

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

**RESPOSTAS TERMORREGULATÓRIAS DE MENINOS PÚBERES OBESOS E
NÃO-OBESOS DURANTE PEDALADA NO CALOR**

Paulo Lague Sehl

Porto Alegre
2010

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

**RESPOSTAS TERMORREGULATÓRIAS DE MENINOS PÚBERES OBESOS E
NÃO-OBESOS DURANTE PEDALADA NO CALOR**

Paulo Lague Sehl

Dissertação 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 Mestre.

Orientadora: Dr^a Flávia Meyer

Porto Alegre

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

AUTOR: PAULO LAGUE SEHL

TÍTULO: "RESPOSTAS TERMORREGULATÓRIAS EM MENINOS PÚBERES OBESOS E NÃO-OBESOS DURANTE PEDALADA NO CALOR".

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. FLÁVIA MEYER (PGCMH/ESEF)

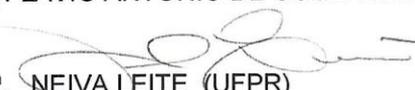
DATA: 27/08/2010

HORÁRIO: 10:00 horas

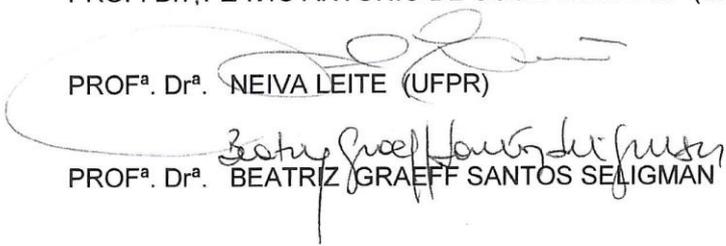
LOCAL: SALA DE SEMINÁRIOS DO LAPEX


PROF. Dr. FLÁVIO ANTONIO DE SOUZA CASTRO (UFRGS)

A


PROF^a. DR^a. NEIVA LEITE (UFPR)

A


PROF^a. DR^a. BEATRIZ GRAEFF SANTOS SELIGMAN (HCPA)

A

CONCEITO FINAL

A

*"Foi o tempo que dedicaste
à tua rosa que a fez tão importante"*
Antoine de Saint-Exupéry

AGRADECIMENTOS

- Às **crianças** que literalmente suaram por este estudo; e também aos seus respectivos responsáveis, pela participação, interesse e comprometimento.
- Às **Escolas** que me abriram suas portas; e aos **meios de comunicação** Diário Gaúcho, Zero-Hora e Correio do Povo, pelo auxílio na divulgação desta pesquisa.
- Ao colega Ms. **Jocelito Bijoldo Martins**, por compartilhar seu conhecimento e, sobretudo, por sua amizade ao longo desses dois anos.
- À mestrandia **Gabriela Leites**, pela imensa ajuda durante as coletas, fosse suando no calor da câmara ambiental, ou “congelando” no frio do laboratório de bioquímica.
- Às colegas e amigas do grupo, **Cláudia Perrone** e **Andrea Fontoura**, por todo o apoio quando precisei.
- Ao fisiologista **Giovani Cunha**, pelos ensinamentos, auxílios e amizade durante essa jornada.
- Aos professores Dr. **Alvaro Reishak de Oliveira**, Dr^a. **Flávia Meyer** e Dr. **Flávio Antônio de Souza Castro**, com os quais tive aula no mestrado e que fizeram por merecer minha sincera admiração profissional.
- Aos colegas que ingressaram comigo no curso; e aos que, ao longo dessa jornada, também me incentivaram: **André Lopes**, **Geórgia Becker** e **Roberta Bgeginski**; **Eduardo Cadore**, **Rossana Nogueira** e **Diana Perin**.
- Aos técnicos do Laboratório (**Alex**, **Luciano**, **Luiz**, **Rafael**, **Dani** e **Vanessa**), funcionários e acadêmicos desta Escola; ao pessoal do PPG, em especial ao **André** e à **Ana**; à **Márcia Dornelles**; à **UFRGS**, ao **LAPEX** e ao **CAPES**: todos contribuíram para o desenvolvimento e a conclusão deste estudo.
- Às pessoas que contribuíram e/ou me incentivaram para iniciar esta formação acadêmica: Dr. **Marcos Ferreira**, Dr^a **Beatriz Seligman**, professora **Carini Delavald**, Dr^a. **Nídia Nunes**, Ms. **Simone Heikin** e Ms. **Geraldo Jobim**.
- Aos amigos e alunos que compreenderam e toleraram minha “falta de tempo”, e foram flexíveis com ela, fico muito grato.
- Por essas razões, 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 proporcionaram.

- Agradeço à minha namorada **Carini Delavald**, pelo seu amor, e por estar ao meu lado e compreender esta fase “inquieta” que é o mestrado.
- E, por fim, meus sinceros agradecimentos à Dr^a **Flávia Meyer**, por sua orientação constante e amizade ao longo desses anos; por me incentivar, ensinar, corrigir, tranquilizar e, sobretudo, por investir e acreditar nesta conquista.

Obrigado.

RESUMO

Estratégias de aclimatização ao calor e recomendações de segurança à saúde para crianças e jovens que se exercitam no calor são enfatizadas na literatura, devido principalmente à limitação da perda de calor pela sudorese, em comparação aos adultos; e acredita-se que, nos meninos obesos, essa resposta possa ser mais prejudicada. Aspectos relacionados à termorregulação e à sudorese, além de recomendações para a prática prolongada de exercícios no calor, em crianças e jovens, incluindo obesos, foram revisados na literatura; e um estudo experimental foi realizado. **Objetivo:** Comparar a temperatura retal (T_{retal}), a sudorese e a sensação subjetiva de calor (SSC) entre meninos púberes obesos e não-obesos que pedalam em uma similar intensidade relativa de esforço e na mesma condição ambiental. **Métodos:** No estudo experimental, meninos púberes fisicamente ativos foram alocados em dois grupos (obesos, $n = 17$; e não-obesos, $n = 16$). Ambos pedalaram dentro de uma câmara ambiental (35°C , 40-45% UR) por 30 min, a 50-60% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$; e, após 10 min de repouso, pedalarão até a exaustão (90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$). A T_{retal} , a frequência cardíaca (FC), a sudorese, a taxa de percepção de esforço (TPE) e a SSC foram avaliadas durante os 30 min de pedalada; e a T_{retal} e a FC, durante a pedalada mais intensa. **Resultados:** O aumento da T_{retal} e da FC, assim como as respostas da sudorese foram similares entre os grupos, durante os 30 min de pedalada. A TPE foi maior nos obesos dos 25 aos 30 min de pedalada; e a SSC, durante os 30 min de pedalada. Obesos pedalarão intensamente (90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$) por menos tempo que os não-obesos, e a ΔT_{retal} foi maior nos não-obesos. **Conclusão:** A prescrição do exercício nas condições do protocolo seguido no presente estudo pode ser fisiologicamente segura para meninos púberes obesos fisicamente ativos e aclimatizados ao calor; mas não generalizadas a meninos obesos sedentários e/ou não-aclimatizados ao calor. O maior desconforto térmico dos meninos obesos ressalta a importância das mensurações subjetivas no auxílio à escolha da modalidade de exercício mais adequada para os meses do verão, o que pode prevenir riscos de doenças relacionadas ao calor.

Palavras-chave: termorregulação, sudorese, obesidade, pediatria, exercício físico no calor.

ABSTRACT

Strategies of acclimatization to the heat and health safety recommendations for children and adolescents exercising in the heat are emphasized in the literature, particularly due to the limitation of heat loss through sweating as compared to adults; moreover, it is thought that this response may be impaired in obese children. Aspects relevant to thermoregulation and sweating, as well as recommendations for the prolonged practice of exercises in the heat by children and adolescents, including obese ones, were reviewed in the literature, and an experimental trial was performed. **Aim:** To compare the rectal temperature (T_{rect}), sweat rate, and subjective sensation of heat (SSH) between obese and non-obese pubertal boys who cycled at a similar relative effort intensity and in the same environmental conditions. **Methods:** In the experimental trial, physically active pubertal boys were placed in two groups (obese, $n = 17$; and non-obese, $n = 16$). Both cycled inside an environmental chamber (35°C , 40-45% RH) for 30 min. at 50-60% $\text{VO}_{2\text{peak}}$, rested for 10 min., and then cycled to exhaustion (90% $\text{VO}_{2\text{peak}}$). T_{rect} , heart rate (HR), sweat rate, rate of perceived exertion (RPE) and subjective sensation of heat (SSH) were assessed during the 30 min. of cycling; and T_{rect} and HR during the most intense cycling. **Results:** The increase in T_{rect} and HR as well as the sweating responses were similar between the groups during the 30-minute cycling. The RPE was greater in the obese at 25-30 minutes of cycling; and the SSH throughout the 30 minutes. The obese cycled intensely (90% $\text{VO}_{2\text{peak}}$) for shorter than the non-obese, and T_{rect} was greater in the non-obese. **Conclusion:** The prescription of exercise in the protocol conditions used in the present study may be physiologically safe for physically active, heat acclimated obese pubertal boys, but it cannot be generalized to obese boys who are sedentary and/or non-acclimated to the heat. The greatest thermal discomfort of obese boys highlights the importance of including subjective assessments in selecting the most suitable exercise modality for the summer months, which may avoid risks and prevent heat-related disorders.

Keywords: thermoregulation, sweating, obesity, pediatrics, physical exercise in the heat

APRESENTAÇÃO

Resultados parciais deste estudo já foram aceitos (ANEXO A) na forma de resumo (ANEXO B) para apresentação em congresso internacional – 2nd *Joint Meeting North American Society for Pediatric Medicine* (NASPEM) – a ser realizado de 22 a 26 de setembro de 2010, em Ontario, Canadá.

Com o objetivo de submeter um artigo original à publicação em periódico científico internacional, esta dissertação está estruturada sob forma adaptada, composta pelos seguintes capítulos:

1) Introdução, que relata os aspectos do 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 no calor em crianças e adolescentes, destacando aqueles que são obesos; 3) o experimento propriamente dito, sob a forma de Manuscrito Original Expandido, intitulado “*Respostas termorregulatórias de meninos púberes obesos e não-obesos que pedalam no calor*”; e, por fim, 4) as Considerações Finais, de acordo com os principais desfechos desta dissertação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 Indicadores do estado de hidratação.....	22
Quadro 2 Recomendações para crianças e jovens durante atividades físicas no calor	25
Quadro 3 Restrição de atividades físicas em diferentes níveis de estresse térmico	26
Figura 1 Desenho do protocolo experimental.....	44
Figura 2 Temperatura retal, frequência cardíaca e taxa de percepção de esforço durante 30 minutos de pedalada.....	48
Figura 3 Concentração de sódio [Na ⁺], cloro [Cl ⁻] e potássio [K ⁺] no suor.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características dos grupos	40
Tabela 2 Sensação subjetiva de calor durante pedalada e recuperação	49
Tabela 3 Volume de suor, ingestão de líquido e balanço hídrico.....	50
Tabela 4 Balanço eletrolítico em $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ após 30 minutos de pedalada.....	51
Tabela 5 Frequência cardíaca e temperatura retal no teste de desempenho	51

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

Δ FC - variação da frequência cardíaca

g - grama

GEU - gravidade específica da urina

h - hora

IBUTG - índice de bulbo úmido termômetro de globo

IMC - índice de massa corporal

IMC ≥ P95 - índice de massa corporal maior ou igual ao percentil 95

IMC < P85 - índice de massa corporal menor do que o percentil 85

K⁺ - potássio

[K⁺] - concentração de Potássio

kg - quilograma

km·h⁻¹ - quilômetros divididos por horas

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

min - minutos

ml - mililitros

ml·kg⁻¹ - mililitros divididos por quilograma

ml·m⁻² - mililitros divididos por metro ao quadrado

mmol·l⁻¹ - milimoles de um soluto divididos por litro de solução

mEq·l⁻¹ - miliequivalentes divididos por litro de solução

m - metro

m² - metro ao quadrado

m²·kg⁻¹ - metro ao quadrado dividido por quilograma

Na⁺ - sódio

[Na⁺] - concentração de sódio

W - watts

O₂ - oxigênio

rpm - rotações por minuto

SSC - sensação subjetiva de calor

T_{central} - temperatura central

T_{retal} - temperatura retal

ΔT_{retal} - variação da temperatura retal

T_{ambiente} > T_{pele} - temperatura ambiental maior que a temperatura da pele

T_{bu} - temperatura do bulbo úmido

T_g - temperatura do globo

T_{bs} - temperatura do bulbo seco

% de UR - umidade relativa do ar

VO₂ - volume de oxigênio consumido

VO_{2pico} - consumo de oxigênio de pico

VO_{2máx} - consumo máximo de oxigênio

VCO₂ - volume de gás carbônico produzido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema	15
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo geral.....	15
1.2.2	Objetivos específicos	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Termorregulação em crianças e jovens obesos e não-obesos	17
2.2	Riscos da desidratação causada pelo exercício no calor	20
2.3	Aclimatização ao calor e recomendações à saúde	23
2.4	Hidratação com reposição de eletrólitos e carboidrato	26
	REFERÊNCIAS	29
3	MANUSCRITO ORIGINAL EXPANDIDO	35
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	APÊNDICES	60
	ANEXOS	73

1 INTRODUÇÃO

Exercícios físicos prolongados no calor exigem estratégias de aclimatização e recomendações de segurança à saúde da população pediátrica (AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, 2000), que, comparada à adulta, apresenta desvantagens termorregulatórias, devidas principalmente à limitação da perda de calor pela sudorese (SHIBASAKI *et al.*, 1997; FALK, DOTAN e BAR-OR, 1992; MEYER *et al.*, 1992; BAR-OR, 1989; DAVIES, 1981; ARAKI *et al.*, 1979; DRINKWATER *et al.*, 1977; WAGNER *et al.*, 1972). Embora não esteja completamente evidenciado, acredita-se 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 não-obesos, quando se exercitam no calor (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010 e 2009; HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975).

O menor calor específico da gordura, em relação aos outros tecidos, tem sido considerado uma explicação para a maior temperatura central (T_{central}) de obesos que se exercitam no calor (HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; BUSKIRK, BAR-OR e KOLLIAS, 1969). Isso já foi demonstrado quando meninos obesos caminharam em uma mesma velocidade que seus pares não-obesos (HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975); o que pode ter sido mais dispendioso energeticamente aos obesos, devido ao deslocamento da massa corporal (BUTTE *et al.*, 2007; FALK, 1998).

Por outro lado, a menor razão entre a área de superfície corporal (ASC) e a massa corporal de obesos (MILLER e BLYTH, 1958; ROBINSON, 1942), bem como a menor condutância de calor da gordura em relação aos outros tecidos (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982), têm sido explicações para a limitação da perda de calor pela sudorese, recentemente observada nessa população (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010 e 2009). Porém, os meninos obesos que apresentaram menor volume de suor durante similar intensidade de esforço submáximo no calor eram menos condicionados aerobicamente (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010) ou menos aclimatizados ao calor (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2009) que seus pares não-obesos, sendo estes (condicionamento aeróbico e aclimatização ao calor) dois fatores que afetam as respostas da sudorese (BUONO e SJOHOLM, 1988; WENGER, 1988).

Assim, para fins de pesquisa, o exercício prolongado em cicloergômetro tem sido sugerido para atenuar os efeitos da massa corporal na termorregulação (FALK, 1998); e o $VO_{2\text{pico}}$, expresso alometricamente ou pela massa livre de gordura, para equiparar o condicionamento aeróbico entre crianças e adolescentes com diferentes tamanhos e composições corporais (MILANO *et al.*, 2009; ROWLAND, 2005). Tais recomendações, no entanto, não têm sido exploradas nos recentes estudos que compararam obesos e não-obesos durante exercício no calor.

Profissionais são frequentemente solicitados sobre os tipos de exercícios mais seguros e eficazes para crianças obesas; e o exercício aeróbico e contínuo, pelo fato de melhorar a composição corporal e reduzir os riscos cardiovasculares associados ao excesso de adiposidade (MCGUIGAN *et al.*, 2009; FAIGENBAUM, 2007), é bastante prescrito. Entretanto, os efeitos do calor em parâmetros fisiológicos e subjetivos dessa população durante a pedalada contínua no calor são ainda desconhecidos.

1.1 Problema

As respostas termorregulatórias, de sudorese e subjetivas ao exercício no calor diferem entre púberes obesos e não-obesos, do sexo masculino, durante exercício no calor, em uma similar intensidade relativa de esforço submáximo e nas mesmas condições climáticas?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Comparar respostas termorregulatórias, de sudorese e subjetivas ao exercício submáximo no calor entre meninos púberes obesos e não-obesos.

1.2.2 Objetivos específicos

Comparar, entre meninos púberes obesos e não-obesos, as seguintes respostas:

- da temperatura retal (T_{rectal}) durante exercício realizado no calor;
- da frequência cardíaca (FC) durante exercício realizado no calor;
- da taxa de percepção de esforço (TPE) durante exercício realizado no calor;
- da sensação subjetiva de calor (SSC) durante exercício realizado no calor;
- o volume de suor e a concentração de eletrólitos (Na^+ , Cl^- , K^+) no suor causados pelo exercício realizado no calor;
- a perda eletrolítica (Na^+ , K^+ , Cl^-) pelo suor no calor;
- o grau de hidratação após exercício realizado no calor;
- o balanço hidroeletrolítico após exercício realizado no calor;
- a ingestão voluntária de líquidos disponíveis para serem ingeridos *ad libitum* durante exercício realizado no calor; e
- o tempo de desempenho durante pedalada de alta intensidade no calor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura aborda os principais fatores pelos quais crianças e jovens podem estar mais suscetíveis que adultos aos riscos à saúde relacionados à hipertermia. Nessa perspectiva, a hipótese de que crianças e jovens obesos poderiam apresentar prejuízos termorregulatórios em relação aos não-obesos é discutida ao longo do texto, assim como as recomendações gerais para a prática de exercícios físicos no calor.

2.1 Termorregulação em crianças e jovens não-obesos e obesos

A termorregulação é afetada por fatores ambientais: temperatura e umidade relativa do ar (UR), radiação e velocidade do vento. Adicionalmente, existem características individuais, morfológicas e fisiológicas que, quando associadas ao elevado estresse ambiental, podem prejudicar a termorregulação de crianças e jovens, principalmente quando obesos (Bar-Or e Rowland, 2004).

Nas crianças e nos adolescentes, a razão entre a ASC e a massa corporal é maior do que nos adultos; dessa forma, ela disponibiliza uma maior superfície de pele relativa para receber o calor do ambiente e armazená-lo em uma menor massa corporal. Apesar de essa maior relação disponibilizar uma maior área de pele relativa também para liberar no ambiente o calor corporal produzido pelo exercício, crianças apresentam menores volumes de suor que os adultos quando o exercício físico é realizado em uma similar intensidade relativa e uma mesma condição ambiental (SHIBASAKI *et al.*, 1997; FALK, DOTAN e BAR-OR, 1992; MEYER *et al.*, 1992; BAR-OR, 1989; DAVIES, 1981; ARAKI *et al.*, 1979; DRINKWATER *et al.*, 1977; WAGNER *et al.*, 1972;).

O fato de as glândulas sudoríparas subdesenvolvidas resultarem em uma menor saída de suor por glândula nas crianças (SHIBASAKI *et al.*, 1997; FALK *et al.*, 1992) e em uma menor produção absoluta de calor corporal constitui uma possível justificativa para a menor sudorese em crianças durante o exercício físico, comparada à de adultos (FALK *et al.*, 1992). Consequentemente, crianças mais imaturas (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 (MEYER *et al.*, 1992; DAVIES, 1981). 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 e MARESH, 1995). Essa diferença tende a se estreitar entre meninos e homens, durante a puberdade, em virtude das alterações na maturação biológica ocorridas no sexo masculino, melhorando as respostas da termorregulação pelo suor (FALK, BAR-OR e McDOUGALL, 1992).

Crianças obesas possuem menor ASC relativa à massa corporal, comparada à das não-obesas (HAYMES, McCORMICK e 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 ($T_{\text{amb}} > T_{\text{pele}}$), 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 (BAR-OR, 1983; HAYMES *et al.*, 1974). 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 apontado como um fator que pode favorecer o maior aumento da (T_{central}) em obesos, comparados aos não-obesos, 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 não-obesas (menor adiposidade) com massas corporais similares.

Em adultos obesos, durante exposições ao calor, tanto em repouso (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982) quanto em exercício (MILLER e BLYTH, 1958), o efeito da gordura em aumentar a T_{retal} , em relação aos pares não-obesos, 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 não-obesas, durante o repouso de 60 minutos no calor (47°C de bulbo seco e 39°C de bulbo úmido); mas não para o similar aumento da T_{retal} em homens, obesos e não-obesos, que caminharam durante 45 e 60 minutos, respectivamente, no calor ($48\text{-}50^{\circ}\text{C}$ de bulbo seco e 20-30% UR). 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 $T_{amb} > T_{pele}$, podendo limitar a dissipação de calor pela evaporação do suor (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982; MILLER e BLYTH, 1958; ROBINSON, 1942).

Poucos estudos compararam as respostas termorregulatórias ao exercício no calor e o volume de suor provocado por ele entre crianças obesas e não-obesas (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010, 2009; HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; HAYMES *et al.*, 1974). 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 ($4,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) de seus pares não-obesos, em quatro diferentes condições ambientais ($21,1^{\circ}\text{C}$, $26,7^{\circ}\text{C}$, $29,4^{\circ}\text{C}$ e $32,2^{\circ}\text{C}$; todas 22-25% de UR). Entretanto, os meninos obesos exercitaram-se em maior intensidade relativa de esforço ($\%VO_{2m\acute{a}x}$), devido ao menor $VO_{2m\acute{a}x}$ 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 temperatura 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 e BUSKIRK (1969) já haviam verificado maior elevação da T_{retal} e da FC em mulheres obesas, quando comparada à elevação em não-obesas. Nesse tipo de protocolo experimental, a menor potência aeróbica máxima ($VO_{2m\acute{a}x}$) 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, comparados aos não-obesos, principalmente quando se exercitam em mesma intensidade absoluta de esforço.

Falk (1998) sugere que investigações na área da termorregulação sejam realizadas em cicloergômetro, a fim de evitar que o custo energético da locomoção e as dimensões e composições corporais na produção de calor metabólico possam afetar a avaliação de variáveis termorregulatórias. Entretanto, não foram encontrados na literatura estudos que comparassem variáveis termorregulatórias entre crianças obesas e não-obesas, de mesmo estágio maturacional, em mesma intensidade relativa de esforço, exclusivamente em cicloergômetro.

Em outro protocolo intermitente (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2009), com estresse térmico mais elevado (38°C e 50% de UR), a intensidade do exercício foi padronizada (30% do VO_{2pico}); e o cicloergômetro foi adicionado, combinado com

esteira ergométrica (duas sessões de esteira (20 min) e uma sessão de cicloergômetro (20 min), intervaladas em 5 min). Os autores não observaram diferenças no aumento da T_{central} entre os grupos, mas um menor volume de suor corrigido pela ASC foi encontrado entre meninos obesos não-aclimatizados ao calor e com menor $VO_{2\text{pico}}$, corrigido pela massa corporal, que o dos não-obesos. Resultados semelhantes foram reportados recentemente (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010) em meninos obesos aclimatizados ao calor, similarmente aos seus pares não-obesos, durante caminhada em mesma intensidade relativa, em diferentes temperaturas de bulbo seco (34°C, 36°C, 38°C, 40°C, 42°C). Entretanto esses meninos obesos também eram menos condicionados aerobicamente, em relação aos seus pares não-obesos, mesmo quando o $VO_{2\text{pico}}$ foi corrigido pela massa livre de gordura.

Além da maturação sexual, fatores como o grau de aclimatização ao calor e o nível de condicionamento aeróbico influenciam as respostas da sudorese (WENGER, 1988; BUONO e SJOHOLM, 1988), conforme detalhado no tópico 2.3 *Aclimatização ao calor e recomendações à saúde*. A dificuldade de equiparar crianças obesas e não-obesas pelo condicionamento aeróbico e pela aclimatização ao calor tem sido fator limitante nos estudos que comparam esses grupos.

2.2 Riscos da desidratação causada pelo exercício no calor

A desidratação, causada pela maior perda de fluidos pelo suor, em relação à reposição hídrica, é considerada um dos precursores das desordens relacionadas ao calor, associadas principalmente ao aumento da T_{central} (GODEK, GODEK e BARTOLOZZY, 2005). As crianças, apesar de terem uma menor sudorese (corrigida pela ASC ou pela massa corporal), comparada a de adultos, em similares esforços e estresse térmico (FALK, 1998), também correm o risco de desidratação (potencialmente cerca de 1% por hora) (MEYER e BAR-OR, 1994).

Meyer e Bar-Or (1994) demonstraram, em situação laboratorial, com controle das condições ambientais e da intensidade de exercício, que as crianças têm potencial à desidratação tanto quanto os adultos, se nenhum líquido for ingerido. No entanto, elas frequentemente não sentem necessidade de beber água o suficiente para repor as perdas de fluidos pelo suor, durante o exercício prolongado (MEYER *et al.*, 1992; BAR-OR, DOTAN e INBAR, 1980). Assim, a falta de hidratação

adequada, durante o exercício, 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 (MEYER e PERRONE, 2004; BAR-OR, DOTAN e INBAR, 1980).

Embora a água seja uma bebida facilmente disponível, parece existir preferência entre as crianças pela bebida com sabor, o que, de fato, pode servir de estratégia preventiva à desidratação, uma vez que elas tenderão a beber mais desta (WILK e BAR-OR, 1996; MEYER *et al.*, 1994). A adição de sódio ($20-25 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) e carboidrato (CHO) (6%) à solução com sabor é outra medida importante, capaz de aumentar a ingestão voluntária de líquidos, evitando a desidratação significativa ou severa (RIVERA BROWN *et al.*, 2008; WILK, RIVERA-BROWN e BAR-OR, 2007; HORSWILL *et al.*, 2005; RIVERA-BROWN *et al.*, 1999; WILK *et al.*, 1998; WILK e BAR-OR, 1996). Esse procedimento tem mostrado aumentar em cerca de 90% a ingestão voluntária em crianças, quando a comparação é feita com a água pura (WILK e BAR-OR, 1996).

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 (CASA *et al.*, 2005; WILK, ARAGON-VARGAS e BAR-OR, 2001). Embora a influência da desidratação no desempenho físico de crianças ainda não tenha sido tão explorada (MEYER, O'CONNOR e SHIRREFS, 2007), seu impacto nesse âmbito deve ser considerado, pois, tal como nos adultos, a desidratação em crianças pode prejudicar a função cognitiva (D'ANCI, CONSTANT e ROSENBERG, 2006; BAR-DAVID, URKIN e KOZMINSKY, 2005). 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 (CASA *et al.*, 2005; BROAD *et al.*, 1996). Levando em consideração que mesmo uma desidratação leve (1-2% da massa corporal) é capaz de prejudicar o desempenho, aumentar a T_{central} e antecipar

a fadiga em adultos (SAWKA, 1992), os menores sinais de desidratação devem ser cuidadosamente monitorados em crianças e adolescentes.

Os estados de hidratação comumente presentes na população pediátrica durante exercícios no calor são definidos como euhidratação (estado normal de conteúdo de água corporal) e hipohidratação (o grau do déficit 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 1, além da variação da massa corporal, parâmetros urinários de cor e gravidade específica também são usuais na avaliação do estado de hidratação.

Estado de hidratação	% Δ massa corporal (kg)	Cor da urina	GEU
Euhidratação	+1 a -1	1 ou 2	< -1010
Desidratação mínima	-1 a -3	3 ou 4	1010-1020
Desidratação significativa	-3 a -5	5 ou 6	1021-1030
Desidratação grave	> -5	> 6	> 1030

Quadro 1. Indicadores do estado de hidratação. GEU: gravidade específica da urina. Fonte: National Athletic Trainer`s Association (NATA), 2000.

Fatores como a modalidade de exercício e os períodos de recuperação também parecem afetar a ingestão voluntária de fluidos quando a população em estudo é composta por adolescentes (IULIANO, 1998). Isso foi demonstrado quando meninos atletas (~ 15 anos de idade) apresentaram uma maior ingestão de fluidos durante a pedalada, quando comparada à corrida, em uma simulação de duatlon. Nesse estudo, os meninos com mais de 15 anos de idade apresentaram cerca de o dobro do volume de suor por hora (~ 1,3 l·h⁻¹) observado nos meninos com menos de 15 anos (0,64 l·h⁻¹); mas ambos os grupos desidrataram, apesar da disponibilidade de água (IULIANO, 1998).

A principal consequência da desidratação é o aumento excessivo na T_{central} (GODEK, GODEK e BARTOLOZZY, 2005). Assim, a criança desidratada está mais propensa às doenças relacionadas ao calor do que a criança completamente

hidratada (TAJ-ELDIN e FALAKI, 1968). Para um dado nível de desidratação, as crianças estão sujeitas a maior aumento na T_{central} do que os adultos (BAR-OR, DOTAN e INBAR, 1980). Nelas, os sinais associados aos comprometimentos da desidratação incluem tontura, letargia, agitação, irritabilidade, confusão, e câibras musculares (BAR-OR E 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 *American Academy of Pediatrics* (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 e ROWLAND, 2004). Conseqüentemente, um determinado estado de hipohidratação representa ao obeso, na relação entre água total e unidade de massa corporal, maior déficit de água.

A relação entre o sobrepeso e o risco de choque térmico e morte pelo calor já foi documentada, inclusive em crianças sobrepesadas, durante a prática de futebol americano (BARCENAS, HOEFFLER e LIE, 1976; FOX *et al.*, 1966; SCHICKELE, 1947; MALAMUD, HAYMAKER e CUSTER, 1946). É bastante provável que crianças obesas, devido ao seu baixo nível de condicionamento aeróbico, associado à sobrecarga da massa corporal, durante atividades que requeiram sua sustentação e deslocamento, terminem o exercício precocemente em relação a crianças não-obesas.

2.3 Aclimatização ao calor e recomendações à saúde

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 dos músculos ativos para a pele, contribuindo para uma melhor dissipação do suor pela sua evaporação. O aumento do débito cardíaco resultante da diminuição da frequência cardíaca (FC) e do aumento do volume de ejeção, da sudorese e do volume sanguíneo plasmático, associado à redução da T_{central} , da temperatura média da pele e da produção metabólica de calor, constitui um quadro clássico de indivíduo aclimatizado e/ou aclimatado ao exercício no calor (WYNDHAM *et al.*, 1976; NADEL e STOLWIJK, 1971). Além disso, durante exercícios, o início mais precoce da sudorese, com suor mais diluído, e a diminuição de sódio (Na^+) no suor e na urina também são possíveis respostas dessas repetidas exposições ao calor (SAWKA, WENGER e GANDALF, 1996; ARMSTRONG e MARESH, 1991).

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). Porém, tem sido relatado que a aclimatação ao calor para crianças ocorre mais lentamente do que para adultos (BAR-OR, 1989; INBAR, 1981), 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, já que o exercício intenso e prolongado, praticado antes da aclimatação, pode ser prejudicial ao bem-estar e ao desempenho físico da criança, podendo levar a doenças relacionadas ao calor, incluindo exaustão e choque térmico (FOX *et al.*, 1966). Contudo, quando o verão inicia, crianças podem ficar mais vulneráveis a doenças provocadas pelo calor, devido à falta de aclimatação e/ou ao aumento do volume de treinamento (BERGERON, MCKEAG e CASA, 2005; GODEK, GODEK e BARTOLOZZY, 2005). Curiosamente, crianças indígenas que vivem em climas tropicais exibem volume de suor e tolerância ao exercício no calor semelhantes aos de adultos (RIVERA-BROWN *et al.*, 2006, 1999).

Em meninos (pré-púberes e púberes) obesos, a aclimatação ao calor já foi estudada (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2009). Durante seis repetidas exposições ao exercício no calor (aclimatação), o grupo de Dougherty (2009) observou menor decréscimo da T_{central} e menor aumento do volume de suor de meninos obesos, comparados aos não-obesos. Os autores ressaltaram que o

processo de aclimatização ao calor nos meninos obesos (pré-púberes e púberes), mesmo nos meses de verão, pode ocorrer de forma mais lenta, comparado ao de meninos não-obesos. Entretanto, os meninos obesos, além de menor condicionamento aeróbico, já iniciaram, na primeira sessão de exercício, com maior T_{central} basal.

Conforme o Quadro 2, a *American Academy of Pediatrics* (2000) restringe a prática de exercícios em ambientes quentes que possam provocar doenças relacionadas ao calor.

IBUTG (°C)	RESTRITÕES DAS ATIVIDADES
< 24	Qualquer atividade é permitida. Em atividades prolongadas, cuidar os sinais de hipertermia e de desidratação.
24-25,9	Fazer intervalos maiores na sombra e estimular a ingestão de líquidos a cada 15 minutos.
26-29	Interromper as atividades daqueles que não estiverem aclimatizados ao calor ou que apresentarem qualquer outro fator de risco. Limitar as atividades para todos os demais.
> 29	Cancelar qualquer atividade atlética.

Quadro 2. Restrição de atividades em diferentes níveis de estresse térmico. Fonte: American Academy of Pediatrics, 2000.

Esses níveis seguem o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), que combina as medidas de temperatura do ar (temperatura do bulbo seco – T_{bs}), umidade (temperatura do bulbo úmido – T_{bu}) e radiação (temperatura do globo – T_{g}), de acordo com a equação $\text{IBUTG} = 0,7 T_{\text{bu}} + 0,2 T_{\text{g}} + 0,1 T_{\text{bs}}$. As recomendações específicas sobre as restrições de atividades físicas de acordo com os níveis de estresse térmico foram elaboradas pelo Comitê em Medicina do Esporte e Condicionamento da *American Academy of Pediatrics* (2000).

Devido a características fisiológicas e morfológicas próprias que predispoem crianças e adolescentes a riscos relacionados ao calor, a *American Academy of Pediatrics* (2000) também enfatiza algumas recomendações referentes à prática pediátrica de exercício no calor, conforme demonstradas no Quadro 3.

<ul style="list-style-type: none"> • A intensidade das atividades com duração acima de 15 minutos deve ser reduzida sempre que a umidade relativa, a radiação solar e a temperatura do ar estiverem acima dos níveis críticos (Quadro 2).
<ul style="list-style-type: none"> • No início de uma atividade física extenuante ou após uma viagem para uma localidade com clima mais quente, a intensidade e a duração do exercício devem, inicialmente, ser limitadas e, após, gradualmente aumentadas, durante um período de 10 a 14 dias, para acompanhar a aclimatização ao calor. Quando esse período não é possível, o tempo de participação do indivíduo na atividade deve ser encurtado.
<ul style="list-style-type: none"> • Antes de atividades físicas prolongadas, a criança deve ser bem hidratada. Durante a atividade, a bebida deve ser encorajada (a cada 20 min, 150 ml de água ou de uma bebida com sabor e Na⁺ para uma criança pesando 40 kg, e 250 ml para um adolescente pesando 60 kg), mesmo que a criança não sinta sede. A pesagem antes e depois da sessão ajuda a verificar o nível de hidratação.
<ul style="list-style-type: none"> • As roupas devem ser claras e leves, e de um material que facilite a evaporação do suor.

Quadro 3. Recomendações para jovens e adolescentes durante atividades no calor. Fonte: American Academy of Pediatrics, 2000.

Além das características específicas da gordura subcutânea, o baixo nível de aptidão física, quando associado ao exercício no calor, pode ser fator prejudicial à saúde da população pediátrica obesa, necessitando de monitoramento, até então, conforme as recomendações gerais para essa população. Devido à falta de recomendações específicas quanto à limitação ou à restrição do exercício no calor para crianças obesas, as recomendações propostas neste capítulo devem ser consideradas.

2.4 Hidratação com reposição de eletrólitos e carboidrato

Juntamente com água, eletrólitos são perdidos pelo suor. O conteúdo do suor é influenciado por muitos fatores, incluindo seu volume e o estado de aclimatização do indivíduo. Indivíduos treinados e indivíduos sedentários possuem diferenças quanto ao conteúdo eletrolítico do suor: os treinados apresentam quantidades significativamente menores de sódio (Na⁺) e cloro (Cl⁻) (PATTERSON, GALLOWAY

e NIMMO, 2000). Porém, o aumento das concentrações de 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 e KOLKHORST, 2007).

O Na^+ é o cátion mais abundante do 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 concentração de Na^+ ($[\text{Na}^+]$) é reduzida no sangue durante o exercício, uma vez que o Na^+ é o principal eletrólito perdido no suor. Assim, a inclusão de Na^+ na bebida torna-se vantajosa pois, além de evitar a hiponatremia ($[\text{Na}^+]$ sanguíneo $<130 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) (NATA, 2000), mantém a percepção de sede, aumenta a absorção de água no intestino e promove maior ingestão voluntária (WENDT, VAN-LOON e LICHTENBELT, 2007; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2007).

Em adultos, a hiponatremia tem sido descrita principalmente em eventos prolongados ($> 3\text{h}$) (NATIONAL ATHLETIC TRAINER'S ASSOCIATION, 2000) no qual 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 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ demonstram ser assintomáticos. Porém, quando os valores são menores (120-125 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), sintomas como cãibra, náusea, vômito, cefaléia, letargia, confusão mental e edema nos pés e das mãos podem ocorrer. Diminuição ainda maior de Na^+ , especialmente quando muito rápida, pode resultar em edema cerebral, convulsões e coma (MURRAY e EICHNER, 2004). Crianças e adolescentes poderiam apresentar risco de hiponatremia durante o exercício (PATEL *et al.*, 2005), mas 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 cãibras 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).

Considerando as taxas mais baixas de suor em indivíduos mais jovens do sexo masculino, 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 $20 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ 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 $[\text{Na}^+]$ plasmático (MEYER, BAR-OR e WILK, 1995).

A ingestão de carboidrato (CHO) recomendada em uma bebida é de 6% (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2007), considerando que valores acima desse percentual aumentam a osmolaridade e o conteúdo calórico da bebida, podendo diminuir a taxa de esvaziamento gástrico e, assim, provocar um possível desconforto gastrointestinal (MURRAY *et al.*, 1999). Durante o exercício, o CHO melhora o tempo de desempenho na população pediátrica (RIDDEL *et al.*, 2001). Tal resultado foi verificado em meninos de 10 a 14 anos de idade que, quando pedalarão a 90% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$, melhoraram seus tempos de desempenho em 40% (RIDDEL *et al.*, 2001). A concentração de CHO encontrada em bebidas esportivas pode ser apropriada para poupar o glicogênio muscular, principalmente para o obeso que deseja emagrecer. Isso poderia prolongar exercício físico e, conseqüentemente, aumentar o gasto calórico, contribuindo para o emagrecimento.

A composição das bebidas esportivas permite otimizar a absorção de água e acelerar o esvaziamento gástrico e a absorção intestinal (evitando desconfortos gastrointestinais), ao contrário de outras bebidas, preferidas por crianças (principalmente as obesas), como os refrigerantes. Assim, embora as bebidas esportivas tenham sido elaboradas para adultos fisicamente ativos, não há evidência científica de que elas possam causar efeitos colaterais em crianças (MEYER e BAR-OR, 1994).

REFERÊNCIAS

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Climatic heat stress and the exercise child and adolescent. **Pediatrics**, v.106, 2000.

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.

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.

ARAKI, T.; *et al.* Age differences during sweating during muscular exercise. **Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine**, v. 28, p.239-248, 1979.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M. The induction and decay of heat acclimatisation in trained athletes. **Sports Medicine**, v.12, n.5, p.302-312, 1991.

ARMSTRONG, L.E.; MARESH, C.M. Exercise-heat tolerance of children and adolescents. **Pediatric Exercise Science**, v.7, p.239-252, 1995.

BARCENAS, C.; HOEFFLER H.P.; LIE, J.T. Obesity, football, dog days and siriasis: a deadly combination. **American Heart Journal**, v.92, p.237-244, 1976.

BAR-OR, O. Temperature regulation during exercise in children and adolescents. In: Gisolfi C, Lamb DR, eds. Perspectives in Exercise Sciences and Sports Medicine. Youth, Exercise and Sport. Indianapolis, IN: **Benchmark Press**, v.2, p.335-367, 1989.

BAR-OR, O.; *et al.* Voluntary hypohydration in 10-12-year-old boys. **Journal of Applied Physiology**, v.48, p.104-108, 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.403-409, 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-DAVID, Y.; URKIN, J.; KOZMINSKY, E. The effect of voluntary dehydration on cognitive functions of elementary school children. **Acta Paediatrica**, v.94, p.1667-1673, 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.1421-1430, 2005.

BROAD, E.M.; *et al.* Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. **International Journal of Sport Nutrition**, v.6, p.307-320, 1996.

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.

BUONO, M.J.; SJOHOLM, N.T. Effect of Physical training on peripheral sweat production. **Journal of Applied Physiology**, v.65, p.811-814, 1988.

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.

BUTTE, N.F.; *et al.* Body Size, Body Composition, and Metabolic Profile Explain Higher Energy Expenditure in Overweight Children. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 2660-67, 2007.

CALI, A.M.G.; CAPRIO, S. Obesity in children and adolescents. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.93, p.S31-S36, 2008.

CASA, D.J.; *et al.* Incidence and degree of dehydration and attitudes regarding hydration in adolescents at summer camp. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.37, p.S463, 2005.

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.; *et al.* Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. **Journal of Applied Physiology**, v.43, p.1046-1053, 1977.

DOUGHERTY, K.A.; *et al.* Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boys basketball skills. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38, p.1650-1658, 2006.

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.279-289, 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(4), p. 779-89, 2010.

- FALK, B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. **Sports Medicine**, v.25, p.221-240, 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.688-694, 1992.
- FALK, B.; *et al.* 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.313-319, 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.; *et al.* Effects of football equipment on thermal balance and energy cost during exercise. **Res Quart**, v.37, p.332-339, 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.843-851, 2005.
- HAYMES, E.M.; *et al.* Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. **Journal of Applied Physiology**, v.36, n.5, p.566-571, 1974.
- HAYMES, E.M.; McCORMICK, R.J.; BURSIRK, E. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. **Journal of Applied Physiology**, v.39, n.5, p.457-461, 1975.
- HSIEH, M. Recommendations for treatment of hyponatraemia at endurance events. **Sports Medicine**, v.34, n.4, p.231-238, 2004.
- HORSWILL, C.A.; *et al.* Adequacy of fluid ingestion in adolescents and adults during moderate-intensity exercise. **Pediatric Exercise Science**, v.17, p.41-50, 2005.
- INBAR, O.; *et al.* Conditioning versus exercise in heat as method for acclimatizing 8-10-year old boys to dry heat. **Journal of Applied Physiology**, v.50, p.406-441, 1981.
- IULIANO, S.; *et al.* Examination of self-selected fluid intake practices by junior athletes during a simulated duathlon event. **International Journal of Sport Nutrition**, v.8, p.10-23, 1998.
- MALAMUD, N.; HAYMAKER, W.; CUSTER, R.P. Heat stroke: a clinic-pathologic study of 125 fatal cases. **Military Surgeon**, v.99, p.397-449, 1946.
- McGUIGAN, M.R.; *et al.* Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.80–85, 2009.

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.; *et al.* 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.; *et al.* Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. **Medicine in Science and Sports in Exercise**, v.24, p.776-781, 1992.

MILANO, G.E.; *et al.* Escala de $VO_{2\text{pico}}$ em adolescentes obesos e não-obesos por diferentes métodos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. V. 93, n.6, p.598-602, 2009.

MILLER, A. T.; AND 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.; *et al.* A comparison of the gastric emptying characteristics of selected sports drink. **International Journal Sport Nutrition**, v.3, p.263-274, 1999.

MURRAY, R.; EICHNER E.R. Hyponatremia of exercise. **Current Sports Medicine Reports**, v.3, p.117-118, 2004.

NADEL, E.; STOLWIJK, J. Importance of skin temperature in the regulation of sweating. **Journal of Applied Physiology**, v.31, p.80-87,1971.

NATIONAL ATHLETIC TRAINER'S ASSOCIATION (NATA). Position Statement: Fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v.35, n.2, p.212-224, 2000.

PATEL, D.R.; TORRES, A.D.; GREYDANUS, D.E. Kidneys and Sports. **Adolescent Medicine Clinics**, v.16, p.111-119, 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.; *et al.* 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.; *et al.* Exercise tolerance in a hot and humid climate in heat-acclimatized girls and women. **International Journal of Sports Medicine**, v.27, n.12, p.943-950, 2006.

RIVERA-BROWN, A.M.; *et al.* 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.

RIDDELL, M.C.; *et al.* Substrate utilization during exercise with glucose and glucose plus fructose ingestion in boys ages 10-14 yr. **Journal of Applied Physiology**, v.90, p.903-911, 2001.

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

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

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.657-660, 1992.

SCHICKELE, E. Environment and fatal heat stroke: An analysis of 157 cases occurring in the army in the US during World War II. **Military Surgeon**, v.100, p. 235-256, 1947.

SHIBASAKI, M.; *et al.* Thermoregulatory responses of prepubertal boys and young men to moderate exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.212-218, 1997.

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.

WAGNER, J.A.; *et al.* 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.669-682, 2007.

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.1112-1117, 1996.

WILK, B.; *et al.* 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.

WYNDHAM, C.H.; *et al.* Acclimatization in a hot, humid environment: energy exchange, body temperature, and sweating. **Journal of Applied Physiology**, v.40, n.5, p.768-778, 1976.

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 EXPANDIDO

Este capítulo aborda o experimento, propriamente dito, sob a forma de um manuscrito original expandido (intitulado abaixo), que será submetido a um periódico científico internacional para publicação.

Respostas termorregulatórias de meninos púberes obesos e não-obesos durante pedalada no calor

Thermoregulatory responses of obese and lean pubescent boys during cycling in the heat

RESUMO

Acredita-se que crianças obesas, comparadas a não-obesas, tenham desvantagens termorregulatórias quando se exercitam no calor devido à limitação da perda de calor pela sudorese. **Objetivo:** Comparar a sudorese, a temperatura retal (T_{retal}) e a sensação subjetiva de calor (SSC) entre meninos púberes obesos e não-obesos que pedalam em similar intensidade relativa de esforço e uma mesma condição ambiental. **Métodos:** Dezesete obesos ($\text{IMC} = 29,4 \pm 4,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) e 16 não-obesos ($\text{IMC} = 16,8 \pm 1,7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), fisicamente ativos e aclimatizados ao calor, participaram do estudo. Em uma câmara ambiental (35°C , 40-45% UR), os meninos pedalarão por 30 min entre 50-60% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ e, após 10 min de descanso, pedalarão até a exaustão (90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$). Durante os 30 min de pedalada, a T_{retal} , a frequência cardíaca (FC), a taxa de percepção de esforço (TPE) e a SSC foram monitoradas, e o VO_2 foi verificado no 15^o min. A hidratação foi *ad libitum*. O volume de suor foi calculado pela diferença da massa corporal corrigida pela ingestão de líquido, e uma amostra de suor foi coletada para análise da concentração de eletrólitos. A T_{retal} , a FC e o tempo de desempenho foram registrados durante pedalada mais intensa. Foram utilizados teste *t* independente, teste *u* de Mann-Whitney e *two way* ANOVA para comparação intergrupos; e ANOVA de medidas repetidas e teste *t* pareado para comparações intragrupos. **Resultados:** O aumento da T_{retal} e da FC foi similar entre os grupos, durante os 30-min de pedalada; e o volume de suor, quando corrigido pela massa corporal, foi menor ($p = 0,044$) nos obesos ($4,8 \pm 3$ vs $7 \pm 2,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$) mas similar quando corrigido pela área de superfície corporal (ASC) (200 ± 9 e $212 \pm 6 \text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}$). Os grupos não diferiram nas concentrações de eletrólitos (Na^+ , Cl^- e K^+) no suor; tampouco nas perdas totais destes. A SSC foi maior nos obesos durante os 30 min de pedalada. Estes sustentaram a pedalada mais intensa por menos tempo que os não-obesos, e a ΔT_{retal} foi maior nos não-obesos ($p = 0,045$). **Conclusão:** Apesar de os dois grupos aumentarem similarmente a T_{retal} e a FC durante os 30 min de pedalada, a SSC foi maior nos obesos, além de eles tolerarem por menos tempo o teste de desempenho.

Palavras-chave: exercício - termorregulação - sudorese - obesidade - pediatria

ABSTRACT

Obese children, as compared to non-obese ones, are thought to have thermoregulatory disadvantages as they exercise in the heat because of the limitation in losing heat by sweating. **Aim:** To compare the sweat rate, rectal temperature (T_{rect}) and the subjective sense of heat (SSH) between obese and non-obese pubertal boys cycling at the same relative intensity of effort and environmental conditions. **Methods:** Seventeen obese ($\text{BMI}=29.4\pm 4.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) and 16 non-obese ($\text{BMI}=16.8\pm 1.7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) boys who were physically active and acclimated to the heat participated in the study. In an environmental chamber (35°C , 40-45% UR), the boys cycled for 30 minutes between 50-60% of $\text{VO}_{2\text{peak}}$ and, after 10 min of rest, they cycled to exhaustion (90% of $\text{VO}_{2\text{peak}}$). During the 30-min cycling, the T_{rect} , heart rate (HR), rate of perceived effort (RPE) and SSH were monitored and the VO_2 was checked at minute 15. Hydration was *ad libitum*. The sweat rate was calculated by the difference in the body mass corrected for the ingestion of liquid, and a sample of sweat was collected for electrolyte concentration analysis. T_{rect} , HR and performance time were recorded during the more intense cycling stage. Independent *t* test, Mann-Whitney's *u* test and two-way ANOVA were used for intergroup comparisons, and repeated measures ANOVA and paired *t* test for intragroup comparisons. **Results:** The increase in the T_{rect} and HR, during 30-min of cycling, were similar across the groups. The sweat rate as corrected by body mass was smaller ($p=0.044$) in the obese (4.8 ± 3 vs. $7\pm 2.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$) but similar as corrected by the body surface area (BSA) (200 ± 9 and $212\pm 6 \text{ ml}\cdot\text{m}^{-2}$). The groups did not differ as for electrolyte concentrations in the sweat, or as for the total loss of these. The SSH was greater in the obese boys during the 30-min cycling. They sustained more intense cycling for less time than the non-obese, and the ΔT_{rect} was greater in the non-obese ($p=0.045$). **Conclusion:** Although the two groups did show similar increases in T_{rect} and HR during the 30-min cycling, the SSH was greater in the obese, who endured the performance test for less time.

Keywords: Exercise, thermoregulation, sweat rate, obesity, pediatrics

INTRODUÇÃO

A recomendação de exercícios físicos para a população pediátrica obesa é consensual, tanto para reduzir a adiposidade e melhorar o condicionamento físico (CALI e CAPRIO, 2008; FAIGENBAUM, 2007; BELL *et al.*, 2007) quanto para prevenir doenças associadas dessa condição epidêmica (MCGUIGAN *et al.*, 2009; FAIGENBAUM, 2007). As respostas fisiológicas e perceptivas de jovens obesos que habitam e se exercitam em climas quentes e úmidos precisam ser elucidadas para a garantia do seu bem-estar e da sua segurança ao participar de programas de atividades físicas.

A prática prolongada de exercícios físicos no calor por parte da população pediátrica pode ser preocupante (AMERICAN ACADEMY PEDIATRICS, 2005), principalmente devido à limitação da perda de calor pela sudorese, em comparação aos adultos (SHIBASAKI *et al.*, 1997; MEYER *et al.*, 1992; FALK, BAR-OR e McDOUGALL, 1992; DAVIES, 1981). Embora pouco observadas (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010 e 2009; HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; HAYMES *et al.*, 1974), acredita-se que as respostas termorregulatórias nos meninos obesos possam ser prejudicadas em relação aos seus pares não-obesos, predispondo essa população à hipertermia e a doenças relacionadas ao calor.

Poucos estudos compararam as respostas termorregulatórias entre crianças com diferentes níveis de adiposidade, durante exercícios em ambientes quentes. Nos primeiros desses estudos (HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; HAYMES *et al.*, 1974), as crianças exercitaram-se em mesma intensidade absoluta de esforço; e os meninos obesos (HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975), comparados aos não-obesos, apresentaram maiores T_{central} e FC, e similar sudorese relativa à ASC. Em dois estudos mais recentes (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010 e 2009), quando a intensidade do exercício foi relativizada e individualizada pelo $VO_{2\text{pico}}$, meninos obesos demonstraram similar T_{central} , maior sensação subjetiva de calor (SSC) e menor volume de suor relativo à ASC, comparados aos não-obesos.

O condicionamento aeróbico afeta as respostas termorregulatórias (BUONO e SJOHOLM, 1988) e o $VO_{2\text{pico}}$, quando corrigido pela massa corporal, é comumente subestimado em obesos (ROWLAND, 2005). Sua expressão por um coeficiente alométrico ou pela massa livre de gordura tem sido recomendada para equiparar o

condicionamento aeróbico entre crianças e adolescentes com diferentes tamanhos e composições corporais (ARMSTRONG e WELSMAN, 2000; ROWLAND, 2005). Tais recomendações, entretanto, não têm sido exploradas nos recentes estudos que compararam meninos obesos e não-obesos durante exercício no calor.

O exercício aeróbico e contínuo é bastante prescrito por profissionais para melhorar a composição corporal e o condicionamento físico de obesos. Porém, os efeitos dessa prática nos parâmetros termorregulatórios e perceptivos ao calor, e, ainda, na composição eletrolítica do suor de crianças e jovens obesos que vivem e se exercitam em clima predominantemente quente são ainda desconhecidos.

Este estudo teve como objetivo comparar (a) as respostas da T_{retal} , da sudorese e da SSC entre meninos púberes obesos e não-obesos, durante uma sessão de exercício submáximo no calor; e (b) a tolerância ao exercício de alta intensidade, pelo tempo de permanência, realizado com o mesmo protocolo experimental, após o exercício submáximo.

MÉTODOS

Este estudo, de caráter descritivo e comparativo ex-pos-facto foi, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com o Parecer nº 2008157 (ANEXO C). Todos os procedimentos do estudo foram esclarecidos pelo investigador aos participantes; e, após a aceitação verbal dos meninos, um dos responsáveis assinava o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A).

Sujeitos

Trinta e três meninos púberes (17 obesos e 16 não-obesos), com faixa etária entre 12 e 15 anos de idade, participaram do estudo, que foi divulgado por meio de anúncios em jornais de grande circulação e da distribuição de informativos em escolas de ensino e recreativas. Todos eram fisicamente ativos – mas não atletas competitivos – sem qualquer doença, exceto a obesidade, nem faziam uso de medicamentos que afetassem o sistema cardiovascular e/ou as respostas termorregulatórias.

O tamanho amostral (15 sujeitos por grupo) foi calculado (*software* PEPI 4.0), com base na variabilidade da T_{retal} e do volume de suor dos sete primeiros avaliados (obesos e não-obesos) desse estudo, considerando Poder estatístico de 90% e $p < 0,05$. O número total de participantes nesse estudo levou em consideração as exclusões ocorridas durante as avaliações referentes ao exercício no calor.

As avaliações ocorreram entre janeiro e início de abril de 2010, que são meses predominantemente quentes (28-42°C e 40-95% UR) no Sul do Brasil. Assumiu-se, então, que os meninos encontravam-se em similares condições de aclimatização ao calor, já que praticavam atividades físicas *outdoor*.

Os meninos compareceram para uma sessão de avaliação preliminar, 24 a 72 horas antes da sessão de exercício no calor, no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física da UFRGS.

As características dos grupos (obesos e não-obesos) são apresentadas na Tabela 1, incluindo os 33 meninos que completaram o estudo.

Tabela 1. Características dos grupos

Características	Obesos (n = 17)	Não-obesos (n = 16)	p [#]
Tanner	II-III	II-IV	
Idade (anos)	12,7 ± 1,6	13 ± 1,4	0,545
Estatura (cm)	158,2 ± 8,4	153 ± 10,7	0,131
MC (kg)	74,3 ± 15,7	39,8 ± 8,7	< 0,001
IMC (kg ¹ .m ⁻²)	29,42 ± 4,3	16,8 ± 1,7	< 0,001
ASC (m ²)	1,76 ± 0,21	1,32 ± 0,19	< 0,001
ASC/MC (m ² .kg ⁻¹)	0,024 ± 0,002	0,033 ± 0,002	< 0,001
VO _{2pico} (l.min ⁻¹)	2,5 ± 0,5	1,9 ± 0,4	0,003
VO _{2pico} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	34,6 ± 5,9	50,1 ± 4,9	< 0,001
VO _{2pico} (ml.kg ^{-0,50} .min ⁻¹)	295,2 ± 48,9	313 ± 36,52	0,247
FC _{máx} (bpm)	185 ± 13,1	185 ± 10,8	0,914
Carga _{máx} (watts)	182 ± 55	161 ± 44,6	0,231

Tanner: estágio maturacional; MC: massa corporal; IMC: índice de massa corporal; ASC: área de superfície corporal; VO_{2pico}: potência aeróbica de pico; FC_{máx}: frequência cardíaca máxima. Carga_{máx}: carga máxima obtida no teste de VO_{2pico}. Valores expressos em média ± desvio-padrão. [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos).

Avaliação preliminar

Quarenta e oito meninos compareceram à avaliação preliminar acompanhados de seus responsáveis, e apenas um menino recusou-se a participar do estudo. Sete meninos foram excluídos, por critérios relacionados à maturação

sexual (pré-púbere) ou ao sobrepeso ($IMC \geq P85$ e $< P95$), e outros sete participantes da avaliação preliminar não retornaram ao laboratório para realização da sessão de exercício no calor.

Os responsáveis foram questionados sobre o histórico de saúde geral dos voluntários; e, para avaliar os hábitos de atividades físicas, os meninos foram entrevistados (APÊNDICE B). Todos os meninos praticavam pelo menos 400 min semanais de atividades físicas – de acordo com recomendações de atividades físicas para crianças e jovens (≥ 300 min por semana) (BIDDLE, CAVILL AND SALLIS, 1998) – sem incluir as aulas de educação física escolar. As atividades físicas praticadas incluíam pedaladas, caminhadas e jogos de futebol em praças e parques, de 2 a 5 vezes por semana. Vinte destes meninos (nove obesos e 11 não-obesos) praticavam, de 2 a 3 vezes por semana, algum esporte como futebol, basquete e atletismo há pelo menos seis meses, em escolas recreativas.

Foram mensuradas a estatura (estadiômetro SECA, 0,01 m) e a massa corporal (balança G-TECH modelo BALGLA 3C, 0,05 kg), e o índice de massa corporal (IMC) foi calculado. Obesos e não-obesos foram definidos por meio das curvas de percentil do $IMC \geq P95$ e $< P85$ (CDC, 2000; ANEXO D). Os meninos com sobrepeso ($IMC \geq P85$ e $< P95$) foram excluídos. O estágio de maturação (TANNER, 1962; ANEXO E) foi autoavaliado pelos meninos, e foram incluídos no estudo somente os púberes (estágios II, III e IV).

O $VO_{2\text{pico}}$ foi obtido em cicloergômetro (ERGO FIT 167, Espanha, resolução 5 W) por meio do protocolo McMaster (BAR-OR e ROWLAND, 2004), com incremento de carga (25 a 50 W) a cada 2 min, de acordo com a estatura dos meninos. Foi utilizada calorimetria indireta de circuito aberto (analisador de O_2 e CO_2 MEDGRAPHICS modelo CPX/D, resolução *breath by breath*), e considerou-se o maior valor de consumo de oxigênio (VO_2) até o encerramento do teste. Os meninos foram instruídos a manter uma cadência de 60-70 rpm durante o teste, que foi finalizado na presença de pelo menos dois dos seguintes critérios: platô no VO_2 ; solicitação do avaliado para suspender o teste; cadência de pedalada ≤ 50 rpm, mesmo quando encorajado pelo investigador; frequência cardíaca (FC) > 200 bpm; e taxa de percepção de esforço (TPE) > 19 (BORG, 1970; ANEXO F).

A análise de correlação de Pearson (r), entre o $VO_{2\text{pico}}$ absoluto ($ml \cdot min^{-1}$) e a massa corporal ($r = 0,775$; $p < 0,05$) e entre o $VO_{2\text{pico}}$ corrigido pela massa corporal ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) e a massa corporal ($r = -0,799$; $p < 0,05$), indicaram que o $VO_{2\text{pico}}$ pode

ser super ou subestimado nos meninos obesos. Foi calculado pela regressão linear, um expoente alométrico comum (0,50) à massa corporal de obesos e não-obesos, e o $VO_{2\text{pico}}$ alométrico foi determinado pela função potência ($Y = aX^b$), em que “a” é uma constante de escala e “b” é o valor do expoente referente à massa corporal (X) (ARMSTRONG e WELSMAN, 2000; ROWLAND, 2005). Após corrigido o $VO_{2\text{pico}}$ pela alometria ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-0,50}\cdot\text{min}^{-1}$), verificou-se que a massa corporal não demonstrou correlação significativa sobre o VO_2 alométrico ($r = 0,027$; $p > 0,05$).

Os meninos foram instruídos a evitar exercícios cansativos nas 24 h anteriores à sessão de exercício no calor. Como todos eram avaliados pela manhã, o desjejum era fornecido para ser similar entre os participantes, e incluía duas porções de pão branco, uma porção de geléia e 400 ml de líquidos (suco de frutas e leite achocolatado). Além disso, os meninos também podiam ingerir água se julgassem necessário.

Exercício no calor

Os meninos chegaram ao laboratório após o desjejum, entre sete e oito horas da manhã, acompanhados por um responsável. Os procedimentos sobre a sessão experimental foram reforçados, e foi descartada a presença de qualquer mal-estar ou processo infeccioso nos participantes.

Após urinarem, a massa corporal dos meninos, que vestiam apenas calção, foi registrada (balança G-TECH modelo BALGLA 3C, 0,05 kg), e uma amostra de urina foi armazenada para avaliação da cor (ARMSTRONG *et al.*, 1994; ANEXO G) e da gravidade específica (GEU; refratômetro ATAGO 2722-E04), que são indicadores do estado de hidratação (NATIONAL ATHLETIC TRAINER'S ASSOCIATION, 2000). Um termômetro retal (PHYSITEMP RET-1) flexível e com cobertura descartável foi inserido cerca de 10-12 cm além do esfíncter anal (LEE *et al.*, 2010; MEYER *et al.*, 1992; HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; HAYMES *et al.*, 1974), para indicar a T_{central} . Um adesivo com uma gaze central (3M Tegaderm+pad, ref. 3582) foi fixado na região escapular (PATTERSON, GALLOWAY e NIMMO, 2000) para absorver o suor, conforme detalhado em *Técnica de coleta e análise do suor*. Esses procedimentos foram realizados ainda em condição ambiental termoneutra (21-22°C), cerca de 30 min antes do exercício no calor.

Em uma câmara ambiental (RUSSELLS, Holanda, 3,63 m x 2,39 m x 3,81 m, 1°C e 1% UR) com temperatura de 35°C e 40-45% de UR, os meninos pedalarão (ERGOFIT 167, Espanha) durante 30 min, na cadência entre 60-70 rpm, em uma carga (W) correspondente a 50-60% do respectivo $VO_{2\text{pico}}$, avaliado na sessão preliminar. A média da carga da pedalada em watts foi similar ($p = 0,15$) entre o grupo de obesos ($86,7 \pm 21,9$) e não-obesos ($76,6 \pm 16,2$). Para certificar a intensidade de exercício desejada, o VO_2 foi mensurado (MEDGRAPHICS modelo CPX/D, *breath by breath*) no 15º min de pedalada, por três minutos.

Uma bebida refrigerada ($\sim 15^\circ\text{C}$) de sabor uva, contendo carboidrato (6% de CHO) e eletrólitos (Na^+ 19,5 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$; Cl^- 18,2 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$; K^+ 5,2 $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), ficava ao alcance do menino para que bebessem à vontade. Informações sobre a bebida não foram reveladas; e, logo antes do exercício, uma única orientação foi dada: *“Ficará disponível uma bebida, ao seu alcance, para que você possa beber quando quiser. Entendido?”*. As garrafas foram pesadas (balança OHAUS modelo CS2000, 1g) antes e depois do exercício.

A T_{retal} , a FC (POLAR modelo S610; POLAR ELECTRO OY, Finland, 1 bpm) e a TPE (BORG, 1970) foram registradas a cada 5 min. A SSC foi mensurada pré-exercício (minuto zero), durante o exercício (minuto 15) e ao final do exercício (minuto 30), por meio de uma escala de 0 a 10 cm, no qual 0 = nada quente, 5 = quente e 10 = extremamente quente (YOUNG *et al.*, 1987; ANEXO H).

Os critérios para interrupção do exercício foram os seguintes: $T_{\text{retal}} \geq 39^\circ\text{C}$ (HAYMES *et al.*, 1974, HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; MEYER *et al.*, 1992); $FC > 95\%$ da $FC_{\text{máx}}$ (por 3 min); sintomas como náusea, cefaléia, tontura; ou se pelo menos duas destas situações ocorressem: solicitação do menino para suspender o teste; impossibilidade de manter a cadência orientada (≤ 50 rpm); e $TPE > 19$.

Ao final dos 30 min, os adesivos de suor foram retirados, conforme detalhes em *Técnica de coleta e análise do suor*. Após, os meninos urinaram; e, vestindo apenas calção e com o corpo seco, a massa corporal foi mensurada.

Teste de desempenho

Após 10 min de repouso, foi realizado um teste para avaliar o tempo de desempenho para pedalar em uma carga correspondente a 90% do $VO_{2\text{pico}}$. Os meninos foram orientados a manterem uma cadência entre 60-70 rpm e o estímulo verbal foi padronizado pelo investigador. Os critérios de interrupção do teste foram: $T_{\text{retal}} \geq 39^\circ\text{C}$; $FC \geq FC_{\text{máx}}$; sintomas como náusea, cefaléia, tontura; impossibilidade de manter a cadência (≤ 50 rpm) ou solicitação do menino para suspender o teste.

Após, durante 30 min de recuperação, foram registradas a T_{retal} , a FC (ambas a cada cinco minutos) e a SSC (nos minutos 0, 15 e 30) (ANEXO I).

O desenho do protocolo experimental está demonstrado na Figura 1.

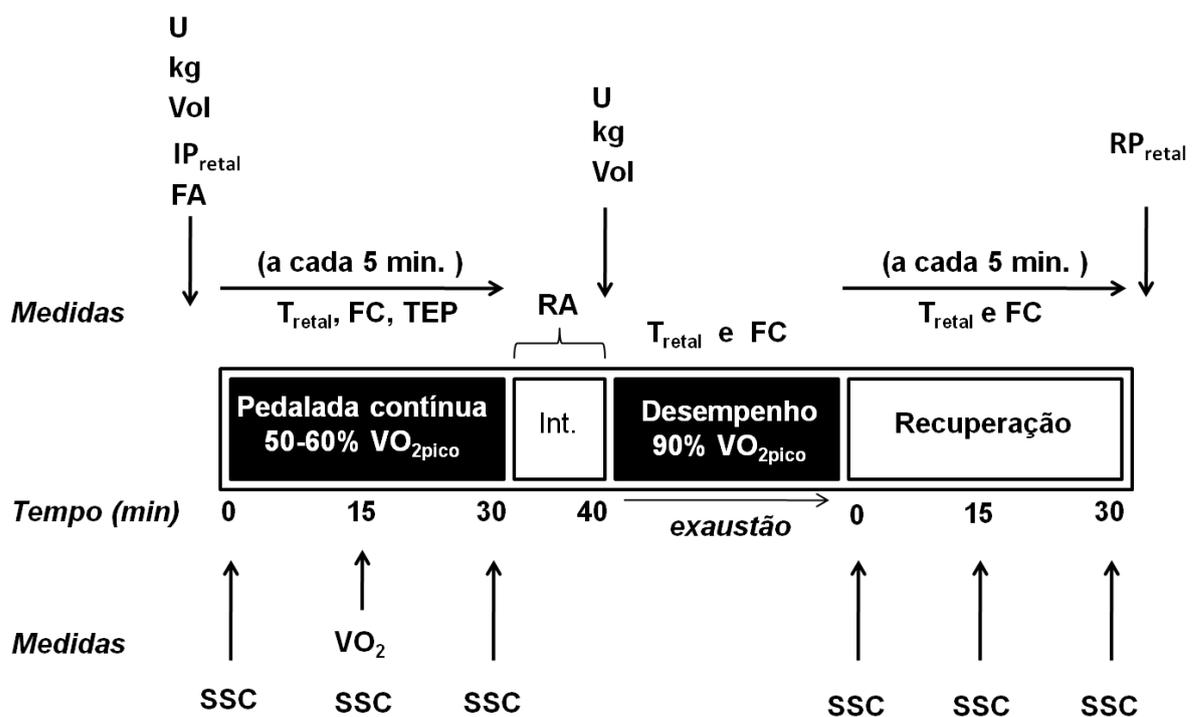


Figura 1. Desenho do protocolo experimental. U: urina (coloração e gravidade específica); kg: medida da massa corporal; Vol: volume da bebida (ml); IP_{retal} : introdução do probe retal. FA: fixação dos adesivos; RA: retirada dos adesivos; VO_2 : potência aeróbica; SSC: sensação subjetiva de calor; T_{retal} : temperatura retal; FC: frequência cardíaca; TPE: taxa de percepção de esforço; e RP_{retal} : retirada do probe retal.

Técnica da coleta e análise do suor

O suor foi coletado por meio de adesivos fixados na pele que continham uma gaze absorvente (3M Tegaderm+Pad, ref 3582). A região de fixação foi a escápula direita (sobre a espinha da escápula ~ 5 cm lateral à coluna vertebral), após higienização da pele com água deionizada e secagem com gaze esterilizada (PATTERSON, GALLOWAY e NIMMO, 2000). Esse local foi escolhido por não atrapalhar a pedalada e por evitar contaminação, pelo fato de ser de difícil acesso das mãos dos meninos. Essa região também reflete uma boa estimativa da perda total de eletrólitos no suor (PATTERSON, GALLOWAY e NIMMO, 2000). Os adesivos foram retirados logo após os 30 min de pedalada, com pinça esterilizada, e transferidos para uma seringa descartável, onde foram espremidos. As amostras de suor foram armazenadas em microtubos de 1,5 ml (EPPENDORF), para posterior análise das concentrações de sódio [Na⁺], cloro [Cl⁻] e potássio [K⁺], no analisador de eletrólitos (AVL 9180, ROCHE, 0,1 mEq.l⁻¹), em duplicata. Os resultados intrasujeitos foram similares, e foi considerado o valor médio das duas análises.

Cálculos

A ASC foi estimada usando-se a equação de Dubois e Dubois (1916), e a razão entre ASC e massa corporal (m².kg⁻¹) foi calculada. O volume do suor dos 30 min de pedalada foi determinado pela diferença da massa corporal acrescida pela ingestão de líquidos. Esse volume foi dividido pela massa corporal e pela ASC. O balanço hídrico foi calculado pela diferença entre a ingestão de líquidos e as perdas pelo suor. As perdas de eletrólitos no suor foram calculadas pela multiplicação de cada eletrólito no suor pelo volume de suor absoluto. A ingestão de eletrólitos foi calculada pela multiplicação da concentração de cada eletrólito na bebida pelo volume de líquido ingerido, e o balanço eletrolítico total foi estimado como a diferença entre a ingestão de cada eletrólito e suas perdas pelo suor.

Análise Estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados; e o de Levene, para verificar a homocedasticidade das variâncias. Dados paramétricos foram descritos como média \pm desvio-padrão. *Two-way* ANOVA e teste *t* independente foram utilizados para comparar grupos. ANOVA de medidas repetidas, acrescentada de um *post hoc* (Bonferroni), e teste *t* pareado foram aplicados na comparação intragrupos. Dados não-paramétricos, quando transformados em bases logarítmicas, foram comparados pelo teste *t* independente e descritos como mediana (amplitude interquartílica). Quando a assimetria persistiu, o teste *u* de Mann-Whitney foi utilizado para comparar grupos, e os dados foram expressos da mesma forma. Foram aplicados também os testes de regressão linear e de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) e todas as análises foram realizadas no programa estatístico SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) versão 13.0.

RESULTADOS

Entre todos os meninos púberes, 12 obesos e 12 não-obesos encontravam-se no estágio II pela classificação de Tanner; cinco obesos, no estágio III; e quatro não-obesos, no estágio IV. Como mostra a Tabela 1, os grupos eram similares na idade, na estatura e na $FC_{m\acute{a}x}$.

Os obesos apresentaram um maior VO_{2pico} absoluto que os não-obesos, mas menor quando corrigido pela massa corporal, e similar quando feita a alometria, assim como a carga $_{m\acute{a}x}$ do teste.

Dois meninos obesos (estágio II de Tanner) pararam de pedalar aos 10 min da pedalada de 30 min: um por apresentar tontura e atingir $FC > FC_{m\acute{a}x}$; e o outro por cefaléia, TPE = 20 e por querer interromper. Logo, esses meninos foram excluídos das análises referentes ao exercício no calor. Todos os demais completaram o protocolo/exercício com $T_{retal} < 39^{\circ}C$.

A coloração da urina pré-exercício foi similar entre os obesos ($4 \pm 1,4$) e os não-obesos ($4 \pm 1,5$), assim como a GEU (1.020 ± 0.006 nos obesos e 1.020 ± 0.007 nos não-obesos), indicando que os dois grupos iniciaram o exercício levemente

hipohidratados. O percentual do VO_2 , mensurado no 15º min de pedalada, também foi similar entre obesos ($51,6 \pm 3\%$) e não-obesos ($53,3 \pm 4\%$) (APÊNDICE C).

A Figura 2 ilustra o comportamento da T_{retal} e da FC nos 30 min de pedalada. A T_{retal} inicial aos 30 min de pedalada foi similar ($p=0,119$) entre os obesos ($37,4 \pm 0,3^\circ\text{C}$) e os não-obesos ($37,3 \pm 0,2^\circ\text{C}$). A interação entre grupo e tempo, na T_{retal} e na FC ($F_{(6,24)} = 6,16$; $p = 0,001$; Poder = 0,991 e $F_{(6,23)} = 3,481$; $p = 0,014$; Poder = 0,870, respectivamente), indicou que o comportamento dessas variáveis, ao longo do tempo, foi diferente em cada grupo (APÊNDICE D); embora similar entre obesos e não-obesos, a cada 5 dos 30 min de pedalada no calor (minuto 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30) (todos $p > 0,05$). A T_{retal} foi maior ($p < 0,001$) no 30º min do que em todos os momentos anteriores da pedalada nos dois grupos ($37,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$ nos obesos e $37,9 \pm 0,2^\circ\text{C}$ nos não-obesos), mas sem diferenças entre eles ($p > 0,05$). Durante a recuperação posterior ao teste de desempenho, os dois grupos reduziram similarmente a T_{retal} e a FC ao longo dos 30 min ($F_{(6,23)} = 1,125$; $p = 0,379$; Poder = 0,352) (APÊNDICE E).

A Figura 2 ilustra o comportamento da TPE durante a pedalada de 30 min. A TPE não apresentou interação ($F_{(6,24)} = 1,036$; $p = 0,427$) entre grupo e tempo, porque poucas diferenças foram observadas entre os grupos ao longo do tempo. Assim, a TPE foi similar entre os grupos nos minutos 5 ($p = 0,488$), 10 ($p = 0,221$), 15 ($p = 0,121$) e 20 ($p = 0,05$). Entretanto, foi maior nos meninos obesos nos minutos 25 ($p = 0,040$) e 30 ($p = 0,019$). A comparação da TPE inter e intragrupos está disponível no Apêndice F.

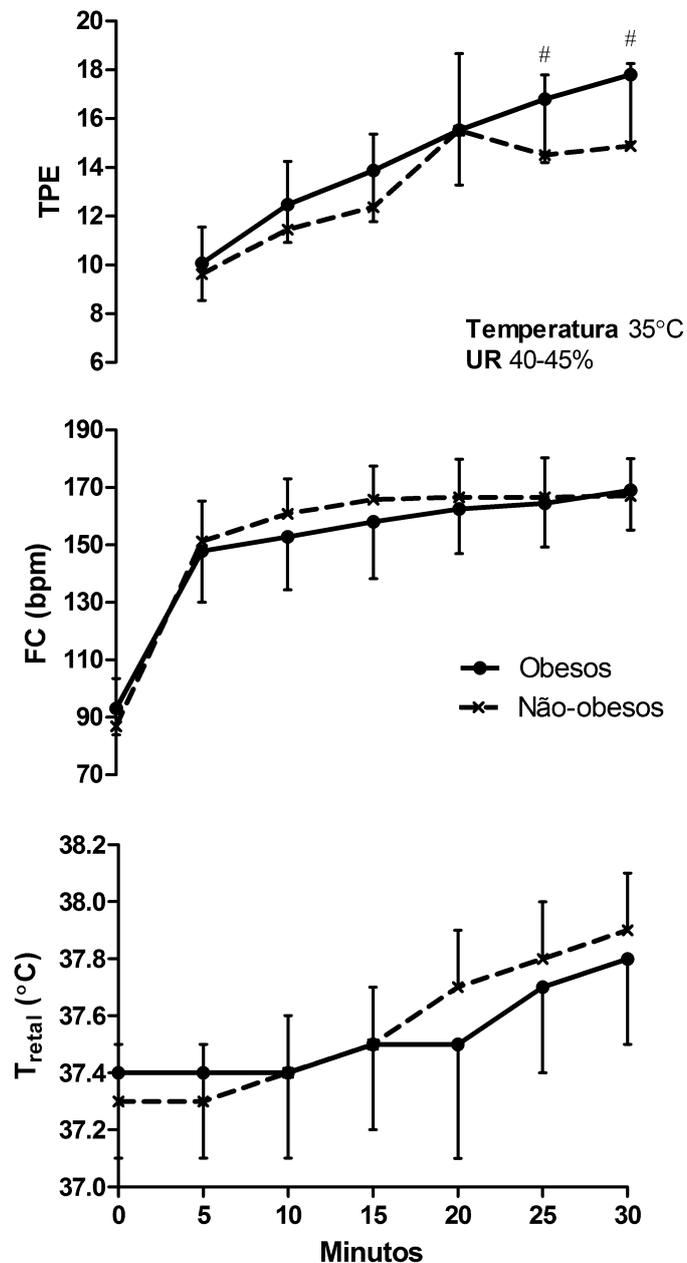


Figura 2. Temperatura retal (T_{retal}), frequência cardíaca (FC) e taxa de percepção de esforço (TPE) durante os 30 minutos de pedalada. Média \pm desvio-padrão. #Teste t independente (Obesos > não-obesos no momento).

A SSC foi maior entre os obesos em todos os momentos da pedalada, conforme mostra a Tabela 2. Porém, não houve interação entre grupo e tempo na SSC ($F_{(2,28)} = 0,051$; $p = 0,950$; Poder = 0,057), provavelmente porque os obesos já iniciaram o exercício com maior SSC. A SSC intragrupos no 30° min foi maior ($p < 0,001$) do que no minuto zero, mas similar ao 15° min.

Durante os 30 min de recuperação, não houve diferença entre os grupos ($F_{(2,27)} = 0,689$; $p = 0,511$) em cada momento (minutos 0, 15 e 30); e independentemente do grupo, a SSC no 30° min foi menor ($p < 0,001$) que no minuto zero e similar ao 15° min (Tabela 2).

Tabela 2. Sensação subjetiva de calor durante pedalada e recuperação

Variável	Grupo	Minutos			p ^{##}
		0	15	30	
SSC (cm) exercício	Obesos (n = 15)	3,6 ± 2,7 ^a	6,7 ± 1,2 ^b	7,6 ± 2 ^b	0,001
	Não-obesos (n = 16)	1,3 ± 1,4 ^a	4,1 ± 1,5 ^b	5,2 ± 2,2 ^b	0,001
	p [#]	0,008	0,001	0,003	
SSC (cm) recuperação	Obesos (n = 15)	5,7 ± 2,9 ^a	1,9 ± 1,5 ^b	1,2 ± 1,5 ^b	<0,001
	Não-obesos (n = 15)	5,2 ± 2,2 ^a	2,2 ± 1,2 ^b	1,9 ± 1,6 ^b	<0,001
	p [#]	0,651	0,570	0,571	

SSC: sensação subjetiva de calor (cm). [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos). ^{##}ANOVA de medidas repetidas (comparação intragrupos). ^{a b} (letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Bonferroni). Valores expressos em média ± desvio-padrão.

Como mostra a Tabela 3, o volume de suor correspondente aos 30 min de pedalada, foi similar entre os grupos ($p > 0,05$), quando expresso em valor absoluto e relativo à ASC. Entretanto, o volume de suor foi maior ($p < 0,05$) nos meninos não-obesos, comparados aos obesos, quando corrigido pela massa corporal. A massa corporal reduziu nos dois grupos ($p = 0,001$) em similar magnitude absoluta (obesos 247 ± 204 g e não-obesos = 183 ± 178 g, $p = 0,373$) e relativa à massa corporal inicial ($0,3 \pm 0,2\%$ nos obesos e $0,4 \pm 0,4\%$ nos não-obesos, $p = 0,40$). A ingestão de líquidos foi similar entre os grupos, resultando em um déficit hídrico também similar ($p > 0,05$; Tabela 3).

Tabela 3. Volume de suor, ingestão de líquido e balanço hídrico

Grupo	Volume de suor			Ingestão ml	Balanço hídrico ml
	ml	ml·m ⁻²	ml·kg ⁻¹		
Obesos (<i>n</i> = 15)	352 ± 215	201 ± 123	5 ± 3	23 (0-136)	-247 ± 204
Não-obesos (<i>n</i> = 15)	279 ± 112	213 ± 80	7 ± 2	25 (0-141)	-198 ± 153
p [#]	0,253	0,760	0,044	0,450	0,463

Volume de suor absoluto (ml), relativo à ASC (ml·m⁻²), relativo à massa corporal (ml·kg⁻¹) e balanço hídrico (ml): valores em média ± desvio-padrão. Ingestão (ml): valores em mediana (amplitude interquartílica). [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos).

A Figura 3 ilustra as similares [Na⁺] (*p* = 0,181), [Cl⁻] (*p* = 0,317) e [K⁺] (*p* = 0,172) no suor, entre os grupos. Ainda, conforme a Tabela 4, o mesmo ocorreu em relação à perda de Na⁺, Cl⁻ e K⁺ pelo suor e à ingestão desses eletrólitos pelo líquido, resultando em um déficit eletrolítico similarmente negativo para Na⁺, Cl⁻ e K⁺ entre os grupos.

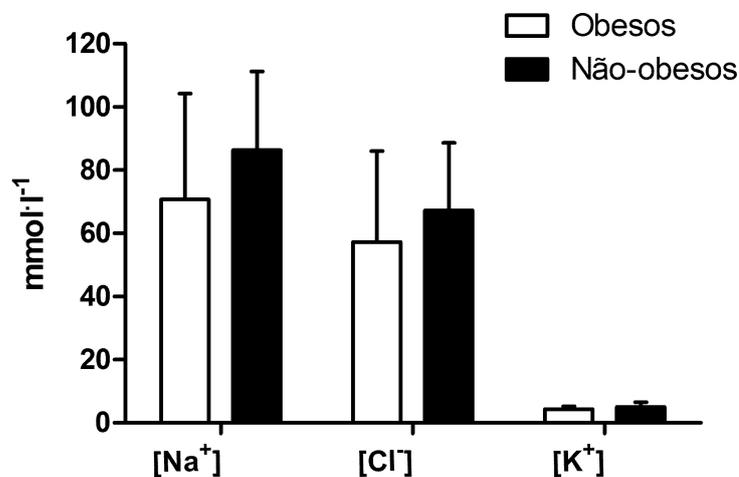


Figura 3. Concentração de sódio [Na⁺], cloro [Cl⁻] e potássio [K⁺] no suor. Valores expressos em média ± desvio-padrão.

Tabela 4. Balanço eletrolítico em $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ após 30 min de pedalada

Eletrólito	Grupo	Perda pelo suor	Ingestão	Balanço eletrolítico
Na^+	Obesos ($n = 15$)	$24,9 \pm 23,0$	0,4 (0-2,6)	$-22,8 \pm 21,2$
	Não-obesos ($n=15$)	$23,6 \pm 11,6$	0,5 (0-2,7)	-22 ± 12
	$p^\#$	0,695	0,450	0,727
Cl^-	Obesos ($n=15$)	$20,4 \pm 19,6$	0,4 (0-2,5)	$-18,5 \pm 17,8$
	Não-obesos ($n=15$)	$18,5 \pm 9,8$	0,5 (0-2,6)	$-17,1 \pm 10,2$
	$p^\#$	0,601	0,450	0,628
K^+	Obesos ($n=15$)	$1,5 \pm 0,8$	0,1 (0-0,7)	$-0,9 \pm 0,9$
	Não-obesos ($n=15$)	$1,5 \pm 0,8$	0,1 (0-0,7)	$-0,8 \pm 0,8$
	$p^\#$	0,533	0,450	0,789

$^\#$ Teste t independente (comparação intergrupos). Perda de eletrólito pelo suor (Na^+ , Cl^- e K^+) e balanço eletrolítico: valores expressos em média \pm desvio-padrão. Ingestão (eletrolítica): valores expressos em mediana (amplitude interquartílica).

No teste de desempenho, os meninos não-obesos pedalaram por mais tempo (média 108 s de 76 a 214 s, $p=0,04$) que seus pares obesos (média 68 s, 57-102 s) e atingiram, conforme demonstrado na Tabela 5, um maior aumento da T_{retal} ($p < 0,05$). A FC aumentou nos dois grupos ($p < 0,05$) similarmente (Tabela 5). Apenas um menino (não-obeso) não realizou esse teste por apresentar náusea, tontura, calafrios e muita sede ($T_{\text{retal}} = 38,5^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{retal}} = 1^\circ\text{C}$). Outros dois meninos (um obeso e outro não-obeso) também apresentaram tontura logo após a pedalada de 30 min; mas os sintomas logo desapareceram, durante os 10 min que antecederam o teste de desempenho.

Tabela 5. Frequência cardíaca e temperatura retal durante teste de desempenho a 90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$

Grupo	FC (bpm)			T_{retal} ($^\circ\text{C}$)		
	Inicial	Final	Δ	Inicial	Final	Δ
Obesos ($n = 15$)	130 ± 15	183 ± 9	53 ± 16	37,8 $\pm 0,3$	37,8 $\pm 0,3$	0 (0-0,1)
Não-obesos ($n=15$)	135 ± 15	184 ± 8	49 ± 15	37,8 $\pm 0,2$	38 $\pm 0,3$	0,1 (0-0,2)
$p^\#$	0,406	0,840	0,481	0,502	0,193	0,045 ^{&}

FC: frequência cardíaca; T_{retal} : temperatura retal. FC inicial, FC final, Δ FC, T_{retal} inicial, T_{retal} final: valores expressos em média \pm desvio-padrão. ΔT_{retal} : valores expressos em mediana (amplitude interquartílica). $^\#$ Teste t independente e $^\&$ Teste u de Mann-Whitney (comparação intergrupos).

DISCUSSÃO

Este estudo, que comparou respostas termorregulatórias ao exercício no calor em meninos púberes obesos e não-obesos, indicou que: 1) ambos os grupos aumentaram similarmente a T_{retal} e a FC durante 30 min de pedalada submáxima no calor; 2) o volume de suor foi menor nos obesos apenas quando corrigido pela massa corporal; 3) as $[\text{Na}^+]$, $[\text{Cl}^-]$ e $[\text{K}^+]$ do suor e a quantidade de Na^+ perdida foram similares entre os grupos; 4) meninos obesos relataram maior TPE após os 20 min de pedalada e maior SSC ao longo da pedalada; e 5) meninos não-obesos tiveram maior tempo de pedalada em uma carga correspondente a 90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$, resultando em maior aumento da T_{retal} .

Já foi observado (HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975) maior T_{retal} e FC, quando cinco meninos obesos caminharam intermitentemente (três sessões de 20 min intervaladas em 5 min), em uma mesma velocidade, em diferentes condições de temperatura (21,1°C, 26,7°C, 29,4°C e 32,2°C; todas 22-25% de UR). Porém, além da sobrecarga da caminhada para os obesos, a velocidade fixa de 4,8 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ poderia representar um maior $\% \text{VO}_{2\text{pico}}$ nos obesos do que nos não-obesos.

Em um estudo (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2009), sob condição térmica de 38°C e 50% UR, combinando duas sessões de 20 min de caminhada com uma sessão de pedalada (20 min) a 30% $\text{VO}_{2\text{pico}}$, não foi observada diferença no aumento da T_{central} (medida por pílula gástrica) entre meninos obesos (0,53°C) e não-obesos (0,77°C). Então, como não houve diferença no aumento da T_{central} entre obesos e não-obesos com o presente protocolo de exercício/calor, a comparação do menor calor específico da gordura (1,63 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$) ao da massa livre de gordura (3,35 $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$) para elucidar um possível maior aumento da T_{central} em obesos (FALK, 1998; HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; BUSKIRK, BAR-OR e KOLLIAS, 1969) não se aplica ao presente estudo.

O volume de suor nos 30 min de pedalada, entre os meninos obesos (~350 ml) deste estudo, foi cerca do dobro do observado nos meninos obesos do estudo de Dougherty, Chow e Kenney (2009), os quais, em uma hora caminhando e pedalando, suaram cerca de 312 ml. Porém, estes meninos viviam em clima temperado e não estavam aclimatizados ao calor. No estudo do grupo de Dougherty (2009), os obesos apresentaram menor volume de suor corrigido pela ASC comparado ao dos não-obesos. Em um estudo mais recente desse grupo

(DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010) evidenciou-se que, quando aclimatizados, o volume de suor corrigido pela ASC dos meninos obesos foi menor, embora o $VO_{2\text{pico}}$ (corrigido tanto pela massa corporal quanto pela massa livre de gordura) permanecesse inferior nos obesos.

A aclimatização ao calor (WENGER, 1988), assim como o condicionamento aeróbico (BUONO e SJOHOLM, 1988), tende a atenuar o aumento da T_{central} e aumentar o volume de suor decorrente do exercício. No presente estudo, assumiu-se o mesmo grau de aclimatização entre obesos e não-obesos, que foram testados na mesma época do verão, viviam em clima subtropical e praticavam atividades físicas *outdoor*. A dificuldade encontrada foi garantir um similar condicionamento aeróbico entre os obesos e os não-obesos. Apesar de o $VO_{2\text{pico}}$ corrigido pela massa corporal ter sido cerca de 30% menor nos obesos, quando expresso alometricamente, o $VO_{2\text{pico}}$ foi similar entre os grupos. Assim, quando os grupos de obesos e não-obesos são similares no grau de aclimatização e condicionamento aeróbico, não parece haver diferenças no volume de suor, mesmo corrigido pela ASC, o que foi aqui mostrado. Para o protocolo utilizado, não se aplicaria a explicação de que a menor razão entre ASC e massa corporal dos obesos, em relação aos não-obesos (ROBINSON, 1942), e a menor condutância de calor pela gordura em relação aos outros tecidos (ZAHORSKA-MARKIEWICZ, 1982) limitariam a sudorese nessa população.

As concentrações de eletrólitos no suor em crianças e jovens durante o exercício foram pouco estudadas, embora não em obesos (McDERMOTT *et al.*, 2009; MEYER *et al.*, 1992). Foi observado, por meio do protocolo utilizado neste estudo, superiores $[Na^+]$ (~ 50-60%) e $[Cl^-]$ (~ 50%) (MEYER *et al.*, 1992), e inferior $[K^+]$ (~ 50%) (McDERMOTT *et al.*, 2009; MEYER *et al.*, 1992) no suor dos dois grupos, em relação às concentrações previamente reportadas para esses eletrólitos em crianças de mesma idade, embora não-aclimatizadas ao calor. Os efeitos da aclimatização ao calor nas concentrações de eletrólitos no suor de crianças ainda são desconhecidos; o que, independentemente do protocolo, da técnica de análise e da condição ambiental, limita um confronto dos resultados aqui encontrados com outros. Apesar de a coleta do suor limitar-se a uma única região, assume-se que o erro para extrapolação das perdas totais de eletrólitos pelo suor foi semelhante para todos os participantes.

Observou-se um insignificante percentual de desidratação (< 1%) e um leve déficit de ~ 0,4 g de Na⁺ nos dois grupos, quando disponibilizada uma bebida carboeletrolítica para os meninos ingerirem espontaneamente. Embora um leve déficit de Na⁺ possa ocorrer sem afetar a [Na⁺] plasmático (MEYER, BAR-OR e WILK, 1995), este estudo limitou-se a avaliar as perdas apenas pelo suor, não incluindo as da urina. O tempo do protocolo/exercício de nosso estudo foi curto para avaliar a hidratação voluntária, mas demonstrou que, nessa condição e, conforme já evidenciado também com atividades mais prolongadas (WILK, RIVERA-BROWN e BAR-OR, 2007; RIVERA-BROWN *et al.*, 1999; MEYER, BAR-OR e WILK, 1995), a ingestão da bebida esportiva, em volumes adequados que contém cerca de 20 mEq.l⁻¹ de Na⁺ não representou sobrecarga eletrolítica às crianças.

No presente estudo, observou-se que os três meninos que não ingeriram qualquer quantidade do líquido foram os que apresentaram sintomas de náuseas e tontura nos 30 min de pedalada. Um menino não-obeso apresentou, além dos sintomas acima, calafrios e muita sede – típicos sintomas de exaustão pelo calor – ao final dos 30 min, apresentando T_{retal} final = 38,5°C. Os outros dois meninos (um obeso e outro não-obeso) apresentaram sintomas breves e respostas similares, com exceção da TPE e da SSC (maior no obeso). Em adultos, os sintomas relacionados à exaustão pelo calor aparecem quando a T_{central} aproxima-se dos 38,5-39°C (LATZKA *et al.*, 1998), a qual pode ser ainda mais elevada em atletas de *endurance* (40°C) (GONZALEZ-ALONSO, CALBET e NIELSEN, 1999)

Valores mais elevados da T_{retal} foram observados nos meninos não-obesos, durante a pedalada intensa até a exaustão. Esse maior aumento da T_{retal} (p = 0,045) é certamente decorrente do maior tempo da pedalada (108 vs 68 s), que provoca maior produção de calor metabólico.

No presente estudo, a TPE foi maior nos obesos do que nos não-obesos a partir dos 25 min da pedalada; enquanto que a SSC foi maior desde o início da pedalada. O grupo de Dougherty (2010) também encontrou resultados semelhantes nas TPE e SSC para meninos obesos aclimatizados, que caminharam em uma mesma intensidade relativa de esforço que os não-obesos no calor. De acordo com os resultados aqui encontrados, as sensações de desconforto no calor nem sempre são refletidas pela exacerbação em parâmetros fisiológicos.

No presente protocolo, optou-se pelo exercício em cicloergômetro para evitar o deslocamento da massa corporal, que poderia sobrecarregar os obesos (BUTTE *et*

al., 2007; FALK, 1998), e pela similaridade na intensidade de esforço relativizando pelo $VO_{2\text{pico}}$ (51,6% nos obesos e 53,3% nos não-obesos). As respostas agudas ao exercício foram observadas por meio de exercício contínuo (30 min de pedalada), diferentemente dos protocolos intermitentes já realizados (DOUGHERTY, CHOW e KENNEY, 2010, 2009; HAYMES, McCORMICK e BUSKIRK, 1975; HAYMES *et al.*, 1974) e a condição ambiental adotada (35°C e 40-45% UR) foi similar às do verão no Sul do Brasil.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou, por meio de um exercício contínuo de 30 min, que meninos púberes obesos e não-obesos, aclimatizados ao calor do verão subtropical e similares quanto ao $VO_{2\text{pico}}$ alométrico, não diferem no comportamento da T_{retal} , da FC e da sudorese, quando pedalam em uma intensidade relativa de esforço submáximo e uma condição ambiental similares. Por outro lado, indicadores subjetivos demonstraram que meninos obesos, mesmo quando aclimatizados ao calor, tendem à maior taxa de percepção de esforço e relatam maior sensação subjetiva de calor durante 30 min de pedalada. Isso demonstra que, mesmo na ausência de comprometimento dos parâmetros fisiológicos, o exercício prolongado no calor pode ser mais desconfortável para os obesos.

Desse modo, ressaltamos que: a) averiguar o conforto térmico de crianças e jovens obesos durante as práticas de exercícios no calor é útil para a garantia do seu bem-estar, da sua adesão ao programa de exercício físico e da escolha de atividades mais adequadas; e b) essas repostas aplicam-se a meninos obesos aclimatizados que praticam atividades físicas no calor, sem poder generalizar àqueles não-aclimatizados e/ou sedentários.

REFERÊNCIAS

- 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.; *et al.* Urinary indices of hydration status. **International Journal of Sport Nutrition**, v.4(3), p. 265-79, 1994.
- ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J. R. Development of Aerobic Fitness during Childhood and Adolescence. **Pediatric Exercise Science**, v.12, p.128-149, 2000.
- BAR-OR, O.; ROWLAND T.W. **Pediatric Exercise Medicine: From Physiologic Principles to Health Care Application**. Human Kinetics Publishing, 2004.
- BELL, L.M.; *et al.* Exercise alone reduces insulin resistance in obese children independently of changes in body composition. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.92(11), p.4230–4235, 2007.
- BIDDLE, S., CAVILL, N., SALLIS, J. Young and Active? Young People and Health Enhancing Physical Activity - Evidence and Implications. London, UK: **Health Education Authority**; 1998.
- BORG, G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. **Scandinavian Journal Rehabilitation**, v.2, p.92-98, 1970.
- 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.
- BUONO, M.J.; SJOHOLM, N.T. Effect of Physical training on peripheral sweat production. **Journal of Applied Physiology**, v.65, p.811-814, 1988.
- BUTTE, N.F.; *et al.* Body Size, Body Composition, and Metabolic Profile Explain Higher Energy Expenditure in Overweight Children. **The Journal of Nutrition**, v.137, p. 2660-67, 2007.
- CALI, A.M.G.; CAPRIO, S. Obesity in children and adolescents. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.93, p.S31-S36, 2008.
- CDC – Center for Disease Control and Prevention. 2000 CDC growth charts: United States [online] Hyaltsville: 2002. Acessado em 2 de janeiro de 2010. Disponível em: <http://www.cdc.gov/growthcharts>.
- DAVIES, C.T.M. Thermal responses to exercise in children. **Ergonomics**, v.24, p.55-61, 1981.
- 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(4), p.779-89, 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.279-289, 2009.
- DUBOIS, D.; DUBOIS, E.F. Clinical calorimetry: a formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. **Archive International Medical**, v.17, p.863-871, 1916.
- FALK, B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. **Sports Medicine**, v.25, p.221-240, 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.688-694, 1992.
- FAIGENBAUM, A. Resistance training for children and adolescents: Are there health outcomes? **American Journal Lifestyle Medicine**, v.1, p.190–200, 2007.
- GONZALES-ALONSO, J.; CALBET, J.A.L.; NIELSEN, B. Metabolic and thermodynamic responses to dehydration-induced reductions in muscle blood flow in exercising humans. **Journal Physiology London**, v.520, p.577-589, 1999.
- HAYMES, E.M.; *et al.* Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. **Journal of Applied Physiology**, v.36, n.5, p.566-571, 1974.
- HAYMES, E.M.; MC CORMICK, R.J.; BURSIRK, E. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. **Journal of Applied Physiology**, v.39, n.5, p.457-461, 1975.
- LATZKA, W.A.; *et al.* Hyperhydration: tolerance and cardiovascular effects during uncompensable exercise-heat stress. **Journal of Applied Physiology**, v.84, p.1858-1864, 1998.
- LEE, J.Y.; *et al.* Differences in rectal temperatures measured at depths of 4–19 cm from the anal sphincter during exercise and rest. **European Journal of Applied Physiology**, v.109, p.73-80, 2010.
- McGUIGAN, M.R.; *et al.* Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, p.80–85, 2009.
- McDERMOTT, B.P.; *et al.* Hydration Status, Sweat Rates, and Rehydration Education of Youth Football Campers. **Journal of Sport Rehabilitation**, v.18, p.535-552, 2009.
- 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.; *et al.* Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.776-781, 1992.

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.

NATIONAL ATHLETIC TRAINER'S ASSOCIATION (NATA). Position Statement: Fluid replacement for athletes. **Journal of Athletic Training**, v.35, n.2, p.212-224, 2000.

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.; *et al.* 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.

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

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

SHIBASAKI, M.; *et al.* Thermoregulatory responses of prepubertal boys and young men to moderate exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, p.212-218, 1997.

TANNER, J.M. Growth at adolescence: Blackwell Scientific Publications. 2nd Edition, Oxford, 1962.

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.

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.

YOUNG, A.J.; *et al.* Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.63, n.3, p.1218-1223, 1987.

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.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que a combinação de fatores que poderiam prejudicar a termorregulação em meninos obesos, envolvendo o calor específico da gordura, à razão entre a ASC e a massa corporal, além da condutância de calor pela gordura, não se aplica em nosso protocolo experimental. Assim, a prescrição de 30 min de pedalada contínua, a 35°C e 40-45% de UR, numa carga correspondente a 50-60% do $VO_{2\text{pico}}$, pode ser fisiologicamente segura para meninos púberes obesos que praticam atividades físicas *outdoor* regulares no calor; mas ressaltamos que esses devam ser monitorados por meio de indicadores subjetivos, de esforço e sensação térmica, para garantia do bem-estar e escolha da modalidade mais adequada, especialmente para os meses do verão. Porém, desconhecemos os efeitos de nosso protocolo em meninos obesos não-aclimatizados e sedentários. Assim, profissionais devem ficar atentos ao índice de estresse ambiental, à ingestão e composição adequada de líquidos e aos sinais e sintomas da hipertermia em crianças e jovens, incluindo obesos. Estas recomendações podem minimizar a chance de comprometimentos à saúde relacionados ao exercício no calor.

Sugerimos que, por meio de protocolos experimentais no calor, estudos futuros investiguem parâmetros fisiológicos e subjetivos em crianças obesas de ambos os sexos: 1) incluindo, além da sessão exercício no calor, uma sessão de exercício em ambiente termoneutro para verificar se um aumento das respostas subjetivas ocorre entre crianças obesas, independentemente do estresse ambiental; e 2) incluindo a mensuração do fluxo sanguíneo, que pode estar comprometido em crianças obesas que se exercitam no calor prolongadamente.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de consentimento informado livre e esclarecido

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

Ele terá que comparecer, dois dias ao Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) localizado na Escola de Educação Física da UFRGS. No primeiro dia será aplicado um questionário sobre a saúde do menino e prática de atividade física. Serão feitas medidas de peso, altura e dobras cutâneas, para avaliar a quantidade de gordura no corpo. Avaliaremos também o estágio de desenvolvimento de maturidade do corpo. Nesse dia será realizado um teste em bicicleta para avaliar o desempenho do menino para exercícios prolongados.

Num segundo dia, o menino irá pedalar numa sala quente (35°C e 40% de umidade relativa durante 30 minutos). Antes de pedalar, o menino (de bexiga vazia) será pesado. Logo após, serão colocados nas costas, coxa, peito e antebraço adesivos absorventes para coletar amostras do suor, que serão retirados ao terminar o exercício. Um termômetro para obter o valor da temperatura interna durante o exercício será utilizado. A medida será feita em contato com o reto, a melhor maneira para controlar possíveis riscos à saúde que o menino possa apresentar quando se exercita no calor. Após o exercício o menino vai urinar para ser pesado novamente. Após um descanso de 10 minutos, realizará outro teste na bicicleta para verificar o tempo que consegue manter a pedalada.

Em ambas as visitas, os responsáveis poderão acompanhar todos os procedimentos da pesquisa.

Nenhum efeito prejudicial 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.

Os voluntários serão acompanhados e terão assistência durante todos os procedimentos por uma equipe treinada, responsável pelo estudo.

A disponibilidade de tempo para estes experimentos é de aproximadamente 1 hora na primeira visita e 2 horas na segunda visita.

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 2008.

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

Orientadora: Dra Flávia Meyer; telefone (51) 99715135

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

APÊNDICE B - Questionário de saúde e atividade física

QUESTIONÁRIO DE SAÚDE E ATIVIDADE FÍSICA

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

EXERCÍCIO

9. Na escola você participa das aulas de Ed. Física? ()Sim ()Não
Quantas horas por semana? _____
10. Tipo de atividade que pratica na Ed. Física? _____
11. Você transpira na sua aula de Ed. Física?
()nunca ()as vezes ()freqüentemente ()sempre
12. Quantas vezes por semana e quanto tempo você pratica?

13. Você pratica algum tipo de esporte (escolinha) fora da Ed. Física?
()sim ()não Se sim qual? _____
14. Quantas vezes por semana? _____
15. Há quanto tempo (meses ou anos) prática exercício? _____

16. Quais as suas atividades preferidas durante seu período de lazer? _____

17. Você transpira durante suas atividades de lazer?

() nunca () as vezes () freqüentemente () sempre

18. Você assiste televisão? () sim () não

19. Quantas horas por dia? _____

20. Quantas vezes por semana? () todos os dias () 3-4 vezes () <2 vezes

21. Você joga vídeo game? () sim () não

22. Quantas horas por dia? _____

23. Quantas vezes por semana? () todos os dias () 3-4 vezes () <2 vezes

24. Você joga ou realiza alguma atividade no computador? () sim () não

25. Quantas horas por dia? _____

26. Quantas vezes por semana? () todos os dias () 3-4 vezes () <2 vezes

27. Você caminha? () sim () não

28. Quantas horas por dia? _____

29. Quantas vezes por semana? () todos os dias () 3-4 vezes () <2 vezes

30. Depois dessas caminhadas, você fica cansado?

() nunca () às vezes () freqüentemente () sempre

31. Você anda de bicicleta? () sim () não

32. Quantas horas por dia? _____

33. Quantas vezes por semana? () todos os dias () 3-4 vezes () <2 vezes

34. Você joga futebol (lazer)? () sim () não

Qual posição? _____ Quantas vezes por semana? _____

35. Realiza outra forma de atividade física que não tenha citado? () sim () não

Se sim: Quais? _____

36. Como você vai e volta do colégio?

() ônibus () carro () Kombi () caminhando

Quanto tempo de ida e volta? _____

37. Você caminha para outro lugar, a não ser para o colégio? () sim () não

36. Quantas horas por dia? _____

37. Quantas vezes por semana? () todos os dias () 3-4 vezes () <2 vezes

38. Na sua casa apartamento tem escadas? () sim () não

39. Se sim, quantos andares? _____

40. Você os utiliza? () nunca () às vezes () freqüentemente () sempre

41. O que costuma fazer no intervalo do colégio? _____

42. Que hora acorda? _____ Que hora dorme? _____ Dorme à tarde? _____

43. Você se considera acima do peso? () sim () não

44. Você se considera uma pessoa fisicamente ativa? ()sim ()não

45. Durante o exercício você costuma suar muito? Sua roupa fica molhada?

()Sim ()Não

46. Você costuma beber algum tipo de bebidas quando realiza algum tipo de atividade física? ()Sim ()Não Qual? _____

Declaro a veracidade das informações acima.

Ass: _____

Data: _____

APÊNDICE C – Consumo de oxigênio durante 30 minutos de pedalada no calor

Tabela. Consumo de oxigênio durante 30 minutos de pedalada no calor

Grupo	VO ₂					
	ml·min ⁻¹	%	ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	%	ml·kg ^{-0,50} ·min ⁻¹	%
Obeso (n=15)	1344±319	51,6±3	17,7±3	51,6±3	153,4±28	51,6±3
Não-obeso (n=16)	1038±237	53,3±4	27,3±3	53,3±4	167,4±24	53,3±4
p [#]	0,009	0,240	<0,001	0,240	0,178	0,230

VO₂: potência aeróbica; ml·min⁻¹: VO₂ absoluto; ml·kg⁻¹·min⁻¹: VO₂ relativo à massa corporal; ml·kg^{-0,50}·min⁻¹: VO₂ alométrico; %VO₂: percentual da potência aeróbica relativa ao VO₂_{pico}. Valores expressos em média±desvio-padrão. [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos). p<0,01 e p<0,001 (diferença significativa intergrupos).

Apêndice D – Comparações intra e intergrupos da temperatura retal e frequência cardíaca durante pedalada de 30 minutos

Tabela. Temperatura retal e frequência cardíaca durante pedalada de 30 minutos no calor

Variável	Grupos	Tempo (minutos)							p ^{##}
		0 m±dp	5 m±dp	10 m±dp	15 m±dp	20 m±dp	25 m±dp	30 m±dp	
T _{retal} (°C) exercício	Obesos (n=15)	37,4±0,3 ^{ab}	37,4±0,3 ^{ab}	37,4±0,3 ^a	37,5±0,3 ^{ab}	37,5±0,4 ^b	37,7±0,3 ^c	37,8±0,3 ^d	<0,001
	Não-obesos (n=16)	37,3±0,2 ^{ab}	37,3±0,2 ^a	37,4±0,2 ^b	37,5±0,2 ^c	37,7±0,2 ^d	37,8±0,2 ^e	37,9±0,2 ^f	<0,001
	p [#]	0,229	0,150	0,652	0,509	0,155	0,156	0,140	
FC (bpm) exercício	Obesos (n=15)	93±9 ^a	148±18 ^b	153±18 ^{bc}	158±20 ^{cd}	162±15 ^{cd}	164±15 ^{de}	169±14 ^e	<0,001
	Não-obesos (n=15)	87±16 ^a	151±14 ^b	161±12 ^c	166±12 ^d	166±13 ^{cd}	166±14 ^{cd}	167±13 ^{cd}	<0,001
	p [#]	0,226	0,577	0,161	0,192	0,429	0,691	0,680	

T_{retal}: temperatura retal. FC: frequência cardíaca. ^{##}ANOVA para medidas repetidas (comparação intragrupos). [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos). ^{a b c d e f} (letras iguais não diferem pelo teste *post hoc* de Bonferroni). Valores expressos em média ± desvio-padrão (m±dp).

Apêndice E - Comparações intra e intergrupos da temperatura retal e frequência cardíaca após protocolo de exercício

Tabela. Temperatura retal e frequência cardíaca durante recuperação de 30 minutos no calor

Variável	Grupos	Tempo (minutos)							p ^{##}
		0 m±dp	5 m±dp	10 m±dp	15 m±dp	20 m±dp	25 m±dp	30 m±dp	
T _{retal} (°C) REC	Obesos (n=15)	37,8±0,3 ^a	37,8±0,3 ^a	37,7±0,3 ^{ab}	37,7±0,3 ^c	37,6±0,4 ^b	37,6±0,4 ^{bcd}	37,6±0,4 ^d	0,013
	Não-obesos (n=16)	38±0,3 ^a	37,9±0,3 ^{ab}	37,9±0,3 ^{bc}	37,8±0,4 ^c	37,8±0,3 ^{cd}	37,7±0,3 ^{de}	37,6±0,2 ^e	<0,001
	p [#]	0,193	0,119	0,176	0,213	0,177	0,412	0,473	
FC (bpm) REC	Obesos (n=15)	183±9 ^a	110±13 ^b	110±13 ^b	105±11 ^b	106±11 ^b	104±13 ^b	102±12 ^b	<0,001
	Não-obesos (n=15)	184±8 ^a	103±3 ^b	101±14 ^b	103±12 ^b	104±12 ^b	96±26 ^b	103±10 ^b	<0,001
	p [#]	0,840	0,425	0,07	0,622	0,537	0,298	0,861	

T_{retal}: temperatura retal. FC: frequência cardíaca. ^{##}ANOVA para medidas repetidas (comparação intragrupos). [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos). ^{a b c d e} (letras iguais não diferem pelo teste *post hoc* de Bonferroni). Valores expressos em média ± desvio-padrão (m±dp). REC: recuperação.

Apêndice F - Comparação intra e intergrupos da taxa de percepção de esforço durante 30 minutos de pedalada

Tabela. Taxa de percepção de esforço durante 30 minutos de pedalada no calor

Variável	Grupos	Tempo (minutos)						p ^{##}
		5 m±dp	10 m±dp	15 m±dp	20 m±dp	25 m±dp	30 m±dp	
TPE	Obesos (n=15)	10±1 ^a	12±1,5 ^b	14±2 ^c	15±2 ^d	17±2 ^{de}	17±3 ^e	0,001
	Não-obesos (n=16)	9±2 ^a	11±3 ^b	12±3 ^b	13±3 ^{cd}	14±3 ^c	15±3 ^d	0,001
	p [#]	0,488	0,221	0,121	0,05	0,04	0,019	

TPE: taxa de percepção subjetiva de calor. ^{##}ANOVA para medidas repetidas (comparação intragrupos). [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos). ^{a b c d e} (letras iguais não diferem pelo teste *post hoc* de Bonferroni). Valores expressos em média ± desvio-padrão (m±dp).

Apêndice G - Comparações do percentual da frequência cardíaca durante pedalada e recuperação

Tabela. Percentual da frequência cardíaca durante pedalada e recuperação no calor (ambos ao longo de 30 minutos)

Variável	Grupos	Tempo (minutos)							p ^{##}
		0 m±dp	5 m±dp	10 m±dp	15 m±dp	20 m±dp	25 m±dp	30 m±dp	
FC (%) Exercício	Obesos (n=15)	64±9 ^a	79±8 ^b	82±8 ^b	85±9 ^b	87±7 ^b	88±6 ^b	91±6 ^b	p<0,001
	Não-obesos (n=16)	62±7 ^a	81±7 ^b	87±6 ^c	89±6 ^c	90±5 ^c	90±5 ^c	90±5 ^c	p<0,001
	p [#]	0,450	0,433	0,064	0,105	0,249	0,473	0,721	
FC (%) REC	Obesos (n=15)	99±7 ^a	59±7 ^b	59,3±7 ^b	56,5±6 ^b	57±7 ^b	56±7 ^b	55,4±7 ^b	p<0,001
	Não-obesos (n=15)	99,2±5 ^a	55±14 ^b	54,3±7 ^b	55,4±6 ^b	56±5 ^b	51,6±14 ^b	55,6±4 ^b	p<0,001
	p [#]	0,889	0,357	0,570	0,600	0,448	0,282	0,904	

^{##}ANOVA para medidas repetidas (comparação intragrupos). [#]Teste *t* independente (comparação intergrupos). ^{a b c} (letras iguais não diferem pelo teste *post hoc* de Bonferroni). Valores expressos em média ± desvio-padrão (m±dp). REC: recuperação.

Apêndice H - Ficha de avaliação 1ª visita: Avaliações Preliminares

Termorregulação, Sudorese e Desempenho em Meninos Púberes Obesos e Não-obesos										
1ª Visita - Avaliação Geral										
Nome:									Telefone:	
ID:	Responsáveis:								Email:	
Antropometria e Tanner			VO₂píco (Teste McMaster)							
Idade:				Data:		Avaliador:				
Data de nascimento:				Massa C. (kg):						
Data da avaliação:				Estatura (cm):						
Avaliador:				Estágio	min	Carga	VO₂	FC	Borg	
		1 ^a	2 ^a	0						
Massa C. (kg):				1						
Estatura (cm):				2						
IMC				3						
Percentil				4						
Classificação				5						
				6						
Dobras cutâneas (mm)				7						
Tríceps				8						
Subesc.				9						
Abdominal				10						
Crista I.										
Supra E.						VO₂máx:		Carga máx:		
Coxa						VO₂ relativo:				
Perna						FC máx:				
Soma TR +SC										
%G										
Massa gorda (kg)						VO₂ rel 50%:				
Massa magra (kg)						Carga relativa 50%:				
						FC 50%:				
Perímetros (cm)		1 ^a	2 ^a			VO₂ rel 60%:				
Braço						Carga relativa 60%:				
Antebraço						FC 60%:				
Abdominal										
Cintura										
Quadril										
Protocolo McMaster - bicicleta ergométrica										
				Est. (cm)	watts	Incremento		Duração	RPM	
Coxa				>120	12,5	12,5		2	50	
Perna				120-139,9	12,5	25		2	50	
Tórax				140-159,9	25	25		2	50	
				≥160	25	50	<i>meninos</i>	2	50	
Tanner						25	<i>meninas</i>	2	50	
Mestrando: Paulo Lague Sehl										
Telefone: (51) 91176735										
Email: psehl@hotmail.com										
				OBS:						

Apêndice I – Ficha de avaliação 2ª visita: Protocolo Exercício no Calor

Termorregulação, Sudorese e Desempenho em Meninos Púberes Obesos e Não-obesos										
Protocolo Exercício no Calor					Avaliadores:					
Nome:					0 min	15 min	30 min			Cargas pré-determ.
ID:		Temp:								Carga exerc (50-60%):
		UR (%):								Carga desemp (90%):
		WBGT:								
1- Probe					14- Garrafa 1 Pós (ml)					
					14-Garrafa 2 pós?					
2- Urina Pré-exercício					16- Urina Pós-exercício					
Volume (ml) descartado					Volume (ml) armazenado					
Coloração					Coloração					
Gravidade específica					Gravidade específica					
3- Massa C. Pré (kg)					17- Massa C. Pós (kg)					
4- Patches					18- Colocar frequencímetro					
5- Frequencímetro					19- Teste Desempenho 90%					
FC e T _{retal}					Hora início:					
					FC					
					Temp _{int}					
Hora entrada câmara:					Início					
6- Garrafa 1 Pré (ml)					Fim					
6- Garrafa 2 exerc (ml) ?					Duração:					
7- FC repouso:										
8- T _{retal} rep:										
9- Protocolo Exercício 30 min					20- Recuperação 30 min					
Hora de início:					Hora início:					
Minuto					Minuto					
Watts					FC					
FC					T _{retal}					
T _{retal}					0					
Borg					5					
0					10					
5					15					
10					20					
15					25					
20					30					
25					Hora final:					
30					21-Garrafa início rec (kg)					
Hora final:					21-Outra ? (kg)					
10- Retirar patches					22- Urina Pós-REC					
11- Urinar					Volume (ml) armazenado					
12- Retirar frequencímetro					Coloração					
13- Secar o corpo					Gravidade específica					
Obs:					23- Retirar frequencímetro					
VO ₂ 50%:					24- Secar o corpo					
VO ₂ 60%:					25- Peso Pós (kg)					
FC 50% - 60% :					26- Garrafa pós rec (ml)					
Carga 50% VO ₂ :					27- Outra (pós rec)?(ml)					
Carga 60% VO ₂ :					28- Retirar Probe					
Carga 90% VO ₂ :					Hora saída:					
Mestrando: Paulo L. Sehl Telefone: (51) 91176 Email:psehl@hotmail.com										

ANEXOS

Anexo A – Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (UFRGS)



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
CARTA DE APROVAÇÃO

pro-pesq

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

Número : 2008157

Título : Regulação Térmica, Sudorese e Tolerância ao Exercício no Calor em Meninos Púberes Obesos e Eutróficos

Pesquisador (es) :

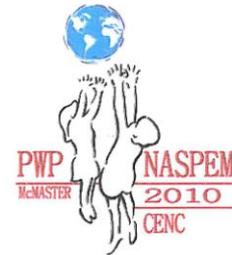
<u>NOME</u>	<u>PARTICIPACÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
FLAVIA MEYER	PESQ RESPONSÁVEL	flaviameyer@uol.com.br	33085869
PAULO LAGUE SEHL	PESQUISADOR	psehl@hotmail.com	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 60 , ata nº 140 , de 19/11/2009 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, sexta-feira, 20 de novembro de 2009


JOSE ARTUR BOGO CHIES
 Coordenador do CEP-UFRGS

Anexo B – Abstract – NASPEM



June 3, 2010

Dear Paulo Sehl,

Thank you for submitting an abstract to NASPEM-PWP 2010. We received 118 abstract submissions, and all abstracts were carefully reviewed by a committee of experts in pediatric exercise science that was chaired by Dr. Bareket Falk. We are delighted to accept your abstract entitled:

Thermoregulatory Responses of Obese and Lean Pubescent Boys during Cycling in the Heat

Due to the number of abstracts submitted and the limited space in the scientific program, the Abstract Committee provided a recommendation on each abstract for either oral or poster. Whenever possible, the final decision attempted to support the author's preference.

Your abstract was accepted for a **POSTER** presentation. Details of the final program will be available shortly.

Thank you for supporting NASPEM-PWP 2010. Information regarding conference registration can be found at:

http://fhs.mcmaster.ca/pediatrics/naspem_conference.html

or

<http://www.naspem.org/MeetingsandConferences.aspx>

The deadline for early registration is June 15. If you have any questions, please do not hesitate to contact me.

Sincerely,

Dr. Brian Timmons, PhD
NASPEM-PWP 2010 Conference Chair

905-521-2100, ext. 77218 or 77615 (phone)
905-521-7936 (fax)
timmonbw@mcmaster.ca

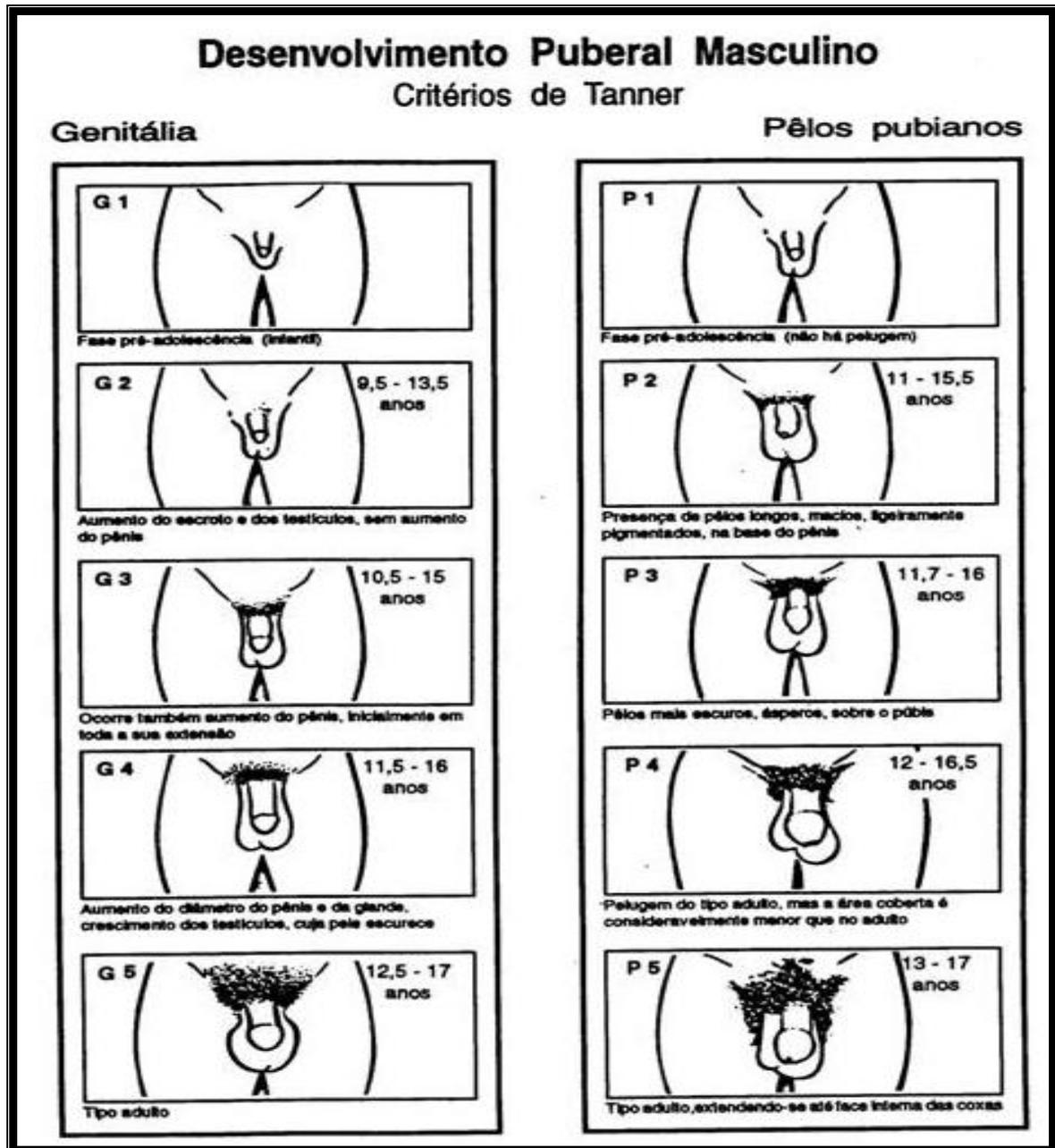
ANEXO C - Abstract – 2nd Joint Meeting North American Society for Pediatric Medicine (NASPEM)

Thermoregulatory Responses of Obese and Lean Pubescent Boys during Cycling in the Heat

PL. Sehl, GT. Leites, JM. Bijoldo, F. Meyer. UFRGS, Porto Alegre, Brazil.

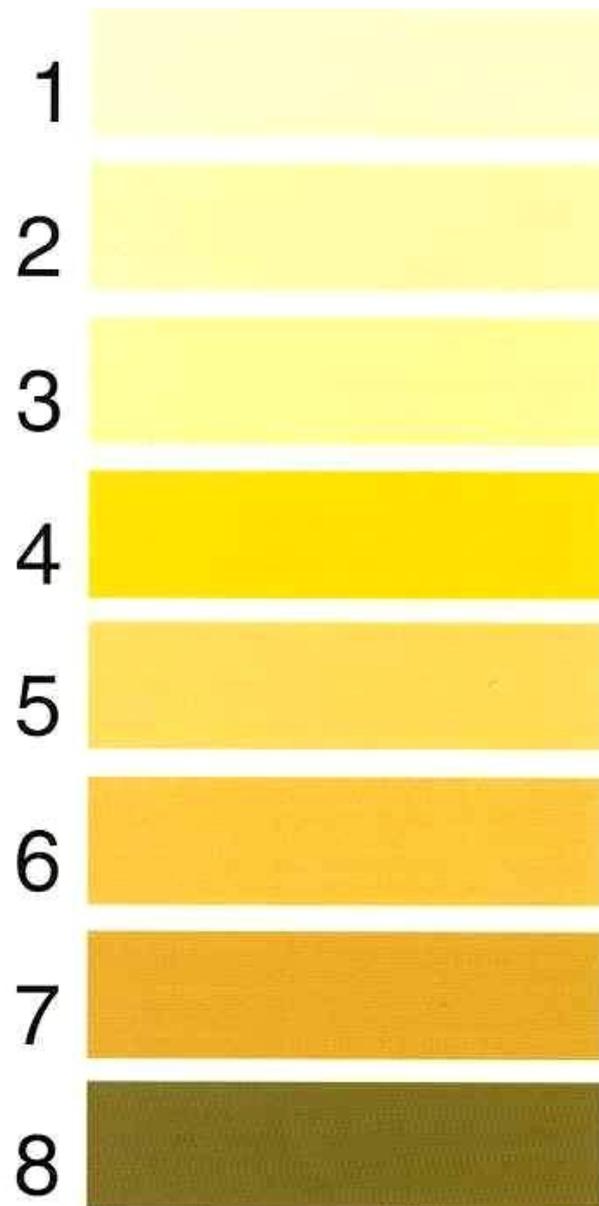
Introduction: The belief that obese children have impaired thermoregulation during exercise in the heat may be due to their sweating response. **Purpose:** To compare sweat volume (SV) and rectal temperature (T_{re}) of obese and lean pubescent boys during a 30-min exercise in the heat. **Methods:** Nine obese (age 12.8 ± 1.5 yrs; BMI 29.7 ± 4.5 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, body fat $65 \pm 13\%$) and 9 lean (age 12.7 ± 0.9 yrs; BMI 16.6 ± 1.5 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$, body fat $10.9 \pm 3\%$) physically active boys participated in the study. VO_{2peak} , determined in a first visit (indirect calorimetry in cycloergometer), was 35.2 ± 7.2 in the obese and 51 ± 6.1 for $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ in the lean group. The experiment consisted of 30-min cycling at 50-60% VO_{2peak} in a chamber (35°C , 40-45% RH). During cycling, T_{re} (Physitemp, Ret-1) and heart rate (HR) (Polar) were constantly monitored, and VO_2 was checked once at midway. SV was calculated from change in body mass (after urination), corrected by the voluntary fluid intake. Independent t-test was used to compare groups. **Results:** SV, after 30-min cycling corrected by body mass, was lower ($p=0.05$) in the obese (4.64 ± 2.79 vs 7.33 ± 2.79 $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1}$); but, when corrected by body surface area, it was similar between groups (193 ± 119 and 217 ± 73.8 $\text{ml} \cdot \text{m}^{-2}$). Absolute change in body mass was similar and negative in both groups (0.2 ± 0.2 and 0.2 ± 0.1 kg), but represented a significant lower ($p=0.038$) % dehydration in the obese ($0.3 \pm 0.3\%$) compared to the lean ($0.6 \pm 0.3\%$) group. T_{re} increase was similar in the obese ($0.35 \pm 0.3^\circ\text{C}$) and lean ($0.62 \pm 0.34^\circ\text{C}$) groups, and also HR increase (47.5 ± 20.9 and 44.3 ± 13.2 bpm, respectively). **Conclusion:** This exercise in the heat protocol indicated some trend to a lower SV among obese boys, but similar increase in core temperature.

ANEXO E – Desenvolvimento puberal masculino de Tanner (1962)



ANEXO F – 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 G – Escala de coloração da urina de Armstrong

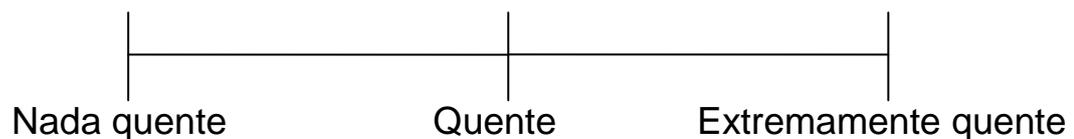
ANEXO H – Escala de Sensação subjetiva de calor de Young *et al.* (1987):
mensuração durante a pedalada

Escala de Sensação Subjetiva de Calor

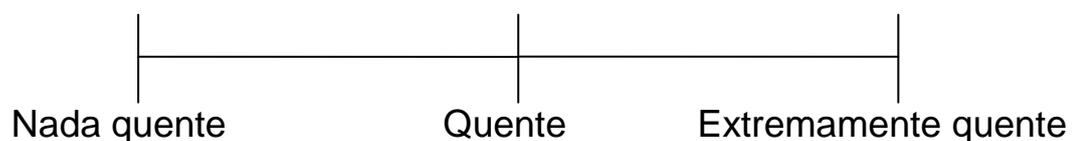
Exercício

Nome: _____ ID: _____

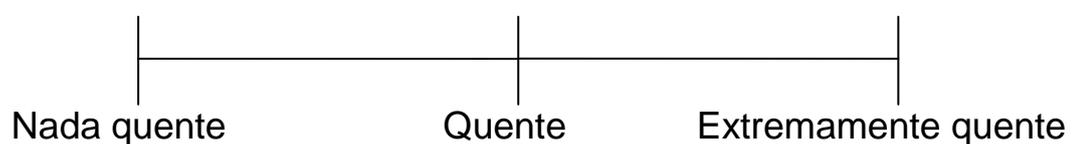
Exercício (0 minuto)



Exercício (15 minutos)



Exercício (30 minutos)



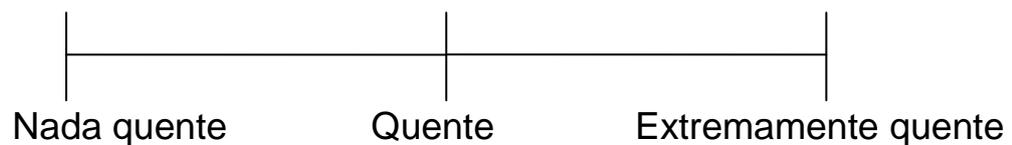
**ANEXO I – Escala de Sensação subjetiva de calor de Young *et al.* (1987):
mensuração durante a recuperação**

Escala de Sensação Subjetiva de Calor

Recuperação

Nome: _____ ID: _____

Recuperação (0 minuto)



Recuperação (15 minutos)



Recuperação (30 minutos)

