



ARTIGO ORIGINAL

Thermoregulatory and perceptual responses of lean and obese fit and unfit girls exercising in the heat[☆]



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 ± 1.4 years, $40.5\% \pm 5.8\%$ fat by DXA) differed in their aerobic fitness ($\dot{V}O_{2peak}$ 76.0 ± 8.1 vs. 56.6 ± 5.8 mL.kg muscle mass⁻¹.min⁻¹), as well as the lean groups (13.1 ± 1.6 years, $24.0\% \pm 4.8\%$ fat) ($\dot{V}O_{2peak}$ 74.5 ± 2.9 vs. 56.2 ± 5.0 mL.kg muscle mass⁻¹.min⁻¹). Girls cycled two bouts of 25 min with a 10 min rest in between, at ~ 5.4 W.kg⁻¹ in the heat (36°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 ± 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 ± 0.2 , 37.5 ± 0.3 , 37.5 ± 0.3 , $37.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$, respectively), skin temperature (34.8 ± 0.8 , 35.1 ± 1.0 , 34.4 ± 0.9 , $35.2 \pm 0.9^\circ\text{C}$), and heart rate (128 ± 18 ; 118 ± 12 , 130 ± 16 , 119 ± 16 beats min⁻¹). 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>

[☆] 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 (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⁻¹.min⁻¹), 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⁻¹.min⁻¹). As meninas pedalarão duas sessões de 25 minutos com descanso de 10 minutos entre as sessões, a $\sim 5,4$ W.kg⁻¹ no calor (36°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 ± 18 ; 118 ± 12 , 130 ± 16 , 119 ± 16 batimentos.min⁻¹). 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 termorregulatórias¹ e perceptuais² 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.³ 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.⁴

Dependendo da aptidão aeróbica das meninas, pode haver diferenças termorregulatórias e perceptivas entre as magras e as obesas.⁵ 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.⁶ 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.⁵ Em desacordo, Leites et al.⁶ 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.²

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.⁷ 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,^{8,9} 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 % $\dot{V}O_{2pico}$ ^{2,6} ou uma velocidade absoluta de caminhada,¹⁰ o que poderia resultar em diferentes \dot{H}_p por unidade corporal. Um estudo¹¹ que comparou dois grupos de adultos pareados por massa corporal e ASC, com $\dot{V}O_{2pico}$ distintos (~ 60 vs. $40,3$ mL.kg⁻¹.min⁻¹) e % de gordura corporal (~ 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^{12,13} foi considerado um método melhor para comparar grupos de tamanho corporal heterogêneo.^{8,14} 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.⁶ 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.³ 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.¹³ 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)¹⁴ e o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ foi avaliado para classificar como apresentando alta aptidão ou baixa aptidão aeróbica (≥ 69 ou < 64 mL.kg⁻¹.min⁻¹ 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⁻¹.min⁻¹ 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)¹⁵ foram calculados. O nível de maturação biológica foi determinado com o estadiamento de Tanner autoavaliado.¹⁶ 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*.⁵ O_2 e CO_2 expirados foram continuamente monitorados por meio de um carrinho metabólico calibrado (analisador de O_2 e CO_2 , 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_{max} ;¹⁷ 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.¹⁸

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,¹⁹ seguido pela medição da massa corporal e os valores basais de T_{re} , temperatura da pele (T_{sk}) e a FC. A T_{re} 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_{sk} foi medida em quatro locais com termístores de pele (*Physitemp Instruments*, Inc., modelo SST-1, Clifton, New Jersey, EUA), colocados no braço (T_a), tórax (T_c), parte superior das costas (T_b) e coxa (T_t). A média de T_{sk} 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;²⁰ 2) Sensação térmica (escala de 9 pontos de “muito frio” a “muito quente”);²¹ 3) Conforto térmico (escala de 6 pontos de “muito confortável” a “muito desconfortável”)²¹ 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 m²) 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 ^a	58,6 ± 12,9	63,6 ± 15,0 ^c	44,1 ± 6,5 ^a	44,7 ± 8,0 ^c	43,8 ± 5,9 ^c	< 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 (m²)</i>	1,6 ± 0,1 ^a	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,2 ^c	1,4 ± 0,1 ^a	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1 ^c	< 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 ^c	39,9 ± 4,6 ^c	24,0 ± 4,8	25,1 ± 4,6	23,3 ± 5,1 ^c	< 0,01	< 0,01
Aptidão aeróbica								
<i>VO_{2pico} (mL·min⁻¹)</i>	2243 ± 456	2408 ± 294 ^e	2023 ± 553	1935 ± 347	2230 ± 329	1750 ± 209 ^e	0,04	0,04
<i>VO_{2pico} (mL·kg⁻¹·min⁻¹)</i>	37,7 ± 7,8 ^a	42,0 ± 6,7 ^b	31,9 ± 5,4 ^{b,f}	44,1 ± 6,9 ^a	50,3 ± 4,3 ^{b,φ}	40,3 ± 5,3 ^{b,f}	0,02	< 0,01
<i>VO_{2pico} (mL·kg⁻¹·min⁻¹ massa muscular total)</i>	67,7 ± 12,1	76,0 ± 8,1 ^d	56,6 ± 5,8	63,2 ± 10,2	74,5 ± 2,9 ^d	56,2 ± 5,0 ^d	0,27	< 0,01
<i>Frequência cardíaca_{max} (batimentos/min⁻¹)</i>	180 ± 13	181 ± 13	178 ± 16	180 ± 12	187 ± 7	175 ± 12	0,48	0,98
Maturação biológica								
<i>Estágios de Tanner</i>	4	4	4	4	4	3	0,10	0,65

^a Obesa > Magra.

^b Alta aptidão > Baixa aptidão aeróbica.

^c Obesos com baixa aptidão > Magros com alta aptidão e magros com baixa aptidão aeróbica.

^d Obesos com alta aptidão > Magros com alta aptidão e magros com baixa aptidão aeróbica.

^e Obesos com alta aptidão > Magros com baixa aptidão aeróbica.

^f 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 ^a	313 ± 62 ^b	292 ± 58	251 ± 53 ^a	281 ± 52	232 ± 48 ^b	0,01	0,04
\dot{H}_p (W.m ⁻²)	190 ± 38	199 ± 42	178 ± 30	179 ± 33	199 ± 26	166 ± 32	0,40	0,18
\dot{H}_p (W.kg ⁻¹)	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 _{2max}	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

^a Obesa > Magra.

^b 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⁻¹) com 10 minutos de descanso entre as séries. VO₂ e VCO₂ foram medidos durante as sessões por pelo menos 10 min. T_{re}, T_{sk}, FC e as escalas percebidas foram registradas a cada cinco minutos durante o exercício. A temperatura corporal total (T_{body}) foi calculada através da seguinte equação:^{22,23} $T_{body} = (0.8 * T_{re}) + (0.2 * T_{sk})$.

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⁻²) foi estimada com a média de $\dot{V}O_2$ (L min⁻¹) e a RER medida durante o exercício, calculada como:²⁴

$M = \dot{V}O_2 \left[\left(\frac{RER-0.7}{0.3} \right) e_c \right] + \left[\left(\frac{1.0-RER}{0.3} \right) e_f \right] .1000$; onde e_c é o equivalente calórico por litro de O₂ para oxidação de carboidratos (21,13 kJ) e e_f para oxidação de gordura (19,62

kJ). O \dot{H}_p (W m⁻²) 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_{max}). 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_{re}, T_{sk}, FC, RPE, irritabilidade, sensação térmica e conforto). O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para a gordura corporal e T_{re}. 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 ⁻²)	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 ± 62 vs. 232 ± 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 ($5,4$ Wg^{-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 ± 2 ; 4 ± 2 ; 4 ± 1 e 4 ± 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 2×25 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 ± 14 e 99 ± 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 ± 18 , 118 ± 12 , 130 ± 16 e 119 ± 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 ± 2 ; 12 ± 2 ; 11 ± 2 e 11 ± 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"

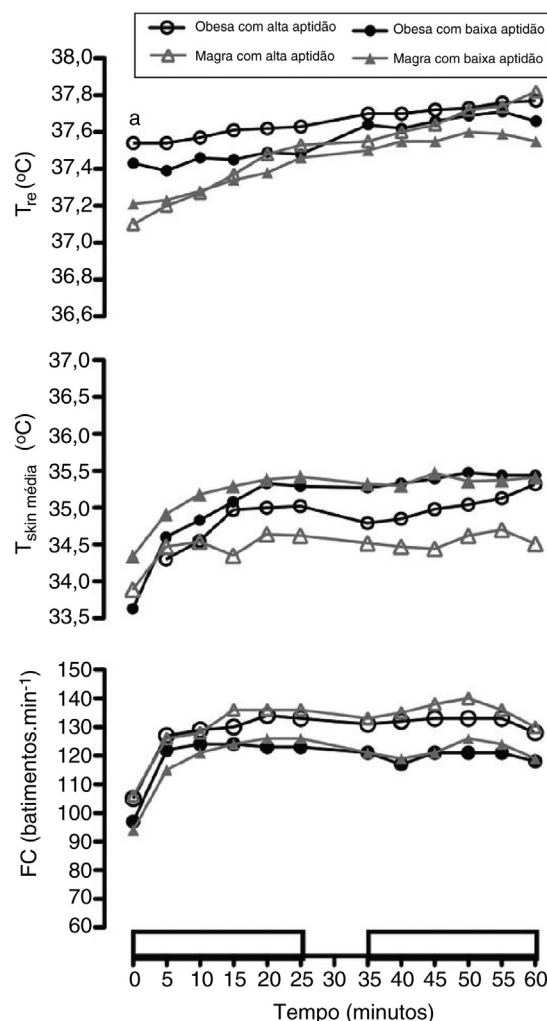


Figura 1 Respostas fisiológicas durante o exercício no calor (^aObesa > Magra).

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.^{6,25} 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^{6,10} e em adolescentes^{1,2,13} durante o exercício no calor, mas apenas dois incluíram indivíduos do sexo feminino.^{6,26}

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 autores⁶ 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.⁶ 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 corporal¹² para obter um armazenamento de calor similar ao comparar as respostas termorregulatórias. Estudos anteriores¹¹ 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,⁹ magros e obesos²⁷ ou com alta e baixa aptidão aeróbica²⁸ 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,²⁹ 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-púberes⁶ e em meninos púberes.²

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.^{2,6} 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.⁶ 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.^{15,30} Os meninos obesos também sentiram um pior conforto térmico (8 vs. 5) em comparação com os magros durante o exercício no calor.² 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⁻¹.

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.