

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**TERMORREGULAÇÃO E PERCEPÇÃO AO CALOR DE MENINOS PÚBERES:
EFEITO DA OBESIDADE E DO CONDICIONAMENTO AERÓBICO**

PAULO LAGUE SEHL

PORTO ALEGRE

2016

PAULO LAGUE SEHL

**TERMORREGULAÇÃO E PERCEPÇÃO AO CALOR DE MENINOS PÚBERES:
EFEITO DA OBESIDADE E DO CONDICIONAMENTO AERÓBICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade do Rio Grande do Sul para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof^ª. Dra. Flavia Meyer

PORTO ALEGRE

2016

PAULO LAGUE SEHL

**TERMORREGULAÇÃO E PERCEPÇÃO DE MENINOS PÚBERES: EFEITO DA
OBESIDADE E DO CONDICIONAMENTO AERÓBICO**

Comissão de avaliação:

Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz – UFRGS

Prof. Dr. Daniel Umpierre de Moraes – UFPEL

Prof^a. Dr^a. Neiva Leite – UFPR

PORTO ALEGRE

2016

*“Um sonho não torna-se realidade
através de mágica; é preciso suor,
determinação e trabalho duro”*

Colin Powell

AGRADECIMENTOS

- Às **crianças** que literalmente suaram nesta pesquisa; e aos seus respectivos **responsáveis**, pela participação, compreensão e comprometimento.
- Às **Escolas** que abriram suas portas para divulgação desta pesquisa.
- Aos colegas **Gabriela Leites** e **Giovane Cunha**, pela amizade e pelas discussões técnicas e metodológicas, extremamente produtivas, durante esta jornada.
- Aos colegas de grupo **Carolina D'Ávila Rodrigues** e **Adriano Detoni**, por todo apoio.
- Ao Prof. **Tágli Henrique**, pelo intenso e incansável auxílio nas quase 300 horas de coleta de dados.
- Aos colegas do **Evidência Saúde** Dr. Daniel Umpierre e Dr. Luis Fernando Deresz, pela convivência, amizade e parceria em projetos de trabalho.
- Aos técnicos do Laboratório (**Alex, Luciano, Luiz e Dani**), funcionários e acadêmicos desta Escola; ao pessoal do PPG, em especial à **Ana** e à **Márcia Dornelles**; à **UFRGS**, ao **LAPEX** e à **CAPES**: todos contribuíram para o desenvolvimento e a conclusão desta pesquisa.
- Aos amigos e alunos que, no decorrer deste processo, compreenderam e toleraram minha “falta de tempo”, e foram flexíveis com ela.
- Por essas razões, em especial, também agradeço com amor à minha família, em especial à minha mãe (**Maria Tereza**), ao meu pai (**Fernando**) – em memória – e aos meus irmãos (**Fernando, Carlos e Denise**), por toda educação, carinho e apoio que sempre me deram.
- Agradeço à esposa maravilhosa que tenho ao meu lado, **Carini Delavald**, pelo seu amor e por compreender esta fase de “inquietação” que é o doutorado.
- E, por fim, meus sinceros agradecimentos, com carinho, à Dr^a **Flávia Meyer**, pelas oportunidades ao longo deste processo; por sua amizade, orientação e incentivo constantes ao longo desses anos; e, sobretudo, por investir e acreditar nesta conquista.

Obrigado.

RESUMO

INTRODUÇÃO: O excesso de adiposidade é considerado um fator que prejudica a termorregulação durante exercício no calor; entretanto, isso não tem sido observado em alguns estudos que compararam adolescentes obesos e magros. Tal diferença entre estudos pode ser devida à falta de controle de fatores tanto individuais, como nível de condicionamento aeróbico, quanto metodológicos, como nível de hidratação e produção de calor metabólico. **OBJETIVO:** Testar a hipótese de que meninos obesos com condicionamento aeróbico e grau de hidratação similares aos de magros, apresentam prejuízos nas respostas termorregulatórias ou perceptivas ao se exercitarem num mesmo % VO_{2pico} ou com mesma produção de calor metabólico. **MÉTODOS:** Foram recrutados para este estudo 50 meninos púberes, sendo quatro desses excluídos por critérios de sobrepeso. No total, 46 (23 obesos e 23 magros), aclimatizados ao calor e com similar VO_{2pico} por massa muscular, participaram do protocolo experimental. Entre esses, 41 meninos foram categorizados de acordo com seu condicionamento aeróbico: 20 (10 obesos e 10 magros) apresentavam alto condicionamento – “*highfit*” (*HIfit*); e 21 (10 obesos e 11 magros), baixo condicionamento – “*lowfit*” (*LOfit*). Todos pedalarão por dois períodos de 25 min, separados por 10 min de intervalo, dentro de uma câmara ambiental (35°C, 40-45% de umidade relativa), em duas sessões diferentes apenas quanto ao alvo de intensidade do exercício: 1) intensidade relativa (I_R) a 40-45% do VO_{2pico} ; e 2) produção de calor metabólico fixada (PCM_F) em $5,5 W kg^{-1}$. A temperatura retal (T_{retal}), a temperatura da pele (T_{pele}) e a frequência cardíaca (FC) foram avaliadas continuamente, e variáveis perceptivas (de esforço, sensação térmica e conforto térmico) foram registradas a cada 5 min. A massa corporal foi medida antes e após cada 25 min de exercício para calcular o balanço hídrico e o volume de suor. Os meninos mantiveram-se hidratados, ingerindo, no intervalo de 10 min, um volume de água semelhante às perdas de suor decorrentes dos primeiros 25 min de exercício. **RESULTADOS:** O aumento na T_{retal} até o final do exercício foi discreto e similar entre obesos e magros, mesmo quando os grupos foram categorizados em *HIfit* e *LOfit*. Tal similaridade foi observada também no aumento da T_{pele} entre os grupos. No geral, a FC foi maior nos obesos em alguns momentos da sessão I_R e ao longo de quase todo o exercício da sessão PCM_F . Mas, quando categorizados pelo condicionamento aeróbico, foi maior em OB-*LOfit* vs. magros (*HIfit* e *LOfit*) no minuto 40 da sessão I_R , e maior em OB-*LOfit* vs. MA-*HIfit* no minuto 50 da sessão PCM_F . Entretanto, isso não foi acompanhado pela percepção de esforço nas duas sessões de exercício, nem mesmo pela sensação de calor ou desconforto térmico. **CONCLUSÃO:** Quando o alvo de intensidade para o exercício foi fixado pela PCM ou relativo ao VO_{2pico} , e a hidratação foi controlada, nenhuma desvantagem termorregulatória ou de percepção ao calor foi observada por parte dos obesos, independentemente do seu condicionamento aeróbico.

Palavras-chave: termorregulação - obesidade - adolescentes - exercício no calor

ABSTRACT

INTRODUCTION: Excess adiposity is considered a factor which impairs thermoregulation during exercise in the heat. However, in adolescents, previous studies showed either similar or greater increase in rectal temperature (T_{re}) in obese compared to lean while exercising in the heat. The differences amongst studies may be due to lack of controlling factors such as metabolic heat production (H_{prod}), aerobic fitness and hydration levels. **PURPOSE:** To test the hypothesis that obese compared to lean adolescent boys with similar aerobic fitness and hydration levels will have greater T_{re} increase when exercising in the heat in a given H_{prod} . **METHODS:** Fifty pubertal boys were recruited for this study; four of these were excluded because overweight criteria; and a total of 46 (23 obese e 23 lean pubertal), heat-acclimatized, and with similar VO_{2peak} by total muscle mass, participated in the experimental protocol. Among these, 41 boys were categorized according to their aerobic fitness: 20 (10 obese e 10 lean) were high fit (*Hifit*), and 21 (10 obese e 11 lean) were low fit (*LOfit*). All performed two 25-min exercise bouts, separated by 10-min rest in a controlled hot environment (35°C, 40-45% RH), in two sessions which only differed as the exercise intensity target: 1) relative intensity (RI) 40-45% VO_{2peak} ; and 2) metabolic heat production fixed (H_{prod}) of 5.5 W kg⁻¹. T_{re} , skin temperature (T_{skin}) and heart rate (HR) were evaluated continuously, and perceptual variables (thermal sensation and thermal comfort) were recorded every 5 min. Body mass was measured before and after each exercise bout to calculate water balance and sweat volume. Boys kept hydrated as water volume intake at rest (between bouts) was similar to sweat losses from the 1st bout. **RESULTS:** The increase in T_{re} was discreet and similar between obese and lean boys at the end of exercise, even when the groups were categorized as *Hifit* and *LOfit*. It was also observed to T_{skin} increase. Overall, HR was higher in obese at times of the RI session, and for almost the entire H_{prod} session. But, when categorized by VO_{2peak} , HR was higher in obese *LOfit* vs. lean (*Hifit* and *LOfit*) in the RI session (in 40th min) and higher in obese *LOfit* vs. lean *Hifit* in the H_{prod} session (in 50th min). However, this was not accompanied by the perception of effort in two exercise sessions, not even by the heat sensation or thermal discomfort. **CONCLUSION:** When the intensity target of exercising was fixed to H_{prod} or relative to VO_{2peak} and hydration was controlled, as well as fitness level, no difference was found in the increase in T_{re} or sweat volume between groups. Therefore, our hypothesis was not verified, because no disadvantage in thermoregulatory or heat perception was observed in the obese group, regardless of aerobic fitness.

Keywords: thermoregulation - obesity - adolescents - exercise in the heat

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|------------------|--|----|
| Quadro 1. | Fatores de risco para quadros de hipertermia relacionados ao calor durante esportes e outras atividades físicas..... | 16 |
| Quadro 2. | Ações para atenuar o estresse fisiológico e melhorar a tolerância e a segurança de crianças e adolescentes durante esportes e atividades físicas..... | 17 |
| Quadro 3. | Aspectos intrínsecos e extrínsecos relacionados à termorregulação e ao balanço hídrico durante exercício: obesos comparados com magros..... | 19 |
| Quadro 4. | Características e principais resultados de estudos que compararam obesos vs. não obesos durante exercício no calor listados em ordem cronológica..... | 23 |
| Quadro 5. | Indicadores do estado de hidratação..... | 28 |
| Figura 1. | Desenho experimental..... | 49 |
| Figura 2. | Correlações entre o % de gordura (2A) e o $VO_{2\text{pico}}$ corrigido pela massa muscular, $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (2B), com a ΔT_{retal} ($^{\circ}\text{C}$) nas sessões I_R (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 52 |
| Figura 3. | T_{retal} e T_{pele} em obesos e magros nas sessões I_R (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 53 |
| Figura 4. | T_{retal} e T_{pele} de obesos vs. magros em categorias, <i>HIfit</i> e <i>LOfit</i> , nas sessões I_R (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 54 |
| Figura 5. | Frequência cardíaca (FC) e taxa de percepção subjetiva de esforço (Borg) de obesos vs. magros, nas sessões I_R (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 57 |
| Figura 6. | Frequência cardíaca (FC) e taxa de percepção subjetiva de esforço (Borg) de obesos vs. magros em categorias, <i>HIfit</i> e <i>LOfit</i> , nas sessões (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 58 |
| Figura 7. | Sensação térmica e conforto térmico de obesos vs. magros nas sessões I_R (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 59 |
| Figura 8. | Sensação térmica e conforto térmico de obesos vs. magros em categorias, <i>HIfit</i> e <i>LOfit</i> , nas sessões I_R (40% $VO_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5\text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$)..... | 60 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Características físicas e fisiológicas dos grupos obesos e magros, categorizados em alto (<i>HIfit</i>) e baixo (<i>LOfit</i>) condicionamento aeróbico.. | 43 |
| Tabela 2. Carga externa, produção de calor metabólico e intensidade relativa de obesos e magros, categorizados em alto (<i>HIfit</i>) e baixo (<i>LOfit</i>) condicionamento aeróbico, em exercício com “alvo” de intensidade determinado por intensidade relativa (I_R) e produção de calor metabólico fixa (PCM_F)..... | 51 |
| Tabela 3. Mudança de massa corporal e volume de suor decorrentes do exercício nas sessões I_R e PCM_F , entre obesos e magros, categorizados pelo condicionamento aeróbico..... | 56 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E UNIDADES

ASC - área de superfície corporal

bpm - batimentos por minuto

Carga_{máx} - carga máxima em watts

CHO - carboidrato

CO₂ - gás carbônico

Cl⁻ - cloro

[Cl⁻] - concentração de cloro

°C - graus Celsius

cm - centímetros

dp - desvio-padrão

FC - frequência cardíaca

FC_{máx} - frequência cardíaca máxima

g - grama

GEU - gravidade específica da urina

h - hora

I_R - intensidade relativa de esforço

K⁺ - potássio

[K⁺] - concentração de Potássio

kg - quilograma

km·h⁻¹ - quilômetros por hora

kJ·kg⁻¹·°C⁻¹ - quilojoules divididos por quilogramas e graus celsius

min - minutos

mL - mililitros

mL·kg⁻¹ - mililitros por quilograma

mL·kg⁻¹·min⁻¹ - mililitros por quilograma de massa corporal total por minuto

$\text{mL.kg}^{\text{MT}^{-1}}.\text{min}^{-1}$ - mililitros por quilograma de massa muscular total por minuto

$\text{mL.kg}^{\text{MT}^{-1}}.\text{min}^{-1}$ - mililitros por quilograma de massa muscular total por minuto

mL.m^{-2} - mililitros por metro ao quadrado

mmol.l^{-1} - milimoles de um soluto por litro de solução

mEq.l^{-1} - miliequivalentes por litro de solução

m - metro

m^2 - metro ao quadrado

$\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$ - metro ao quadrado dividido por quilograma

Na^+ - sódio

$[\text{Na}^+]$ - concentração de sódio

W - watts

O_2 - oxigênio

PCM - produção de calor metabólico

PCM_F - produção de calor metabólico fixada

rpm - rotações por minuto

T_{central} - temperatura central

T_{retal} - temperatura retal

ΔT_{retal} - variação da temperatura retal

T_{pele} - temperatura da pele

TPE - taxa de percepção de esforço

% UR - umidade relativa do ar

VO_2 - volume de oxigênio consumido

$\text{VO}_{2\text{pico}}$ - consumo de oxigênio de pico

$\text{VO}_{2\text{máx}}$ - consumo máximo de oxigênio

VCO_2 - volume de gás carbônico produzido

SUMÁRIO

| | | |
|---|--|------------|
| RESUMO | | i |
| ABSTRACT | | ii |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | | iii |
| LISTA DE TABELAS | | iv |
| LISTA DE ABREVIATURAS | | v |
| APRESENTAÇÃO | | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO | | 11 |
| 1.1 Problema | | 12 |
| 1.2 Objetivos | | 13 |
| 1.2.1 Objetivo geral..... | | 13 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | | 13 |
| 1.2.3 Hipóteses..... | | 13 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | | 14 |
| 2.1 Respostas termorregulatórias e da sudorese em crianças e jovens | | 14 |
| 2.2 Respostas termorregulatórias na obesidade | | 17 |
| 2.3 Balanço hidroeletrólítico e implicações na termorregulação de obesos | | 25 |
| REFERÊNCIAS | | 30 |
| 3 MANUSCRITO ORIGINAL ESTENDIDO | | 36 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS | | 69 |
| APÊNDICES | | 70 |
| ANEXOS | | 76 |

APRESENTAÇÃO

Resultados preliminares do estudo experimental desta tese já foram publicados na forma de Resumo (ANEXO A) e apresentados no *ACSM's 63rd Annual Meeting, 7th World Congress on Exercise Medicine, and World Congress on the Basic Science of Energy Balance*, 2016, em Boston, Massachusetts, EUA.

Com o objetivo de submeter um artigo original à publicação em periódico científico internacional, esta tese está estruturada sob forma adaptada e composta pelos seguintes capítulos: 1) Introdução, que relata os aspectos pertinentes ao tema até então estudados, o problema em questão e seus objetivos, geral e específicos; 2) Revisão de Literatura, que abrange as principais investigações sobre exercício físico no calor em crianças e adolescentes, destacando aqueles que são obesos; 3) o experimento propriamente dito, sob a forma de Manuscrito Original Estendido, intitulado “Termorregulação e percepção de meninos púberes: efeito da obesidade e do condicionamento aeróbico”; e, por fim, 4) as Considerações Finais sobre os principais desfechos desta tese.

1 INTRODUÇÃO

A Academia Americana de Pediatria destaca a obesidade como um dos fatores de risco para doenças relacionadas ao calor (AAP, 2011). Esse posicionamento baseia-se principalmente em estudos que observaram maior temperatura retal (T_{retal}) (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975) e menor volume de suor corrigido pela área de superfície corporal (ASC) (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010) em meninos obesos fisicamente menos ativos ou com mais baixo $VO_{2\text{pico}}$ que os magros. Entretanto, desvantagens nas respostas termorregulatórias não foram observadas em jovens obesos com nível de atividade física e $VO_{2\text{pico}}$ satisfatórios que se exercitam no calor (SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013). O efeito da adiposidade e do condicionamento físico sobre as respostas termorregulatórias de meninos obesos é ainda inconclusivo e precisa ser investigado num estudo que compare obesos e magros com diferentes níveis de condicionamento aeróbico, num mesmo desenho experimental.

Enquanto o menor calor específico da gordura, em relação ao da massa magra, tem sido considerado uma explicação para a maior T_{retal} de obesos que se exercitam no calor (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975), a menor razão entre a área de superfície corporal (ASC) e a massa corporal (MILLER, BLYTH, 1958; ROBINSON, 1942) e a mais lenta condutância de calor pela gordura, em relação à massa magra (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982), têm sido explicações para a limitação da perda de calor pela sudorese. A combinação desses aspectos reflete em possível desvantagem nas respostas termorregulatórias de obesos e, conseqüentemente, em maior risco desses indivíduos para hipertermia. Entretanto, os protocolos dos estudos prévios diferem, especialmente, quanto ao alvo de intensidade do exercício, e também não visam à mesma produção de calor metabólico (PCM) entre obesos e magros. Além disso, o controle do nível de condicionamento físico nem sempre é considerado (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010).

A desvantagem de maior T_{retal} em meninos obesos foi observada no estudo de Haymes *et al.* (1975), quando estes caminhavam em maior esforço (pelo % $VO_{2\text{pico}}$) que seus pares magros, numa mesma velocidade absoluta/fixada. Em relação à sudorese, Dougherty *et al.* (2009) observaram que a taxa foi menor nos obesos que apresentaram mais baixos níveis de condicionamento aeróbico, de atividade física e de aclimação ao calor do que os magros, quando se exercitaram em um determinado % $VO_{2\text{pico}}$ – tanto que o mesmo não foi observado em estudos que avaliaram crianças obesas e magras aclimatizadas ao calor e fisicamente

ativas pelo $VO_{2\text{pico}}$. Entretanto, nenhum desses estudos prévios que compararam crianças obesas e magras visou a uma mesma PCM entre elas durante o protocolo de exercício.

Adultos jovens com melhor condicionamento aeróbico apresentam um menor aumento da temperatura corporal central (T_{central}) ao se exercitarem no calor (BUONO, SJOHOLM, 1988). Em relação à sudorese, há indicação de que o condicionamento aeróbico pode aumentar a taxa (BUONO, SJOHOLM, 1988) e diminuir a concentração de sódio ($[Na^+]$) do suor (HENKIN, SEHL, MEYER, 2010). Assim, é provável que a falta de condicionamento aeróbico, e não somente a adiposidade, explique possíveis desvantagens termorregulatórias reportadas nos meninos obesos (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009). Um indício disso é que o aumento de alguns parâmetros perceptivos, como de esforço (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010; SEHL *et al.*, 2012), sensação de calor (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010; SEHL *et al.*, 2012) e desconforto térmico (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010), tem sido mais pronunciados entre os meninos obesos.

A habilidade de termorregulação é importante para prevenir quadros de hipertermia associados ao calor, assim como para garantir a segurança e o bem-estar de jovens que se exercitam em climas quentes e úmidos. Devido à consensual recomendação de exercícios físicos para o tratamento da obesidade, investigações ainda são necessárias para melhor esclarecer sobre os potenciais efeitos negativos da adiposidade e do baixo condicionamento aeróbico à termorregulação de obesos que se exercitam no calor. Da mesma forma, é preciso investigar a possibilidade de esses efeitos danosos estarem relacionados a um nível de condicionamento aeróbico insatisfatório.

1.1 Problema

As respostas termorregulatórias, da sudorese e perceptivas diferem entre meninos púberes obesos e magros, com alto e baixo condicionamento aeróbico, durante exercício no calor em mesmo % $VO_{2\text{pico}}$ ou produção de calor metabólico?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Comparar as respostas termorregulatórias, da sudorese e perceptivas entre meninos púberes obesos e magros, com alto e baixo condicionamento aeróbico, durante exercício em mesmo % VO_{2pico} ou produção de calor metabólico (PCM).

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar, entre meninos púberes obesos e magros, com alto e baixo condicionamento aeróbico, as seguintes respostas durante exercício no calor: temperatura retal (T_{retal}), temperatura da pele (T_{pele}), temperatura média do corpo (T_{corpo}), frequência cardíaca (FC), volume de suor, taxa de percepção de esforço (TPE), sensação térmica e conforto térmico.

1.2.3 Hipóteses

H0: Nos meninos obesos com alto VO_{2pico} , o aumento da T_{retal} , o volume de suor e as respostas perceptivas ao calor serão similares aos dos magros com alto VO_{2pico} , durante exercício no calor realizado numa mesma intensidade relativa pelo VO_{2pico} ou numa mesma produção de calor metabólico.

H1: Nos meninos obesos com baixo VO_{2pico} , o aumento da T_{retal} será mais proeminente, e o volume de suor será menor que nos obesos e magros com alto VO_{2pico} , durante exercício no calor realizado numa mesma intensidade relativa pelo VO_{2pico} ou numa mesma PCM.

H2: Nos meninos obesos com baixo VO_{2pico} , o aumento das respostas perceptivas será mais proeminente que nos obesos e magros com alto VO_{2pico} , durante exercício no calor realizado numa mesma intensidade relativa pelo VO_{2pico} ou numa mesma PCM.

H3: Nos meninos magros com baixo VO_{2pico} , o aumento da T_{retal} será mais proeminente, e o volume de suor será menor que nos magros e obesos com alto VO_{2pico} , durante exercício no calor realizado numa mesma intensidade relativa pelo VO_{2pico} ou numa mesma PCM.

H4: Nos meninos magros com baixo $VO_{2\text{pico}}$, o aumento das respostas perceptivas será mais proeminente que nos magros e obesos com alto $VO_{2\text{pico}}$, durante exercício no calor realizado numa mesma intensidade relativa pelo $VO_{2\text{pico}}$ ou numa mesma PCM.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão de literatura aborda as principais razões pelas quais crianças e adolescentes podem estar mais suscetíveis que os adultos aos riscos à saúde relacionados à hipertermia, assim como as recomendações gerais para uma prática segura de atividade física de crianças e jovens quando se exercitam em condição de calor. As hipóteses e evidências relacionadas às respostas termorregulatórias e da sudorese de estudos que compararam jovens obesos com não obesos também são discutidas ao longo desta revisão.

2.1 Respostas termorregulatórias e da sudorese em crianças e jovens

Existem características individuais – morfológicas e fisiológicas – que, quando associadas ao elevado estresse ambiental, podem prejudicar a termorregulação de crianças e jovens, principalmente se forem obesos (BAR-OR, ROWLAND, 2004).

Nas crianças e nos adolescentes, a razão entre a ASC e a massa corporal é maior do que nos adultos. Dessa forma, crianças e adolescentes disponibilizam maior superfície de pele relativa para receber o calor do ambiente e armazená-lo em uma menor massa corporal. Em crianças de 8-9 anos de idade, por exemplo, a relação entre a ASC e a massa corporal é cerca de 40% maior do que nos adultos; enquanto que, em crianças de seis anos de idade, pode ser até 50% maior (FALK, DOTAN, 2008). Apesar de essa maior relação disponibilizar uma maior área relativa de pele para liberar para o ambiente o calor corporal produzido no exercício, crianças e adolescentes apresentam menor volume de suor do que os adultos quando o exercício físico é realizado em similares esforços relativos e condições ambientais (WAGNER *et al.*, 1972; DRINKWATER *et al.*, 1977; ARAKI *et al.*, 1979; DAVIES, 1981; BAR-OR, 1989; FALK, DOTAN, BAR-OR, 1992; MEYER *et al.*, 1992; SHIBASAKI *et al.*, 1997). Isso pode ser devido à menor produção absoluta de calor corporal, e outra possível

justificativa é de que as glândulas sudoríparas ainda não maduras resultam numa menor produção de suor por glândula na criança (FALK *et al.*, 1992; SHIBASAKI *et al.*, 1997). Conseqüentemente, crianças pré-púberes parecem depender mais de um fluxo sanguíneo cutâneo maior para uma transferência de calor por convecção para a pele, do que da dissipação de calor pela principal defesa fisiológica contra o superaquecimento: a evaporação do suor (DAVIES, 1981; MEYER *et al.*, 1992). Em meninos pré-púberes, o volume de suor tem sido reportado como cerca de 40% menor do que nos homens durante o exercício no calor (ARMSTRONG, MARESH, 1995). Essa diferença tende a se estreitar entre meninos e homens, durante a puberdade, em virtude das alterações da maturação biológica ocorridas no sexo masculino, melhorando as respostas da termorregulação pelo suor (FALK, BAR-OR, McDOUGALL, 1992).

Adicionalmente, devido à menor eficiência mecânica nas crianças, um maior gasto energético para atividades de deslocamento corporal (como caminhar e correr) pode gerar nelas maior calor metabólico por quilograma de massa corporal (~10-15%) em comparação ao de adultos (ASTRAND, 1952).

Além da maturação sexual, fatores como o grau de aclimatização ao calor e o nível de condicionamento aeróbico também influenciam as respostas da sudorese. Em crianças, assim como em adultos, a aclimatização ou aclimatação ao calor e o condicionamento aeróbico melhoram as respostas relacionadas à termorregulação durante o estresse fisiológico causado pelo exercício no calor (WAGNER *et al.*, 1972).

A aclimatização ao calor (induzida em ambiente natural) e a aclimatação ao calor (induzida por curto período, frequentemente em laboratório), quando resultantes de repetidas exposições ao exercício no calor, geram respostas de adaptações por meio de diversos ajustes fisiológicos, beneficiando a prática de atividades físicas no calor (WENGER, 1988). Essas adaptações são capazes de facilitar a transferência de calor produzido nos músculos para a pele, contribuindo para uma maior sudorese e, conseqüentemente, para sua evaporação. Entre as respostas de adaptação que constituem um quadro clássico de indivíduo aclimatizado e/ou aclimatado ao exercício no calor está a redução da temperatura central (T_{central}), da temperatura média da pele e da FC, assim como o aumento da sudorese (WYNDHAM, 1973) e seu início mais precoce (SAWKA, WENGER, PANDOLF, 1996). Além disso, o suor torna-se mais diluído, e a diminuição de sódio (Na^+) no suor e na urina também é uma possível resposta dessas repetidas exposições ao calor (ARMSTRONG, MARESH, 1991). Porém, tem sido relatado que a aclimatação ao calor para crianças ocorre mais lentamente do que para

adultos (INBAR, 1981, BAR-OR, 1989), alcançando grau de aclimatação um pouco menor (WAGNER *et al.*, 1972).

Uma criança precisará de aproximadamente 8 a 10 exposições (30 a 45 min cada) para aclimatar-se suficientemente. Essas exposições devem ser feitas uma por dia ou em dias intercalados, visto que o exercício intenso e prolongado, praticado antes da aclimatação, pode ser prejudicial ao bem-estar e ao desempenho físico da criança (FOX *et al.*, 1966). Contudo, quando o verão inicia, crianças podem ficar mais vulneráveis a quadros de hipertermia provocados pelo calor, incluindo a exaustão e o choque térmico, devido à falta de aclimatação e/ou ao aumento do volume de treinamento (BERGERON, MCKEAG, CASA, 2005; GODEK, GODEK, BARTOLOZZY, 2005). Por outro lado, crianças que vivem em climas tropicais exibem volume de suor e tolerância ao exercício no calor semelhantes aos de adultos (RIVERA-BROWN *et al.*, 1999, 2006).

Conforme os dois Quadros a seguir, a Academia Americana de Pediatria (AAP, 2011) destaca os principais fatores de risco para doenças relacionadas ao calor durante esportes e outras atividades físicas (Quadro 1), assim como recomendações/ações para atenuar o estresse fisiológico e melhorar a tolerância e a segurança de crianças e adolescentes nessas atividades (Quadro 2).

Quadro 1. Fatores de risco para quadros de hipertermia relacionados ao calor durante esportes e outras atividades físicas

Fatores de risco

Clima quente e/ou úmido

Não aclimatizado ao calor

Pré-hidratação inadequada e acesso insuficiente de líquidos e oportunidades para beber

Condicionamento físico insatisfatório

Tempo insuficiente de descanso/ recuperação entre repetidas séries de exercícios de alta intensidade

Insuficiente tempo de descanso/recuperação entre as práticas e jogos

Excesso de peso (IMC \geq Percentil 85 para a idade) e outras condições clínicas (ex: diabetes) ou medicamentosas (ex: transtorno de déficit de atenção/medicamentos para distúrbios de hiperatividade)

Doença atual ou recente, especialmente se envolver/envolveu desconforto gastrointestinal ou febre

Vestuário e equipamentos de proteção que contribuam para uma retenção de calor excessiva

Fonte: Traduzido e adaptado de *Policy Statement – Climatic heat stress and exercising children and adolescents* (AAP, 2011).

Quadro 2. Ações para atenuar o estresse fisiológico e melhorar a tolerância e a segurança de crianças e adolescentes durante esportes e atividades físicas

Ações

Fornecer/promover o consumo de fluidos de fácil acesso, em intervalos regulares, antes, durante e após a atividade

Permitir uma gradual introdução e adaptação ao clima, à intensidade e à duração das atividades e ao uniforme/equipamento de proteção

A atividade física deve ser modificada

Diminuir a duração e/ou a intensidade

Aumentar a frequência e a duração das pausas (de preferência na sombra)

Cancelar ou reagendar para uma condição de tempo mais fria

Fornecer mais tempo de descanso/recuperação entre as sessões e jogos no mesmo dia

Evitar/ limitar participação se a criança ou adolescente estiver ou esteve recentemente doente

Acompanhar de perto os participantes para verificar sinais e sintomas de desenvolvimento de doenças provocadas pelo calor

Certifique-se de que o pessoal e as instalações para tratar eficazmente doenças provocadas pelo calor estão disponíveis no local

Em resposta a um estresse (moderado ou grave) provocado pelo calor, em uma criança ou adolescente, ativar imediatamente os serviços médicos de emergência e esfriar a vítima rapidamente

Fonte: Traduzido e adaptado de Policy Statement – Climatic heat stress and exercising children and adolescents (AAP, 2011).

2.2 Respostas termorregulatórias na obesidade

Para reduzir a adiposidade e prevenir doenças associadas à obesidade, assim como melhorar o condicionamento físico, exercícios físicos são amplamente recomendados a essa população (FAIGENBAUM, 2007; CALI, CAPRIO, 2008; McGUIGAN *et al.*, 2009). Uma consideração destacada pela Academia Americana de Pediatria (AAP, 2011) é de que a obesidade é um fator de risco para doenças relacionadas ao exercício no calor, o que deve servir de alerta quando crianças obesas se exercitam no calor. Entretanto, os potenciais riscos em crianças e adolescentes obesos que se exercitam em condições ambientais de calor são ainda pouco conhecidos (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1974, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009 e 2010; SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013) e

vêm sendo investigados inclusive no Brasil (SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013), por ser um país de clima predominantemente quente.

Crianças obesas possuem menor ASC relativa à massa corporal, comparada à das magras (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975). Além disso, há modificação do contorno do corpo, pelo acúmulo de gordura, capaz de diminuir ainda mais a razão entre a ASC e a massa corporal (BAR-OR, 1983). Essa menor razão ($\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$) poderia ser vantajosa em situações de calor extremo, em que a temperatura ambiental ($T_{\text{ambiental}}$) é maior do que a temperatura da pele (T_{pele}), quando a criança obesa disponibiliza menor área de superfície de pele relativa para receber o calor do ambiente e armazená-lo em maior massa corporal (HAYMES *et al.*, 1974; BAR-OR, 1983). Entretanto, o menor calor específico da gordura ($1,63 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$), comparado ao da massa livre de gordura ($3,35 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$), tem sido especulado como um fator que pode favorecer o maior aumento da T_{central} em obesos, comparados aos magros, ao se exercitarem no calor. O menor calor específico corporal é dependente do nível de adiposidade (FALK, 1998); assim, um menor estresse térmico seria necessário para elevar a T_{central} de crianças obesas (maior adiposidade), quando comparadas a crianças magras (menor adiposidade) com massas corporais similares.

Outro fator é o menor fluxo sanguíneo, que pode estar presente nos obesos e resultar numa mais baixa transferência de calor – do centro (músculo) à periferia (pele) – que em seus pares magros. Um estudo (VROMAN *et al.*, 1983) observou que o fluxo sanguíneo periférico de homens obesos (gordura = ~32%), quando pedalavam nas intensidades de 30 e 70% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$, em condições de calor (bulbo seco = 38°C ; bulbo úmido = 20°C) ou termoneutra (bulbo seco = 22°C ; bulbo úmido = 14°C), foi ~27% menor, comparado ao de magros (gordura = ~16%). No entanto, a T_{central} (por medida esofágica) e a T_{pele} foram similares entre os grupos. Outro estudo (KARPOFF *et al.*, 2009) observou que meninos obesos pré-púberes têm fluxo sanguíneo prejudicado comparados com magros, em resposta a um exercício dinâmico de extensão de joelho.

O Quadro 2 mostra os principais fatores relacionados que podem prejudicar a termorregulação de obesos, comparados com magros, durante exercício.

Quadro 3. Aspectos intrínsecos e extrínsecos relacionados à termorregulação e ao balanço hídrico durante exercício: obesos comparados com magros

| <i>Fatores</i> | <i>Comparados com magros</i> | <i>Possíveis implicações na termorregulação ou balanço hídrico</i> | |
|-----------------------------|---|---|--|
| <i>Aspectos Intrínsecos</i> | Calor específico (tecidual) | ↓ | Para uma mesma quantidade de calor produzido, um maior aumento da temperatura do tecido adiposo é esperado |
| | Razão ASC/kg | ↓ | Menor taxa: para perda de calor metabólico produzido pelo exercício e para ganho de calor em temperaturas altas ($T_{\text{ambiental}} > T_{\text{pele}}$) |
| | Conteúdo de água corporal | ↓ | Para um mesmo estado de hipoidratação, o déficit de água relativo à massa corporal total pode ser maior nos obesos. |
| | Fluxo sanguíneo | ↓ | Transferência de calor mais lenta, desde o centro (músculo) até a periferia (pele) |
| <i>Aspectos Extrínsecos</i> | Condicionamento aeróbico | ↓ Práticas de atividade física em quantidades insatisfatórias | Para um mesmo exercício/estresse térmico: Menor taxa de sudorese e menor capacidade de resfriamento evaporativo |
| | Aclimatização ao calor | ↓ Exposição de atividades ao ar livre e/ou que vivem em clima temperado | Menor taxa de sudorese e menor capacidade de resfriamento evaporativo Maior aumento da T_{central} |
| | Custo metabólico para deslocar a massa corporal | ↑ Quando o exercício é uma caminhada ou corrida | Maior esforço relativo ($\%VO_{2\text{max}}$), maior aumento da T_{central} e menor tolerância ao exercício, especialmente quando o condicionamento aeróbico é baixo e quando a aclimatização está prejudicada (não aclimatizados). |

Legenda: ASC: área de superfície corporal. T_{central} : temperatura central. T_{pele} : temperatura da pele. $T_{\text{ambiental}}$: temperatura ambiental. ↓: menor que nos magros. ↑: maior que nos magros. Fonte: Traduzido pelo autor a partir do capítulo Athletes with Chronic Conditions: obesity do livro Fluid Balance, Hydration, and Athletic Performance (Meyer, Szygula e Wilk, 2016).

Em adultos obesos, durante exposições ao calor, tanto em repouso (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982) quanto em exercício (MILLER, BLYTH, 1958), o efeito da gordura em aumentar a T_{retal} , em relação aos pares magros, não foi evidenciado na literatura. A menor razão entre a ASC e a massa corporal parece ser uma explicação plausível para o menor aumento da T_{retal} em mulheres obesas, comparado ao aumento nas magras, durante o repouso de 60 min no calor (47°C de bulbo seco e 39°C de bulbo úmido) (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982); mas não para o similar aumento da T_{retal} em homens, obesos e magros, que caminharam durante 45 e 60 min, respectivamente, no calor (48-50°C de bulbo seco e 20-30% de umidade relativa do ar (UR)) (MILLER, BLYTH, 1958). Porém, a menor razão entre a ASC e a massa corporal na obesidade, associada à menor condutância de calor pela gordura, em relação aos outros tecidos corporais, pode ser fator limitante para a perda de calor metabólico durante exercícios, principalmente quando $T_{\text{ambiental}} > T_{\text{pele}}$, podendo limitar a dissipação de calor pela evaporação do suor (ROBINSON, 1942; MILLER, BLYTH, 1958; ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982).

Poucos estudos compararam as respostas termorregulatórias ao exercício no calor e o volume de suor provocado por este entre crianças obesas e magras (HAYMES *et al.*, 1974; HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009 e 2010; SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013). O grupo de Haymes (1975) observou maiores T_{retal} e FC em meninos pré-púberes obesos que caminharam intermitentemente (três sessões de 20 min, intervaladas em 5 min) na mesma intensidade absoluta de esforço (4,8 km·h⁻¹) de seus pares magros, em quatro diferentes condições ambientais (21,1°C, 26,7°C, 29,4°C e 32,2°C; todas 22-25% de UR). Entretanto, os meninos obesos exercitaram-se em maior intensidade relativa de esforço (% $\text{VO}_{2\text{pico}}$), devido ao menor $\text{VO}_{2\text{pico}}$ verificado, associado à sustentação e ao deslocamento da maior massa corporal (maior custo energético para locomoção). Ainda nesse estudo, o volume de suor causado pelo exercício aumentou conforme o aumento da $T_{\text{ambiental}}$, mas foi sempre similar entre os grupos, inclusive quando corrigido pela ASC. Em semelhante condição ambiental e mesmo protocolo de exercício, BAR-OR, LUNDEGREN, BUSKIRK (1969) já haviam verificado maior aumento da T_{retal} e da FC em mulheres obesas, quando comparado ao aumento em magras. Nesse tipo de protocolo experimental, a menor potência aeróbica máxima ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) e um custo energético elevado para locomoção (BUTTE *et al.*, 2007) poderiam estar relacionados às respostas de maior ascensão na T_{retal} e na FC em obesos, principalmente quando se exercitam em mesma intensidade absoluta de esforço que os magros.

Falk (1998) sugere que investigações na área da termorregulação sejam realizadas em cicloergômetro para evitar que o custo energético da locomoção e as dimensões e composições corporais na produção de calor metabólico afetem variáveis termorregulatórias. Limbaugh *et al.* (2013) analisaram a influência da gordura corporal na T_{central} , na T_{pele} , na produção de calor, no armazenamento de calor e na perda de calor em homens com alto e baixo % de gordura, durante pedalada no calor em intensidade moderada, e não observaram diferenças entre os grupos. Jabbour *et al.* (2013) avaliaram a associação entre massa corporal e a eficiência mecânica e entre o condicionamento aeróbico e a eficiência mecânica, entre jovens de 8 a 10 anos de idade, durante um protocolo de teste máximo em cicloergômetro. Esse estudo sugeriu que a maior massa corporal e o menor condicionamento aeróbico não afetam a energia necessária para se realizar uma determinada atividade em cicloergômetro; ou seja, a eficiência mecânica durante esse protocolo experimental não é menor em crianças com excesso de peso e menor condicionamento aeróbico. Entretanto, foram encontrados na literatura poucos estudos (SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013) que compararam variáveis termorregulatórias entre crianças obesas e magras, de mesmo estágio maturacional, em mesma intensidade relativa de esforço, exclusivamente em cicloergômetro.

Em protocolo intermitente (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009), meninos não aclimatizados ao calor e com maior estresse térmico (38°C e 50% de UR), a intensidade do exercício foi relativizada (30% $VO_{2\text{pico}}$), e o cicloergômetro foi adicionado, intercalando com esteira ergométrica (duas sessões de esteira (20 min) e uma sessão de cicloergômetro (20 min), intervaladas em 5 min). Não houve diferença no aumento da T_{central} entre os grupos, mas um menor volume de suor corrigido pela ASC foi encontrado entre meninos obesos que apresentavam menor $VO_{2\text{pico}}$ que o dos magros. Resultados semelhantes foram reportados mais recentemente, pelo mesmo grupo de investigadores (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2010), em meninos obesos aclimatizados ao calor, similarmente aos seus pares magros, durante caminhada em mesma intensidade relativa, em diferentes temperaturas de bulbo seco (34°C, 36°C, 38°C, 40°C, 42°C). Entretanto, os meninos obesos também eram menos condicionados aerobicamente do que os seus pares magros, mesmo quando o $VO_{2\text{pico}}$ foi corrigido pela massa magra. Apesar da indicação de maior T_{retal} (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975) e menor volume de suor corrigido pela ASC (DOUGHERTY *et al.*, 2009, 2010) em meninos obesos que exercitaram no calor, estudos que compararam crianças obesas com similares níveis de atividade física e $VO_{2\text{pico}}$ que as magras (SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013) não observaram qualquer desvantagem termorregulatória associada à obesidade.

Uma vez que o condicionamento aeróbico reflete na atenuação do aumento da T_{central} , assim como no aumento do volume de suor (BUONO, SJOHOLM, 1988), é provável que o condicionamento aeróbico prejudicado explique as desvantagens termorregulatórias reportadas em jovens obesos do sexo masculino (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009). O volume de suor (~350 ml) observado em apenas 30 min de pedalada, entre meninos obesos fisicamente ativos e que vivem em clima tropical (SEHL *et al.*, 2012), mostrou ser similar àquele produzido em uma hora de caminhada e pedalada (~312 ml) em meninos obesos sedentários vivendo em clima temperado (não aclimatizados ao calor) (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009). No estudo de Dougherty *et al.* (2009), os obesos apresentaram menor volume de suor corrigido pela ASC comparado ao dos magros. Em um estudo mais recente desse grupo (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2010), os meninos obesos, quando aclimatizados, apresentaram menor volume de suor corrigido pela ASC, embora o $VO_{2\text{pico}}$ (corrigido tanto pela massa corporal quanto pela massa magra) permanecesse inferior.

Em meninos obesos tanto pré-púberes como púberes, as respostas da aclimação ao calor já foram estudadas (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009). Durante seis repetidas exposições ao exercício no calor (aclimação), Dougherty *et al.* (2009) observaram menor decréscimo da T_{central} e menor aumento do volume de suor nos meninos obesos comparados aos não obesos. Os autores sugeriram que o processo de aclimação ao calor nos meninos obesos, mesmo nos meses de verão, pode ocorrer de forma mais lenta, comparado ao de meninos magros. Entretanto, o fator de confusão pode ser o menor condicionamento aeróbico dos obesos que iniciaram a primeira sessão de exercício com maior T_{central} .

As características e os principais resultados de alguns estudos que compararam obesos vs. magros (incluindo adultos e crianças) durante exercício no calor estão listados em ordem cronológica (de 1957 a 2014) no Quadro 3.

Quadro 4. Características e principais resultados de estudos que compararam obesos vs. não obesos durante exercício no calor listados em ordem cronológica

| <i>Estudo, ano</i> | Sujeitos: comparados com magros | | | Protocolo de exercício no calor | | Respostas fisiológicas: comparadas com as de magros | | | | |
|----------------------|--|-------------------------------|--|--|---|--|--|--------------------------|------------------------|-------------|
| | <i>n</i> | <i>VO₂máx/pico</i> | <i>Sessões de aclimatização ao calor</i> | <i>T_{central basal}</i> | <i>Intensidade: fixada (F) ou relativa (R) (%VO₂pico)/ duração (min)</i> | <i>•C, %UR</i> | <i>ΔT_{central} ou T_{central final}</i> | <i>ΔT_{pele}</i> | <i>ΔFC ou FC final</i> | <i>Suor</i> |
| Miller e Blyth, 1957 | 14 OB e 14 MA homens | NA | sim | NA | F: caminhada 4,8 km·h ⁻¹ /45 min | ~50°C, ~30% UR | = | = | = | = |
| | | | | | F: caminhada 6,4 km·h ⁻¹ /60 min | 25°C | | ↑ | | ↑ |
| Buskirk et al., 1965 | 4 SP e 3 MA mulheres | NA | NA | NA | F: caminhada 4,8 km·h ⁻¹ /3-20 min | 42°C bulbo seco, 27°C bulbo úmido | ↑ | ↑ | | ↓ |
| Bar-Or et al., 1969 | 5 OB e 4 MA mulheres | NA | sim, parcialmente 3 sessões | NA | F: caminhada 4,8 km·h ⁻¹ /3-20 min | 26-29°C | ↑ | | ↑todas | ↑todas |
| | | | | | | 32-35°C | ↓ | | | |
| Haymes et al., 1974 | 7 OB + SP e 5 MA meninas | ↓relativo por kg total | sim, parcialmente 3 sessões | NA | F: caminhada 4.8 km·h ⁻¹ /3-20 min | 21-29°C | = | | ↓todas | NA |
| | | | | | | 32.2°C | ↓ | | | =todas |

| Continuação do Quadro 4 | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|---|----|---|-----------------|--------|--------|--------|--------|
| Haymes <i>et al.</i> , 1975 | 5 OB e 7 MA meninos | ↓relativo por kg total | sim, parcialmente 3 sessões | NM | F: caminhada 4,8 km·h ⁻¹ /3-20 min | 21,1-32,2°C | ↑todas | =todas | ↑todas | =todas |
| Dougherty <i>et al.</i> , 2009 | 7 OB e 7 MA meninos | ↓relativo por kg total | sim, 6 sessões | ↑ | R: caminhada + pedalada 30% VO _{2pico} / 3-20 min | 38°C, 50% UR | = | NM | = | ↓ |
| Sehl <i>et al.</i> , 2012 | 17 OB e 16 MA meninos | = alométrico | não, todos testados no verão e viviam em clima tropical | = | R: pedalada ~50% VO _{2pico} /30 min | 35°C, 45% UR | = | NM | = | = |
| Leites <i>et al.</i> , 2013 | 13 OB e 14 MA meninas | = relativo por kg muscular | não, todos testados no verão e viviam em clima tropical | ↑ | R: pedalada ~55% VO _{2pico} /30 min | 35°C, 40% UR | ↓ | NM | = | = |
| Adams <i>et al.</i> , 2014 | 10 OB e 10 MA mulheres | = relative por kg muscular | não aclimatizados ao calor | = | F: pedalada 300 W (PCM) ou 175 W·m ⁻² /60 min | 40°C, 30% UR | =todas | =todas | =todas | =todas |

Legenda: NA: não avaliado. OB: obesos. MA: magros. SP: sobrepeso. Fonte: Traduzido pelo autor a partir do capítulo Athletes with Chronic Conditions: obesity do livro Fluid Balance, Hydration, and Athletic Performance (Meyer, Szygula e Wilk, 2016).

Em adultos, há indicações de que a produção de calor metabólico (PCM) no exercício difere entre indivíduos conforme o tamanho corporal (ADAMS *et al.*, 2014; CRAMER, JAY, 2014; LEITES *et al.*, 2016) e o condicionamento aeróbico (JAY *et al.*, 2011). Dessa forma, é importante que, ao avaliar os efeitos da obesidade e do $VO_{2\text{pico}}$ nas respostas termorregulatórias de adolescentes, o protocolo de exercício resulte neles similar PCM por kg.

O desafio de comparar crianças obesas e magras pelo condicionamento aeróbico e pela aclimatização ao calor tem sido fator limitante na maior parte dos estudos que comparam esses grupos. Além disso, há uma inconsistência entre os estudos quanto à definição do alvo de intensidade do exercício para que crianças e adolescentes produzam similar calor metabólico. Isso deixa margem ao seguinte questionamento: podem os prejuízos fisiológicos observados em jovens obesos durante o exercício no calor estar relacionados aos seus menores níveis de atividade física e mais baixo condicionamento aeróbico?

2.3 Balanço hidroeletrólítico e implicações na termorregulação de obesos

Juntamente com a água, eletrólitos são perdidos pelo suor. O conteúdo do suor é influenciado por muitos fatores, incluindo, além de seu volume, o grau de aclimatização e o nível de condicionamento físico do indivíduo. Indivíduos treinados, por exemplo, tendem a apresentar menores concentrações de sódio ($[Na^+]$) e cloro ($[Cl^-]$) no suor (PATTERSON, GALLOWAY, NIMMO, 2000). Entretanto, o aumento das $[Na^+]$ e $[Cl^-]$ nos indivíduos treinados pode dar-se conforme o aumento da sudorese, em menor tempo para reabsorção desses eletrólitos no ducto da glândula sudorípara, devido à consequente passagem mais rápida do líquido precursor (semelhante ao plasma) por esse ducto (BUONO, BALL, KOLKHORST, 2007).

O Na^+ é o cátion mais abundante no líquido extracelular, e a sua concentração plasmática exerce papel fundamental no equilíbrio hídrico. Regulada pelos rins, por meio de hormônios como a aldosterona e a vasopressina (WILLIAMS, 2002), a $[Na^+]$ é reduzida no sangue durante o exercício, uma vez que o Na^+ é o principal eletrólito perdido no suor. Poucos estudos investigaram as concentrações de eletrólitos no suor em crianças e jovens (MEYER *et al.*, 1992; McDERMOTT *et al.*, 2009; SEHL *et al.*,

2012; LEITES *et al.*, 2013). Sehl *et al.* (2012) observaram superior $[Na^+]$ (~50-60%) e $[Cl^-]$ (~50%) no suor de meninos púberes aclimatizados ao calor em relação às concentrações reportadas para esses eletrólitos em crianças de mesma idade, embora não aclimatizadas (MEYER *et al.*, 1992). Num estudo que comparou meninas pré-púberes obesas e magras, com similar grau de aclimatização ao calor, Leites *et al.* (2013) observaram maior $[Na^+]$ no suor de meninas obesas. Desde que uma maior $[Na^+]$ no suor de adultos é esperada para um menor grau de aclimatização ao calor (ALLAN e WILSON, 1971; BUONO *et al.*, 2007; CHINEVERE *et al.*, 2008; HENKIN, SEHL, MEYER, 2010), essas respostas não estão claras e devem ser mais bem investigadas em crianças obesas.

Em adultos, a hiponatremia tem sido descrita principalmente em eventos prolongados (>3h) (CASA *et al.*, 2000) nos quais um excesso de líquidos sem Na^+ ou com quantidades restritas (inadequadas) do mesmo é ingerido, além de haver uma sudorese intensa, diminuindo a taxa de Na^+ durante o exercício (HSIEH, 2004). A maioria dos indivíduos com o Na^+ sanguíneo de 125 a 135 $mmol\ l^{-1}$ demonstra ser assintomática para hiponatremia. Porém, quando os valores são menores (120-125 $mmol\ l^{-1}$), sintomas como câimbra, náusea, vômito, cefaléia, letargia, confusão mental e edema nos pés e nas mãos podem ocorrer. Valores ainda menores de Na^+ , especialmente quando a perda é muito rápida, podem resultar em edema cerebral, convulsões e coma (MURRAY, EICHNER, 2004). Crianças e adolescentes podem apresentar risco de hiponatremia durante o exercício (PATEL *et al.*, 2005), porém esse risco não tem sido investigado, tampouco em crianças obesas.

Desequilíbrios eletrolíticos, especialmente em relação às grandes perdas de Na^+ pelo suor, parecem também estar relacionados com câibras induzidas pelo calor. O Na^+ é adicionado em bebidas esportivas juntamente com quantidades inferiores de Cl^- e K^+ , e a quantidade de Na^+ necessária para reposição pode variar em função da magnitude de sua perda pelo suor (MEYER *et al.*, 1992). Em alguns casos, a inclusão de Na^+ na bebida, durante atividade de longa duração, pode ser vantajosa, pois, além de evitar a hiponatremia ($[Na^+]$ sanguínea $<130\ mmol\ l^{-1}$) (CASA *et al.*, 2000), mantém a percepção de sede, aumenta a absorção de água no intestino e promove maior ingestão voluntária (WENDT, VAN-LOON, LICHTENBELT, 2007; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2007).

Considerando as taxas mais baixas de suor em meninos em relação a homens adultos, pode-se esperar, de acordo com Meyer *et al.* (1992), que as perdas totais de Na^+ pelo suor sejam menores nas crianças. No entanto, a manutenção da hidratação em crianças, durante o exercício, com bebidas esportivas contendo cerca de 20 mmol l^{-1} de Na^+ não necessariamente resulta em sobrecarga de Na^+ . De fato, um leve balanço negativo de Na^+ (ingestão menor que as perdas pelo suor e pela urina) pode ocorrer sem afetar a $[\text{Na}^+]$ plasmática (MEYER *et al.*, 1995).

Crianças frequentemente não sentem necessidade de beber água o suficiente para repor as perdas de fluidos pelo suor durante o exercício prolongado (BAR-OR, DOTAN, INBAR, 1980; MEYER *et al.*, 1992). A falta de uma hidratação adequada, mesmo frente à disponibilidade de água para beber *ad libitum*, pode predispor essa população à desidratação severa e prejudicar tanto o desempenho quanto a saúde (BAR-OR, DOTAN, INBAR, 1980; MEYER, PERRONE, 2004).

Os relatos de desidratação em crianças não se limitam apenas às situações simuladas em laboratórios. Tal investigação tem sido realizada durante atividades esportivas, demonstrando a desidratação também em situações mais práticas (WILK, ARAGON-VARGAS, BAR-OR, 2001; CASA *et al.*, 2005). Embora a influência da desidratação no desempenho físico de crianças ainda não tenha sido tão explorada (MEYER, O'CONNOR, SHIRREFS, 2007), seu impacto nesse âmbito deve ser considerado, pois, tal como nos adultos, a desidratação em crianças pode prejudicar a função cognitiva (BAR-DAVID, URKIN, KOZMINSKY, 2005; D'ANCI, CONSTANT, ROSENBERG, 2006). Dougherty *et al.* (2006) demonstraram que meninos de 12 a 15 anos de idade, praticantes de basquete, tiveram prejuízo no desempenho quando observada a desidratação relativa a 2% da massa corporal. No entanto, a hidratação com bebidas contendo 6% de CHO melhorou significativamente o desempenho das habilidades desses meninos no esporte, quando comparada à hidratação com água pura.

A desidratação de 1 a 3% da massa corporal tem sido descrita em jovens desportistas que praticam esportes coletivos (BROAD *et al.*, 1996; CASA *et al.*, 2005). Levando em consideração que mesmo uma desidratação leve (1-2% da massa corporal) é capaz de prejudicar o desempenho, de aumentar a T_{central} e de antecipar a fadiga em adultos (SAWKA, 1992), os menores sinais de desidratação devem ser cuidadosamente monitorados em crianças e adolescentes.

Os estados de hidratação se caracterizam como euhidratação (estado normal de conteúdo de água corporal), hipoidratação (o grau do déficit de água corporal) e hiperidratação (o grau do excesso de água corporal). A desidratação se refere ao processo em que ocorre o déficit de água corporal; e a desidratação voluntária, à restrição proposital da ingestão de fluídos (AMERICAN ACADEMY PEDIATRICS, 2005). Conforme demonstra o Quadro 5, além da variação da massa corporal, parâmetros urinários de cor e de gravidade específica também são usuais na avaliação do estado de hidratação.

Quadro 5. Indicadores do estado de hidratação

| Estado de hidratação | % Δ massa corporal (kg) | Cor da urina | GEU |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| Euhidratação | +1 a -1 | 1 ou 2 | <1,010 |
| Hipoidratação mínima | -1 a -3 | 3 ou 4 | 1,010-1,020 |
| Hipoidratação significativa | -3 a -5 | 5 ou 6 | 1,021-1,030 |
| Hipoidratação grave | >-5 | >6 | >1,030 |

Legenda: GEU: gravidade específica da urina. Fonte: National Athletic Trainer's Association (NATA), 2000.

A principal consequência da desidratação é o aumento excessivo na T_{central} (GODEK, GODEK, BARTOLOZZY, 2005). Assim, a criança desidratada está mais propensa aos quadros de hipertermia relacionados ao calor do que a criança completamente hidratada (TAJ-ELDIN, FALAKI, 1968). Para um dado nível de desidratação, as crianças estão sujeitas a maior aumento da T_{central} do que os adultos (BAR-OR, DOTAN, INBAR, 1980). Nelas, os sinais associados aos comprometimentos da desidratação incluem tontura, letargia, agitação, irritabilidade, confusão, e câibras musculares (BAR-OR, ROWLAND, 2004). As crianças e os adolescentes fazem parte de um grupo populacional que, muitas vezes, não percebe a necessidade da hidratação durante a atividade física (AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, 2005).

A Academia Americana de Pediatria (2005) especula que, no meio esportivo, crianças e adolescentes podem provocar a desidratação (desidratação voluntária) a fim de se enquadrarem em determinada categoria de massa corporal para competição. Esse é um erro prejudicial à saúde e ao desempenho, que poderia ocorrer também entre as crianças obesas, caso estas acreditem que a hidratação durante o exercício possa

prejudicar o processo de emagrecimento. A gordura tem menos conteúdo de água do que os outros tecidos corporais; assim, os indivíduos obesos possuem baixo conteúdo de água corporal total por unidade de massa corporal (BAR-OR, ROWLAND, 2004). Conseqüentemente, um determinado estado de hipoidratação representa ao obeso, na relação entre água total e unidade de massa corporal, maior déficit de água.

Embora existam indicações de que, nas crianças obesas, a limitação da sudorese e os riscos à saúde e ao desempenho, relacionados à hipertermia, possam ser mais evidentes que nos seus pares magros, quando se exercitam no calor (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2010, 2009), o baixo condicionamento aeróbico dos obesos avaliados nesses estudos, em relação aos seus pares magros, tem sido um importante fator de confusão. Como o condicionamento aeróbico reflete nas respostas termorregulatórias, não está claro se o fator responsável pelas desvantagens nelas observadas é a adiposidade ou se há influência do baixo condicionamento aeróbico, tanto que Sehl *et al.* (2012) não observaram quaisquer desvantagens termorregulatórias entre meninos obesos e magros com similar condicionamento aeróbico. Dessa forma, investigações que esclareçam os potenciais efeitos negativos em obesos que se exercitam no calor, comparando grupos de obesos com condicionamento aeróbico alto e baixo, ainda são necessárias.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS: POLICY STATEMENT - Climatic Heat Stress and Exercising Children and Adolescents. **Pediatrics**, v.128 (3), p.1-7, 2011.

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Committee on Sports Medicine and Fitness Promotion of Healthy weight control practices in young athletes. **Pediatrics**, v.116, p.1557-1564, 2005.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M. The induction and decay of heat acclimatization in trained athletes. **Sports Medicine**, v.12, n.5, p.302-12, 1991.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand on exercise and fluid replacement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.39, n.1, p.377-90, 2007.

ASTRAND, P.O. Experimental studies of physical work capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen, Denmark, 1952.

ARAKI, T.; TODA, Y.; MATSUSHITA, K.; TSUJINO A. Age differences during sweating during muscular exercise. **Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**, v.28, p.239-48, 1979.

ADAMS, J. D.; GANIO, M.; BURCHFIELD, J.M.; MATTHEWS, A.C.; WERNER, R. N.; CHOKBENGBOUN, A. J.; DOUGHERTY, E. K.; LACHANCE, A.A. Effects of obesity on body temperature in otherwise-healthy females when controlling hydration and heat production during exercise in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v.115 (1), p.167-76, 2015.

BAR-OR, O. Temperature regulation during exercise in children and adolescents. In: Gisolfi C, Lamb DR. Perspectives in Exercise Sciences and Sports Medicine. Youth, Exercise and Sport. Indianapolis, IN: **Benchmark Press**, v.2, p.335-67, 1989.

BAR-OR, O.; DOTAN, R.; INBAR, O.; ROTSHTEIN, A.; ZONDER, H. Voluntary hypohydration in 10-12-year-old boys. **Journal of Applied Physiology**, v.48, p.104-08, 1980.

BAR-OR, O.; LUNDEGREN, H.M.; BUSKIRK, E.R. Heat tolerance of exercising obese and lean women. **Journal of Applied Physiology**, v.26, n.4, p.403-09, 1969.

BAR-OR, O. Thermoregulation, fluid and electrolytes in the young athlete. In Smith NJ, ed. Sports related health concerns in pediatrics. Evanston, IL: **American Academy of Pediatrics**, 1983.

BAR-OR, O.; ROWLAND, T.W. **Pediatric Exercise Medicine: From Physiologic Principles to Health Care Application**. Human Kinetics Publishing, 2004.

- BAR-OR, O. **Pediatric Sports Medicine for the Practitioner**. New York: Springer-Verlag, 1983.
- BAR-DAVID, Y.; URKIN, J.; KOZMINSKY, E. The effect of voluntary dehydration on cognitive functions of elementary school children. **Acta Paediatrica**, v.94, p.1667-73, 2005.
- BERGERON, M.F.; MCKEAG, D.B.; CASA D.J. Youth football: Heat stress and injury risk. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.37, p.1421-30, 2005
- BUONO, M.J.; SJOHOLM, N.T. Effect of physical training on peripheral sweat production. **Journal of Applied Physiology**, v.65, o. 811-14, 1988.
- BUONO, M.J.; BALL, K.D.; KOLKHORST, F.W. Effect of heat acclimation on the sweat sodium ion concentration vs. sweat rate relationship in humans. **Journal of Applied Physiology**, v.103 (3), p.990-4, 2007.
- BUTTE, N.F.; PUYAU, M.R.; VOHRA, F.A.; ADOLPH, A.L.; MEHTA, N.R.; ZAKERI, I. Body size, body composition, and metabolic profile explain higher energy expenditure in overweight children. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 2660-67, 2007.
- BUSKIRK, E.R.; BAR-OR, O.; KOLLIAS, J. Physiological effects of heat and cold. In: L. Wilson, editor. **Obesity**. Philadelphia: Davis, p.119-39, 1969.
- BROAD, E.M.; BURKE, L.M.; COX, G.R.; HEELEY, P.; RILEY, M. Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. **International Journal of Sport Nutrition**, v.6, p.307-20, 1996.
- CASA, D.J.; ARMSTRONG, L.E.; HILLMAN, S.K.; MONTAIN, S.J.; REIFF, R.V.; RICH, B.S.; ROBERTS, W.O.; STONE, J.A. National Athletic Trainer's Association: Position statement. Fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v.35, p.212-24, 2000.
- CALI, A.M.G.; CAPRIO, S. Obesity in children and adolescents. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.93, p.S31-S36, 2008.
- CRAMER, M.N.; JAY, O. Selecting the correct exercise intensity for unbiased comparisons of thermoregulatory responses between groups of different mass and surface area. **Journal of Applied Physiology**, 116:1123-32, 2014.
- DOUGHERTY, K.A.; CHOW, M.; KENNEY, L. Responses of lean and obese boys to repeated summer exercise in the heat bouts. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.279-89, 2009.
- DOUGHERTY, K.A.; CHOW, M.; KENNEY, W.L. Critical environmental limits for exercising heat-acclimated lean and obese boys. **European Journal of Applied Physiology**, v.108, p.779-89, 2010.

D'ANCI, K.E.; CONSTANT, F.; ROSENBERG, IH. Hydration and cognitive function in children. **Nutrition Review**, v.64, p.457-464, 2006.

DAVIES, C.T.M. Thermal responses to exercise in children. **Ergonomics**, v.24, p.55-61, 1981.

DRINKWATER, B.L.; KUPPRAT, I.C.; DENTON, J.E.; CRIST, J.L.; HORVATH S.M. Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. **Journal of Applied Physiology**, v.43, p.1046-53, 1977.

FALK, B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. **Sports Medicine**, v.25, p.221-40, 1998.

FALK, B.; BAR-OR, O.; MACDOUGALL, J.D. Thermoregulatory responses of pre-, mid-, and late-pubertal boys to exercise in dry heat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.688-94, 1992.

FALK, B.; BAR-OR O.; CALVERT, R.; MACDOUGALL, J.D. Sweat gland response to exercise in the heat among pre-, mid-, and late-pubertal boys. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.313-19, 1992.

FAIGENBAUM, A. Resistance training for children and adolescents: Are there health outcomes? **American Journal of Lifestyle Medicine**, v.1, p.190-200, 2007.

FOX, E.L.; MATHEWS, D.K.; KAUFMAN, W.S.; BOWERS, R.W. Effects of football equipment on thermal balance and energy cost during exercise. **Research Quarterly**, v.37, p.332-39, 1966.

GODEK, S.F.; GODEK, J.J.; BARTOLOZZI, A.R. Hydration status in college football players during consecutive days of twice-a-day preseason practices. **American Journal of Sports Medicine**, v.33, p.843-51, 2005.

HAYMES, E.M.; MCCORMICK, R.J.; BURSIRK, E.R. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. **Journal of Applied Physiology**, v.39, p.457-61, 1975.

HAYMES, E.M.; BUSKIRK, E.R.; HODGSON, J.L.; LUNDEGREN, H.M.; NICHOLAS, W.C. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. **Journal of Applied Physiology**, v.36, n.5, p.566-71, 1974.

HSIEH, M. Recommendations for treatment of hyponatremia at endurance events. **Sports Medicine**, v.34, n.4, p.231-38, 2004.

INBAR, O.; BAR-OR, O.; DOTAN, R.; GUTIN, B. Conditioning versus exercise in heat as method for acclimatizing 8-10-year old boys to dry heat. **Journal of Applied Physiology**, v.50, p.406-41, 1981.

- JAY, O.; BAIN, A.R.; DEREN, T.M.; SACHELI, M.; CRAMER, M.N. Large differences in peak oxygen uptake do not independently alter changes in core temperature and sweating during exercise. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 301:R832-R841, 2011.
- KARPOFF, L.; VINET, A.; SCHUSTER, I.; OUDOT, C. GORET, L.; DAUZAT, M.; OBERT, P.; PEREZ-MARTIN, A. Abnormal vascular reactivity at rest and exercise in obese boys. **European Journal of Clinical Investigation**, v.39, p.94-102, 2009.
- LEITES, G.T.; SEHL, P.L.; CUNHA, G.S.; FILHO, A.D.; MEYER, F. Responses of obese and lean girls exercising under heat and thermoneutral conditions. **Journal of Pediatrics**, v.162, p.1054-60, 2013.
- LEITES, G.T; CUNHA, G.S; OBEID, J.; WILK, B.; MEYER, F.; TIMMONS, B.W. Thermoregulation in boys and men exercising at the same heat production per unit body mass. **European Journal of Applied Physiology**, v.116 (7), p.1411-9, 2016.
- LIMBAUGH, J.D.; WIMER, G.S.; LONG, L.H.; BAIRD, W.H. Body fatness, body core temperature, and heat loss during moderate-intensity exercise. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v.84, n.11, p.1153-8, 2013.
- MEYER, F.; BAR-OR, O. Fluid and electrolyte loss during exercise. **Sports Medicine**, v.18, n.1, p.5-9, 1994.
- MEYER, F.; PERRONE, C.A. Hidratação pós-exercício: Recomendações e fundamentação teórica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.12, n.2, p.87-90, 2004.
- MEYER, F.; O'CONNOR.H.; SHIRREFS, S. Nutrition for young athlete. **Journal of Sports Science**, v.25, n.S1, p.S72-S83, 2007.
- MEYER, F.; BAR-OR, O.; SALSBERG, A.; PASSE, D. Hypohydration during exercise I children: effect on thirst, drink preferences and rehydration. **International Journal of Sports Medicine**, v.4, p.22-35, 1994.
- MEYER, F.; BAR-OR, O.; WILK, B. Children's perceptual responses to ingesting drinks of different compositions during and following exercise in the heat. **International Journal of Sport Nutrition**, v.5, p.13-24, 1995.
- MEYER, F.; BAR-OR, O.; MACDOUGALL, D.; HEIGENHAUSER, G.J. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. **Medicine in Science and Sports in Exercise**, v.24, p.776-81, 1992.
- MEYER, F.; SZYGULA, Z.; WILK, B. **Fluid balance, hydration, and athletic performance**. CRC Press. Taylor & Francis Group. 2016.
- MILLER, A. T.; BLYTH C. S. Lack of insulating effect of body fat during exposure to internal and external heat loads. **Journal of Applied Physiology**, v.12, p.17-19, 1958.

MURRAY, R.; EICHNER E.R. Hyponatremia of exercise. **Current Sports Medicine Reports**, v.3, p.117-18, 2004.

PATEL, D.R.; TORRES, A.D.; GREYDANUS, D.E. Kidneys and Sports. **Adolescent Medicine Clinics**, v.16, p.111-19, 2005.

PATTERSON, M.J.; GALLOWAY, S.D.R.; NIMMO, M.A. Variations in regional sweat composition in normal human males. **Experimental Physiology**, v.85, p.869-875, 2000.

RIVERA-BROWN, A.M.; GUTIÉRREZ, R.; GUTIÉRREZ, J.C.; FRONTERA W.R.; BAR-OR, O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. **Journal of Applied Physiology**, v.86, n.1, p.78-84, 1999.

RIVERA-BROWN, A.M.; ROWLAND, T.W.; RAMÍREZ-MARRERO, F.A.; SANTACANA, G.; VANN, A. Exercise tolerance in a hot and humid climate in heat-acclimatized girls and women. **International Journal of Sports Medicine**, v.27, n.12, p.943-50, 2006.

RIVERA-BROWN, A.M.; RAMÍREZ-MARRERO, F.A.; WILK, B.; BAR-OR, O. Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls in a hot and humid climate. **European Journal of Applied Physiology**, v.103, p.109-116, 2008.

ROWLAND, T.W. Children's Exercise Physiology. 2^a edition ed: **Human Kinetics**, 2005.

ROBINSON, S. The effect of body size upon energy exchange in work. **American Journal of Physiology**, v.36, p.363-368, 1942.

SAWKA, M.N.; WENGER, C.B.; GANDALF, K.B. Thermoregulatory responses to acute exercise heat stress and heat-acclimation. In: Fregly, M.J.; Blatteis C.M. editors. Section 4: **Environmental Physiology**. New York: Oxford University Press, v.1, p.157-15, 1996.

SAWKA, M.N. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.657-60, 1992.

SHIBASAKI, M.; INOUE, Y.; KONDO, N.; IWATA, A. Thermoregulatory responses of prepubertal boys and young men to moderate exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.212-18, 1997.

SEHL, P.L.; LEITES, G.T.; MARTINS, J.B.; MEYER, F. Responses of obese and non-obese boys cycling in the heat. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, p.497-501, 2012.

- TAJ-ELDIN, S.; FALAKI, N. Heat illness in infants and small children in desert climates. **American Journal of Tropical medicine and Hygiene**, v.71, p.100-104, 1968.
- VROMAN, N.B.; BUSKIRK, E.R.; HODGSON, J.L. Cardiac output and skin flow in lean and obese individuals during exercise in the heat. **Journal of Applied Physiology**, v.55, p.69-74, 1983.
- WAGNER, J.A.; ROBINSON, S.; TZANKOFF, S.P.; MARINO, R.P. Heat tolerance and acclimatization to work in the heat in relation to age. **Journal of Applied Physiology**, v.33, n.5, p.616-622, 1972.
- WENGER, C.B. Human heat-acclimatization. In: Pandolf, K.B.; Sawka, M.N.; Gonzalez, R.R.; editors. **Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes**. Carmel: Cooper Publishing Group, p.153-197, 1988.
- WENDT, D.; VAN LOON L.J.; LICHTENBELT, W.D. Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintain health and performance. **Sports Medicine**, v.37, n.8, p.669-82, 2007.
- WYNDHAM, C. H. The physiology of exercise under heat stress. **Review Physiology**, v.35, p.193, 1973.
- WILK, B.; BAR-OR, O. Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. **Journal of Applied Physiology**, v.80, p.1112-17, 1996.
- WILK, B.; KRIEMLER, S.; KELLER, H.; BAR-OR, O. Consistency in preventing voluntary dehydration in boys who drink a flavored carbohydrate-NaCl beverage during exercise in the heat. **International Journal Sport Nutrition**, v.8, p.1-9, 1998.
- WILK, B.; ARAGON-VARGAS, L.F.; BAR-OR, O. Involuntary dehydration in children and adolescents following triathlon race in a hot climate. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, p.S137, 2001.
- WILK, B.; RIVERA-BROWN, A.M.; BAR-OR, O. Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v.101, p.727-734, 2007.
- WILLIAMS, M. **Nutrição para a saúde & condicionamento físico**. São Paulo: Manole, 2002.
- ZAHORSKA-MARKIEWICZ, B. Thermal and metabolic responses to heat exposure in obesity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 48, p. 379-85, 1982.

3 MANUSCRITO ORIGINAL ESTENDIDO

Este capítulo descreve o experimento da Tese de Doutorado em formato de um manuscrito original expandido, intitulado abaixo, que será submetido a um periódico científico internacional para publicação.

Termorregulação e percepção ao calor de meninos púberes: efeito da obesidade e do condicionamento aeróbico

Thermoregulation and heat perception of pubertal boys: effect of obesity and aerobic fitness

RESUMO

Em adolescentes, estudos prévios mostraram similar ou maior aumento na temperatura retal (T_{retal}) de obesos, comparados aos magros, enquanto se exercitavam no calor. Tal diferença entre estudos pode ser devida à falta de controle de fatores tanto individuais, como nível de condicionamento aeróbico, quanto metodológicos, como produção de calor metabólico. **OBJETIVO:** Testar a hipótese de que meninos obesos com condicionamento aeróbico e grau de hidratação similares aos de magros apresentam prejuízos nas respostas termorregulatórias ou perceptivas ao se exercitarem num mesmo % $VO_{2\text{pico}}$ ou com mesma produção de calor metabólico. **MÉTODOS:** Um total de 46 meninos participou do protocolo experimental: 23 obesos (gordura = $35,7 \pm 9,4\%$) e 23 magros (gordura = $14,6 \pm 4,1\%$), púberes, aclimatizados ao calor e com similar $VO_{2\text{pico}}$ por massa muscular ($77,1 \pm 11,7$ vs. $72 \pm 13,7$ mL \cdot kg $^{-1}$, respectivamente). Entre esses, 41 foram categorizados de acordo com seu condicionamento aeróbico: 20 (10 obesos e 10 magros) apresentavam alto condicionamento – “*highfit*” (*HIfit*); e 21 (10 obesos e 11 magros), baixo condicionamento – “*lowfit*” (*LOfit*). Todos pedalarão por dois períodos de 25 min, separados por 10 min de intervalo, dentro de uma câmara ambiental (35°C , 40-45% de umidade relativa do ar, em duas sessões diferentes apenas quanto ao alvo de intensidade do exercício: 1) intensidade relativa (I_R) a 40-45% do $VO_{2\text{pico}}$; e 2) produção de calor metabólico fixada (PCM_F) em $5,5$ W \cdot kg $^{-1}$. A T_{retal} , a temperatura da pele (T_{pele}) e a frequência cardíaca (FC) foram avaliadas continuamente, e variáveis perceptivas (de esforço, sensação térmica e conforto térmico) foram registradas a cada 5 min. A massa corporal foi medida antes e após cada 25 min de exercício para calcular o balanço hídrico e o volume de suor. ANOVA multifatorial com medidas repetidas adicionada do *post-hoc* Bonferroni foi utilizada para comparar grupos ao longo do tempo; e ANOVA *one-way* adicionada do *post-hoc* Bonferroni e teste *t* independente, para comparar grupos em momentos específicos. **RESULTADOS:** O aumento na T_{retal} até o final do exercício foi discreto e similar entre obesos ($0,33 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$ na sessão I_R e $0,25 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ na sessão PCM_F) e magros ($0,39 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$ na sessão I_R e $0,19 \pm 0,22^{\circ}\text{C}$ na sessão PCM_F), mesmo quando os grupos foram categorizados em *HIfit* e *LOfit*; e não foi observado efeito do % gordura ou do $VO_{2\text{pico}}$ sobre ΔT_{retal} . No geral, a FC foi maior nos obesos ($P=0,036$) em alguns momentos da sessão I_R e ao longo de quase todo o exercício da sessão PCM_F ($P=0,024$). Mas, quando categorizados pelo condicionamento aeróbico, essas diferenças foram limitadas a um único momento de cada sessão. Entretanto, isso não foi acompanhado pela percepção de esforço nas duas sessões de exercício, nem mesmo pela sensação de calor ou desconforto térmico. **CONCLUSÃO:** Quando o alvo de intensidade para o exercício foi fixado pela PCM ou pelo % $VO_{2\text{pico}}$, nenhuma desvantagem termorregulatória ou de percepção ao calor foi observada por parte dos obesos, independentemente do seu condicionamento aeróbico.

Palavras-chave: termorregulação - obesidade - adolescentes - exercício no calor

ABSTRACT

In adolescents, previous studies showed either similar or greater increase in rectal temperature (T_{re}) in obese compared to lean while exercising in the heat. The differences amongst studies may be due to lack of controlling factors such as metabolic heat production (H_{prod}), aerobic fitness and hydration levels. **PURPOSE:** To test the hypothesis that obese compared to lean adolescent boys with similar aerobic fitness and hydration levels will have greater T_{re} increase when exercising in the heat in a given H_{prod} . **METHODS:** A total of 46 boys participated in the experimental protocol: 23 obese (%fat=35.7±9.4) e 23 lean (%fat=14.6±4.1), pubertal, heat-acclimatized, and with similar VO_{2peak} by total muscle mass (77.1±11.7 vs. 72±13.7 mL·kg⁻¹, respectively). Among these, 41 were categorized according to their aerobic fitness: 20 (10 obese e 10 lean) were high fit (*Hifit*), and 21 (10 obese e 11 lean) were low fit (*LOfit*). All performed two 25-min exercise bouts, separated by 10-min rest in a controlled hot environment (35°C, 40-45% RH), in two sessions which only differed as the exercise intensity target: 1) relative intensity (RI) 40-45% VO_{2peak} ; and 2) metabolic heat production fixed (H_{prod}) of 5.5 W·kg⁻¹. T_{re} , skin temperature (T_{skin}) and heart rate (HR) were evaluated continuously, and perceptual variables (thermal sensation and thermal comfort) were recorded every 5 min. Body mass was measured before and after each exercise bout to calculate water balance and sweat volume. ANOVAs with repeated measures were used to compare groups over time, and one-way ANOVAs added post-hoc Bonferroni and independent t test were used to compare groups at specific times. The increase in T_{re} was discreet and similar between obese (0.33±0.36°C in the RI session and 0.25±0.3°C in the H_{prod} session) and lean (0.39±0.24°C in the RI session and 0.19±0.22°C in the H_{prod} session) boys at the end of exercise, even when the groups were categorized as *Hifit* and *LOfit*. Pooling all boys, no significant relationship was observed between ΔT_{re} and %fat or VO_{2peak} . It was also observed in T_{skin} increase. Overall, HR was higher in obese ($P=0.036$) at times of the RI session, and for almost the entire H_{prod} session ($P=0.024$). But, when categorized by VO_{2peak} , HR was higher ($P=0.043$) in obese *LOfit* vs. lean (*Hifit* and *LOfit*) in the RI session (in 40th min) and higher ($P=0.046$) in obese *LOfit* vs. lean *Hifit* in the H_{prod} session (in 50th min). However, this was not accompanied by the perception of effort in two exercise sessions, not even by the heat sensation or thermal discomfort. **CONCLUSION:** When the intensity target of exercising was fixed to H_{prod} or relative to VO_{2peak} and fitness level was controlled, no difference was found in the increase in T_{re} or sweat volume between groups.

Keywords: thermoregulation - obesity - adolescents - exercise in the heat

INTRODUÇÃO

O excesso de adiposidade é considerado um fator prejudicial às respostas termorregulatórias durante exercício no calor (AAP, 2011; OMS, 2007). Entretanto, estudos prévios em adolescentes mostraram que os obesos comparados com os magros apresentaram similar (SEHL *et al.*, 2012; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009) ou maior (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975) aumento da temperatura central (T_{central}), e similar (SEHL *et al.*, 2012) ou menor (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009) volume de suor corrigido pela área de superfície corporal (ASC) quando se exercitaram no calor. O efeito da adiposidade sobre as respostas termorregulatórias de meninos é, então, inconclusivo, e tais diferenças entre estudos prévios podem ser devidas a fatores individuais como o nível de condicionamento aeróbico, aclimatização e hidratação, assim como a questões metodológicas de como definir (equalizar) o protocolo de exercício para produzir similar calor metabólico em grupos antropometricamente distintos.

Estudos em meninos que observaram maior temperatura retal (T_{retal}) (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975) ou menor volume de suor corrigido pela ASC (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010) nos obesos compararam estes com magros fisicamente mais ativos ou com mais alto $VO_{2\text{pico}}$. No entanto, essas desvantagens termorregulatórias não foram observadas em meninos (SEHL *et al.*, 2012) ou meninas (LEITES *et al.*, 2013) com nível de atividade física e $VO_{2\text{pico}}$ satisfatórios e similares aos de magros(as) que se exercitam no calor.

Um melhor condicionamento aeróbico está associado a menor aumento da T_{central} em adultos jovens que se exercitem no calor (BUONO, SJOHOLM, 1988). Também há indicação de que o condicionamento aeróbico pode aumentar a taxa de sudorese (BUONO, SJOHOLM, 1988); então é possível que a falta de condicionamento aeróbico – e não somente a adiposidade – explique possíveis desvantagens termorregulatórias reportadas nos meninos obesos (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009). Um indício disso é que o aumento de alguns parâmetros perceptivos como de esforço (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009 e 2010, SEHL *et al.*, 2012), sensação de calor (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010) e desconforto térmico (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010) tem sido mais pronunciado entre meninos obesos. Entretanto, em nenhum

desses estudos citados (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2009, 2010; SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013) foi usado um protocolo de exercício que visasse produção de calor metabólico (PCM) similar entre as crianças.

Em adultos, há indicações de que a produção de calor metabólico (PCM) no exercício difere entre indivíduos conforme o tamanho corporal (ADAMS *et al.*, 2014; CRAMER, JAY, 2014; LEITES *et al.*, 2016) e o condicionamento aeróbico (JAY *et al.*, 2011). Dessa forma, é importante que, ao avaliar os efeitos da obesidade e do $VO_{2\text{pico}}$ nas respostas termorregulatórias de adolescentes, o protocolo de exercício resulte neles similar PCM por kg.

Outra consideração é sobre o uso do $VO_{2\text{pico}}$ para equiparar adequadamente obesos e magros quanto ao seu “alto” ou “baixo” condicionamento aeróbico, visto que a tradicional correção pela massa corporal total expressa em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ pode subestimar o $VO_{2\text{pico}}$ de obesos (LOFTIN *et al.*, 2001). Por isso, a interpretação do $VO_{2\text{pico}}$ de obesos e magros pela massa muscular, em vez da massa corporal total, tem sido recomendada (LEITES *et al.*, 2013; LOFTIN *et al.*, 2001; LOFTIN *et al.*, 2016).

Devido à consensual recomendação de exercícios físicos para o manejo da obesidade, investigações comparando obesos e magros, que diferem expressivamente no $VO_{2\text{pico}}$, são necessárias para esclarecer se obesos estão realmente em desvantagem ao se exercitarem no calor, e se tais desvantagens estão relacionadas ao baixo nível de condicionamento aeróbico.

Assim, para testar a hipótese de que meninos obesos com similar condicionamento aeróbico terão prejuízos nas respostas termorregulatórias ou perceptivas ao se exercitarem no calor, este estudo comparou as respostas termorregulatórias, da sudorese e perceptivas entre meninos obesos e magros púberes, com alto e baixo condicionamento aeróbico, durante exercício tanto numa sessão com mesmo $\%VO_{2\text{pico}}$ como noutra sessão com mesma PCM.

MÉTODOS

Participantes

Um tamanho amostral mínimo necessário de oito participantes para cada um dos quatro grupos (n total = 32) foi calculado para um α de 0,05, β de 0,80 e tamanho de efeito mínimo de 0,20. Para tal, foi usado o *software* G*Power3, considerando as mudanças na T_{retal} de meninas obesas e magras durante pedalada no calor em similar intensidade relativa de esforço (LEITES *et al.*, 2013). Considerando possíveis perdas, participaram deste estudo um total de 50 meninos púberes, entre 10 e 16 anos de idade.

Após a aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), os meninos foram recrutados em escolas de ensino, centros esportivos recreativos e de competição, bem como por meio de cartazes informativos e anúncios em jornais de circulação local. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A) foi assinado por um dos pais ou responsável; e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE B), pelo próprio participante.

Foram incluídos meninos púberes (estágios II, III e IV da classificação de Tanner (1962); ANEXO B), obesos e magros (gordura $\geq 25\%$ e $\leq 20\%$, respectivamente (LOHMAN, 1997). De acordo com esses critérios, quatro meninos, entre os 50, foram excluídos por apresentarem gordura $>20\%$ e $<25\%$; no entanto, estes foram incluídos para análises de correlação. Os participantes incluídos (n total = 46) foram classificados como fisicamente ativos (escore ≥ 3) ou não ativos (escore < 3) (CROCKER, 1997), quando avaliados pelo *Physical Activity Questionnaire for Older Children* (PAQ-C) (ANEXO C).

Obesos e magros foram classificados de acordo com o $VO_{2\text{pico}}$ em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ muscular total}\cdot\text{min}^{-1}$ como condicionamento alto – “*highfit*” (*Hifit*) –, quando os valores foram $\geq +0,5$ desvios-padrão da média dos participantes; ou condicionamento baixo – “*lowfit*” (*LOfit*) –, quando $\leq -0,5$ desvios-padrão da média. Então, para analisar os efeitos do condicionamento aeróbico sobre as respostas da termorregulação e da sudorese de obesos e magros, valores de $VO_{2\text{pico}}$ em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ muscular total}\cdot\text{min}^{-1}$ foram normalizados em Z-escore. Assim, os grupos *Hifit* e *LOfit* de obesos e magros foram diferenciados em pelo menos um desvio-padrão, representando uma diferença, em média, maior que $20\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ muscular total}\cdot\text{min}^{-1}$ dentro de cada um dos grupos, e uma diferença mínima e máxima de 17 a $31\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ muscular total}\cdot\text{min}^{-1}$ no grupo obeso, e de 19 até $36\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$

muscular total $\cdot \text{min}^{-1}$ no grupo magro. Cinco dos 46 participantes (três obesos e dois magros) foram selecionados por critérios de adiposidade, mas excluídos dessa análise, por apresentarem valor de Z-escore $>-0,5$ e $<+0,5$. Então, um total de 41 participantes foi alocado nos quatro grupos: 10 obesos com condicionamento alto (OB-Hi*fit*), 10 obesos com condicionamento baixo (OB-LO*fit*), 10 magros com condicionamento alto (MA-Hi*fit*) e 11 magros com condicionamento baixo (MA-LO*fit*). A Tabela 1 mostra as características físicas e fisiológicas dos meninos.

As coletas dos dados ocorreram entre dezembro de 2014 e maio de 2015, e entre agosto de 2015 e dezembro de 2015, períodos que foram predominantemente mais quentes. Dessa forma, foi assumida similar condição de aclimatização ao calor entre os participantes.

Tabela 1. Características físicas e fisiológicas dos grupos obesos e magros, categorizados em alto (*Hifit*) e baixo (*LOfit*) condicionamento aeróbico

| Características | Obesos | | | Magros | | | OB vs. MA | <i>Hifit</i> vs. <i>LOfit</i> |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | <i>Total</i> (<i>n</i> =23) | <i>Hifit</i> (<i>n</i> =10) | <i>LOfit</i> (<i>n</i> =10) | <i>Total</i> (<i>n</i> =23) | <i>Hifit</i> (<i>n</i> =10) | <i>LOfit</i> (<i>n</i> =11) | <i>P</i> | <i>P</i> |
| Idade, anos | 12,3±1,5 | 11,9±1,2 | 12,8±2,0 | 13±1,4 | 12,6±1,4 | 13,5±1,4 | 0,137 | 0,141 |
| Tanner, 2/3/4 (<i>n</i>) | 14/3/6 | 8/0/2 | 5/2/3 | 6/9/8 | 4/4/2 | 2/4/5 | - | - |
| Distância do PVC, anos | -2,7±1,3 | -3,0±1,0 | -2,3±1,6 | -2,5±1,1 | -2,8±1,2 | -2,2±1,0 | 0,457 | 0,384 |
| Nível de AF (PAQ-C) | 3,1±0,8 | 3,4±0,8 | 2,8±0,8 | 3,3±0,7 | 3,5±0,8 | 3,2±0,7 | - | - |
| MC, kg | 61,2±19,9* | 56,8±18,3 ^{ac} | 68,9±22,4 ^a | 48,7±9,8 | 46,0±10,4 ^{bc} | 50,4±9,3 ^{ac} | 0,010 | 0,015 |
| Estatura, cm | 156±12,5 | 154±13,1 | 159±13,7 | 160±10,3 | 157±11,0 | 163±8,8 | 0,198 | 0,385 |
| Estatura sentado, cm | 65,4±6,0 | 64,6±5,9 | 66,8±7,0 | 67,4±5,5 | 66,8±7,0 | 68,3±4,6 | 0,258 | 0,555 |
| ASC, m ² | 1,60±0,30 | 1,53±0,28 | 1,70±0,35 | 1,49±0,19 | 1,43±0,20 | 1,52±0,17 | 0,146 | 0,141 |
| ASC/MC, m ² ·kg ⁻¹ | 0,027±0,004* | 0,028±0,003 ^{ab} | 0,026±0,004 ^{ac} | 0,031±0,002 | 0,031±0,002 ^b | 0,030±0,002 ^b | <0,0001 | 0,001 |
| <i>Composição corporal, DXA</i> | | | | | | | | |
| Gordura, % | 35,7±9,4* | 34,1±9,8 ^a | 38,5±9,8 ^a | 14,6±4,1 | 14,7±3,6 ^b | 13,8±4,5 ^b | <0,0001 | <0,0001 |
| Gordura, kg | 22,1±11,9* | 19,5±11,5 ^a | 26,9±12,8 ^a | 6,8±2,3 | 6,3±1,4 ^b | 6,7±2,7 ^b | <0,0001 | <0,0001 |
| Músculo, % | 61,4±8,7* | 62,3±8,6 ^a | 59,0±9,6 ^a | 81,7±3,9 | 81,6±3,3 ^b | 82,6±4,3 ^b | <0,0001 | <0,0001 |
| Músculo, kg | 36,2±10,2 | 33,7±8,9 | 39,9±12,0 | 40,0±8,5 | 37,7±9,9 | 41,8±7,4 | 0,180 | 0,272 |
| Músculo MI, kg | 13,2±3,8 | 12,7±3,5 | 14,2±4,5 | 14,4±3,3 | 13,8±4,1 | 14,8±2,7 | 0,268 | 0,626 |
| Osso, kg | 2,2±0,7 | 2,2±0,6 | 2,6±0,8 | 2,1±0,5 | 2,0±0,6 | 2,1±0,5 | 0,586 | 0,689 |
| <i>Teste de exercício máximo</i> | | | | | | | | |
| VO _{2pico} , L·min ⁻¹ | 2,7±0,7 | 3,0±0,8 | 2,6±0,8 | 2,9±0,8 | 3,2±0,9 | 2,5±0,6 | 0,586 | 0,138 |
| VO _{2pico} , mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ | 46,8±10,8* | 53,6±10,7 ^a | 38,9±6,5 ^b | 59,0±11,4 | 69,6±5,1 ^c | 49,4±7,1 ^b | 0,001 | <0,0001 |
| VO _{2pico} , mL·kg ⁻¹ ·MT·min ⁻¹ | 77,1±11,7 | 87,8±7,8 ^a | 66,8±5,5 ^b | 72±13,7 | 84,7±3,8 ^a | 59,6±7,9 ^b | 0,177 | <0,0001 |
| Z-escore, mL·kg ⁻¹ ·MT·min ⁻¹ | | 1,1±0,6 | -0,7±0,3 | | 0,8±0,3 | -1,2±0,6 | | |
| VO _{2pico} , mL·kg ⁻¹ ·MI·min ⁻¹ | 211±31,0 | 233±32,1 ^a | 189±14,3 ^b | 200±36,4 | 234±10,8 ^a | 168±23 ^b | 0,262 | <0,0001 |
| Z-escore, mL·kg ⁻¹ ·MI·min ⁻¹ | | 0,8±0,9 | -0,6±0,3 | | 0,8±0,3 | -1,1±0,7 | | |
| FC _{máx} , bpm | 176±11,1 | 174±12,3 | 175±9,6 | 177±12,4 | 172±10,4 | 178±11,9 | 0,774 | 0,594 |
| Carga _{máx} , W | 167±55,1* | 160±61,5 | 162±47,5 | 197±42,8 | 185±56,8 | 202±28,4 | 0,050 | 0,183 |
| RER _{máx} | 1,0±0,1* | 1,0±0,1 ^a | 1,0±0,1 ^a | 1,2±0,2 | 1,1±0,1 ^a | 1,2±0,2 ^b | 0,011 | 0,020 |

Legenda: PVC: distância em anos do pico de velocidade de crescimento. Tanner 2, 3 e 4: estágio púber. PAQ-C: Physical Activity Questionnaire for Older Children. MC: massa corporal. ASC: área de superfície corporal. MT: musculatura total. MI: musculatura das extremidades inferiores. OB: obesos. MA: magros. * Difere significativamente obesos de magros pelo teste *t* independente. ^{a, b, c} Médias indicadas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Bonferroni.

Procedimentos

Inicialmente, foram realizadas duas sessões para caracterizar os participantes: uma sessão preliminar, no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da UFRGS, para avaliar o grau de atividade física, maturação biológica, medidas antropométricas e $VO_{2\text{pico}}$; e outra sessão, em uma clínica de imagem, para avaliar a composição corporal através do DXA.

Depois, foram realizadas duas sessões de exercício (com intervalo de ~48 horas entre elas) no calor (35-36°C) e umidade relativa (45-50%) de uma câmara ambiental (Russells Technical Products, Holanda, 1°C temperatura, 1% umidade relativa do ar (UR); 3,63m largura x 2,39m altura x 3,81m profundidade). Estas sessões de exercício diferiam apenas na forma de determinação do “alvo” de intensidade do exercício. Sempre na mesma ordem, a primeira sessão, denominada “intensidade relativa” (I_R), teve o “alvo” de intensidade determinado pelo % $VO_{2\text{pico}}$; enquanto a segunda sessão, denominada “produção de calor metabólico fixa” (PCM_F), teve determinação da intensidade “alvo” pela produção de calor metabólico. Cada participante completava as duas sessões de exercício no calor, sempre que possível, num mesmo horário para prevenir qualquer variabilidade relacionada ao ritmo circadiano. Os participantes foram instruídos a não praticarem exercícios vigorosos nas 24h antes de cada sessão, assim como a não modificarem seus hábitos alimentares.

Sessão Preliminar e Avaliação Antropométrica

Os participantes foram questionados sobre suas práticas habituais de atividades físicas por meio do *Physical Activity Questionnaire for Children and Adolescents* (PAQ-C), que considera o valor médio ≥ 3 como fisicamente ativo, e < 3 como não ativo (CROCKER, 1997), e sobre suas condições de saúde, na presença dos responsáveis. O grau de maturação sexual foi auto-observado pelo participante, conforme Tanner (1962), pelo tamanho da genitália e dos pelos pubianos, para conferir se ele se encontrava no estágio II, III ou IV.

As medidas de estatura (escala de parede, Porto Alegre, Brasil, 0,1 cm), estatura sentado (escala de parede, Porto Alegre, Brasil, 0,1 cm) e massa corporal (balança digital G-tech, modelo Glass 3 control, Guangdong, China, 0,05 kg) foram feitas em duplicatas, com base nos padrões definidos pela International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (INTERNATIONAL STANDARDS FOR

ANTHROPOMETRIC ASSESSMENT, 2011). A ASC (DUBOIS, DUBOIS, 1916) foi calculada, e a distância (em anos) para o pico de velocidade de crescimento (PVC) (MIRWALD *et al.*, 2001) foi estimada.

A composição corporal foi avaliada pelo procedimento radiológico de absorciometria de dupla energia (*Dual Energy X-Ray Absorptiometry*, DXA; Lunar GE Pencil Bin, Smart Scan Pediatric Program, v. 4.7c; GE Medical Systems Luna, Kouterveldstraat, Diegem, Bélgica). Nessa técnica, os tecidos moles (adiposo e muscular) são distinguidos do tecido ósseo e estimados em quantidade total e por segmentos. O equipamento foi calibrado conforme padrão recomendado pelo fabricante, e todos os participantes foram avaliados por um mesmo técnico.

O teste de esforço progressivo para mensurar o $VO_{2\text{pico}}$ foi realizado em cicloergômetro (Ergo fit, modelo 167, Toledo, Espanha), por circuito aberto de calorimetria indireta, em um analisador de gases (O_2 e CO_2) portátil (marca INBRAMED, modelo VO2000, Porto Alegre, Brasil), com taxa de amostragem dos valores coletados de um ponto a cada 10 s. Foi usado o protocolo McMaster (BAR-OR, 2004), cuja carga inicial (25-50 W) e o incremento a cada 2 min podem variar de acordo com a estatura e as respostas fisiológicas. Os participantes foram instruídos a manter uma cadência de 60-80 rpm, que foi interrompida na presença de pelo menos dois dos cinco seguintes critérios: 1) solicitação do avaliado para suspender o teste; 2) impossibilidade de manter a cadência de pedalada ≥ 60 rpm, mesmo quando encorajado pelo investigador; 3) frequência cardíaca (FC) (Polar Electro Oy, modelo S610, Finlândia) ≥ 200 bpm; 4) taxa de percepção de esforço (TPE) > 19 (BORG, DAHLSTROM, 1962; ANEXO D); e 5) taxa de troca respiratória (RER) > 1.0 . O $VO_{2\text{pico}}$ foi considerado como o maior valor do VO_2 até o encerramento do teste. Posteriormente, o $VO_{2\text{pico}}$ foi corrigido pela massa muscular total e pela massa muscular de membros inferiores para evitar os efeitos da massa adiposa e da massa corporal total sobre o $VO_{2\text{pico}}$ (BAKER 2006; DENCKER 2010) nas análises dos resultados das sessões experimentais.

Instrumentalização e cálculos das sessões de exercício no calor

Estado de hidratação. Antes do exercício no calor, uma amostra de urina foi coletada para analisar a coloração determinada, de acordo com Armstrong *et al.* (1994) (ANEXO E) pela escala de 8 pontos, que varia desde o 1=amarelo muito claro até o

8=marrom esverdeado), e a gravidade específica (euhidratação < 1,020 e hipoidratação $\geq 1,020$ (CASA *et al.*, 2000) pela refratometria (refratômetro Atago 2722-E04, Tóquio, Japão).

Esses parâmetros indicaram leve estado de hipoidratação e foram similares entre obesos *vs.* magros, conforme observado na sessão I_R para coloração ($3,8 \pm 1,4$ *vs.* $3,8 \pm 1,5$, respectivamente; $P=0,643$) e GE ($1,022 \pm 0,008$ *vs.* $1,023 \pm 0,005$, respectivamente; $P=0,970$), e na sessão PCM_F para coloração ($3,5 \pm 1,3$ e $3,9 \pm 1,4$, respectivamente; $P=0,454$) e GE ($1,021 \pm 0,007$ e $1,022 \pm 0,007$, respectivamente; $P=0,460$). Os parâmetros urinários também foram similares para coloração ($P=0,964$ na sessão I_R e $P=0,445$ na sessão PCM_F) e GE ($P=0,985$ na sessão I_R e $P=0,521$ na sessão PCM_F) entre H*ifit* e L*Ofit* (obesos e magros).

A massa corporal foi mensurada em duplicata (balança digital G-tech, modelo Glass 3 control, Guangdong, China, 0,05 kg), logo após a eliminação da urina, antes, durante (logo após os primeiros 25 min de exercício) e depois do exercício, estando os participantes com o mínimo de roupa (apenas calção) e com a pele seca. Em ambas as sessões e em todos os grupos, a perda de massa corporal nos primeiros 25 min e ao final do exercício foi considerada desprezível (<0,5%)

Sudorese. O volume de suor foi estimado pela variação da massa corporal (antes e depois do exercício) corrigida pelo volume de água ingerido no intervalo entre os dois momentos de pedalada. A perda respiratória foi considerada desprezível. O volume de suor (mL) foi dividido pela ASC (m²) e expresso em mL·m⁻².

Frequência cardíaca e temperaturas corporais. Um monitor de FC (Polar Electro Oy, modelo S610, Finlândia) foi colocado para registro contínuo; e, para mensurar a T_{retal}, um termômetro retal flexível (Physitemp Instruments, Inc., modelo Ret-1, Clifton, New Jersey, EUA), lubrificado e com cobertura descartável, foi inserido 10-12 cm além do esfíncter anal. Esse termômetro é conectado a um *display* digital (Physitemp Instruments, Inc., modelo switchbox SBT-5 e TH-5 Thermolet, Clifton, New Jersey, EUA) para verificar a T_{retal}. Para mensurar a T_{pele}, quatro sensores (Physitemp Instruments, Inc., modelo SST-1, Clifton, New Jersey, EUA), conectados a um *display* digital (Physitemp Instruments, Inc., modelo switchbox SBT-5 e TH-5 Thermolet, Clifton, New Jersey, EUA), foram fixados nas seguintes regiões do corpo: peitoral, escápula, tríceps e quadríceps. A T_{pele} foi calculada pela seguinte equação (DOUGHERTY, CHOW, KENNEY, 2010):

$$T_{pele} = (0,3 \cdot T_p) + (0,3 \cdot T_e) + (0,2 \cdot T_t) + (0,2 \cdot T_q)$$

Onde: T_p e T_e correspondem à temperatura do tronco (T_p = temperatura do peito e T_e = temperatura da escápula); T_t corresponde à temperatura do braço (temperatura do tríceps), e T_q corresponde à temperatura da coxa (temperatura do quadríceps). A temperatura média do corpo (T_{corpo}) foi calculada pela seguinte equação (NADEL *et al.*, 1971):

$$T_{corpo} = (0,9 \cdot T_{central}) + (0,1 \cdot T_{pele})$$

Produção de calor metabólico. O calor metabólico produzido (C_{prod}) nas duas sessões foi calculado pela diferença entre a taxa de energia expendida, que foi obtida pelo VO_2 e VCO_2 mensurados (por pelo menos 15 min) por calorimetria indireta (marca INBRAMED, modelo VO2000, Porto Alegre, Brasil), e a carga externa mantida no cicloergômetro (Ergo fit, modelo 167, Toledo, Espanha). Para o cálculo, foi utilizada a média obtida para valores de VO_2 (em $L \cdot min^{-1}$), de taxa de troca respiratória (RER) e de carga externa (em Watts) entre os dois períodos de 25 min, em cada sessão, na seguinte equação (NISHI, 1981):

$$Energia_{exp} = VO_2 \cdot \frac{\left[\left(\frac{RER - 0,7}{0,3} \right) \cdot e_c \right] + \left[\left(\frac{1,0 - RER}{0,3} \right) \cdot e_g \right]}{60} \cdot 1000$$

Onde: $Energia_{exp}$ é a taxa de energia expendida (em Watts), enquanto e_c e e_g representam os equivalentes calóricos para oxidação de carboidrato (21,13 kJ) e gordura (19,62 kJ), respectivamente, por litro de oxigênio.

O calor produzido (C_{prod}), em Watts, foi determinado como a diferença entre a $Energia_{exp}$ (W) e a carga externa (W):

$$C_{prod} = Energia_{exp} - \text{carga externa}$$

C_{prod} foi dividida pela massa corporal, massa muscular total e ASC, e expresso em $W \cdot kg^{-1}$, $W \cdot kg^{-1} \cdot MT$ e $W \cdot m^{-2}$, respectivamente.

Variáveis perceptivas. Foram aplicadas escalas para avaliar a percepção de esforço (BORG, DAHLSTROM, 1962; ANEXO E), a sensação térmica (nove pontos, desde “muito frio” até “muito quente”) (ARENS, ZHANG, HUIZENGA, 2006; ANEXO F) e o conforto térmico (seis pontos, desde “muito confortável” até “muito desconfortável”) (ARENS, ZHANG, HUIZENGA, 2006; ANEXO G).

Protocolo das sessões experimentais de exercício no calor

Primeiro, em cada uma das sessões, os participantes foram informados sobre as três escalas perceptivas aplicadas durante o experimento: TPE (BORG, DAHLSTROM, 1962), sensação térmica (ARENS, ZHANG, HUIZENGA, 2006) e conforto térmico (ARENS, ZHANG, HUIZENGA, 2006).

Ao entrarem na câmara ambiental, os participantes permaneceram sentados, em repouso, por 10 min, para registro das seguintes variáveis (no minuto “zero”): T_{retal} , T_{pele} , FC, sensação térmica e conforto térmico. Os participantes pedalarão por dois períodos de 25 min, com intervalo de 10 min entre eles, mantendo uma cadência de 60-80 rpm (Ergo fit, modelo 167, Toledo, Espanha). Portanto, as sessões experimentais tiveram duração de 60 min ou menos, caso um dos seguintes critérios fosse atingido: $T_{\text{retal}} \geq 38,8^{\circ}\text{C}$; sintomas como náusea, desorientação, dor de cabeça ou tontura; solicitação do participante para suspender o exercício; incapacidade de manter a cadência orientada (60-80 rpm); $\text{FC} \geq 200$ bpm; e $\text{TPE} > 19$. As duas sessões distinguiram-se apenas na determinação do “alvo” de intensidade de exercício: 1) I_R : numa carga (W) correspondente a 40% de $\text{VO}_{2\text{pico}}$ medido na sessão preliminar; e 2) PCM_F : numa produção de calor metabólico de $5,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$. Para monitorar as intensidades de cada sessão (40% $\text{VO}_{2\text{pico}}$ ou $5,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$), o VO_2 foi mensurado (marca INBRAMED, modelo VO2000, Porto Alegre, Brasil), Minnesota, EUA) nos primeiros 15 min, a cada período de 25 min de pedalada, sendo a carga ajustada sempre que necessário.

As variáveis T_{retal} , T_{pele} , FC, TPE, sensação térmica e conforto térmico foram registradas a cada 5 min de exercício e no intervalo de 10 min. Durante os primeiros 25 min de pedalada, os participantes não ingeriram líquidos. Ao terminarem, eles urinaram, e a massa corporal foi mensurada (com o mínimo de roupa – apenas calção – e a pele seca); e o volume perdido foi repostado com água refrigerada ($\sim 10\text{-}15^{\circ}\text{C}$) nos 10 min de intervalo. Isso garantiu que todos os participantes mantivessem similar grau de hidratação no decorrer da pedalada, evitando que esse fosse fator de confusão nas variáveis de desfecho.

Depois, ao final do protocolo de exercício, os participantes urinaram, para novamente mensurar a massa corporal, com o mínimo de roupa (apenas calção) e a pele seca.

A Figura 1 mostra o desenho experimental do estudo no momento do exercício.



Figura 1. Desenho experimental.

Análise estatística

ANOVA multifatorial com medidas repetidas para T_{retal} , T_{pele} , T_{corpo} , FC, Borg, sensação de calor e conforto térmico foram utilizadas – com teste *post-hoc* de Bonferroni – para comparar os grupos (obesos *vs.* magros) e seus subgrupos (Hifit e LOfit) ao longo do tempo. Para comparar variáveis independentes e dependentes dos grupos em momentos específicos, o teste *t* independente foi utilizado para o total de obesos *vs.* magros, e ANOVA *one-way* – com teste *post-hoc* de Bonferroni – para Hifit *vs.* LOfit. O teste de correlação de Pearson foi utilizado, considerando os 50 participantes, para correlacionar as variáveis independentes que categorizam os grupos (% de gordura e $\text{VO}_{2\text{pico}}$ em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) com a variação da T_{retal} e a sudorese. Todos os resultados foram descritos em média \pm desvio-padrão. O nível de significância foi fixado em $P<0.05$, e o *software* SPSS (version 18.0) foi utilizado para realizar todas as análises.

RESULTADOS

Percentual do $VO_{2\text{pico}}$, produção de calor metabólico e carga externa

A Tabela 2 mostra a carga externa, a produção de calor metabólico (em W, $W \cdot \text{kg}^{-1}$, $W \cdot \text{kg}^{-1\text{MT}}$ e $W \cdot \text{m}^{-2}$) e o % $VO_{2\text{pico}}$ para cada grupo (obeso e magro) nas categorias *HIfit* e *LOfit*, nas duas sessões de exercício no calor: I_R e PCM_F .

Na sessão I_R , os obesos e magros pedalarão em similares carga externa ($P=0,158$) e esforço pelo % $VO_{2\text{pico}}$ ($P=0,873$). A PCM foi similar quando expressa absolutamente ($P=0,698$) e quando relativa à ASC ($P=0,067$), apesar da tendência a ser maior nos magros, e maior nos magros ($P<0,0001$) quando corrigida por kg. Os meninos MA-*HIfit* produziram maior ($P<0,0001$) calor metabólico por unidade de kg, quando comparados aos MA-*LOfit* e aos obesos nos grupos *HIfit* e *LOfit*, para manter 40-45% do $VO_{2\text{pico}}$.

Como pretendido, na sessão PCM_F , obesos e magros pedalarão em similar produção de calor metabólico por unidade de kg ($P=0,081$), e o calor absoluto produzido em W ($P=0,043$) e $W \cdot \text{m}^{-2}$ ($P=0,031$) foi maior nos obesos. Para atingir a mesma produção de calor que os magros, obesos pedalarão num maior % $VO_{2\text{pico}}$ ($P=0,005$). A produção de calor metabólico por unidade de kg ($P=0,183$), em W ($P=0,071$) ou $W \cdot \text{m}^{-2}$, ($P=0,068$) manteve-se similar, apesar da tendência nas duas últimas, quando obesos e magros foram comparados nas diferentes categorias de condicionamento aeróbico (*HIfit* ou *LOfit*). Meninos *HIfit* vs. *LOfit*, independentemente se obesos ou magros, produziram similar calor em $W \cdot \text{kg}^{-1\text{MT}}$, mas essa produção foi maior ($P<0,0001$) nos obesos tanto *HIfit* como *LOfit*. Também, OB-*LOfit* pedalarão em maior esforço pelo % $VO_{2\text{pico}}$ ($P<0,0001$) quando comparados com OB-*HIfit* e MA-*HIfit*, mas não quando comparados com MA-*LOfit*; e no *LOfit* também resultou num maior % $VO_{2\text{pico}}$ no grupo magro.

Tabela 2. Carga externa, produção de calor metabólico e intensidade relativa de obesos e magros, categorizados em alto (*HIfit*) e baixo (*LOfit*) condicionamento aeróbico, em exercício com “alvo” de intensidade determinado por intensidade relativa (I_R) e produção de calor metabólico fixa (PCM_F)

| Sessões | Carga externa, W | Produção de Calor Metabólico | | | | % VO_{2pico} |
|--|------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | W | $W \cdot kg^{-1}$ | $W \cdot kg^{-1MT}$ | $W \cdot m^{-2}$ | |
| I_R | | | | | | |
| Obesos, total ($n=23$) | 32,9±17,8 | 358,6±89,0 | 6,1±1,1* | 10,1±1,5 | 224,2±31,2 | 42,5±5,6 |
| OB- <i>HIfit</i> ($n=10$) | 33,1±22,8 | 367,4±96,6 | 6,7±1,2 ^a | 11,1±1,0 ^a | 238,4±33,3 ^a | 40,5±3,4 ^a |
| OB- <i>LOfit</i> ($n=10$) | 27,8±11,9 | 370,4±89,9 | 5,6±1,1 ^b | 9,5±1,6 ^b | 217,8±29,7 ^b | 45,5±6,7 ^a |
| Magros, total ($n=23$) | 41,9±24,3 | 369,6±101,6 | 7,6±1,3 | 9,3±1,6 | 246,5±47,0 | 42,8±4,6 |
| MA- <i>HIfit</i> ($n=10$) | 34,8±24,2 | 397,1±107,3 | 8,6±0,8 ^c | 10,5±0,7 ^{ab} | 275,2±38,3 ^a | 40,2±2,3 ^a |
| MA- <i>LOfit</i> ($n=11$) | 47,1±26,0 | 338,0±96,1 | 6,6±1,0 ^a | 8,0±1,2 ^c | 218,7±42,3 ^b | 45,1±5,4 ^a |
| * <i>P</i> | 0,158 | 0,698 | <0,0001 | 0,074 | 0,067 | 0,873 |
| <i>P</i> , <i>HIfit</i> vs. <i>LOfit</i> | 0,237 | 0,592 | <0,0001 | <0,0001 | 0,003 | 0,021 |
| PCM_F | | | | | | |
| Obesos, total ($n=22$) | 23,2±8,0 | 317,5±100,8* | 5,2±0,4 | 8,8±1,4* | 194,8±28,9* | 36,8±7,3* |
| OB- <i>HIfit</i> ($n=10$) | 20,5±7,0 | 303,9±103,8 | 5,3±0,4 | 9,0±1,7 ^a | 194,3±33,2 | 32,4±6,2 ^a |
| OB- <i>LOfit</i> ($n=10$) | 22,9±6,3 | 346,6±101,9 | 5,1±0,5 | 8,7±1,1 ^a | 200,4±25,6 | 41,9±5,5 ^b |
| Magros, total ($n=21$) | 22,2±7,6 | 266,5±49,7 | 5,5±0,6 | 6,8±0,9 | 178,3±17,6 | 30,5±6,7 |
| MA- <i>HIfit</i> ($n=10$) | 18,2±2,6 | 254,0±38,0 | 5,6±0,7 | 6,9±1,0 ^b | 178,5±14,9 | 25,6±4,0 ^c |
| MA- <i>LOfit</i> ($n=9$) | 25,5±9,9 | 269,8±55,6 | 5,2±0,5 | 6,4±0,7 ^b | 173,7±19,4 | 35,6±5,8 ^{ab} |
| * <i>P</i> | 0,657 | 0,043 | 0,081 | <0,0001 | 0,031 | 0,005 |
| <i>P</i> , <i>HIfit</i> vs. <i>LOfit</i> | 0,132 | 0,071 | 0,183 | <0,0001 | 0,068 | <0,0001 |

Legenda: I_R : alvo de intensidade a 40% do VO_{2pico} . PCM_F : alvo de intensidade a 5,5 $W \cdot kg^{-1}$. OB-*HIfit*: obesos com alto condicionamento aeróbico. OB-*LOfit*: obesos com baixo condicionamento aeróbico. MA-*HIfit*: magros com alto condicionamento aeróbico. MA-*LOfit*: magros com baixo condicionamento aeróbico. W: produção de calor absoluta. $W \cdot kg^{-1}$: produção de calor por unidade de massa corporal. $W \cdot kg^{-1MT}$: produção de calor por unidade de massa muscular. $W \cdot m^{-2}$: produção de calor por área de superfície corporal. *Difere significativamente obesos de magros (independentemente do condicionamento aeróbico) pelo teste *t* independente. ^{a, b, c} Médias indicadas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Bonferroni.

Temperaturas retal, da pele e do corpo

Nas sessões I_R e PCM_F , conforme mostra a Figura 2, não foi observado efeito do % de gordura (2A) ($r=-0,163$; $P=0,259$ na sessão I_R e $r=0,118$; $P=0,415$ na sessão PCM_F) ou do VO_{2pico} em $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (2B) ($r=0,006$; $P=0,965$ na sessão I_R e $r=0,124$; $P=0,389$ na sessão PCM_F) sobre a mudança na T_{retal} ao longo da sessão de pedalada e do repouso no calor.

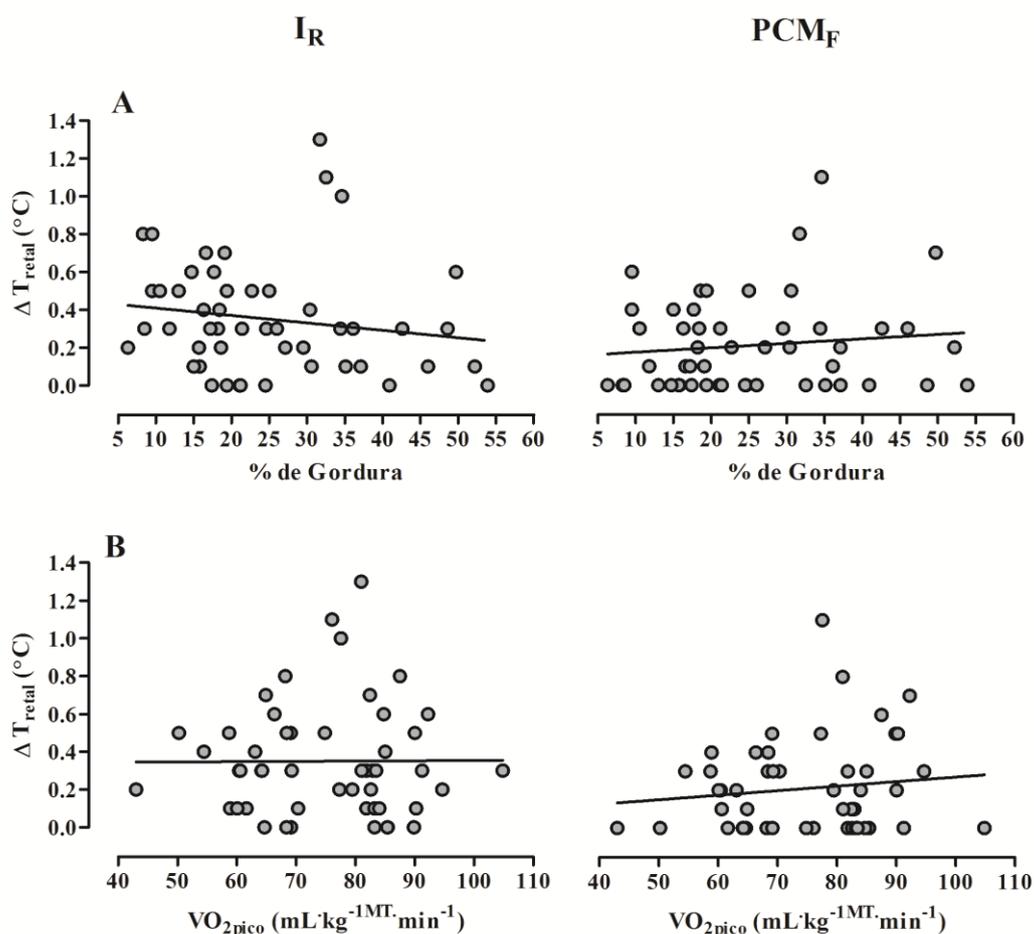


Figura 2. Correlações entre o % de gordura (2A) e o VO_{2pico} corrigido pela massa muscular, $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (2B), com a ΔT_{retal} (°C) nas sessões I_R (40% VO_{2pico}) e PCM_F (5,5 $W \cdot kg^{-1}$).

A Figura 3 ilustra o comportamento da T_{retal} e da T_{pele} nos meninos obesos e magros, nas sessões de exercício no calor. Obesos iniciaram e finalizaram o exercício com similar T_{retal} que os magros nas sessões I_R ($37,5 \pm 0,5$ vs. $37,3 \pm 0,4$ °C; $P=0,272$ e $37,8 \pm 0,3$ °C vs. $37,7 \pm 0,4$ °C; $P=0,306$, respectivamente) e na sessão PCM_F ($37,3 \pm 0,4$ °C vs. $37,3 \pm 0,4$ °C; $P=0,884$ e $37,5 \pm 0,3$ °C vs. $37,5 \pm 0,3$ °C; $P=0,647$, respectivamente), e não houve interação grupo vs. tempo para o aumento da T_{retal} nas duas sessões ($P=0,286$ na sessão I_R e $P=0,809$ na sessão PCM_F). Também não foi observada interação grupo vs. tempo no aumento da T_{pele} em ambas as sessões ($P=0,360$ na sessão I_R e $P=0,577$ na sessão PCM_F) entre obesos ($\Delta=1,7 \pm 1,3$ °C na sessão I_R e $\Delta=1 \pm 0,9$ °C na sessão PCM_F) e magros ($\Delta=0,7 \pm 0,8$ °C na sessão I_R e $\Delta=0,3 \pm 0,8$ °C na sessão PCM_F).

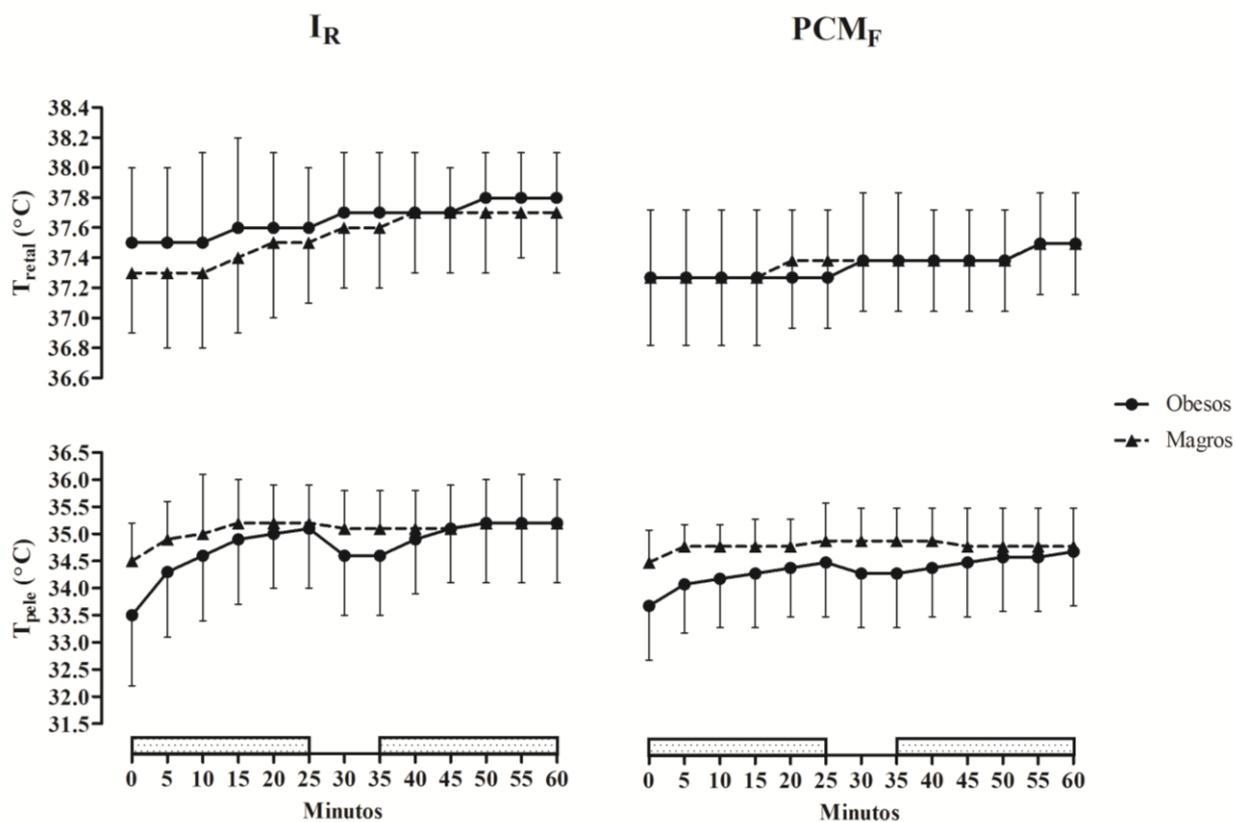


Figura 3. T_{retal} e T_{pele} em obesos e magros nas sessões I_R ($40\% \text{ VO}_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$).

A Figura 4 ilustra o aumento da T_{retal} e da T_{pele} entre obesos e magros categorizados pelo condicionamento aeróbico (*HIfit* e *LOfit*), nas sessões de exercício no calor. Em ambas as sessões, similar T_{retal} no repouso ($P=0,73$ na sessão I_R e $P=0,827$ na sessão PCM_F) e ao final exercício ($P=0,611$ na sessão I_R e $P=0,683$ na sessão PCM_F) foi observada entre os quatro grupos, e não houve interação grupo vs. tempo no aumento da T_{retal} para I_R ($P=0,344$) ou PCM_F ($P=0,307$). Também não foi observada interação grupo vs. tempo para T_{pele} nas sessões I_R ($P=0,323$) ou PCM_F ($P=0,678$).

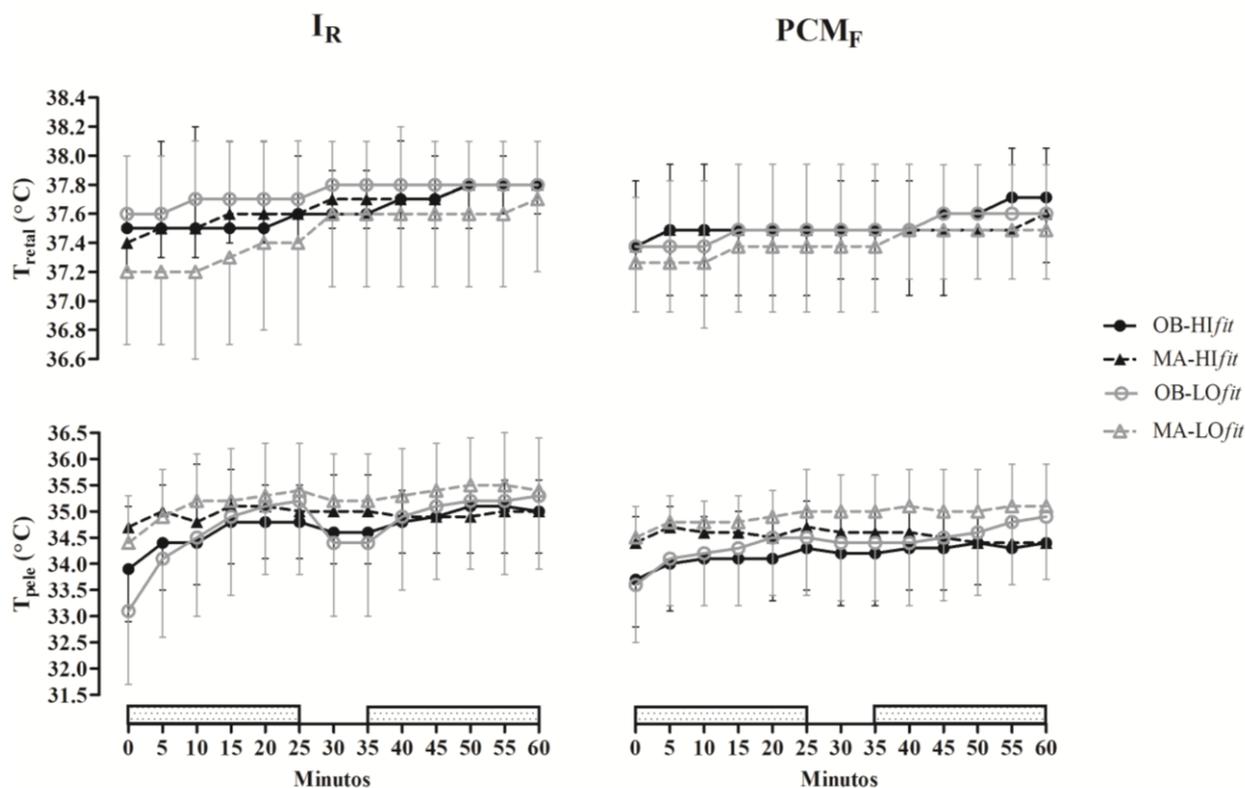


Figura 4. T_{retal} e T_{pele} de obesos vs. magros em categorias, *HIfit* e *LOfit*, nas sessões I_R ($40\% \text{VO}_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$).

O aumento da T_{corpo} também foi similar entre obesos e magros nas duas sessões, I_R ($P=0,247$) e PCM_F ($P=0,809$), mesmo quando categorizados em *HIfit* e *LOfit* ($P=0,410$ na sessão I_R e $P=0,867$ na sessão PCM_F).

Sudorese

Foi observado efeito do % de gordura (2A) ($r=0,415$; $P=0,01$) sobre o volume de suor em $\text{mL}\cdot\text{m}^{-2}$ decorrente da sessão PCM_F . Tal efeito não foi observado na correlação entre % de gordura e sudorese em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ ($r=0,233$; $P=0,165$).

A Tabela 3 compara as perdas pela sudorese (massa corporal e volume de suor) decorrentes do exercício nas sessões I_R e PCM_F , entre obesos e magros, divididos nos grupos *HIfit* e *LOfit*. Na sessão I_R , foram observadas similares taxas de sudorese em mL , $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ ou $\text{mL}\cdot\text{m}^{-2}$, entre os grupos obeso e magro, mesmo quando diferenciados dentro de cada grupo pelo $\text{VO}_{2\text{pico}}$. Na sessão PCM_F , portanto, os obesos apresentaram maior taxa de sudorese absoluta ou corrigida pela ASC, mas não quando corrigida pela massa corporal total.

Tabela 3. Mudança de massa corporal e volume de suor decorrentes do exercício nas sessões I_R e PCM_F, entre obesos e magros, categorizados pelo condicionamento aeróbico

| <i>Perdas</i> | <i>Obesos</i> | | | <i>Magros</i> | | | <i>OB vs. MA</i> | <i>Hifit vs. LOfit</i> |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|------------------|------------------------|
| | <i>Total</i> | <i>Hifit</i> | <i>LOfit</i> | <i>Total</i> | <i>Hifit</i> | <i>LOfit</i> | <i>*P</i> | <i>P</i> |
| <i>I_R</i> | | | | | | | | |
| <i>Massa corporal, g</i> | | | | | | | | |
| Intervalo | -165,2±119,1 | -140±119,7 | -185±118 | -137±123,6 | -130±156,7 | -140,9±104,4 | 0,492 | 0,767 |
| Pós | -258,7±150,5 | -235±145,4 | -280±175,1 | -254,3±204,4 | -315±295,4 | -200±80,6 | 0,963 | 0,532 |
| <i>Sudorese</i> | | | | | | | | |
| mL | 423,9±227,6 | 375±233,6 | 465±235,8 | 391,3±286,7 | 445±425,9 | 340,91 | 0,671 | 0,699 |
| mL kg ⁻¹ | 7,2±4,3 | 6,9±4,9 | 7,1±4,2 | 7,8±4,6 | 8,9±6,6 | 6,8±2,1 | 0,659 | 0,715 |
| mL m ⁻² | 266,1±167,6 | 246,8±163,3 | 274±143,6 | 258,7±165,7 | 296,7±241,7 | 223,9±65,7 | 0,874 | 0,761 |
| <i>PCM_F</i> | | | | | | | | |
| <i>Massa corporal, g</i> | | | | | | | | |
| Intervalo | -144,9±117* | -150±79,1 | -159,2±148,5 | -67,5±83,2 | -77,8±83,3 | -55,6±88,2 | 0,013 | 0,147 |
| Pós | -213,8±138,4* | -211,1±138,7 | -229±155,9 | -125±80,3 | -133,3±90,1 | -133,3±70,7 | 0,030 | 0,210 |
| <i>Sudorese</i> | | | | | | | | |
| mL | 358,7±213,6* | 361,1±199,7 | 388,2±242,5 | 192,5±117,3 | 211,1±133,8 | 188,9±116,7 | 0,004 | 0,066 |
| mL kg ⁻¹ | 5,6±3,2 | 6,4±3,9 | 5,3±2,7 | 4,1±2,7 | 4,8±2,9 | 3,9±2,8 | 0,108 | 0,469 |
| mL m ⁻² | 217,9±118,3* | 229,8±123,5 | 222,8±125,8 | 133,4±83,9 | 151,7±91,2 | 127,3±85,1 | 0,012 | 0,166 |

Legenda: I_R: alvo de intensidade a 40% do VO_{2pico}. PCM_F: alvo de intensidade a 5,5 W kg⁻¹. *P: teste *t* independente. *Diferença significativa entre obesos e magros nas sessões I_R e PCM_F. P: ANOVA *one-way*.

Frequência cardíaca e taxa de percepção de esforço

A Figura 5 ilustra o aumento da FC e da percepção de esforço entre obesos e magros, nas sessões de exercício no calor. No aumento da FC, foi observada interação grupo vs. tempo nas sessões I_R ($P=0,036$) e PCM_F ($P=0,024$). Na sessão I_R , os obesos iniciaram a pedalada numa maior FC que os magros (minutos 0 e 5) e mantiveram a FC mais elevada nos minutos 40 e 50. Na sessão PCM_F , os obesos permaneceram a maior parte da sessão (minutos 10, 15, 25, 45, 50, 55 e 60) com a FC mais elevada que a dos magros. O aumento da percepção de esforço foi similar entre obesos e magros nas sessões I_R ($P=0,194$) e PCM_F ($P=0,565$).

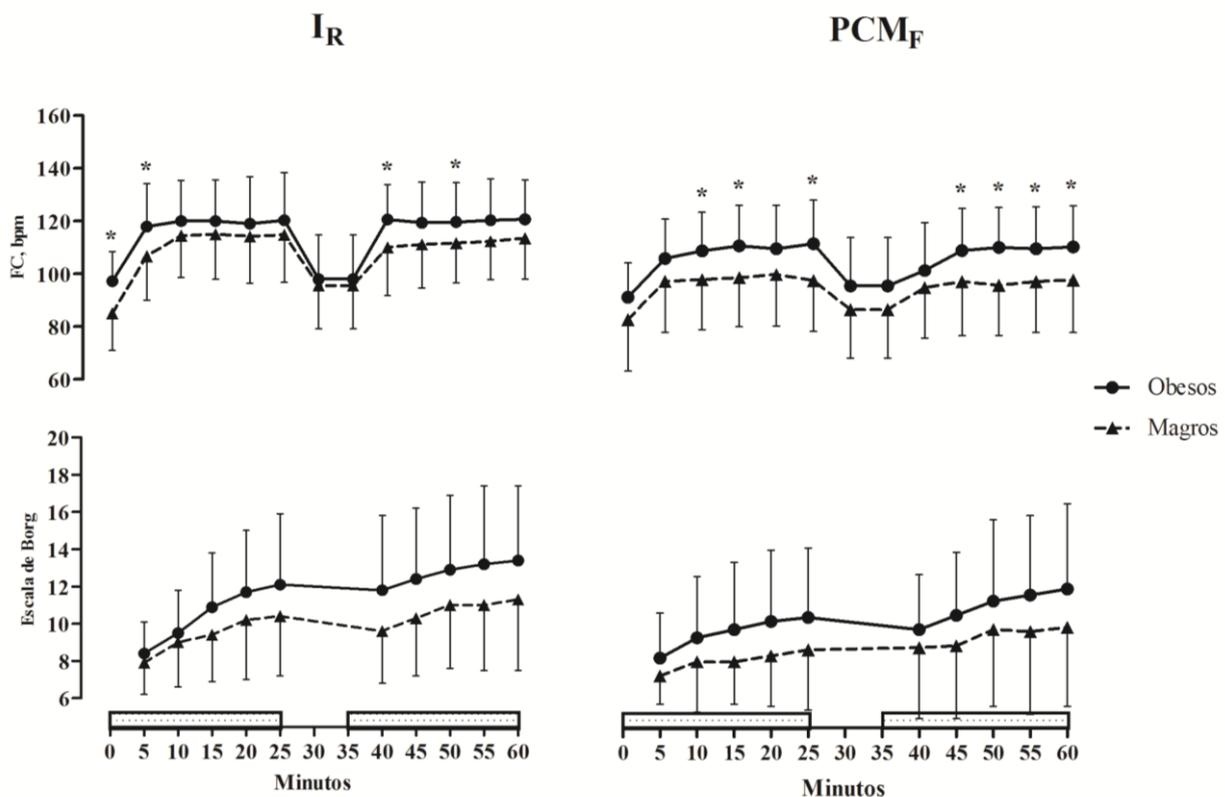


Figura 5. Frequência cardíaca (FC) e taxa de percepção subjetiva de esforço (Borg) de obesos vs. magros, nas sessões I_R ($40\% \text{ VO}_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$). *Maior em obesos vs. magros nas sessões I_R e PCM_F .

A Figura 6 ilustra o aumento da FC e da percepção de esforço entre obesos e magros categorizados pelo condicionamento aeróbico (*Hifit* e *LOfit*), nas sessões de exercício. No aumento da FC, foi observada interação grupo *vs.* tempo nas sessões I_R ($P=0,043$) e PCM_F ($P=0,046$). Na sessão I_R , *OB-LOfit* iniciaram com maior FC que *MA-Hifit* e *MA-LOfit* (minutos 0) e também mantiveram a FC mais elevada que *MA-Hifit* no minuto 40. Na sessão PCM_F , foi observada maior FC dos *OB-LOfit vs. MA-Hifit* no minuto 50. O aumento da percepção de esforço foi similar entre obesos e magros nas sessões I_R ($P=0,593$) e PCM_F ($P=0,168$).

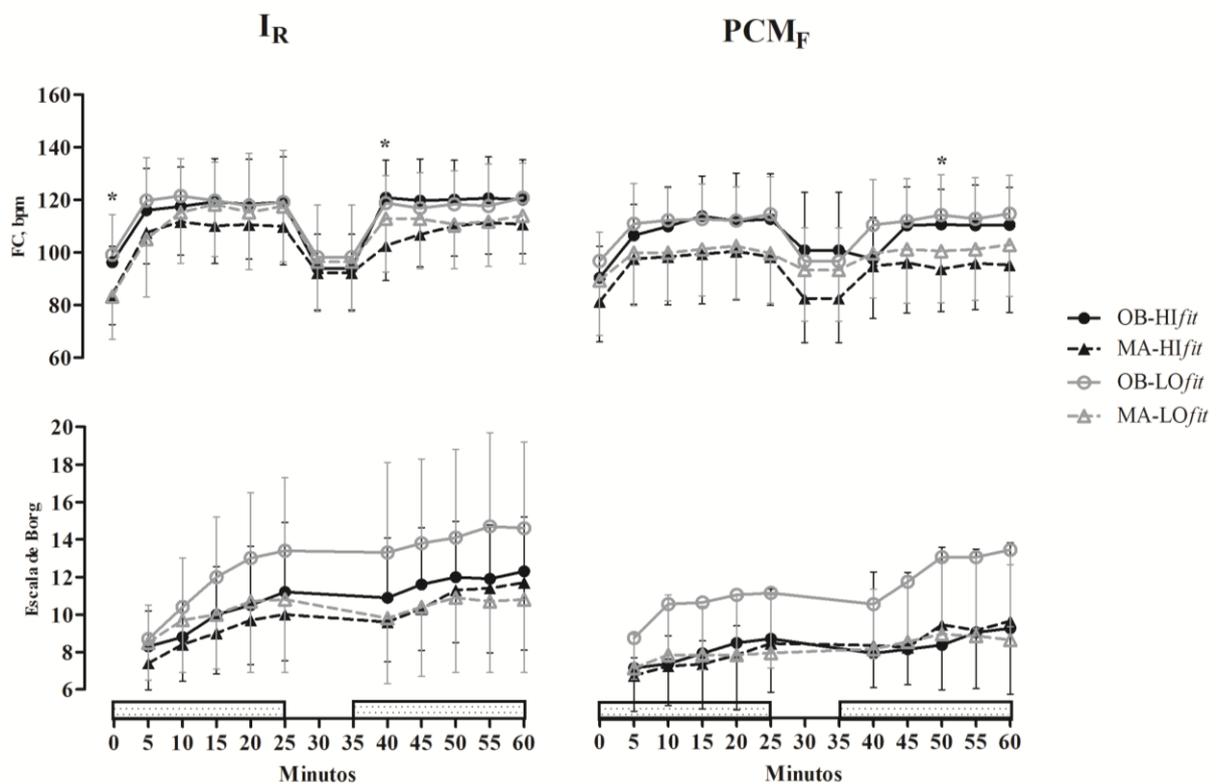


Figura 6. Frequência cardíaca (FC) e taxa de percepção subjetiva de esforço (Borg) de obesos *vs.* magros em categorias, *Hifit* e *LOfit*, nas sessões I_R ($40\% \text{VO}_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5 \text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$).

*Maior em *OB-LOfit vs. MA-(Hifit e LOfit)* na sessão I_R , e maior em *OB-LOfit vs. MA-Hifit* na sessão PCM_F .

Sensação térmica e conforto térmico

A Figura 7 ilustra que o aumento na sensação térmica e no desconforto térmico foi similar entre obesos e magros nas sessões I_R ($P=0,215$ e $P=0,902$) e PCM_F ($P=0,095$ e $P=0,128$).

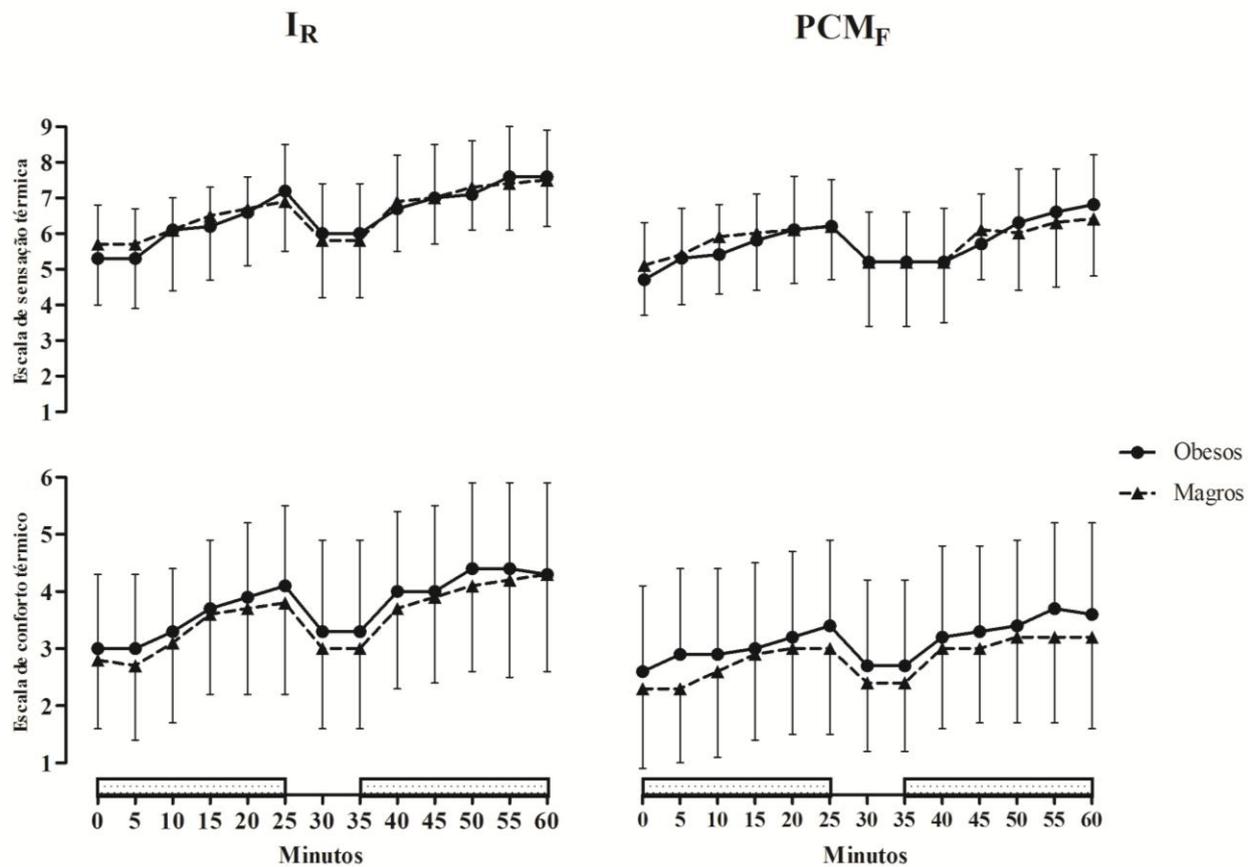


Figura 7. Sensação térmica e conforto térmico de obesos vs. magros nas sessões I_R ($40\% \text{ VO}_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$).

A Figura 8 ilustra que o aumento da sensação térmica e do desconforto térmico entre obesos e magros categorizados pelo condicionamento aeróbico (*Hifit* e *LOfit*) foi similar nas sessões I_R ($P=0,321$ e $P=0,920$) e PCM_F ($P=0,357$ e $P=0,355$).

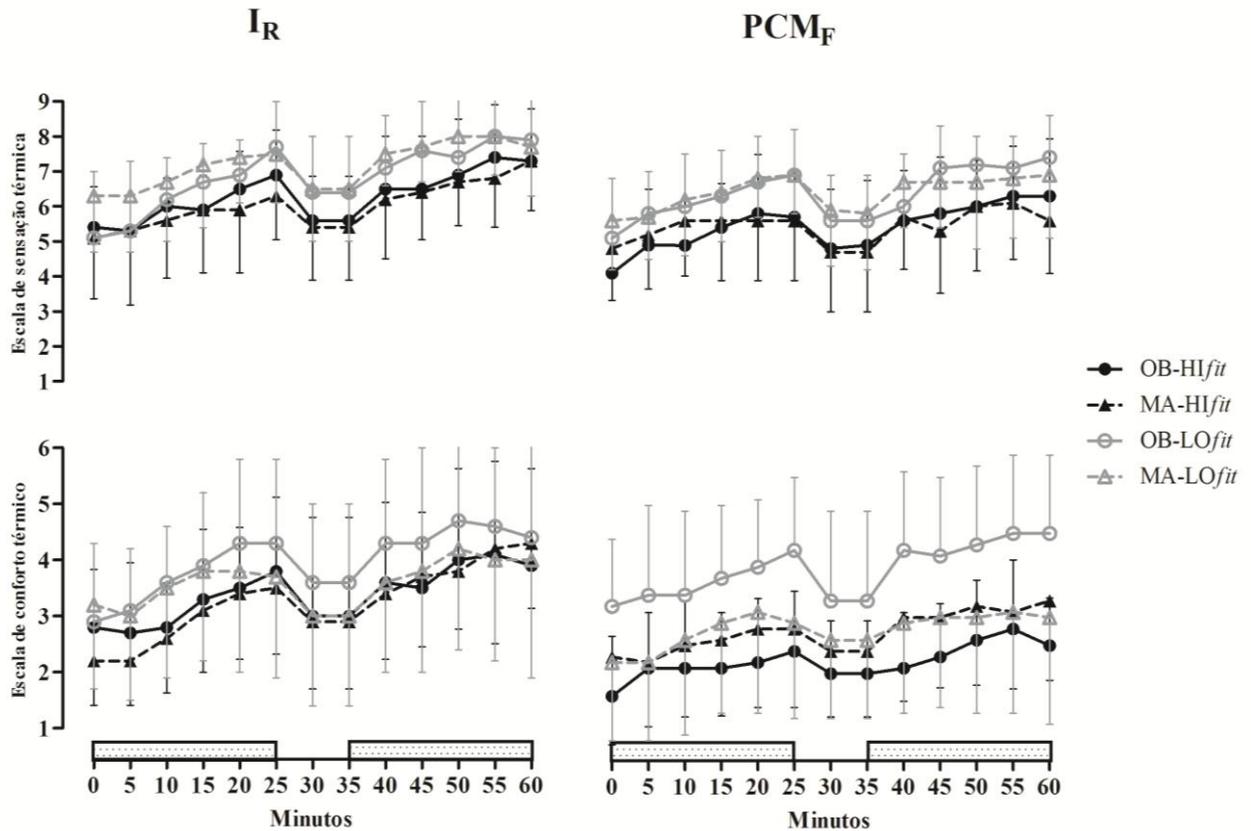


Figura 8. Sensação térmica e conforto térmico de obesos vs. magros em categorias, *Hifit* e *LOfit*, nas sessões I_R ($40\% \text{ VO}_{2\text{pico}}$) e PCM_F ($5,5 \text{ W kg}^{-1}$).

DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que, entre meninos púberes com expressivas diferenças na adiposidade e/ou no VO_{2pico} , a sessão de pedalada no calor em similar $\%VO_{2pico}$ ou PCM_F (1) não afetou as respostas da T_{retal} , independentemente do alvo de intensidade do exercício; (2) resultou num maior aumento da FC dos OB-*LOfit*, especialmente na sessão PCM_F ; (3) resultou numa similar taxa de sudorese por superfície corporal, independentemente do condicionamento aeróbico; e (4) resultou em similares respostas nas percepções de esforço, de calor e de conforto térmico entre os meninos.

Esta investigação inova no controle metodológico da regulação térmica e da obesidade em meninos púberes durante o exercício no calor. Pela primeira vez, meninos obesos e magros foram categorizados e comparados com base no condicionamento aeróbico (alto vs. baixo) e também testados num protocolo de exercício que visou atingir similar PCM. Além disso, a hidratação foi controlada durante o exercício, para evitar que o balanço hídrico fosse um fator de confusão na comparação dos grupos.

Os meninos *HIfit* e *LOfit* diferiram em quase 30%, quando o VO_{2pico} foi corrigido pela massa muscular total, tanto no grupo dos obesos como no dos magros. Num mesmo grupo de condicionamento aeróbico, a diferença na gordura corporal entre obesos e magros foi de pelo menos 20%. O grupo OB-*LOfit* revelou nível de atividade física insatisfatório (escore <3) pelo questionário, enquanto que os demais grupos tinham níveis satisfatórios (escore ≥ 3).

Nas sessões de exercício no calor, não houve efeito do % de gordura sobre a ΔT_{retal} , e similares respostas na T_{retal} foram observadas entre obesos e magros, tanto *HIfit* como *LOfit*. Até agora, os estudos (DOUGHERTY *et al.*, 2009 e 2010; SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013) que comparam meninos obesos e magros durante exercício no calor padronizaram um protocolo de exercício cuja intensidade era baseada num $\%VO_{2pico}$, e não tinham como meta equalizar para uma mesma PCM. Nesse contexto, em obesos que se exercitavam intermitentemente por 60 min (alternando pedalada com caminhada) a 30% do VO_{2pico} (DOUGHERTY *et al.*, 2009) ou continuamente (pedalando) por 30 min a 50-55% do VO_{2pico} (SEHL *et al.*, 2012), o aumento da $T_{central}$ foi similar comparado com seus pares magros, seja por medida intragástrica (0,53 vs. 0,77°C nos magros) (DOUGHERTY *et al.*, 2009) ou retal (0,40 vs. 0,63°C nos magros) (SEHL *et al.*, 2012). Na sessão do presente estudo em que os meninos pedalaram a uma similar I_R para manter o alvo de 40-45% do VO_{2pico} , a PCM dos obesos foi ~22% menor nos *HIfit* e ~15% nos *LOfit*, comparados com os magros de seus respectivos graus de condicionamento. Ainda assim, o aumento da T_{retal} não foi diferente entre

os grupos. Conforme Cramer e Jay (2015), a PCM explica ~50% da variância na T_{retal} em adultos jovens (~23 anos), e por isso pesquisas usando a PCM por kg como alvo de intensidade do exercício têm sido sugeridas para comparar respostas termorregulatórias de grupos que diferem em tamanho e composição corporal (CRAMER, JAY, 2014; LEITES *et al.*, 2016). Dervis *et al.* (2015) observaram, em homens jovens (25 anos de idade) com ~32% de gordura corporal, um maior aumento da T_{retal} (0,87°C) comparado com o aumento naqueles com ~11% de gordura corporal (0,66°C), mesmo sendo todos de similar tamanho corporal (ASC e massa), durante 60 minutos de pedalada no calor (28,1°C) a 550 W (6,1 W·kg⁻¹). No presente estudo, em jovens com menor idade, essa resposta de maior T_{retal} naqueles com excesso de gordura não foi confirmada quando eles pedalaram a uma similar PCM_F para manter o alvo de 5,5 W·kg⁻¹. A intensidade relativa de esforço atingida pela PCM_F neste estudo foi relativamente baixa (p. ex., ~25% VO_{2pico} nos MA-Hi*fit*) ou moderada (p. ex., ~41% VO_{2pico} nos OB-LO*fit*) e pode ter sido insuficiente para um aumento mais proeminente da T_{retal} em todos os meninos. Por isso, sugerimos que futuros estudos comparem obesos e magros dessa mesma população em alvos de PCM_F que resultem em diferentes intensidades relativas de esforço.

No presente estudo, também não houve efeito do VO_{2pico} (em mL·kg⁻¹·min⁻¹) sobre as respostas da T_{retal} nas sessões de exercício no calor, sendo similares entre Hi*fit* e LO*fit*, tanto para obesos como para magros. Nesta sessão I_R, os meninos Hi*fit*, para tamanho e composição corporal similares aos dos LO*fit*, tiveram maior PCM (~19% nos obesos e ~30% nos magros) para manter o alvo de intensidade a 40-45% do VO_{2pico}. Contudo, essa diferença no condicionamento não foi suficiente para afetar o aumento da T_{retal} . Jay *et al.* (2011) observaram que, entre adultos jovens não obesos de mesmo tamanho corporal (ASC e massa) mas que diferiam em ~20mL·kg⁻¹·min⁻¹, a PCM também foi maior (~40%) nos Hi*fit* do que nos LO*fit*, quando eles pedalaram por 60 min a 60% do VO_{2pico}. Entretanto, os adultos jovens Hi*fit* avaliados por Jay *et al.* (2011) apresentaram maior ΔT_{retal} ($P < 0,05$), diferente do que foi observado nos meninos deste estudo. Isso indica que as respostas termorregulatórias de grupos que diferem expressivamente quanto ao VO_{2pico} devem ser comparadas considerando mesma PCM entre eles.

Na sessão PCM_F do presente estudo, quando os meninos Hi*fit* e LO*fit* de similar composição corporal pedalaram a 5,5 W·kg⁻¹, também não foram observadas diferenças nas respostas da T_{retal} . Nesse caso, o % VO_{2pico} resultante para a mesma PCM foi ~10% menor nos Hi*fit*. Nos adultos avaliados por Jay *et al.* (2011), que pedalaram a 7 W·kg⁻¹, os LO*fit* tiveram % VO_{2pico} ~18% maior que os Hi*fit*, e o aumento da T_{retal} – assim como neste estudo – foi

similar entre os grupos. Além de equalizar a intensidade de exercício pela PCM, o presente estudo foi o primeiro a considerar o $VO_{2\text{pico}}$ corrigido pela massa muscular para diferenciar o condicionamento aeróbico de obesos e magros, eliminando a influência da gordura corporal. Contudo, pelo tamanho amostral deste estudo, nos limitamos a distanciar o $VO_{2\text{pico}}$ de *Hifit* e *LOfit* em pelo menos 1 desvio-padrão (dp) ($\leq -0,5$ para *LOfit* e $\geq +0,5$ para *Hifit*). Casualmente, observamos que os poucos meninos *Hifit* e *LOWfit* (obesos ou magros) que diferiram seus $VO_{2\text{pico}}$ em pelo menos 2 dp tiveram igual ou desprezível diferença na ΔT_{retal} , em ambas as sessões. Entretanto, desconhecemos se uma maior diferença no $VO_{2\text{pico}}$ para categorizar os grupos (p. ex., ≤ -1 para *LOfit* e $\geq +1$ para *Hifit*) mostraria efeito do condicionamento aeróbico no aumento da T_{retal} .

Obesos e magros, independentemente de serem *Hifit* ou *LOfit*, apresentaram similar volume de suor por ASC na sessão I_R ; no entanto, o volume foi maior ($\sim 40\%$, $P < 0,05$) nos obesos que nos magros ($218 \text{ mL}\cdot\text{m}^{-2}$ vs. $\sim 133 \text{ mL}\cdot\text{m}^{-2}$) na sessão PCM_F . Essa diferença pode ser um reflexo da maior ($\sim 8\%$, $P < 0,05$) PCM por m^2 atingida pelos obesos nessa sessão; tanto que, quando comparados pelo condicionamento a PCM por m^2 foi similar entre os quatro grupos. Dougherty *et al.*, (2010) observaram menor volume de suor por ASC nos meninos obesos que tinham $VO_{2\text{pico}}$ corrigido pela massa muscular $\sim 10\%$ menor ($P < 0,05$) que os magros e pareciam ser também menos aclimatizados ao calor. Em homens jovens (25 anos de idade) de similar tamanho corporal (ASC e kg), o volume de suor absoluto foi similar entre aqueles que diferiam em $\sim 20\%$ de gordura corporal, durante 60 min de pedalada em similar PCM (DERVIS *et al.*, 2015). Nesse estudo, os homens com cerca de 32% de gordura apresentaram $VO_{2\text{pico}}$ $\sim 20\%$ menor do que o daqueles com 11% de gordura. Embora Cramer *et al.* (2011) tenham observado similar sudorese entre jovens (19-24 anos de idade) com diferenças mais expressivas ($\sim 33\%$) no $VO_{2\text{pico}}$, os participantes desse estudo não eram obesos. O presente estudo, entretanto, mostrou que meninos obesos ou magros *Hifit*, com tamanho corporal (ASC e kg) similar ao dos *LOfit*, também suaram similarmente nas duas sessões de exercício.

Neste estudo, obesos realizaram o exercício em ambas as sessões, apresentando FC predominantemente maior que nos magros. Mas, quando foram categorizados em *Hifit* e *LOfit*, valores mais elevados da FC foram limitados aos OB-*LOfit*, para num único momento, ao final de cada sessão de exercício. A maior FC no grupo OB-*LOfit* pode ser reflexo tanto de seu $\%VO_{2\text{pico}}$, que foi $\sim 16\%$ maior ($P < 0,05$) que nos MA-*Hifit*, na sessão PMC_F , como de seu nível insatisfatório de atividade física. No entanto, a maior FC em obesos não foi acompanhada pela TPE, que foi similar entre todos os grupos. Estudos prévios que se

basearam na intensidade de exercício pelo %VO_{2pico} observaram maior TPE nos meninos obesos vs. magros; contudo, em intensidade relativa de esforço (SEHL *et al.*, 2012) ou estresse térmico (Dougherty *et al.*, 2009, 2010) mais elevados que no presente estudo.

Pouco tem sido investigado sobre a sensação de calor ou desconforto térmico entre indivíduos que distinguem em ASC e kg, como meninos vs. homens (LEITES *et al.*, 2016) ou obesos vs. magros (DOUGHERTY *et al.*, 2009, 2010; SEHL *et al.*, 2012; LEITES *et al.*, 2013). No presente estudo, essas respostas perceptivas foram similares entre os meninos, independentemente da obesidade ou do condicionamento aeróbico. No entanto, há indicação de maior sensação de calor e de desconforto térmico em meninos obesos, quando comparados com os magros, durante exercício a 30% (DOUGHERTY *et al.*, 2009) ou 50-55% (SEHL *et al.*, 2012) do VO_{2pico}. Porém, enquanto no primeiro (DOUGHERTY *et al.*, 2009) os meninos obesos estavam menos aclimatizados ao calor que seus pares magros, no segundo (SEHL *et al.*, 2012) a intensidade relativa de esforço foi maior que a do presente estudo. Também, o único estudo de que temos conhecimento que avaliou essas respostas visando a uma mesma PCM por kg entre os grupos o fez comparando crianças com adultos (LEITES *et al.*, 2016), e não obesos com magros. Portanto, mais estudos comparativos são necessários para clarificar como obesos e magros (quando equiparados por seus níveis de aclimatização ao calor e de condicionamento físico) percebem o calor e o seu desconforto ao se exercitarem em similares alvos de intensidade fixados para PCM.

Os fatores que poderiam prejudicar a termorregulação nos meninos obesos – para maior aumento da T_{retal} – como o menor calor específico da gordura em relação à massa livre de gordura (1,63 vs. 3,35 kJ·kg⁻¹·°C⁻¹) (HAYMES, McCORMICK, BUSKIRK, 1975; FALK, 1998) – ou, então, a menor relação de ASC pela massa corporal (MILLER, BLYTH, 1958; ROBINSON, 1942), combinada com uma mais lenta condutância de calor pela gordura (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982), provocando menor perda pela sudorese – não se aplicam ao presente estudo. Além disso, a indicação de que o condicionamento aeróbico pode atenuar o aumento da T_{central} e aumentar a taxa de sudorese (BUONO, SJOHOLM, 1988) também não foi confirmada em nosso desenho experimental.

Uma limitação deste estudo foi que o fluxo sanguíneo periférico não foi medido. Em homens obesos (de 19-27 anos de idade), o fluxo sanguíneo é menor que nos magros, quando se exercitam no calor, mesmo não havendo diferenças entre esses nas T_{central} e T_{pele} (VROMAN, BUSKIRK, HODGSON, 1983). No presente estudo, não houve diferença na T_{pele} entre os grupos; e, por isso, especulamos que a convecção de calor pelo sangue, dos músculos à pele, pode estar – assim como nos adultos – também prejudicada nos meninos

obesos. Um indício disso já foi observado em meninos obesos (de ~12 anos de idade) em resposta a um exercício dinâmico de extensão de joelho (KARPOFF *et al.*, 2009). Sugerimos, então, que futuros estudos avaliem o fluxo sanguíneo de obesos *HIfit* e *LOfit* em protocolos de exercícios que visem uma mesma PCM que dos magros, para esclarecer se a obesidade, sozinha ou combinada com um baixo condicionamento aeróbico, pode afetar a transferência de calor do centro à periferia. Também sugerimos que protocolos de exercícios visem a diferentes alvos de PCM – como, por exemplo, $5,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$, $6 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $6,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ – haja vista a limitação do protocolo de baixa intensidade deste estudo, que pouco incrementou a T_{retal} ou estimulou a taxa de sudorese.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que meninos púberes obesos (~36% de gordura), aclimatizados ao calor do verão subtropical não apresentam desvantagens termorregulatórias (como maior aumento da T_{retal} ou menor sudorese) e perceptivas (como maior desconforto térmico) ao exercício de pedalada por 2-25 min (intervalados por 10 min), em intensidade baixa-moderada (40-45% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ ou $5,5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) e realizado no calor de 35°C e 45% UR, quando comparados aos seus pares magros em similar estado de hidratação. Por outro lado, desconhecemos o impacto deste experimento para obesos não aclimatizados ao calor, ou mesmo com maior adiposidade e/ou mais baixo condicionamento aeróbico que os meninos *LOfit* testados neste estudo. Também, ressalvamos que (1) disparidades na produção de calor metabólico devem sempre ser consideradas na comparação de respostas fisiológicas e perceptivas entre obesos e magros que se exercitam no calor; que (2) outros mecanismos de transferência de calor, como o fluxo sanguíneo, ainda devem ser investigados nessa população; e que (3) jovens obesos, fisicamente semelhantes aos deste estudo, devem ser encorajados a realizar exercícios de intensidade baixa-moderada em temperaturas de até 35°C .

REFERÊNCIAS

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS: POLICY STATEMENT - Climatic Heat Stress and Exercising Children and Adolescents. **Pediatrics**, v.128 (3), p.1-7, 2011.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M.; CASTELLANI, J.W.; BERGERON, M.F.; KENEFICK, R.W.; LAGASSE, K.E.; RIEBE, D. Urinary indices of hydration status. **International Journal of Sport Nutrition**, v.4, p.265-79, 1994.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Position stand on exercise and fluid replacement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.39, n.1, p.377-390, 2007.

ARENS, E.; ZHANG, H.; HUIZENGA, C. Partial- and whole-body thermal sensation and comfort – Part I: uniform environmental conditions. **Journal of Thermal Biology**, v.31 (1), p.53-9, 2006.

ADAMS, J. D.; GANIO, M.; BURCHFIELD, J.M.; MATTHEWS, A.C.; WERNER, R. N.; CHOKBENGBOUN, A. J.; DOUGHERTY, E. K.; LACHANCE, A.A. Effects of obesity on body temperature in otherwise-healthy females when controlling hydration and heat production during exercise in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v.115 (1), p.167-76, 2015.

BAR-OR, O.; ROWLAND, T.W. **Pediatric Exercise Medicine: From Physiologic Principles to Health Care Application**. Human Kinetics Publishing, 2004.

BORG, G.; DAHLSTROM, H. The reliability and validity of a physical work test. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.55, p.353-61, 1962.

BUONO, M.J.; SJOHOLM, N.T. Effect of physical training on peripheral sweat production. **Journal of Applied Physiology**, v.65, p.811-14, 1988.

BAKER, J.S.; DAVIES, B. Quantification of active muscle mass during experimental exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.101, p.1534, 2006.

BUTTE, N.F.; PUYAU, M.R.; VOHRA, F.A.; ADOLPH, A.L.; MEHTA, N.R.; ZAKERI, I. Body size, body composition, and metabolic profile explain higher energy expenditure in overweight children. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 2660-67, 2007.

CASA, D.J.; ARMSTRONG, L.E.; HILLMAN, S.K.; MONTAIN, S.J.; REIFF, R.V.; RICH, B.S.; ROBERTS, W.O.; STONE, J.A. National Athletic Trainer's Association: Position statement. Fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v.35, p.212-24, 2000.

CROCKER, P.R.; BAILEY, D.A.; FAULKNER, R.A.; KOWALSKI, K.C.; MCGRATH, R. Measuring general levels of physical activity: Preliminary evidence for the Physical Activity Questionnaire for Older Children. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.29 (10), p.13, 44-49, 1997.

CRAMER, M.N.; JAY, O. Selecting the correct exercise intensity for unbiased comparisons of thermoregulatory responses between groups of different mass and surface area. **Journal of Applied Physiology**, 116:1123-32, 2014.

DENCKER, M.; BUGGE, A.; HERMANSEN, B.; FROBERG, K.; ANDERSEN, L.B. Aerobic fitness in prepubertal children according to level of body fat. **Acta Paediatrica**, v.99, p.1854-60, 2010.

DOUGHERTY, K.A.; CHOW, M.; KENNEY, L. Responses of lean and obese boys to repeated summer exercise in the heat bouts. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, p.279-89, 2009.

DOUGHERTY, K.A.; CHOW, M.; KENNEY, W.L. Critical environmental limits for exercising heat-acclimated lean and obese boys. **European Journal of Applied Physiology**, v.108, p.779-89, 2010.

DUBOIS, D.; DUBOIS, E.F. Clinical calorimetry: a formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. **Archives of Internal Medicine**, v.17, p.863-71, 1916.

DERVIS, S.; COOMBS, G.B.; CHASELING, G.K.; FILINGERI, D.; SMOLJANIC, J.; JAY O. A comparison of thermoregulatory responses to exercise between mass-matched groups with large differences in body fat. **Journal of Applied Physiology**, v.120 (6), p. 615-23, 2016.

FALK, B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. **Sports Medicine**, v.25, p.221-240, 1998.

HAYMES, E.M.; MCCORMICK, R.J.; BURSIRK, E.R. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. **Journal of Applied Physiology**, v.39, p.457-61, 1975.

JAY, O.; BAIN, A.R.; DEREN, T.M.; SACHELI, M.; CRAMER, M.N. Large differences in peak oxygen uptake do not independently alter changes in core temperature and sweating during exercise. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 301:R832-R841, 2011.

LEITES, G.T.; SEHL, P.L.; CUNHA, G.S.; FILHO, A.D.; MEYER, F. Responses of obese and lean girls exercising under heat and thermoneutral conditions. **Journal of Pediatrics**, v.162, p.1054-60, 2013.

LEITES, G.T.; CUNHA, G.S.; OBEID, J.; WILK, B.; MEYER, F.; TIMMONS, B.W. Thermoregulation in boys and men exercising at the same heat production per unit body mass. **European Journal of Applied Physiology**, v.116 (7), p.1411-9, 2016.

LOFTIN, M.; SOTHERN, M.; TROSCLAIR, L.; O'HANLON, M.; MILLER, J.; UDALL, J. Scaling VO_2 peak in obese and non-obese girls. **Obesity Research**. v.9, p.290-96, 2001.

- LOFTIN, M.; SOTHERN, M.; ABE, T.; BONIS, M. Expression of VO_{2peak} in Children and Youth, with Special Reference to Allometric Scaling. **Sports Medicine**, in press, may, 2016.
- LOHMAN, T.G. The use of skinfold to estimate body fatness on children and youth. **Journal of Physical Education, Recreation and Dance**, v.58, p.98-102, 1987.
- MILLER, A. T.; BLYTH C. S. Lack of insulating effect of body fat during exposure to internal and external heat loads. **Journal of Applied Physiology**, v.12, p.17-19, 1958.
- MIRWALD, R.L.; BAXTER-JONES, A.D.; BAILEY, D.A.; BEUNEN, G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 34:689-94, 2002.
- STEWART, A.; MARFELL- JONES, M.; OLDS, T.; RIDDER, H. International standards for anthropometric assessment. The International Society for the Advancement of Kinanthropometry. **National Library of Australia press**, 2011.
- NISHI, Y. Measurement of thermal balance of man. In: Cena K, Clark JA (eds) Bioengineering, thermal physiology, and comfort. **Elsevier**, New York, p.29-39, 1981.
- SEHL, P.L.; LEITES, G.T.; MARTINS, J.B.; MEYER, F. Responses of obese and non-obese boys cycling in the heat. **International Journal of Sports Medicine**, v.33, p.497-501, 2012.
- TANNER JM. The development of the reproductive system. Growth at adolescence. Oxford: **Blackwell Science**, p.28-39, 1962.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que a hipótese do presente estudo não foi confirmada, uma vez que não foram observadas desvantagens termorregulatórias nos obesos, independente do condicionamento aeróbico. Assim, os fatores que poderiam prejudicar a termorregulação nos meninos obesos, como o menor calor específico da gordura – provocando maior aumento da T_{retal} – ou, então, a menor $\text{ASC}\cdot\text{kg}^{-1}$ combinada com uma mais lenta condutância de calor pela gordura – provocando menor perda pela sudorese – não se aplicam ao nosso protocolo experimental. Os resultados deste estudo indicam que a prescrição de 50 minutos de pedalada (intervalado com 10 minutos de descanso entre dois momentos de 25 minutos), a 40% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ ou $5.5 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ e numa condição térmica semelhante à do verão no sul do Brasil (35°C e 45% UR), pode ser fisiologicamente segura e confortável para meninos púberes obesos, independente do condicionamento aeróbico, quando esses estão aclimatizados ao calor. Desconhecemos qual seria o impacto desse mesmo protocolo experimental para obesos não-aclimatizados, ou mesmo com mais baixa capacidade aeróbica que os meninos *LOfit* testados nesse estudo.

Futuros estudos devem comparar obesos e magros com expressivas diferenças no $\text{VO}_{2\text{pico}}$ em protocolos experimentais que visem diferentes alvos para PCM_{F} . Ainda, a adição da avaliação do fluxo sanguíneo periférico pode ajudar a explicar se, em obesos, existe prejuízo na convecção de calor pelo sangue, a partir do centro (músculo) até a periferia (pele). Ainda, é importante calcular o balanço entre a produção de calor metabólico e as perdas de calor por convecção, radiação, assim como as perdas respiratórias por evaporação e convecção afim de avaliar a exigência de perda de calor pela evaporação do suor.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de consentimento informado livre e esclarecido

Seu filho ou dependente está sendo convidado a participar do estudo para conhecer as respostas de meninos adolescentes que se exercitam no calor.

Ele terá que comparecer três vezes em dias separados ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), localizado na Escola de Educação Física da UFRGS e mais outra vez (terceira vez) num local de exames de imagem corporal.

Na primeira sessão (de aproximadamente uma hora), faremos perguntas sobre a saúde e a prática de atividade física de seu filho ou dependente; após isso, ele será pesado (numa balança) e a sua altura será medida. Também será avaliado o estágio de puberdade (desenvolvimento da maturidade sexual) por um pesquisador do sexo masculino através da observação da genitália e dos pêlos pubianos. Nesse dia será realizado um teste em bicicleta por cerca de 6 a 12 minutos para avaliar o desempenho do menino para exercícios prolongados. Neste teste, ele usa uma máscara higienizada onde o ar que ele expira é avaliado para analisar a sua capacidade que usar o oxigênio.

Num segundo e terceiro dia, o menino irá pedalar numa sala quente (35°C e 40% de umidade relativa) durante dois períodos de 25 minutos, com intervalo de 10 minutos entre eles. Antes de pedalar, ele será pesado e logo após, será colocado na região das costas um adesivo absorvente para coletar suor, que será retirado ao terminar o protocolo de exercício. Um sensor de temperatura flexível, lubrificado, não traumático e com capa descartável será usado para obter o valor da temperatura interna durante o exercício será utilizado. A medida será no anus, que é considerada segura e eficiente para monitorar qualquer aumento mais acentuado da temperatura do corpo durante o exercício no calor. Outros quatro termômetros serão aplicados na pele nas regiões do braço, peito, costas e coxa. A duração de toda esta sessão será em torno de 2 horas.

A quarta avaliação (com duração de cerca de uma hora) será em uma clínica especializada em exames de imagem corporal para avaliar a quantidade de gordura e massa muscular do corpo através um exame conhecido como DXA. A radiação deste exame é mínima como, por exemplo, similar a quantidade da radiação emitida em uma viagem de carro - com 5 km percorridos.

Nenhum prejuízo à saúde é esperado durante ou após cada uma das sessões. É possível que ocorra um cansaço, que é normal após a prática da atividade física; principalmente quando realizada no calor. Os voluntários serão acompanhados e terão assistência durante

todos os procedimentos por uma equipe treinada, responsável pelo estudo. Em todas as visitas, os responsáveis poderão acompanhar os procedimentos.

Todas as informações provenientes desta pesquisa terão caráter confidencial e serão mantidos os anonimatos dos participantes. Os participantes poderão, em qualquer momento, recusar-se a participar ou abandonar a pesquisa, mesmo após a assinatura deste termo de consentimento. Os participantes não terão despesas financeiras durante a participação deste estudo.

Se você ou os seus familiares tiverem alguma pergunta antes de se decidir, sinta-se à vontade para fazê-la.

Eu, _____ e meu filho (a) _____ fomos informados (as) dos objetivos acima especificados e da justificativa desta pesquisa, de forma clara e detalhada. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e sei que poderei solicitar novos esclarecimentos a qualquer momento. Fui informado (a) também que meu filho (a) poderá ser retirado do estudo a qualquer momento, mesmo depois de assinado este termo, tenho ciência de que não terei gastos com esta pesquisa, e foi-me certificado pelo profissional Paulo Lague Sehl que as informações por mim fornecidas terão caráter confidencial.

Assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse e outra em posse do pesquisador responsável.

Assinatura do responsável pelo participante na pesquisa

Assinatura do investigador

Em caso de dúvidas entre em contato com o pesquisador Paulo Lague Sehl pelo telefone (51) 91176735

Porto Alegre, _____ de _____ de 2016.

Doutorando: Professor Paulo Lague Sehl; telefone (51) 91176735

Orientadora: Dra Flávia Meyer; telefone (51) 95505082

Comitê de Ética e Pesquisa- UFRGS; telefone (51) 33083629

APÊNDICE B - Termo de Assentimento

Você está sendo convidado a participar de um estudo para conhecer as respostas de meninos de 12 a 15 anos de idade que se exercitam no calor.

Ao aceitares, você precisará comparecer três vezes, em dias separados, ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX), localizado na Escola de Educação Física da UFRGS, e mais uma quarta vez num local de exames de imagem corporal.

Na primeira vez (duração de cerca de uma hora), você responderá perguntas sobre sua prática comum de exercícios e esportes e você será pesado e medido para estatura. O seu estágio de puberdade será avaliado por um pesquisador do sexo masculino através da observação de sua genitália e pelos pubianos. Nesse mesmo dia, você irá pedalar numa bicicleta estacionária por 6 a 12 minutos usando uma máscara higienizada onde oxigênio que você “respira” é analisado. Este teste avalia a sua capacidade de realizar exercícios contínuos.

Na segunda e terceira vez ao LAPEX, você também irá pedalar numa bicicleta estacionária numa sala quente (35°C e 40% de umidade relativa) durante dois períodos de 25 minutos, com intervalo de 10 minutos entre eles. Antes de pedalar, você será pesado e logo após, será colocado na sua região das costas um adesivo absorvente para coletar suor, que será retirado logo que terminares pedalada. Um sensor de temperatura flexível, lubrificado, não traumático e com capa descartável será usado na região do anus para obter o valor de sua temperatura interna durante o exercício. Este o local é considerado indolor, seguro e eficiente para monitorar o aumento da temperatura do corpo durante o exercício no calor. Outros quatro termômetros serão aplicados sobre a sua pele, nas regiões do braço, peito, costas e coxa. A duração de toda esta sessão será em torno de 2 horas.

O quarto dia de avaliação (cerca de uma hora) será num local especializado em exames de imagem corporal para avaliar a sua quantidade de gordura e massa muscular do corpo através um exame conhecido como DXA. A radiação deste exame é mínima como, por exemplo, similar a quantidade da radiação emitida em uma viagem de carro - com 5 km percorridos.

Nenhum prejuízo à saúde é esperado durante ou após cada uma das sessões. É possível que ocorra um cansaço, que é normal após a prática da atividade física; principalmente quando realizada no calor. Você estará sempre acompanhado e terá assistência durante todos os procedimentos por uma equipe treinada, responsável pelo estudo. Em todas as visitas, seus pais/responsáveis poderão acompanhar os procedimentos.

Ninguém saberá que você está participando desse estudo, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados desse estudo serão publicados, mas sem identificar as crianças que participaram do estudo.

Seus pais/responsáveis autorizaram sua participação, mas você não é obrigado a participar; é um direito seu decidir e não haverá nenhum problema caso você diga “não”, ou se quiser desistir de participar mesmo após dizer “sim” ou assinar esse termo.

Você e seus pais/responsáveis não terão despesas financeiras durante a participação deste estudo.

Se você tiver alguma pergunta antes de se decidir, sinta-se à vontade para fazê-la.

Eu, _____

_____ fui informado dos objetivos acima especificados e da justificativa desta pesquisa, de forma clara e detalhada. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e sei que poderei solicitar novos esclarecimentos a qualquer momento. Fui informado que também poderei dizer “não” a qualquer momento, mesmo depois de assinado este termo. Entendi que eu e minha família não teremos gastos com esta pesquisa, e foi-me certificado pelo profissional Paulo Lague Sehl que as informações por mim fornecidas terão caráter confidencial.

Assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse e outra em posse do pesquisador responsável.

Assinatura do participante na pesquisa

Assinatura do investigador

Em caso de dúvidas entre em contato com o pesquisador Paulo Lague Sehl pelo telefone (51) 91176735

Porto Alegre, _____ de _____ de 2016.

Doutorando: Professor Paulo Lague Sehl; telefone (51) 91176735

Orientadora: Dra Flávia Meyer; telefone (51) 95505082

Comitê de Ética e Pesquisa- UFRGS; telefone (51) 33083629

APÊNDICE C - Questionário de saúde**QUESTIONÁRIO DE SAÚDE**

IDENTIFICAÇÃO

No. _____

1. Nome _____
2. Data de nascimento _____ idade _____ telefone _____
3. Nome dos pais ou responsáveis _____

SAÚDE

4. Apresenta alguma doença? ()Sim ()Não

Qual? _____

5. Usa algum medicamento? _____

6. Já fizeste alguma cirurgia? ()Sim ()Não Qual? _____

7. Você sente algum tipo de desconforto ao realizar algum tipo de atividade física (Dores, mal estar, tonturas, enjôos)? _____

8. Alguma vez o seu médico ou algum profissional disse que você não deveria praticar exercícios físicos? ()Sim ()Não

Declaro a veracidade das informações acima.

Ass: _____

Data: _____

ANEXOS

ANEXO A - Abstract – ACSM's 63rd Annual Meeting, 7th World Congress on Exercise is Medicine and World Congress on the Basic Science of Energy Balance, May 31 - Jun 04, 2016, Boston, Massachusetts, EUA.

Thermoregulatory Response of Obese and Lean Adolescent Boys Cycling at the Same Metabolic Heat Production

Paulo L. Sehl¹, Carolina A. Rodrigues¹, Tágli Henrique¹, Flavia Meyer¹. ¹Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

(Sponsor: George J.F. Heigenhauser)

E-mail: psehl@hotmail.com

Adiposity is considered a factor which impairs thermoregulation during exercise in the heat. However in adolescents, previous studies showed either similar or greater increase in rectal temperature (T_{re}) in obese compared to lean while exercising in the heat. The differences amongst studies may be due to lack of controlling factors such as metabolic heat production (H_{prod}), aerobic fitness and hydration levels. **PURPOSE:** To test the hypothesis that obese, compared to lean, adolescent boys with similar aerobic fitness and hydration levels will have greater T_{re} increase when exercising in the heat at the same H_{prod} . **METHODS:** Subjects were 11 heat-acclimatized boys (age 12.8 ± 1.5 yrs, Tanner II-IV), five obese and six lean (%fat 38.8 ± 12.4 vs. 15.5 ± 3.6), with similar VO_{2peak} by total muscle mass (70.3 ± 10 vs. 67.7 ± 10.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹). They performed two 25-min exercise bouts, separated by 10-min rest in a controlled hot environment (35°C , 40-45% RH). Subjects cycled at a power output that was clamped at a H_{prod} of $5.5\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$ calculated by VO_2 and VCO_2 that were measured continuously by indirect calorimetry. T_{re} and skin (T_{skin}) temperatures were measured continuously. Body mass was measured before, and after each bout to calculate sweat volume. Boys were kept hydrated as water volume intake at rest between the exercise bouts was similar to fluid loss from the 1st bout. Results are expressed as mean \pm SD. **RESULTS:** The increase in T_{re} was not different ($P=0.86$) in obese ($0.18 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$) and lean ($0.25 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$) boys at the end of exercise. Pooling all boys, no significant relationship was observed between ΔT_{re} and %fat ($r=0.01$, $P=0.97$). T_{skin} increased similarly between obese ($1.4 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$) and lean ($0.9 \pm 0.6^{\circ}\text{C}$) boys by the end of exercise. Total absolute sweat volume was greater ($P=0.03$) in obese (310 ± 101 vs. 167 ± 75 mL); but, non-significant when corrected by body surface area (obese: 162 ± 48 , lean: 126 ± 73 mL·m⁻², $P=0.42$). **CONCLUSION:** When exercising at the same H_{prod} in the heat and controlled hydration and fitness levels, no difference was found in T_{re} increase between groups despite differences in adiposity.

ANEXO A - Abstract – ACSM's 63rd Annual Meeting, 7th World Congress on Exercise is Medicine and World Congress on the Basic Science of Energy Balance, May 31 - Jun 04, 2016, Boston, Massachusetts, EUA.

Thermoregulatory Response of Obese and Lean Adolescent Boys Cycling at the Same Metabolic Heat Production

Paulo L. Sehl¹, Carolina A. Rodrigues¹, Tágli Henrique¹, Flavia Meyer¹. ¹Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

2007 Board #159 June 2, 2:00 PM - 3:30 PM
Thermoregulatory Response of Obese and Lean Adolescent Boys Cycling at the Same Metabolic Heat Production
 Paulo L. Sehl, Carolina A. Rodrigues, Tágli Henrique, Flavia Meyer. *Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.* (Sponsor: George J.F. Heigenhauser, FACSM)
 Email: psehl@hotmail.com
(No relationships reported)

Adiposity is considered a factor which impairs thermoregulation during exercise in the heat. In adolescents, previous studies showed either similar or greater increase in rectal temperature (T_{re}) in obese compared to lean. The differences amongst studies may be due to lack of controlling factors such as metabolic heat production (H_{prod}), aerobic fitness and hydration levels. **PURPOSE:** To test the hypothesis that obese, compared to lean, adolescent boys with similar aerobic fitness and hydration levels will have greater T_{re} increase when exercising in the heat at the same H_{prod} . **METHODS:** Subjects were 11 heat-acclimatized boys (age 12.8±1.5 yrs, Tanner II-IV), five obese and six lean (%fat 38.8±12.4 vs. 15.5±3.6), with similar VO_{2max} by total muscle mass (70.3±10 vs. 67.7±10.5 mL·kg⁻¹·min⁻¹). They performed two 25-min exercise bouts, separated by 10-min rest in a controlled hot environment (35°C, 40-45% RH). Subjects cycled at a power output that was clamped at a H_{prod} of 5.5W·kg⁻¹ calculated by VO_2 and VCO_2 that were measured continuously. T_{re} and skin (T_{sk}) temperatures were measured continuously. Body mass was measured before, and after each bout to calculate sweat volume. Boys were kept hydrated as water volume intake at rest between the exercise bouts was similar to fluid loss from the 1st bout. Results are expressed as mean±SD. **RESULTS:** The increase in T_{re} was not different in obese (0.18±0.3°C) and lean (0.25±0.22°C) boys at the end of exercise. Pooling all boys, no significant relationship was observed between ΔT_{re} and %fat. T_{sk} increased similarly between obese (1.4±1.5°C) and lean (0.9±0.6°C) boys by the end of exercise. Total absolute sweat volume was greater ($P=0.03$) in obese (310±101 vs. 167±75 mL); but, non-significant when corrected by body surface area (obese: 162±48, lean: 126±73mL·m⁻²). **CONCLUSION:** When exercising at the same H_{prod} in the heat and controlled hydration and fitness levels, no difference was found in T_{re} increase between groups despite differences in adiposity.

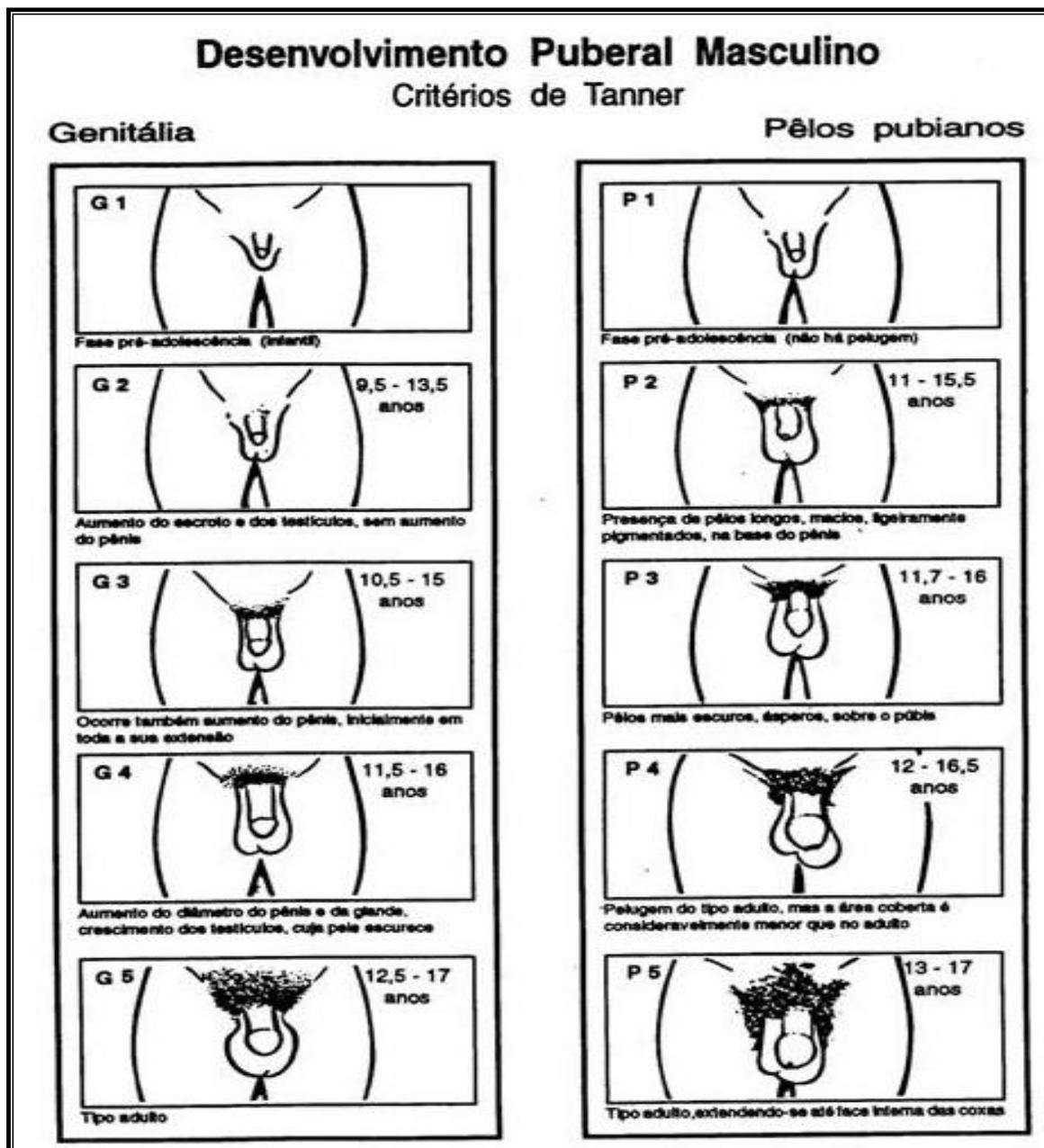
Eric Rivas¹, Dan E. Newmire², Craig G. Crandall, FACSM³, Vic Ben-Ezra². ¹University of California, Irvine, CA. ²Texas Woman's University, Denton, TX. ³Institute for Exercise and Environmental Medicine, Dallas, TX. (Sponsor: Craig Crandall, FACSM)
 Email: erivas4@uci.edu
(No relationships reported)

BACKGROUND: Acute and chronic hyperthermic treatments in animal diabetic models have repeatedly resulted in improved insulin sensitivity and glycemic control. **PURPOSE:** This study tested the hypothesis that an acute 1 h bout of hyperthermic treatment would improve glucose, insulin, and leptin responses to an oral glucose challenge (OGTT) in obese type 2 diabetics and healthy humans. **METHODS:** Nine obese (45±7.1% fat mass) type 2 diabetics (DM2: 50.1±12y, 7.5±1.8% HbA1c) absent of insulin therapy and nine similar aged (41.1±13.7y, $P=0.185$) healthy non-obese controls (33.4±7.8% fat mass, $P=0.009$; 5.3±0.4% HbA1c, $P=0.007$) participated. Using a randomized design, subjects underwent both a whole-body passive hyperthermia treatment via head-out warm water immersion (1 hr resting in 39.4 ± 0.4 °C water) that increased internal body temperature by ~1.6°C and a non-immersion control resting trial. Twenty-four hours post treatments, a 75 g OGTT was administered to evaluate changes in plasma glucose, insulin, C-peptide, and leptin concentrations. **RESULTS:** Warm water immersion resulted in similar increases in internal body temperature (ΔT_{re} , 1.6 ± 0.4°), mean skin temperature (ΔT_{sk} , 6.5 ± 0.8), and heart rate (ΔHR from rest, 33.5 ± 8.3 bpm) between groups. The hyperthermic exposure did not alter area under the curve responses for plasma glucose, insulin, or C-peptide during the OGTT in either group, relative to the control trial. Fasting absolute and normalized (per kg fat mass) plasma leptin were significantly increased ($P=0.009$) in both DM2 and control groups 24 hours after hyperthermic treatment, and remained elevated at 120 min post OGTT ($P<0.001$) when compared to the control trial. **CONCLUSIONS:** These data indicate that 1 hr hyperthermic treatment does not improve glucose or insulin responses to a glucose challenge 24 h post treatment in moderate metabolic controlled obese DM2 or healthy individuals. However, hyperthermia elevated plasma leptin levels independent of fat mass which may alter appetite in both populations. Thus, chronic hyperthermic treatments may be an avenue for reducing caloric intake, reducing fat mass, and thus improving metabolic control.

2010 Board #162 June 2, 2:00 PM - 3:30 PM

THURSDAY, J

ANEXO B – Classificação do estágio de maturação sexual (Tanner, 1962)



ANEXO C - Questionário de atividade física PAQ-C

Questionário sobre atividade física regular – PAQ-C

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: M ___ F ___
 Data: _____

Gostaria de saber que tipos de atividade física você praticou NOS ÚLTIMOS SETE DIAS (nessa última semana). Essas atividades incluem esporte e dança que façam você suar ou que façam você sentir suas pernas cansadas, ou ainda jogos (tais como pique), saltos, corrida e outros, que façam você se sentir ofegante.

LEMBRE-SE:

A. Não existe certo ou errado - este questionário não é um teste.

B. Por favor responda a todas as questões de forma sincera e precisa - é muito importante para o resultado.

1. ATIVIDADE FÍSICA

Você fez alguma das seguintes atividades nos ÚLTIMOS 7 DIAS (na semana passada)? Se sim, quantas vezes?

** Marque apenas um X por atividade **

| | Nenhuma | 1-2 | 3-4 | 5-6 | 7 vezes ou mais |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Saltos | <input type="checkbox"/> |
| Atividade no parque ou playground | <input type="checkbox"/> |
| Pique | <input type="checkbox"/> |
| Caminhada | <input type="checkbox"/> |
| Andar de bicicleta | <input type="checkbox"/> |
| Correr ou trotar | <input type="checkbox"/> |
| Ginástica aeróbica | <input type="checkbox"/> |
| Natação | <input type="checkbox"/> |
| Dança | <input type="checkbox"/> |
| Andar de skate | <input type="checkbox"/> |
| Futebol | <input type="checkbox"/> |
| Voleibol | <input type="checkbox"/> |
| Basquete | <input type="checkbox"/> |
| “Queimado” | <input type="checkbox"/> |
| Outros (liste no espaço) | <input type="checkbox"/> |
| _____ | <input type="checkbox"/> |
| _____ | <input type="checkbox"/> |

2. Nos últimos 7 dias, durante as aulas de Educação Física, o quanto você foi ativo (jogou intensamente, correu, saltou e arremessou)?

| | | | |
|----------------------|-------|--------------------------|--------|
| Eu não faço as aulas | | <input type="checkbox"/> | |
| Raramente | | <input type="checkbox"/> | marque |
| Algumas vezes | | <input type="checkbox"/> | apenas |
| Freqüentemente | | <input type="checkbox"/> | uma |
| Sempre | | <input type="checkbox"/> | |

3. Nos últimos 7 dias, o que você fez na maior parte do RECREIO?

- Ficou sentado (conversando, lendo, ou fazendo trabalho de casa)
- Ficou em pé, parado ou andou marque
- Correu ou jogou um pouco apenas
- Correu ou jogou um bocado uma
- Correu ou jogou intensamente a maior parte do tempo opção

4. Nos últimos 7 dias, o que você fez normalmente durante o horário do almoço (além de almoçar)?

- Ficou sentado (conversando, lendo, ou fazendo trabalho de casa)
- Ficou em pé, parado ou andou marque
- Correu ou jogou um pouco apenas
- Correu ou jogou um bocado uma
- Correu ou jogou intensamente a maior parte do tempo opção

5. Nos últimos 7 dias, quantos dias da semana você praticou algum esporte, dança, ou jogos em que você foi muito ativo, LOGO DEPOIS DA ESCOLA?

- Nenhum dia
- 1 vez na semana passada marque
- 2 ou 3 vezes na semana passada apenas
- 4 vezes na semana passada uma
- 5 vezes na semana passada opção

6. Nos últimos 7 dias, quantas vezes você praticou algum esporte, dança, ou jogos em que você foi muito ativo, A NOITE?

- Nenhum dia
- 1 vez na semana passada marque
- 2-3 vezes na semana passada apenas
- 4-5 vezes na semana passada uma
- 6-7 vezes na semana passada opção

7. NO ÚLTIMO FINAL DE SEMANA quantas vezes você praticou algum esporte, dança, ou jogos em que você foi muito ativo?

- Nenhum dia
- 1 vez marque
- 2-3 vezes apenas
- 4-5 vezes uma
- 6 ou mais vezes opção

8. Em média quantas horas você assiste televisão por dia? _____ horas.

9. Qual das opções abaixo melhor representa você nos últimos 7 dias?

**** Leia TODAS AS 5 afirmativas antes de decidir qual é a melhor opção****

- A) Todo ou quase todo o meu tempo livre eu utilizei fazendo coisas que envolvem pouco esforço físico (assistir TV, fazer trabalho de casa, jogar videogames)
- B) Eu pratiquei alguma atividade física (1-2 vezes na última semana) durante o meu tempo livre (ex. Praticou esporte, correu, nadou, andou de bicicleta, fez ginástica aeróbica) marque
- C) Eu pratiquei atividade física no meu tempo livre (3-4 vezes na semana passada) apenas
uma
- D) Eu geralmente pratiquei atividade física no meu tempo livre (5-6 vezes na semana passada) opção
- E) Eu pratiquei atividade física regularmente no meu tempo livre na semana passada (7 ou mais vezes)

10. Comparando você com outras pessoas do mesma idade e sexo, como você se considera?

- Muito mais em forma
- Mais em forma marque
- Igualmente em forma apenas
- Menos em forma uma
- Completamente fora de forma opção

11. Você teve alguma problema de saúde na semana passada que impediu que você fosse normalmente ativo?

- Sim
- Não

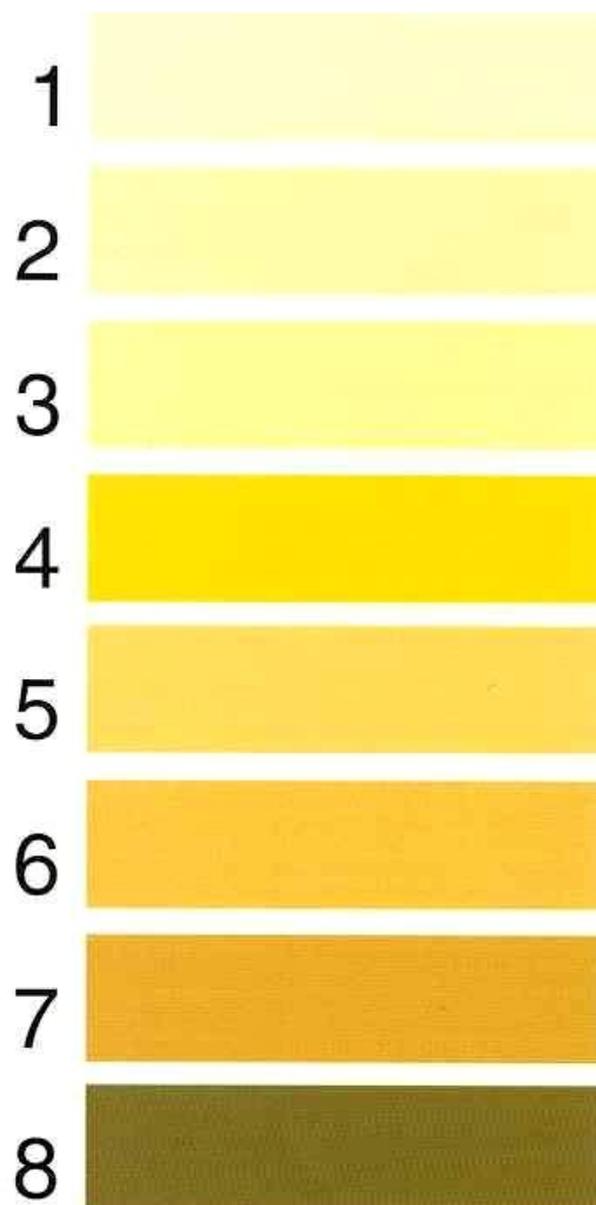
Se sim, o que impediu você de ser normalmente ativo? _____

12. Comparando você com outras pessoas da mesma idade e sexo, como você se classifica em função da sua atividade física nos últimos 7 dias?

- A) Eu fui muito menos ativo que os outros
- B) Eu fui um pouco menos ativo que os outros marque
- C) Eu fui igualmente ativo apenas
- D) Eu fui um pouco mais ativo que os outros uma
- E) Eu fui muito mais ativo que os outros opção

13. Marque a frequência em que você praticou atividade física (esporte, jogos, dança ou outra atividade física) na semana passada.

| | Nenhuma vez | Algumas vezes | Poucas vezes | Diversas vezes | Muitas vezes |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Segunda | <input type="checkbox"/> |
| Terça | <input type="checkbox"/> |
| Quarta | <input type="checkbox"/> |
| Quinta | <input type="checkbox"/> |
| Sexta | <input type="checkbox"/> |
| Sábado | <input type="checkbox"/> |
| Domingo | <input type="checkbox"/> |

ANEXO D – Escala de coloração da urina (Armstrong et al., 1994)

ANEXO E- Escala de percepção subjetiva de esforço (Borg, 1970)**Escala de Borg – Percepção Subjetiva de Esforço**

| | |
|-----------|-------------------------------|
| 6 | - |
| 7 | muito fácil |
| 8 | - |
| 9 | fácil |
| 10 | - |
| 11 | relativamente fácil |
| 12 | - |
| 13 | ligeiramente cansativo |
| 14 | - |
| 15 | cansativo |
| 16 | - |
| 17 | muito cansativo |
| 18 | - |
| 19 | exaustivo |
| 20 | - |

ANEXO F - Escala de sensação térmica (Arens et al., 2006)**Escala de sensação térmica**

- | | |
|----------|----------------------------|
| 1 | Muito frio |
| 2 | Frio |
| 3 | Ligeiramente fresco |
| 4 | Fresco |
| 5 | Neutro |
| 6 | Ligeiramente morno |
| 7 | Morno |
| 8 | Quente |
| 9 | Muito quente |

ANEXO G - Escala de conforto térmico (Arens et al., 2006)**Escala de conforto térmico**

- | | |
|----------|------------------------------|
| 1 | Muito confortável |
| 2 | Confortável |
| 3 | Apenas confortável |
| 4 | Apenas desconfortável |
| 5 | Desconfortável |
| 6 | Muito desconfortável |