



## ARTIGO ORIGINAL

# Thermoregulatory and perceptual responses of lean and obese fit and unfit girls exercising in the heat<sup>☆</sup>



Carolina de Ávila Rodrigues , Gabriela Tomedi Leites \* e Flavia Meyer

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em 22 de setembro de 2018; aceito em 21 de dezembro de 2018

### KEYWORDS

Exercise;  
Pubescent;  
Thermoregulation;  
Obesity

### Abstract

**Objective:** To verify the thermoregulatory and perceptual responses of obese and lean girls, either fit or unfit, exercising in the heat at a similar rate of metabolic heat production per unit body mass.

**Methods:** A total of 34 pubescent girls were allocated in four groups: 12 obese fit, 9 obese unfit, 5 lean fit, and 8 lean unfit. The obese groups ( $13.2 \pm 1.4$  years,  $40.5\% \pm 5.8\%$  fat by DXA) differed in their aerobic fitness ( $\dot{V}O_{2peak}$   $76.0 \pm 8.1$  vs.  $56.6 \pm 5.8$  mL.kg muscle mass<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), as well as the lean groups ( $13.1 \pm 1.6$  years,  $24.0\% \pm 4.8\%$  fat) ( $\dot{V}O_{2peak}$   $74.5 \pm 2.9$  vs.  $56.2 \pm 5.0$  mL.kg muscle mass<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Girls cycled two bouts of 25 min with a 10 min rest in between, at  $\sim 5.4$  W.kg<sup>-1</sup> in the heat ( $36^\circ\text{C}$  and 40% relative humidity) and they were kept euhydrated. Rectal and skin temperatures and heart rate were measured every 5 min. Perceptual responses were evaluated throughout the exercise.

**Results:** Initial rectal temperature was higher in the obese subjects compared to the lean subjects ( $37.5 \pm 0.3$  and  $37.2 \pm 0.3^\circ\text{C}$ ). No difference was observed among the girls whom were obese (eight fit or unfit) and lean (also fit or unfit) throughout the exercise in rectal temperature ( $37.6 \pm 0.2$ ,  $37.5 \pm 0.3$ ,  $37.5 \pm 0.3$ ,  $37.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$ , respectively), skin temperature ( $34.8 \pm 0.8$ ,  $35.1 \pm 1.0$ ,  $34.4 \pm 0.9$ ,  $35.2 \pm 0.9^\circ\text{C}$ ), and heart rate ( $128 \pm 18$ ;  $118 \pm 12$ ,  $130 \pm 16$ ,  $119 \pm 16$  beats min<sup>-1</sup>). No differences were observed in perceptual responses among groups.

**Conclusion:** Regardless of the adiposity or aerobic fitness, pubescent girls had similar thermoregulatory and perceptual responses while cycling in the heat at similar metabolic heat production.

© 2019 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DOI se refere ao artigo:

<https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2018.12.011>

<sup>☆</sup> Como citar este artigo: Rodrigues CÁ, Leites GT, Meyer F. Thermoregulatory and perceptual responses of lean and obese fit and unfit girls exercising in the heat. J Pediatr (Rio J). 2020;96:464–71.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [gabtomedi@yahoo.com.br](mailto:gabtomedi@yahoo.com.br) (G.T. Leites).

**PALAVRAS-CHAVE**

Exercício;  
Púbere;  
Termorregulação;  
Obesidade

**Respostas termorregulatórias e perceptivas de meninas magras e obesas com alta e baixa aptidão aeróbica exercitando-se no calor****Resumo**

**Objetivo:** Verificar as respostas termorregulatórias e perceptivas de meninas obesas e magras, com alta e baixa aptidão aeróbica, exercitando-se no calor com produção metabólica de calor similar por massa corporal.

**Métodos:** Um total de 34 meninas púberes foram alocadas em quatro grupos: 12 obesas com alta aptidão aeróbica, 9 obesas com baixa aptidão aeróbica, 5 magras com alta aptidão aeróbica e 8 magras com baixa aptidão aeróbica. Os grupos obesos ( $13,2 \pm 1,4$  anos,  $40,5\% \pm 5,8\%$  de gordura por DXA) diferiram em sua aptidão aeróbica ( $\dot{V}O_{2peak}$   $76,0 \pm 8,1$  vs.  $56,6 \pm 5,8$  mL.kg de massa muscular<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), bem como os grupos magros ( $13,1 \pm 1,6$  anos,  $24,0\% \pm 4,8\%$  de gordura) ( $\dot{V}O_{2peak}$   $74,5 \pm 2,9$  vs.  $56,2 \pm 5,0$  mL.kg de massa muscular<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). As meninas pedalarão duas sessões de 25 minutos com descanso de 10 minutos entre as sessões, a  $\sim 5,4$  W.kg<sup>-1</sup> no calor ( $36^\circ\text{C}$  e 40% de umidade relativa) e foram mantidas hidratadas. As temperaturas retal e cutânea e a frequência cardíaca foram medidas a cada 5 minutos. As respostas perceptivas foram avaliadas durante o exercício.

**Resultados:** A temperatura retal inicial foi maior nas meninas obesas em comparação com as magras ( $37,5 \pm 0,3$  e  $37,2 \pm 0,3^\circ\text{C}$ ). Não houve diferença entre as meninas obesas (com alta aptidão aeróbica ou não) e magras (também com alta aptidão aeróbica ou não) durante todo o exercício em relação à temperatura retal ( $37,6 \pm 0,2$ ;  $37,5 \pm 0,3$ ;  $37,5 \pm 0,3$ ;  $37,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$ ; respectivamente), temperatura da pele ( $34,8 \pm 0,8$ ;  $35,1 \pm 1,0$ ;  $34,4 \pm 0,9$ ;  $35,2 \pm 0,9^\circ\text{C}$ ), e frequência cardíaca ( $128 \pm 18$ ;  $118 \pm 12$ ,  $130 \pm 16$ ,  $119 \pm 16$  batimentos.min<sup>-1</sup>). Não foram observadas diferenças nas respostas perceptivas entre os grupos.

**Conclusão:** Independentemente da adiposidade ou do condicionamento aeróbico, as meninas púberes tiveram respostas termorregulatórias e perceptivas semelhantes, enquanto pedalavam no calor com uma produção metabólica de calor similar.

© 2019 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introdução**

Poucos estudos mostraram as desvantagens termorregulatórias<sup>1</sup> e perceptuais<sup>2</sup> de jovens obesos em comparação com os magros durante o exercício feito no calor, embora a obesidade tenha sido apontada como um fator de risco para doenças provocadas pelo esforço feito no calor.<sup>3</sup> A inatividade física e a baixa capacidade aeróbica – geralmente associada à obesidade – também podem prejudicar a resposta termorregulatória, é uma preocupação agravante na prescrição do exercício em condições de calor.<sup>4</sup>

Dependendo da aptidão aeróbica das meninas, pode haver diferenças termorregulatórias e perceptivas entre as magras e as obesas.<sup>5</sup> O exercício aeróbico é frequentemente recomendado para o controle do peso, mas a adesão pode ser prejudicada se as meninas sentirem desconforto. Além de considerações de saúde e segurança, o exercício recomendado deve ser agradável.<sup>6</sup> Atualmente, não há evidências sobre o impacto da aptidão aeróbica associada à adiposidade nas respostas fisiológicas e perceptivas durante o exercício moderado e prolongado no calor.

Além disso, não há confirmação de que adolescentes obesos respondem com maior aumento na temperatura central quando comparados com seus pares magros durante o exercício no calor.<sup>5</sup> Em desacordo, Leites et al.<sup>6</sup> mostraram que meninas obesas tiveram menor aumento na temperatura retal ( $T_{re}$ ) durante o exercício em condições de calor quando

comparadas com as magras; entretanto, as respostas foram semelhantes em meninos.<sup>2</sup>

A temperatura central pode ser diferente entre os sexos masculino e feminino, o que pode ser devido à ação de hormônios, já que o estrogênio desempenha um papel nas reações de termorregulação e sudorese.<sup>7</sup> Outra explicação para resultados conflitantes pode estar relacionada ao método tradicional de definir a carga do protocolo de intensidade de exercício por um determinado percentual do consumo individual máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2pico}$ ). Como sugerido,<sup>8,9</sup> tal abordagem pode induzir uma maior produção de calor metabólico ( $\dot{H}_p$ ) em meninas magras em comparação com as obesas, e explicar seu maior aumento de  $T_{re}$ .

Estudos anteriores compararam grupos de massa corporal heterogênea com o uso de uma dada %  $\dot{V}O_{2pico}$ <sup>2,6</sup> ou uma velocidade absoluta de caminhada,<sup>10</sup> o que poderia resultar em diferentes  $\dot{H}_p$  por unidade corporal. Um estudo<sup>11</sup> que comparou dois grupos de adultos pareados por massa corporal e ASC, com  $\dot{V}O_{2pico}$  distintos ( $\sim 60$  vs.  $40,3$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e % de gordura corporal ( $\sim 12$  vs.  $22$ ), mostrou que exercício em um dado  $\dot{H}_p$  absoluto, mas não necessariamente %  $\dot{V}O_{2pico}$  similar, resultou em aumento similar da temperatura central. Determinar a intensidade do exercício por  $\dot{H}_p$  por unidade corporal<sup>12,13</sup> foi considerado um método melhor para comparar grupos de tamanho corporal heterogêneo.<sup>8,14</sup> Em jovens, não há estudos com o objetivo de analisar

as respostas termorregulatórias ao exercício que considerassem tanto a aptidão aeróbica quanto a adiposidade.

As respostas perceptuais também podem interferir na tolerância ao exercício e na adesão ao programa em condições de calor. Nas meninas pré-púberes ativas, o conforto térmico foi semelhante entre os grupos magro e obeso; no entanto, o grupo magro relatou maior irritabilidade durante 30 min. de exercício na bicicleta no calor.<sup>6</sup> Os meninos puberais obesos ativos relataram uma sensação de calor mais alta em comparação com seus pares magros ativos enquanto pedalavam por 30 minutos a  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  similar no calor.<sup>3</sup> Meninos obesos (9–12 anos) apresentaram maior esforço percebido (2–3 pontos na escala de Borg) em comparação com os magros em intensidade de exercício absoluto similar no calor.<sup>13</sup> Nenhum dos estudos acima mencionados considerou diferenças de aptidão aeróbica entre os grupos.

Apesar do consenso de que o incremento da atividade física é um aspecto-chave no manejo da obesidade pediátrica, o exercício parece ser uma preocupação para meninas com baixa aptidão aeróbica quando feito em um clima quente. Tais condições externas podem servir como outra desculpa para limitar atividades físicas leves a moderadas em meninas obesas sedentárias. O esclarecimento sobre o efeito da obesidade e da aptidão física na juventude durante o exercício no calor ajudará os médicos e os profissionais de saúde a recomendar exercícios seguros e agradáveis para aprimorar a composição corporal, a aptidão aeróbica e a saúde metabólica. O objetivo deste estudo foi verificar as respostas termorregulatórias e perceptivas de meninas obesas e magras – com alta e baixa aptidão aeróbica – durante o exercício no calor a um dado  $\dot{H}_p$ .

## Métodos

### Amostra

Participaram deste estudo 34 meninas divididas em quatro grupos de acordo com a adiposidade (obesos e magros) e a aptidão aeróbica (aptidão alta e baixa), resultou em 21 meninas obesas (12 com alta e nove com baixa aptidão aeróbica) e 13 magras (cinco com alta e oito com baixa aptidão aeróbica). A gordura corporal foi obtida a partir da absorciometria radiológica de dupla energia (DXA) para classificar as meninas como magras ou obesas ( $< 32$  ou  $\geq 32\%$  de gordura corporal)<sup>14</sup> e o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi avaliado para classificar como apresentando alta aptidão ou baixa aptidão aeróbica ( $\geq 69$  ou  $< 64$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> de massa muscular total). Para a aptidão aeróbica, um ponto de corte  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi definido a partir da curva gaussiana das medidas de  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  das meninas. Um desvio-padrão (DP) de  $\pm 0,25$  foi considerado, garantiu uma média de 20 mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> de diferença de massa muscular total entre os grupos.

As meninas e seus pais ou responsáveis foram informados sobre os procedimentos e forneceram consentimento informado por escrito e concordaram em participar do estudo, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade.

As meninas vieram ao laboratório para uma sessão preliminar e experimental, com intervalos de dois a sete dias,

entre março e maio, meses predominantemente quentes no sul do Brasil.

### Sessão preliminar

As condições de saúde foram avaliadas através de um questionário, que mostrou que as meninas eram saudáveis e não tomavam medicamentos. A massa corporal e a estatura foram medidas e o índice de massa corporal (IMC) e a área de superfície corporal (ASC)<sup>15</sup> foram calculados. O nível de maturação biológica foi determinado com o estadiamento de Tanner autoavaliado.<sup>16</sup> A composição corporal foi medida com DXA (Lunar GE Pencil Bin, programa pediátrico SmartScan; GE Medical Systems Luna, Diegem, Bélgica).

Para determinar  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ , um teste de exercício incremental foi feito em uma sala termoneutra ( $\sim 24^\circ\text{C}$ ) em um cicloergômetro (Ergo Fit, modelo 167 – Toledo, Espanha) com o protocolo *McMaster All-Out Progressive Continuous Cycling*.<sup>5</sup> O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> expirados foram continuamente monitorados por meio de um carrinho metabólico calibrado (analisador de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, Inbramed, modelo VO2000 – Porto Alegre, Brasil). O teste foi encerrado se um desses quatro critérios fosse alcançado: 1) Incapacidade de manter uma cadência ao pedalar  $> 60$  rpm, apesar do forte incentivo verbal; 2) Frequência cardíaca (FC)  $> 95\%$  da FC<sub>max</sub>;<sup>17</sup> 3) Esforço respiratório percebido (RPE)  $> 19$ ; e 4) Razão de troca respiratória (RER)  $> 1,0$ . O  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi considerado o maior valor de  $\dot{V}O_2$ . O  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  foi corrigido pela massa muscular total para evitar um efeito confundidor da massa gorda e da massa corporal total.<sup>18</sup>

No fim dessa sessão, as meninas foram instruídas a abster-se de qualquer exercício extenuante e a não mudar seus hábitos alimentares 24 horas antes do teste experimental, o que aconteceu de duas a três horas após uma refeição importante.

### Teste experimental

Ao chegar ao laboratório, o estado de hidratação foi verificado a partir de uma amostra de urina para avaliação da cor,<sup>19</sup> seguido pela medição da massa corporal e os valores basais de T<sub>re</sub>, temperatura da pele (T<sub>sk</sub>) e a FC. A T<sub>re</sub> foi medida com um termistor flexível (Physitemp Instruments, Inc. modelo Ret-1, New Jersey, EUA) inserido 10–12 cm além do esfíncter anal. A T<sub>sk</sub> foi medida em quatro locais com termístores de pele (*Physitemp Instruments*, Inc., modelo SST-1, Clifton, New Jersey, EUA), colocados no braço (T<sub>a</sub>), tórax (T<sub>c</sub>), parte superior das costas (T<sub>b</sub>) e coxa (T<sub>t</sub>). A média de T<sub>sk</sub> foi calculada de acordo com a equação:  $(0.3 * T_c) + (0.3 * T_b) + (0.2 * T_a) + (0.2 * T_t)$ .

As meninas receberam instruções padronizadas sobre como responder a quatro escalas perceptivas: 1) RPE;<sup>20</sup> 2) Sensação térmica (escala de 9 pontos de “muito frio” a “muito quente”);<sup>21</sup> 3) Conforto térmico (escala de 6 pontos de “muito confortável” a “muito desconfortável”)<sup>21</sup> e 4) Irritabilidade (escala de 6 pontos de “nenhuma” a “muito forte”).

Antes do exercício, as meninas descansaram sentadas por 5 min. em uma câmara climática (Russel Technical Products – Países Baixos, 13 m<sup>2</sup>) ajustada a 36 °C e 40% de umidade

**Tabela 1** Características físicas e fisiológicas de meninas obesas e magras

	Obesas			Magras			p-total	p-grupo
	Total (21)	Alta aptidão (12)	Baixa aptidão (9)	Total (13)	Alta aptidão (5)	Baixa aptidão (8)		
<i>Idade (anos)</i>	13,2 ± 1,4	13,3 ± 1,5	13,1 ± 1,4	13,1 ± 1,6	13,0 ± 1,6	13,2 ± 1,7	0,91	0,97
<i>Massa corporal (kg)</i>	60,8 ± 13,7 <sup>a</sup>	58,6 ± 12,9	63,6 ± 15,0 <sup>c</sup>	44,1 ± 6,5 <sup>a</sup>	44,7 ± 8,0 <sup>c</sup>	43,8 ± 5,9 <sup>c</sup>	< 0,01	0,03
<i>Altura corporal (cm)</i>	158 ± 0,1	158 ± 0,1	158 ± 0,0	156 ± 0,1	156 ± 0,1	156 ± 0,0	0,50	0,95
<i>Área de superfície corporal (m<sup>2</sup>)</i>	1,6 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,2 <sup>c</sup>	1,4 ± 0,1 <sup>a</sup>	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1 <sup>c</sup>	< 0,01	0,00
<i>Massa muscular total (kg)</i>	33,3 ± 5,8	31,8 ± 3,8	35,5 ± 7,4	30,9 ± 3,4	29,9 ± 4,3	31,5 ± 2,8	0,18	0,18
<i>Massa muscular de membros inferiores (kg)</i>	11,7 ± 2,1	11,2 ± 1,3	12,5 ± 2,8	10,5 ± 1,4	9,9 ± 1,6	11,0 ± 1,1	0,08	0,10
<i>Gordura corporal (%)</i>	40,5 ± 5,8	41,0 ± 6,8 <sup>c</sup>	39,9 ± 4,6 <sup>c</sup>	24,0 ± 4,8	25,1 ± 4,6	23,3 ± 5,1 <sup>c</sup>	< 0,01	< 0,01
<i>Aptidão aeróbica</i>								
<i>VO<sub>2pico</sub> (mL·min<sup>-1</sup>)</i>	2243 ± 456	2408 ± 294 <sup>e</sup>	2023 ± 553	1935 ± 347	2230 ± 329	1750 ± 209 <sup>e</sup>	0,04	0,04
<i>VO<sub>2pico</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)</i>	37,7 ± 7,8 <sup>a</sup>	42,0 ± 6,7 <sup>b</sup>	31,9 ± 5,4 <sup>b,f</sup>	44,1 ± 6,9 <sup>a</sup>	50,3 ± 4,3 <sup>b,φ</sup>	40,3 ± 5,3 <sup>b,f</sup>	0,02	< 0,01
<i>VO<sub>2pico</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> massa muscular total)</i>	67,7 ± 12,1	76,0 ± 8,1 <sup>d</sup>	56,6 ± 5,8	63,2 ± 10,2	74,5 ± 2,9 <sup>d</sup>	56,2 ± 5,0 <sup>d</sup>	0,27	< 0,01
<i>Frequência cardíaca<sub>max</sub> (batimentos/min<sup>-1</sup>)</i>	180 ± 13	181 ± 13	178 ± 16	180 ± 12	187 ± 7	175 ± 12	0,48	0,98
<i>Maturação biológica</i>								
<i>Estágios de Tanner</i>	4	4	4	4	4	3	0,10	0,65

<sup>a</sup> Obesa > Magra.

<sup>b</sup> Alta aptidão > Baixa aptidão aeróbica.

<sup>c</sup> Obesos com baixa aptidão > Magros com alta aptidão e magros com baixa aptidão aeróbica.

<sup>d</sup> Obesos com alta aptidão > Magros com alta aptidão e magros com baixa aptidão aeróbica.

<sup>e</sup> Obesos com alta aptidão > Magros com baixa aptidão aeróbica.

<sup>f</sup> Obesos com baixa aptidão < Magros com alta aptidão e magros com baixa aptidão aeróbica.

p-total, Comparação entre o total de meninas obesas e magras; p-grupo, Comparação entre os grupos (obesos com alta aptidão, obesos com baixa aptidão, magros com alta aptidão, magros com baixa aptidão aeróbica).

**Tabela 2** Produção média de calor metabólico ( $\dot{H}_p$ ) e valores de carga de trabalho durante o exercício no calor em meninas obesas e magras

	Obesas			Magras			p-total	p-grupo
	Total (21)	Alta aptidão (12)	Baixa aptidão (9)	Total (13)	Alta aptidão (5)	Baixa aptidão (8)		
$\dot{H}_p$ (W)	304 ± 60 <sup>a</sup>	313 ± 62 <sup>b</sup>	292 ± 58	251 ± 53 <sup>a</sup>	281 ± 52	232 ± 48 <sup>b</sup>	0,01	0,04
$\dot{H}_p$ (W.m <sup>-2</sup> )	190 ± 38	199 ± 42	178 ± 30	179 ± 33	199 ± 26	166 ± 32	0,40	0,18
$\dot{H}_p$ (W.kg <sup>-1</sup> )	5,2 ± 1,2	5,5 ± 1,4	4,7 ± 0,9	5,7 ± 1,0	6,3 ± 0,7	5,3 ± 1,0	0,20	0,10
Carga de trabalho (W)	30 ± 12	31 ± 12	28 ± 13	32 ± 11	35 ± 14	30 ± 9	0,40	0,84
% VO <sub>2max</sub>	44,1 ± 7,5	41,5 ± 5,5	47,7 ± 8,6	43,2 ± 4,5	42,8 ± 4,2	43,6 ± 4,6	0,70	0,10

<sup>a</sup> Obesa > Magra.

<sup>b</sup> Obesa com alta aptidão > Magra com baixa aptidão aeróbica.

relativa, resultou em um fator de umidade de 44 °C. As meninas se exercitaram com top, shorts e tênis para prática de esportes.

O protocolo de exercício no cicloergômetro consistiu em duas sessões de 25 minutos a uma  $\dot{H}_p$  fixa por massa corporal (~5,4 W.kg<sup>-1</sup>) com 10 minutos de descanso entre as séries. VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub> foram medidos durante as sessões por pelo menos 10 min. T<sub>re</sub>, T<sub>sk</sub>, FC e as escalas percebidas foram registradas a cada cinco minutos durante o exercício. A temperatura corporal total (T<sub>body</sub>) foi calculada através da seguinte equação:<sup>22,23</sup>  $T_{body} = (0.8 * T_{re}) + (0.2 * T_{sk})$ .

Para se manter hidratada, cada menina ingeriu um volume de água em repouso (entre as sessões) equivalente à sua perda individual calculada a partir da diferença de massa corporal em relação ao seu valor inicial. Após o término da sessão total, as meninas secaram a pele e a massa corporal foi avaliada com os pés descalços para calcular o volume de suor: Δ massa corporal + volume de ingestão de água.

### Produção de calor metabólico

A taxa de gasto energético metabólico (M; W m<sup>-2</sup>) foi estimada com a média de  $\dot{V}O_2$  (L min<sup>-1</sup>) e a RER medida durante o exercício, calculada como:<sup>24</sup>

$M = \dot{V}O_2 \left[ \left( \frac{RER-0.7}{0.3} \right) e_c \right] + \left[ \left( \frac{1.0-RER}{0.3} \right) e_f \right] \cdot 1000$ ; onde  $e_c$  é o equivalente calórico por litro de O<sub>2</sub> para oxidação de carboidratos (21,13 kJ) e  $e_f$  para oxidação de gordura (19,62

kJ). O  $\dot{H}_p$  (W m<sup>-2</sup>) foi calculado como a diferença entre M e a taxa de trabalho externa (W).

$$\dot{H}_p = M - W$$

### Análises estatísticas

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados e o teste de Levene, a homogeneidade da variância. O teste t de Student foi usado para comparar as características dos grupos (obesos vs. magros) (por ex.; peso, altura, ASC, % de gordura corporal, massa gorda, massa muscular total, aptidão aeróbica e FC<sub>max</sub>). Anovas unidirecionais foram feitas para analisar a intensidade do exercício, a cor da urina, o volume do suor e o balanço hídrico pela aptidão aeróbica e adiposidade. As análises *post-hoc* de Bonferroni foram usadas para avaliar interações significativas. A equação de estimativa generalizada (GEE) foi usada para comparar os grupos (obeso com alta aptidão aeróbica, obeso com baixa aptidão aeróbica, magro com alta aptidão aeróbica e magro com baixa aptidão aeróbica) ao longo do tempo (T<sub>re</sub>, T<sub>sk</sub>, FC, RPE, irritabilidade, sensação térmica e conforto). O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para a gordura corporal e T<sub>re</sub>. Os dados são expressos como média ± DP. A significância estatística foi estabelecida em p ≤ 0,05; e as análises foram feitas com o programa SPSS, v.18.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA).

**Tabela 3** Respostas de sudorese e balanço hídrico total durante o exercício no calor em meninas obesas e magras

	Obesas			Magras			p-total	p-grupo
	Total (21)	Alta aptidão (12)	Baixa aptidão (9)	Total (13)	Alta aptidão (5)	Baixa aptidão (8)		
Volume de suor (mL)	361 ± 189	345 ± 121	454 ± 269	293 ± 146	237 ± 85	325 ± 180	0,3	0,5
Volume de suor/ASC (mL.m <sup>-2</sup> )	212 ± 115	221 ± 85	199 ± 152	183 ± 141	140 ± 111	209 ± 136	0,5	0,7
Balanço hídrico total	-0,4 ± 0,2	-0,3 ± 0,2	-0,3 ± 0,2	-0,5 ± 0,3	-0,3 ± 0,3	-0,5 ± 0,2	0,4	0,4

ASC, área de superfície corporal.



## Resultados

A **tabela 1** mostra as características físicas por grupo. Os grupos obesos eram mais pesados, com maior ASC, IMC, gordura corporal, massa muscular e  $\dot{V}O_{2pico}$ ; mas apresentavam menor  $\dot{V}O_{2pico}$  por massa corporal. O  $\dot{V}O_{2pico}$  pela massa muscular total foi menor nas meninas com baixa aptidão em comparação com as meninas com alta aptidão aeróbica ( $p < 0,001$ ).

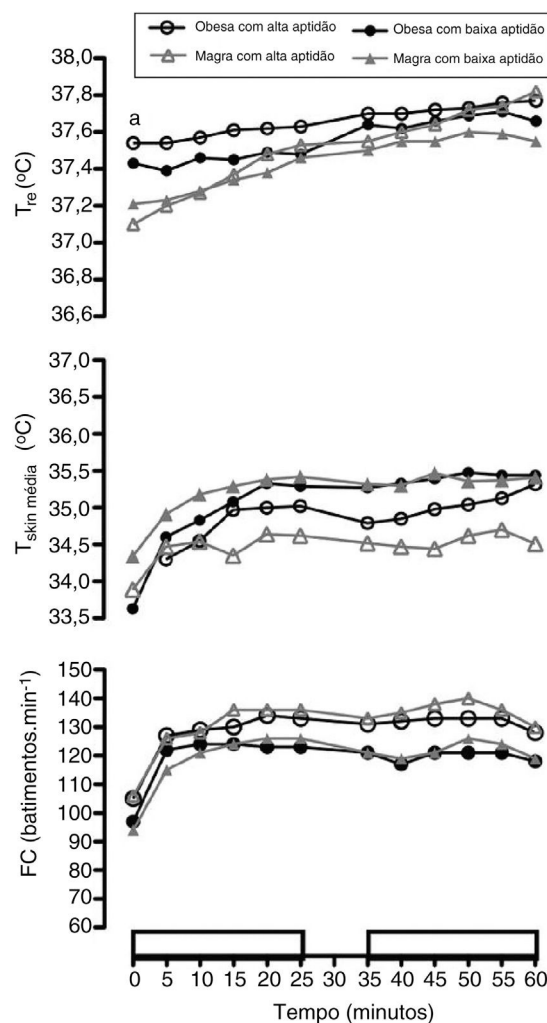
Durante o exercício, as meninas obesas com alta aptidão apresentaram maior  $\dot{H}_p$  absoluto em comparação com as meninas magras e baixa aptidão aeróbica ( $313 \pm 62$  vs.  $232 \pm 48$  W;  $p = 0,02$ ). O  $\dot{H}_p$  por massa corporal ( $W \cdot kg^{-1}$ ) foi similar entre as obesas e magras, com alta ou baixa aptidão aeróbica. Meninas obesas e magras pedalarão a  $\dot{H}_p$  similar ( $5,4$   $W \cdot kg^{-1}$ ,  $p = 0,10$ ) e a carga média de trabalho durante o exercício foi de 30 e 32 W, respectivamente (**tabela 2**).

As participantes chegaram com níveis semelhantes de hidratação, de acordo com a cor da urina (obesas com alta aptidão, obesas com baixa aptidão, magras com alta aptidão e magras com baixa aptidão aeróbica:  $4 \pm 2$ ;  $4 \pm 2$ ;  $4 \pm 1$  e  $4 \pm 1$ , respectivamente). A **tabela 2** mostra a resposta da sudorese e o estado de hidratação do corpo dos grupos. O volume total de suor foi semelhante entre os grupos ( $p = 0,30$ ), mesmo quando corrigido pela ASC ( $p = 0,5$ ). O balanço hídrico corporal no fim do experimento foi semelhante entre os grupos, resulta em um déficit baixo de  $0,4 \pm 0,2$  e  $0,5 \pm 0,3$  L, no grupo obeso e magro, respectivamente. **tabela 3**

A **figura 1** representa  $T_{re}$ ,  $T_{sk}$ ,  $T_{body}$  e FC durante as duas sessões de exercícios de  $2 \times 25$  minutos. A resposta da  $T_{re}$  foi semelhante entre os grupos magros e obesos, com alta e baixa aptidão aeróbica durante o exercício. Nenhuma diferença foi observada entre os quatro grupos ao longo do exercício em  $T_{sk}$  regional para as costas, tórax, braço e coxa:  $34,8 \pm 0,8$  obeso com alta aptidão;  $35,1 \pm 1,0$  obeso com baixa aptidão;  $34,4 \pm 0,9$  magro com alta aptidão e  $35,2 \pm 0,9$  °C, magra com baixa aptidão aeróbica e  $T_{body}$ :  $37,0 \pm 0,2$  obeso com alta aptidão,  $37,0 \pm 0,4$  obeso com baixa aptidão,  $36,8 \pm 0,3$  magro com alta aptidão e  $36,9 \pm 0,3$  °C magro com baixa aptidão aeróbica. A FC foi semelhante entre as meninas obesas e magras no início do exercício ( $101 \pm 14$  e  $99 \pm 12$  batimentos/ $min^{-1}$ ) e aumentou de forma similar nos quatro grupos (obesos com alta aptidão, obesos com baixa aptidão, magros com alta aptidão e magros com baixa aptidão aeróbica) ( $128 \pm 18$ ,  $118 \pm 12$ ,  $130 \pm 16$  e  $119 \pm 16$  batimentos/min, respectivamente).

A gordura corporal não se correlacionou com a  $T_{re}$  ( $r = 0,32$ ). Não houve relação entre adiposidade e tempo para  $T_{re}$  ( $p = 0,31$ ),  $T_{sk}$  ( $p = 0,54$ ),  $T_{body}$  ( $p = 0,97$ ) e FC ( $p = 0,98$ ) durante a sessão de exercício. Também não houve diferenças entre os grupos para essas variáveis ao longo do tempo de acordo com a aptidão aeróbica:  $T_{re}$  ( $p = 0,99$ ),  $T_{sk}$  ( $p = 0,99$ ),  $T_{body}$  ( $p = 0,96$ ) e FC ( $p = 0,92$ ).

Os quatro grupos (obeso com alta aptidão, obeso com baixa aptidão, magro com alta aptidão e magro com baixa aptidão aeróbica) apresentaram respostas perceptivas semelhantes durante o exercício para RPE ( $11 \pm 2$ ;  $12 \pm 2$ ;  $11 \pm 2$  e  $11 \pm 2$ , respectivamente) ( $p = 0,98$ ) (11 significa "esforço leve"), irritabilidade ( $3 \pm 0,5$ ;  $2 \pm 0,3$ ;  $3 \pm 0,8$  e  $2 \pm 0,3$ ) ( $p = 0,96$ ) (3 significa irritabilidade "moderada"



**Figura 1** Respostas fisiológicas durante o exercício no calor (<sup>a</sup>Obesa > Magra).

e 2 "fraca"), sensação térmica ( $7 \pm 0,4$ ;  $7 \pm 0,5$ ;  $7 \pm 0,7$ ;  $6 \pm 0,7$ ) ( $p = 0,98$ ) (7 significa "quente" e 6 "levemente quente") e conforto térmico ( $3 \pm 0,4$ ;  $3 \pm 0,5$ ;  $3 \pm 0,7$  e  $3 \pm 0,5$ ) ( $p = 0,99$ ) (3 significa "simplesmente desconfortável").

## Discussão

O principal achado deste estudo é que as respostas termorregulatórias e perceptivas foram semelhantes, independentemente do grupo, durante as sessões de exercício de 25 minutos a  $\dot{H}_p$  semelhante por massa corporal no calor. Isso sugere que, sob tais condições de exercício/calor, as meninas obesas e com baixa aptidão aeróbica não diferem nas temperaturas corporais e respostas de sudorese em comparação com seus pares magros e com alta aptidão. As respostas percebidas de esforço, sensação térmica e conforto durante o exercício também foram semelhantes entre os grupos.

Embora as meninas obesas tenham iniciado o exercício com uma  $T_{re}$  maior do que as meninas magras, as respostas foram semelhantes entre os grupos durante o

exercício. Em comparação com as crianças magras, as obesas podem apresentar maior taxa metabólica de repouso absoluta e produção metabólica de calor devido às diferenças na composição corporal.<sup>6,25</sup> Além disso, como a massa de gordura tem um calor específico que é aproximadamente metade daquele da massa livre de gordura, isso pode resultar em um maior armazenamento de calor em indivíduos obesos. Todas as meninas foram naturalmente aclimatadas ao calor e as condições anteriores de hidratação e repouso foram controladas para eliminar esses fatores como responsáveis pelas diferenças de valores basais.

Poucos estudos verificaram respostas termorregulatórias em crianças obesas<sup>6,10</sup> e em adolescentes<sup>1,2,13</sup> durante o exercício no calor, mas apenas dois incluíram indivíduos do sexo feminino.<sup>6,26</sup>

Há resultados inconsistentes sobre a influência da gordura corporal na termorregulação durante o exercício no calor. As meninas magras tiveram um aumento maior de  $T_{re}$  no fim da sessão de exercícios de 30 minutos e os autores<sup>6</sup> sugeriram que isso poderia ser devido à maior massa muscular em comparação com a do grupo obeso. No presente estudo, a média de massa livre de gordura absoluta foi semelhante entre os grupos (33,3 vs. 30,9 kg), embora a porcentagem de gordura nas obesas tenha sido quase o dobro da observada nas meninas magras (40,5 vs. 24,0). Essa massa muscular absoluta semelhante das meninas obesas e magras poderia explicar suas respostas similares de  $T_{re}$ . Nosso protocolo de exercício atingiu adequadamente a meta de fazer as meninas se exercitarem em  $\dot{H}_p$  similar. Leites et al.<sup>6</sup> mostraram que as meninas magras completaram o protocolo de exercícios no calor com uma média de  $T_{re}$  0,2 °C maior do que as obesas. É possível que essa diferença tenha ocorrido devido a diferenças na intensidade do exercício ( $\% \dot{V}O_2$  vs.  $\dot{H}_p$ ). Recentemente, sugere-se o método de  $\dot{H}_p$  por massa corporal<sup>12</sup> para obter um armazenamento de calor similar ao comparar as respostas termorregulatórias. Estudos anteriores<sup>11</sup> podem ter sofrido viés pelo estabelecimento de um protocolo de intensidade de exercício como  $\% \dot{V}O_{2pico}$  e carga de trabalho absoluta para comparar grupos que variam em sua aptidão física.

Desconhecemos qualquer outro estudo em adolescentes que comparou meninas com níveis distintos de adiposidade e de aptidão aeróbica submetidas a um protocolo de exercícios baseado em  $\dot{H}_p$  e estresse térmico semelhante. Nosso estudo sugere o uso de  $\dot{H}_p$  pela massa da unidade corporal como um protocolo de exercício quando comparamos as respostas termorregulatórias entre meninas magras e obesas, independentemente de sua aptidão aeróbica. Estudos anteriores que compararam grupos (adultos) com alta e baixa adiposidade,<sup>9</sup> magros e obesos<sup>27</sup> ou com alta e baixa aptidão aeróbica<sup>28</sup> não encontraram diferença entre os grupos. Portanto, parece que a adiposidade e a aptidão aeróbica não influenciam as respostas de  $T_{sk}$  quando um protocolo de intensidade de exercício leve a moderado é estabelecido por um dado  $\dot{H}_p$  por massa corporal.

O volume de suor apresentou grande variabilidade individual entre as meninas, como descrito anteriormente,<sup>29</sup> resultou em valores médios semelhantes entre os grupos magro/obeso e alta aptidão/baixa aptidão, mesmo após a correção pela ASC. Isso está de acordo com o que foi encontrado em meninas pré-púberes<sup>6</sup> e em meninos púberes.<sup>2</sup>

Independentemente dos níveis de adiposidade, os adolescentes parecem produzir volumes semelhantes de suor pela ASC durante o exercício no calor.

Poucos estudos avaliaram as respostas perceptivas de crianças e adolescentes obesos durante o exercício no calor.<sup>2,6</sup> No presente estudo, todos os grupos perceberam o exercício como leve. Eles relataram uma irritabilidade fraca a moderada, apesar de sentir uma temperatura ambiente quente e desconfortável. De maneira diferente, Leites et al.<sup>6</sup> constataram que meninas magras apresentaram maior irritabilidade durante o exercício. Estudos anteriores mostraram diferenças na RPE entre meninos magros e obesos que se exercitavam no calor.<sup>15,30</sup> Os meninos obesos também sentiram um pior conforto térmico (8 vs. 5) em comparação com os magros durante o exercício no calor.<sup>2</sup> É possível que as respostas percebidas estejam relacionadas à intensidade do exercício, bem como ao gênero. É importante enfatizar que a intensidade do exercício foi de baixa a moderada, pois as meninas obesas e sedentárias puderam completar o exercício no calor.

Independentemente da adiposidade ou do nível de aptidão aeróbica, as meninas púberes apresentaram respostas termorregulatórias ( $T_{re}$ ,  $T_{sk}$ ), sudorese (volume do suor e balanço hídrico) e perceptivas (RPE, irritabilidade, sensação térmica e conforto) similares no exercício sob estresse térmico durante 50 minutos a 5,4 W.kg<sup>-1</sup>.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Dougherty KA, Chow M, Larry Kenney W. Critical environmental limits for exercising heat-acclimated lean and obese boys. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108:779–89.
2. Sehl P, Leites G, Martins J, Meyer F. Responses of obese and non-obese boys cycling in the heat. *Int J Sports Med.* 2012;33:497–501.
3. Council on Sports Medicine and Fitness and Council on School Health, Bergeron MF, Devore C, Rice SG, American Academy of Pediatrics. Policy statement – climatic heat stress and exercising children and adolescents. *Pediatrics.* 2011;128:e741–7.
4. Dumith SC, Domingues MR, Gigante DP, Hallal PC, Menezes AM, Kohl HW. Prevalence and correlates of physical activity among adolescents from Southern Brazil. *Rev Saúde Pública.* 2010;44:457–67.
5. Bar-Or O, Rowland T. *Pediatric exercise medicine: from physiologic principles to health care application*, Champaign, IL. Hum Kinet. 2004.
6. Leites GT, Sehl PL, Cunha GS, Detoni Filho A, Meyer F. Responses of obese and lean girls exercising under heat and thermoneutral conditions. *J Pediatr.* 2013;162:1054–60.
7. Lei TH, Cotter JD, Schlader ZJ, Stannard SR, Perry BG, Barnes MJ, et al. On exercise thermoregulation in females: interaction of endogenous and exogenous ovarian hormones. *J Physiol.* 2019;597:71–88.
8. Cramer MN, Jay O. Explained variance in the thermoregulatory responses to exercise: the independent roles of biophysical and fitness/fatness-related factors. *J Appl Physiol.* 2015;119:982–9.

9. Dervis S, Coombs GB, Chaseling GK, Filingeri D, Smoljanic J, Jay O. A comparison of thermoregulatory responses to exercise between mass-matched groups with large differences in body fat. *J Appl Physiol Bethesda MD* 1985. 2016;120:615–23.
10. Haymes EM, McCormick RJ, Buskirk ER. Heat tolerance of exercising lean and obese prepubertal boys. *J Appl Physiol*. 1975;39:457–61.
11. Jay O, Bain AR, Deren TM, Sacheli M, Cramer MN. Large differences in peak oxygen uptake do not independently alter changes in core temperature and sweating during exercise. *AJP Regul Integr Comp Physiol*. 2011;301:R832–41.
12. Leites GT, Cunha GS, Obeid J, Wilk B, Meyer F, Timmons BW. Thermoregulation in boys and men exercising at the same heat production per unit body mass. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:1411–9.
13. Dougherty KA, Chow M, Kenney WL. Responses of lean and obese boys to repeated summer exercise in the heat bouts. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41:279–89.
14. Lohman TG, Lohman TG. The use of skin fold to estimate body fatness on children and youth. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1987;58:98–102.
15. Du Bois D, Du Bois EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. 1916. *Nutrition*. 1989;5:303–11 [discussion 312–3].
16. Tanner J. The development of the reproductive system. In: *Growth at adolescence*. Oxford: Blackwell Science; 1962.
17. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:153–6.
18. Baker JS, Davies B. Quantification of active muscle mass during experimental exercise. *J Appl Physiol* (1985). 2006;100:1851–6.
19. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS, et al. 'National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train*. 2000;35:212–24.
20. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J Rehabil Med*. 1970;2:92–8.
21. Arens E, Zhang H, Huizenga C. Partial- and whole-body thermal sensation and comfort – part I: uniform environmental conditions. *J Therm Biol*. 2006;31:53–9.
22. Hardy JD, Dubois EF. Regulation of heat loss from the human body. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1937;23:624–31.
23. Inbar O, Morris N, Epstein Y, Gass G. Comparison of thermoregulatory responses to exercise in dry heat among prepubertal boys, young adults and older males. *Exp Physiol*. 2004;89:691–700.
24. Cena K, Clark JA. Politechnika Wroclawska. Bioengineering, thermal physiology, and comfort. Amsterdam; New York; New York: Elsevier Scientific Pub. Co.; Distribution for the U.S.A. and Canada, Elsevier/North-Holland; 1981. Disponível em: <http://site.ebrary.com/id/10276475> [acesso 02.08.16].
25. Heymsfield SB, Gallagher D, Kotler DP, Wang Z, Allison DB, Heshka S. Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;282:E132–8.
26. Fein JT, Haymes EM, Buskirk ER. Effects of daily and intermittent exposures on heat acclimation of women. *Int J Biometeorol*. 1975;19:41–52.
27. Limbaugh JD, Wimer GS, Long LH, Baird WH. Body fatness, body core temperature, and heat loss during moderate-intensity exercise. *Aviat Space Environ Med*. 2013;84:1153–8.
28. Cramer MN, Jay O. Selecting the correct exercise intensity for unbiased comparisons of thermoregulatory responses between groups of different mass and surface area. *J Appl Physiol*. 2014;116:1123–32.
29. Meyer F, Volterman KA, Timmons BW, Wilk B. Fluid balance and dehydration in the young athlete: assessment considerations and effects on health and performance. *Am J Lifestyle Med*. 2012;6:489–501.
30. Marnov B, Kostianev S, Turnovska T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese children performing standardized exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2002;22:254–60.