do  $\%_{\text{GC}}$  de risco à saúde se evidenciou inferior para as meninas ( $\leq 40,9$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>) em relação aos meninos ( $\leq 44,8$  mL/kg<sup>-1</sup>/min<sup>-1</sup>). Esses resultados são importantes para a efetivação do intercâmbio de informações relevantes entre diferentes nações para a elaboração de programas, diretrizes e práticas promissoras para o combate à obesidade precoce, uma vez que o controle da obesidade é apontado como uma das prioridades no campo da saúde.

## Financiamento

O estudo não recebeu financiamento.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## REFERÊNCIAS

1. Barber RM, Fullman N, Sorensen RJ, Bollyky T, McKee M, Nolte E, et al. Healthcare Access and Quality Index based on mortality from causes amenable to personal health care in 195 countries and territories, 1990–2015: a novel analysis from the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet*. 2017;390:231-66.
2. Wang YC, McPherson K, Marsh T, Gortmaker SL, Brown M. Health and economic burden of the projected obesity trends in the USA and the UK. *Lancet*. 2011;378:815-25.
3. Burwell S, Philpott J, Robles JN. Unidos para reducir la obesidad infantil en América del Norte. *Rev Panam Salud Publica*. 2016;40:78-9.
4. Rabadán-Diehl C, Safdie M, Rodin R; Trilateral Working Group on Childhood Obesity. Canada-United States-Mexico Trilateral Cooperation on Childhood Obesity Initiative. *Rev Panam Salud Publica*. 2016;40:80-4.
5. Tirado MC, Galicia L, Husby HM, Lopez J, Olamendi S, Chaparro MP, et al. Mapping of nutrition and sectoral policies addressing malnutrition in Latin America. *Rev Panam Salud Publica*. 2016;40:114-23.
6. Pelegrini A, Silva DA, Silva JM, Grigollo L, Petroski EL. Anthropometric indicators of obesity in the prediction of high body fat in adolescents. *Rev Paul Pediatr*. 2015;33:56-62.
7. Morrison JA, Glueck CJ, Woo JG, Wang P. Risk factors for cardiovascular disease and type 2 diabetes retained from childhood to adulthood predict adult outcomes: the Princeton LRC Follow-up Study. *Int J Pediatr Endocrinol*. 2012;2012:6.
8. Olafsdottir AS, Torfadottir JE, Arngrimsson SA. Health behavior and metabolic risk factors associated with normal weight obesity in adolescents. *PLoS One*. 2016;11:e0161451.

9. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85:660-7.
10. Alberga AS, Sigal RJ, Goldfield G, Prud'homme D, Kenny GP. Overweight and obese teenagers: why is adolescence a critical period? *Pediatr Obes.* 2012;7:261-73.
11. Rizzo NS, Ruiz JR, Hurtig-Wennlöf A, Ortega FB, Sjöström M. Relationship of physical activity, fitness, and fatness with clustered metabolic risk in children and adolescents: the European youth heart study. *J Pediatr.* 2007;150:388-94.
12. Silva DA, Monteiro Teixeira D, Oliveira G, Petroski EL, Farias JM. Aerobic fitness in adolescents in southern Brazil: Association with sociodemographic aspects, lifestyle and nutritional status. *Rev Andal Med Deport.* 2016;9:17-22.
13. Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Gutiérrez A, Sjöström M. Cardiovascular fitness in adolescents: the influence of sexual maturation status-the AVENA and EYHS studies. *Am J Hum Biol.* 2007;19:801-8.
14. Tanner JM. Normal growth and techniques of growth assessment. *Clin Endocrinol Metab.* 1986;15:411-51.
15. Tritschler K. *Medida e avaliação em educação física e esportes de Barrow & McGee.* 5 ed. Barueri: Manole; 2003.
16. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988;60:709-23.
17. Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub> max. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1982;49:1-12.
18. Duarte MF, Duarte CR. Validity of the maximal multistage 20 m shuttle run test. *R Bras Ci e Mov.* 2001;9:7-14.
19. 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.
20. 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.
21. Freedman DS, Horlick M, Berenson GS. A comparison of the Slaughter skinfold-thickness equations and BMI in predicting body fatness and cardiovascular disease risk factor levels in children. *Am J Clin Nutr.* 2013;98:1417-24.
22. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Fleta J, Sarría A, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59:1158-66.
23. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev.* 1986;14:325-57.
24. Massaça L, Proença J. The risk fat mass class affects aerobic capacity of young adolescents. *Rev Bras Med Esporte.* 2013;19:399-403.
25. Cooper DM, Weiler-Ravell D, Whipp BJ, Wasserman K. Aerobic parameters of exercise as a function of body size during growth in children. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1984;56:628-34.
26. 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.
27. Minatto G, Sousa TF, Carvalho WR, Ribeiro RR, Santos KD, Petroski EL. Association between cardiorespiratory fitness and body fat in girls. *Rev Paul Pediatr.* 2016;34:469-75.
28. Geithner CA, Thomis MA, Vanden Eynde B, Maes HH, Loos RJ, Peeters M, et al. Growth in peak aerobic power during adolescence. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1616-24.
29. Martinez-Gomez D, Eisenmann JC, Wärnberg J, Gomez-Martinez SG, Veses A, Veiga OL, et al. Associations of physical activity, cardiorespiratory fitness and fatness with low-grade inflammation in adolescents: the AFINOS Study. *Int J Obes (Lond).* 2010;34:1501-7.
30. Bastard JP, Maachi M, Lagathu C, Kim MJ, Caron M, Vidal H, et al. Recent advances in the relationship between obesity, inflammation, and insulin resistance. *Eur Cytokine Netw.* 2006;17:4-12.