

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

SUDORESE, BALANÇO HIDRO-ELETROLÍTICO E TOLERÂNCIA  
AO EXERCÍCIO NO CALOR EM MENINOS PRÉ-PÚBERES  
OBESOS

PORTO ALEGRE, OUTUBRO DE 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO  
MOVIMENTO HUMANO

SUDORESE, BALANÇO HIDRO-ELETROLÍTICO E  
TOLERÂNCIA AO EXERCÍCIO NO CALOR EM MENINOS  
PRÉ-PÚBERES OBESOS

JOCELITO BIJOLDO MARTINS

Orientador(a)

FLÁVIA MEYER, PhD

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, da Escola de Educação Física, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre.

Porto Alegre, Outubro de 2009.

“Todos os homens buscam a felicidade. E não há exceção. Independentemente dos diversos meios que empregam, o fim é o mesmo. O que leva um homem a lançar-se à guerra e outros a evitá-la é o mesmo desejo, embora revestido de visões diferentes. O desejo só dá o último passo com este fim. É isto que motiva as ações de todos os homens, mesmo dos que tiram a própria vida.”  
(Blaise Pascal)

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho, possivelmente não teria acontecido se não fosse a participação, apoio, compreensão, ajuda e comprometimento de algumas pessoas as quais serei eternamente grato.

Gostaria de agradecer a minha mãe, Esmeralda e minha irmã Rose Elaine pelo apoio nas minhas decisões, por me fazer acreditar nos meus sonhos e ajudar a conquistá-los, sendo os alicerces da minha vida.

A minha namorada Carla, pelo amor, companheirismo, amizade e dedicação a minha pessoa durante essa caminhada.

Aos colegas de grupo, Claudinha, Rô, e em especial ao Paulinho “Dody”, pela parceria, participação e alegrias compartilhadas durante essa caminhada.

Aos colegas de PPGCMH, Giovani “Pitiço”, André Lopes, Cadore, Orlando, Max, Josi, Eraldo, Tini, Fernandão, Carpes, Eduardo Ramos, Lenice Carvalho, Cintia Sctochoero, Claudia Schneider, Katiuce, (desculpe se esqueci alguém, mas são tantos...) muito obrigado pela parceria, pelas discussões de corredores, pelas risadas, por tudo que pude compartilhar com todos.

Aos professores do PPGCMH, Prof. Álvaro, Prof. Marco Vaz, Prof. Leonardo Tartaruga, pelos ensinamentos durante todos esses anos.

Aos funcionários do LAPEX e do PPGCMH, a Rosangela “Dani”, o Luciano, o Luiz, a Vanessa, a Carla, o Alex, a Márcia, a Aninha, o André, a Rosane, e as gurias da impermeabilização, em especial a Marcinha.

Aos pais e aos meninos voluntários desse estudo, que literalmente “suaram” por essa pesquisa.

A Capes pelo apoio financeiro fornecido durante esses dois anos de mestrado.

Gostaria de agradecer ao Prof. Arthur Sacramento, que foi a pessoa que me ensinou os primeiros passos na investigação científica, obrigado pela sua

participação significativa na minha formação, pela amizade, pelos ensinamentos, pelos conselhos, pelo incentivo na iniciação científica.

E por ultimo, porém não menos importante, gostaria de fazer um agradecimento muito especial a minha professora orientadora Flávia Meyer. Flávia, obrigado pela oportunidade, pelo investimento, pela paciência, pela atenção, pelos ensinamentos, pelo carinho, pelos “puxões de orelha”, tudo foi muito válido nesses anos em que trabalhamos juntos e espero que possamos continuar por muitos outros anos.

## RESUMO

**Introdução:** Apesar da falta de evidência científica, costuma-se pensar que crianças obesas apresentam desvantagens e são menos tolerantes ao se exercitarem no calor. **Objetivo:** Comparar a sudorese, balanço hidro-eletrolítico e a tolerância ao exercício no calor entre meninos pré-púberes obesos e eutróficos que pedalam no calor. **Métodos:** Trinta meninos pré-púberes foram alocados para o grupo de obesos (GO, n=15) e eutróficos (GE, n=15). Após uma sessão de avaliação, os meninos vieram ao laboratório para a sessão de exercício no calor (35°C, 40-45%UR). Eles pedalavam por 30 minutos a 50-60% do seu  $VO_{2pico}$  pré determinado. Para coletar o suor, adesivos foram fixados sobre 4 regiões da pele (costas, peito, antebraço e coxa) e as amostras foram analisadas para eletrólitos (AVL, 9180). Após o exercício, amostras de urina foram coletadas para análise de volume e eletrólitos para coleta regional de suor (AVL, 9180). Após a pedalada, os meninos descansaram por 10 min e pedalaram a 90% do  $VO_{2pico}$  até a exaustão e o tempo de desempenho foi registrado. Durante a sessão, a ingestão “*ad libitum*” de uma bebida esportiva foi avaliada. Sensação subjetiva de calor foi avaliada durante toda a sessão. **Resultados:** A taxa de sudorese relativa a área de superfície corporal foi similar entre eutróficos e obesos ( $488 \pm 232$  e  $417 \pm 89.6$  ml.m<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup>, respectively; p=0,004) e as [Na<sup>+</sup>] e [Cl<sup>-</sup>] no suor foram maiores nos meninos obesos (p=0,005), enquanto a [K<sup>+</sup>] foi similar entre os grupos (p = 0,004). Ambos os grupos apresentaram um balanço hidroeletrólítico negativo, mas não existiu diferença entre os grupos. O tempo de desempenho foi maior no GE ( $89.6 \pm 64.1$ ) que o GO ( $41.2 \pm 29.6$  seg; p=0,005). A sensação subjetiva de calor foi maior no GO que no GE em todos os momentos (p = 0,005). **Conclusão:** Meninos pré-púberes obesos apresentaram uma similar taxa de sudorese relativa à área de superfície corporal, menor tolerância ao exercício no calor, e maior [Na<sup>+</sup>] e [Cl<sup>-</sup>] no suor comparado aos eutróficos. Crianças obesas não diferem das eutróficas em relação ao balanço hidroeletrólítico.

Palavras chave: exercício – obesidade – suor – eletrólitos - hidratação

## ABSTRACT

**Introduction:** Despite the lack of scientific evidence, it is generally thought that obese children have disadvantages and are less tolerant to exercise in the heat when compared to lean children. **Purpose:** To compare sweating, water and electrolyte balance, and exercise tolerance heat between obese and lean boys who cycled in the heat. **Methods:** Thirty prepubertal boys formed an obese (OG, n=15) and a lean (LG, n=15) group. After a screening session and evaluation of physical characteristics and  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , the boys came to the laboratory for the exercise session in the heat ( $35^{\circ}\text{C}$ , 40-45%RU). They cycled for 30 minutes at 50-60% of their pre-determined  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . To collect sweat, patches were attached on 4 regions of the skin (back, chest, forearm and thigh) and samples were analyzed for electrolytes (AVL 9180). After exercise, urine samples were collected for volume and electrolyte analyses (AVL 9180). After this cycling, the boys rested 10 min and cycled at 90%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  until exhaustion and the performance time was registered. During the whole session, a sports drink was available to drink “ad libitum” and the intake was registered. Heat subject sensation (HSS) was evaluated during the whole session. **Results:** Sweat rate relative to body surface area was similar between lean and obesity boys ( $488 \pm 232$  and  $417 \pm 89.6 \text{ ml.m}^2.\text{min}^{-1}$ , respectively;  $p=0.004$ ) and sweat  $[\text{Na}^+]$  and  $[\text{Cl}^-]$  were higher in the obese boys ( $p=0.005$ ), whereas  $[\text{K}^+]$  was similar between groups ( $p = 0.004$ ). Both groups showed a negative water and electrolyte balance, but there was no difference between groups. The performance time was longer in the LG ( $89.6 \pm 64.1$ ) than OG ( $41.2 \pm 29.6 \text{ sec}$ ;  $p=0.005$ ). The heat subjective sensation was higher in GO than in GE at all times ( $p = 0.005$ ). **Conclusion:** Obese prepubescent boys showed similar sweat rate relative to body surface area, lower exercise heat tolerance, and increased  $[\text{Na}^+]$  and  $[\text{Cl}^-]$  sweat loss compared to lean children. Obese children did not differ from lean children related to water and electrolyte balance.

Key words: exercise – obesity – sweat – electrolytes - hydration

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>12</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2. OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>16</b>
<b>1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1. Obesidade.....	17
2.2. Obesidade pediátrica.....	18
2.3. Riscos da desidratação na atividade física para crianças obesas.....	21
2.4. Hidratação voluntária durante exercício no calor.....	24
2.5. Referências bibliográficas.....	27
2.6. Artigo 1 de Revisão: Obesidade pediátrica e exercício no calor.....	34
<b>3. ARTIGO 2 ORIGINAL</b>	
Sudorese, balanço hidroeletrólítico e tolerância ao exercício no calor em meninos pré-púberes obesos.....	55
<b>4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>81</b>
<b>5. ANEXOS</b> .....	<b>82</b>
5.1. Curvas de percentil do IMC – Center for Disease Control.....	82
5.2. Classificação de Tanner- Desenvolvimento maturacional masculino.....	83
5.3. Tabela de coloração da urina.....	84
5.4. Carta de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa.....	85
<b>6. APÊNDICE</b> .....	<b>86</b>
6.1. Termo de consentimento informado.....	86
6.2. Anamnese.....	88
6.3. Escala subjetiva de tolerância ao calor.....	92
6.4. Planilha de coleta de dados.....	93

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Desenho experimental da sessão de exercício no calor .....	63
<b>Figura 2.</b> Percentual da FC em relação à $FC_{máx}$ durante o exercício e o teste de desempenho.....	66
<b>Figura 3.</b> Taxa de esforço percebido (TEP) durante o exercício no calor.....	66
<b>Figura 4.</b> Sensação subjetiva de calor durante o exercício e recuperação.....	67
<b>Figura 5.</b> Balanço hídrico durante os 30 minutos de pedalada.....	68
<b>Figura 6.</b> Concentração de $Na^+$ , $Cl^-$ e $K^+$ no suor coletado por regiões - escápula, peito, antebraço e coxa.....	69

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

**Tabela 1.** Comparação entre crianças obesas e eutróficas em fatores que influenciam a termorregulação durante o exercício no calor.....43

### ARTIGO 2

**Tabela 1.** Características físicas da amostra em cada grupo.....59

**Tabela 2.** Consumo de oxigênio na metade do exercício de 30 minutos.....65

**Tabela 3.** Taxa de sudorese absoluta, relativa à massa corporal e relativa a área de superfície.....68

**Tabela 4.** Balanço eletrolítico durante o protocolo de 30 minutos.....70

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1.</b> Recomendações gerais de hidratação para crianças .....	46
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

*Ad libitum* – fornecimento de líquidos “à vontade” de acordo com o desejo do sujeito

ASC – área de superfície corporal

ASC/MC – relação entre a área de superfície corporal e a massa corporal

*Breath by breath* – análise da troca de gases (O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) a cada respiração

°C – unidade de medida de temperatura em graus Celsius

CHO – carboidrato

[Cl<sup>-</sup>] – concentração de cloro

COL – coloração da urina

FC – frequência cardíaca

GEU – gravidade específica da urina

IMC – índice de massa corporal

[K<sup>+</sup>] – concentração de potássio

Kcal/dia – quantidade de energia gasta por dia

$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$  – quantidade de energia liberada por quilograma de peso corporal para elevar a temperatura em 1 grau Celsius

$\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  – consumo de oxigênio por quilograma de peso corporal a cada minuto

mEq/L – unidade de concentração

$\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  – unidade de concentração

[Na<sup>+</sup>] – concentração de sódio

% máx – percentual da medida máxima

rpm – rotações por minutos

SSC – sensação subjetiva de calor

Tau – temperatura auricular

TPE – taxa percebido de esforço

UR – umidade relativa do ar

VO<sub>2máx</sub> – consumo máximo de oxigênio

VO<sub>2pico</sub> – consumo de oxigênio de pico

WBGT – índice calculado para mensurar o estresse térmico do ambiente (*wet bulb global temperature*)

## APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado está estruturada da seguinte maneira:

Uma Introdução abordando o problema, a justificativa e os aspectos relevantes do estudo;

Uma Revisão de Literatura que aborda mais o tema de obesidade e efeitos do estado de hidratação no exercício. Os aspectos de regulação térmica para crianças obesas que se exercitam no calor, assim como as recomendações específicas para a população pediátrica estão abordados num manuscrito de revisão intitulado: “Obesidade pediátrica e exercício no calor” a ser submetido para publicação na Revista Paulista de Pediatria.

Um manuscrito original intitulado: “Sudorese, balanço hidroeletrólítico e tolerância ao exercício no calor em meninos pré-púberes obesos” que será traduzido para a língua inglesa e submetido para publicação no periódico *Medicine and Science in Sports and Exercise*

Uma conclusão resumindo os principais achados da dissertação e sugestões para futuros estudos.

## 1. INTRODUÇÃO

O exercício é recomendado para a população pediátrica obesa como manejo no tratamento da obesidade (MATSUDO ET AL., 2003; MELLO ET AL., 2004; SCHNEIDER E MEYER, 2007), tendo como objetivo o aumento do gasto calórico e todos os benefícios proporcionados pelo exercício. No entanto, existem preocupações ao recomendar atividades físicas para crianças obesas, dentre elas a prática de atividades físicas prolongadas no calor.

Essas preocupações são baseadas através de observações empíricas, nem sempre confirmadas cientificamente, relacionadas ao excesso de gordura corporal sobre a regulação térmica. Além da sudorese que já é menor em crianças comparadas aos adultos (MEYER ET AL., 1992), outros fenômenos morfológicos como a menor razão entre a área de superfície corporal e à massa corporal (BAR-OR ET AL., 2004), e fisiológicos como o menor fluxo sanguíneo periférico (VROMAN ET AL., 1983), maior custo energético para o deslocamento (BUTTE ET AL., 2007), menor conteúdo de água corporal relativo à massa corporal (BAR-OR ET AL., 2004), nos fazem acreditar que crianças obesas possam ser menos tolerantes e mais suscetíveis aos danos provocados pelo exercício no calor. Entretanto, poucos estudos verificaram as respostas de crianças obesas relacionadas à sudorese, a temperatura interna e aclimação, quando essas se exercitam em temperaturas elevadas (HAYMES ET AL., 1974; 1975; DOUGHERTY ET AL., 2009).

Um desequilíbrio hidroeletrolítico pode comprometer a realização de atividades no calor, entretanto, é desconhecida a composição eletrolítica do suor e o consumo voluntário de bebidas de crianças obesas que se exercitam no calor. A ausência de dados sistemáticos, comparativos entre a população

pediátrica obesa e eutrófica, associada à preocupação ao prescrever exercícios, com segurança para crianças obesas que se exercitam no calor, incentivou o desenvolvimento do seguinte questionamento:

Crianças pré-púberes obesas diferem de eutróficas quanto a sudorese, balanço hidroeletrólítico e tolerância ao exercício no calor quando pedalam numa mesma intensidade relativa de exercício e condição de calor ambiental?

## 1.2. OBJETIVO GERAL

Comparar a sudorese, balanço hidro-eletrolítico e a tolerância ao exercício entre meninos pré-púberes obesos e eutróficos que pedalam numa mesma intensidade relativa de exercício e condição de calor ambiental.

### 1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar as respostas entre meninos obesos e eutróficos em relação:

- ✓ a taxa de sudorese e a concentração de eletrólitos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ) no suor;
- ✓ o balanço hidro-eletrolítico (ingestão menos a perda total);
- ✓ a ingestão de uma bebida quando ele fica disponível para ser ingerida “*ad libitum*”;
- ✓ as respostas de frequência cardíaca (FC), temperatura auricular e taxa de percepção de esforço (TPE);
- ✓ o desempenho (ou tempo de performance), numa determinada intensidade ;
- ✓ a sensação subjetiva de calor durante o exercício e recuperação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Uma pequena abordagem em relação à prevalência da obesidade, os riscos para a saúde e questões da desidratação na população pediátrica são apresentados de forma sucinta, pois as questões da obesidade pediátrica relacionadas aos fatores que tornariam esta população prejudicada ao realizar exercício no calor, são abordadas no artigo de revisão apresentando no item 2.6.

### 2.1. Obesidade

A obesidade é considerada uma doença crônica, definida como excesso de gordura corporal (GUILLAUME, 1999; ZLOCHEVSKY, 1996), em que ocorre concomitância de fatores endógenos e exógenos (BLAIR ET AL. 1996; EGGER ET AL. 1996). A contribuição de fatores endógenos variam entre 1 e 3% e os exógenos entre 97 e 99% (DAMIANI ET AL., 2000; MAFFEIS, 2001). Atualmente a obesidade é um sério problema para a saúde pública, sendo considerada a desordem nutricional mais comum em pessoas que vivem em países industrializados (BAUTISTA-CASTAÑO, 2004).

Grandes avanços nos últimos anos foram alcançados no entendimento da etiologia da obesidade e os mecanismos de suas complicações (FLIER ET AL., 2004). O tecido adiposo aumenta com a obesidade, sendo considerado não apenas um tecido passivo para armazenamento de energia, mas também um órgão endócrino e metabolicamente ativo com funções críticas na regulação fisiológica sistêmica, assim como na imunidade e inflamação (ZHANG ET AL., 2009). A obesidade está correlacionada com várias

comorbidades, dentre as mais relevantes se encontram o diabetes mellitus, dislipidemia, hipertensão arterial e doenças cardiovasculares (BESSESEN ET AL., 2008). Essa condição também tem sido relacionada a problemas vasculares implicando nos estágios iniciais do desenvolvimento da aterosclerose (KARPORFF ET AL., 2009).

A prevalência da obesidade vem crescendo assustadoramente, nos últimos 30 anos aproximadamente 119 milhões de americanos (quase 2/3 da população americana) estão obesos ou com excesso de peso. Recentes estudos estimam que entre 1/4 e 1/3 dos adultos americanos estão obesos e uma em cada seis crianças e adolescentes estão com excesso de peso (BASKIN, ET AL., 2005). Este aumento na prevalência da obesidade tem sido evidenciado em todas as idades, gêneros e grupos raciais. No Brasil a prevalência da obesidade vem crescendo constantemente, principalmente na região sul, onde a prevalência de obesidade é a maior do país (VEDANA ET AL., 2008).

## 2.2. Obesidade pediátrica

Atualmente, 17% das crianças e adolescentes nos Estados Unidos estão com excesso de peso ou obesidade, esse número tem aumentado significativamente durante o período de desenvolvimento/crescimento corporal (OGDEN ET AL., 2006). A prevalência dos riscos do excesso de peso e do próprio excesso de peso em crianças e adolescentes aumentou aproximadamente 32% entre os anos de 2003 e 2006 (OGDEN ET AL., 2008).

Diversas explicações foram propostas para apontar o crescimento do problema da obesidade infantil. Entre elas se encontram o desmame precoce e por consequência a ingestão de alimentos inadequados, emprego de fórmulas lácteas inadequadamente preparadas, distúrbios relacionados ao comportamento alimentar e relação familiar inconstante (FISBERG, 1995). Outros fatores para o desenvolvimento da obesidade podem variar com o sexo, idade e fatores culturais e geográficos podendo conduzir a ingestão de alimentos em quantidades elevadas, maiores que as que podem ser utilizadas como substrato energético pelo organismo (SÉRES ET AL, 2003). Um estilo de vida sedentário contribui para o aumento na prevalência da obesidade pediátrica. Crianças e adolescentes parecem ocupar seu tempo diário em atividades sedentárias como jogar vídeo game, assistir televisão, navegar na internet, entre outros (PATE ET AL., 2006). Isso claramente não é compensado por uma maior participação das crianças em atividades físicas/esportivas, conduzindo proporcionalmente ao aumento na prevalência do sedentarismo e da obesidade pediátrica.

O risco de obesidade em crianças com parentes obesos é mais do que o dobro que em crianças sem essas características genéticas (TREUHT ET AL., 2000). Embora seja conhecido que fatores genéticos desempenham uma função no desenvolvimento da obesidade infantil (BOUCHARD, 2009), uma alteração substancial na carga genética não é uma explicação razoável para explicar o aumento na prevalência da obesidade vista nas últimas décadas (HILL ET AL., 2005). Costa et al. (2006), descrevem que o risco de uma criança com os dois pais obesos se tornar obesa é de 80%, se apenas um dos pais é obeso cai para 50%, e se ambos os pais não são obesos, o risco é de apenas

10%. Crianças obesas são também mais susceptíveis que crianças eutróficas a se tornarem adultos obesos (WHITAKER ET AL., 1997).

A combinação de sedentarismo e obesidade é metabolicamente deletéria ao organismo. O sistema cardiovascular e o endócrino são os mais afetados por essa combinação, embora todos os órgãos e sistemas fiquem comprometidos. Crianças obesas apresentam mais frequentemente hipertensão, dislipidemia (AGGOUN, 2007; BEAULOYE ET AL., 2007). A avaliação do espessamento da camada íntima das grandes artérias (principalmente nas carótidas) tem sido utilizada como um marcador precoce de aterosclerose, também observada na população pediátrica obesa (FREEDMAN ET AL., 2004; 2008; SCHIEL ET AL., 2007). Cerca de 20 a 30% das crianças com obesidade apresentam níveis elevados de pressão arterial (FIGUEROA-COLON ET AL., 1997), além disso, crianças obesas são mais suscetíveis a se tornarem jovens adultos hipertensos (ORIO ET AL., 2007). Elevados níveis de obesidade em crianças tem importantes prejuízos para a saúde, incluindo risco aumentado para o desenvolvimento de diabetes mellitus tipo 2, complicações cardiovasculares, alguns tipos de câncer, problemas ortopédicos (fraturas, desvios posturais, degenerações prematuras das articulações), problemas gastrointestinais (esteatose hepática não alcoólica, constipação, refluxo gastroesofágico e diverticulite), complicações respiratórias (asma, síndrome da hipoventilação, apnéia obstrutiva do sono, doença pulmonar obstrutiva crônica). Em longo prazo, outros problemas podem estar relacionados à obesidade infantil como depressão, ansiedade e sentimento de rejeição crônica (DIETZ, 1998; DYWER ET AL., 1998; HILL ET AL., 2003; HOUTKOOPE ET AL., 1992; SÉRES ET AL., 2003).

Diversas entidades desenvolveram consensos em relação ao combate a obesidade, abordando estratégias de manejo da obesidade (QUAK ET AL., 2008). Entre estas estratégias encontram-se:

- envolvimento da família no processo de mudança no estilo de vida;
- uma abordagem apropriada ao obeso;
- mudança no comportamento a longo tempo;
- uma restrição na ingestão calórica através de uma alteração na dieta;
- um aumento na atividade física;
- uma diminuição no comportamento sedentário.

A atividade física tem sido recomendada no manejo da obesidade para aumento do gasto energético, além dos benefícios cardiovasculares e metabólicos promovidos pelo exercício (CALI ET AL., 2008). Church et al. (2007) verificaram uma relação linear entre o aumento do volume de exercícios e os benefícios sobre o controle da obesidade e aumento no condicionamento físico. Isso demonstra que quanto maior o volume semanal de exercícios, melhores resultados se obterá contra a obesidade, logicamente respeitando os processos de adaptação do organismo.

### 2.3. Riscos da Desidratação na Atividade Física para Crianças

Crianças que realizam atividades físicas prolongadas ou intermitentes e intensas podem apresentar desidratação (maior perda hídrica pela sudorese do que a ingestão de líquidos), que poderá prejudicar o desempenho e a saúde

(MEYER & PERRONE, 2004; SAWKA, 1992). Apesar da menor taxa de sudorese em crianças, elas também apresentam o risco de desidratação. Estudos em laboratório com controle das condições ambientais e da intensidade de exercício demonstram que as crianças podem desidratar tanto como adultos se nenhum líquido for ingerido (MEYER & BAR-OR, 1994). A desidratação involuntária durante o exercício no calor não tem sido estudada em crianças obesas. Não existem dados referentes à desidratação em crianças obesas ao se exercitarem no calor. A desidratação (1-3% do peso corporal) tem sido descrita em jovens desportistas que praticam esportes coletivos (CASA ET.AL., 2005) muitas vezes devido à dinâmica do jogo (poucos períodos de intervalo) o que dificulta a reposição hídrica adequada. Uma desidratação leve (2% do peso corporal) prejudicou o desempenho de atividades no basquete em meninos de 12 a 15 anos de idade (DOUGHERTY ET AL., 2006). Como em adultos, a desidratação em crianças pode prejudicar a função cognitiva (D'ANCI, 2006; BAR-DAVID ET AL., 2005) e o seu impacto no desempenho esportivo deve ser considerado.

Crianças podem não se hidratar completamente quando elas dispõem de água para beber *ad libitum* durante o exercício (BAR-OR ET AL., 1980; BAR-OR, 1992). Um atraso na percepção da sede não deve ser a razão para esta desidratação involuntária. Quando crianças desidrataram através do exercício no calor, a percepção da sede aumentou significativamente mesmo com uma leve (~100g) perda da massa corporal (MEYER ET AL., 1994). Durante a recuperação, a maioria das crianças se recuperou da desidratação, principalmente quando as bebidas com os sabores favoritos estavam disponíveis para elas beberem *ad libitum*.

Existe uma carência de estudos que investigaram a perda eletrolítica, especialmente através do suor e urina, de crianças e adolescentes obesos que se exercitam no calor. Sabe-se que um balanço negativo elevado pode afetar as concentrações dos eletrólitos, especialmente o  $\text{Na}^+$  provocando a hiponatremia. Em adultos a hiponatremia (concentração de  $\text{Na}^+$  sanguíneo  $< 130$  mEq/L) tem sido descrita principalmente em eventos prolongados ( $>2\text{h}$ ) no qual um excesso de líquidos sem  $\text{Na}^+$  são ingeridos e a sudorese é intensa. A hiponatremia pode também ocorrer quando existe um aumento da taxa de perda de  $\text{Na}^+$ , ingestão inadequada de  $\text{Na}^+$  na dieta ou na bebida durante o exercício, baixos graus de aclimatização e/ou condicionamento aeróbico (MURRAY & EICHNER, 2004). A maioria dos indivíduos são assintomáticos com o  $\text{Na}^+$  sanguíneo de 125 a 135 mEq/L. Com valores menores, (120-125 mEq/L) sintomas como cãibra, náusea, vômito, cefaléia, letargia, confusão mental e edema dos pés e das mãos podem ocorrer. Uma diminuição ainda maior na  $[\text{Na}^+]$ , especialmente quando muito rápido, pode resultar em edema cerebral, convulsões e coma (MURRAY & EICHNER, 2004). Crianças e adolescentes poderiam apresentar risco de hiponatremia durante o exercício (PATEL ET AL., 2005), mas isto não tem sido investigado. Especialmente crianças obesas, que geralmente se exercitam em intensidades relativas maiores, devem ter cuidado na reposição de eletrólitos e ficarem atentas quantos aos sinais da hiponatremia descritos anteriormente.

#### 2.4. Hidratação voluntária

A hidratação voluntária tem sido avaliada em diversas populações, entretanto não há dados sistemáticos relacionados à obesidade infantil.

Adolescentes que realizaram uma hora de exercício aeróbico a 26,5°C e 27,3% de umidade relativa não desidrataram quando eles tinham acesso a bebidas com sabor, carboidrato e eletrólitos; possivelmente devido às características da bebida (HORSWILL ET AL., 2005). Nestes estudos, a intensidade de exercício, o nível de desidratação e a temperatura corporal, eram constantemente monitorados em laboratório por questões de segurança. Contudo, estes protocolos podem não refletir situações de treinamento ou competição em campo. Durante uma corrida de triathlon infantil, cerca de 50% dos meninos e meninas desidrataram entre 2-3%. Em três meninos (8-13 anos), a desidratação foi de 2%, e em 7% dos meninos excedeu a 3%, mesmo com bebidas disponíveis para beber (WILK, 2001).

Meninos atletas maiores de 15 anos de idade apresentaram uma maior taxa de sudorese (~1,3 L/h) do que meninos menores de 15 anos (0,64 L/h), mas ambos os grupos desidrataram durante uma corrida simulada de duatlon apesar da disponibilidade de água. A ingestão de fluídos foi maior durante a pedalada do que na corrida, indicando que a modalidade do exercício e os períodos de recuperação afetam a ingestão voluntária de fluídos em adolescentes (IULIANO, 1998).

Outro aspecto importante é a composição dos líquidos, a presença de eletrólitos, principalmente sódio ( $\text{Na}^+$ ), e carboidrato parecem atenuar o grau de desidratação voluntária. Wilk e Bar-Or (1996), observaram 12 crianças que

realizavam exercício intermitente no calor (35°C, 43% de umidade relativa) por cerca de 3 horas. Em três situações distintas, elas bebiam água pura, água com sabor uva ou solução eletrolítica com o mesmo sabor uva. A ingestão voluntária foi 45% maior quando o sabor foi adicionado aumentando em 46% com a solução glico-eletrolítica, ambas comparadas com a água pura. Um estudo subsequente (WILK ET AL., 1998) mostrou que bebidas com sabor uva contendo carboidratos e eletrólitos (NaCl) consistentemente preveniu a desidratação involuntária em meninos. Usando um protocolo similar de exercício, mas testando meninos aclimatizados ao calor, foi também mostrado que a desidratação ocorreu com água pura, mas não com bebidas contendo carboidrato e eletrólitos (RIVERA-BROW ET AL., 1999; RODRIGUEZ ET AL., 1995).

Wilk et al. (2007) mostraram que meninas não aclimatizadas ao calor apresentaram um aumento de 24% e 38% na ingestão voluntária quando água com sabor e bebida carboidroeletrolítica, respectivamente, estavam disponíveis para beber à vontade, ambas comparadas com água pura. Entretanto, todas as bebidas foram suficientes para repor todos os líquidos perdidos durante o exercício. Estes dados demonstram que a adição de eletrólitos (principalmente Na<sup>+</sup>) e carboidratos parece promover a ingestão voluntária de líquidos durante o exercício. Rivera-Brown et al. (2008), demonstraram que o sabor da bebida ou a adição de eletrólitos e carboidrato não preveniu a desidratação voluntária em condições ambientais úmidas e quentes em meninas aclimatizadas ao calor e bem condicionadas fisicamente. No entanto, houve uma tendência a retenção de líquidos com a bebida acrescida com 18 mmol.L<sup>-1</sup> de NaCl e 6% de carboidrato.

Parece que a hidratação voluntária não é uma estratégia interessante de hidratação em crianças e adolescentes. A determinação da taxa de sudorese e a composição eletrolítica do suor, principalmente a  $[\text{Na}^+]$  e  $[\text{Cl}^-]$  é a melhor conduta nas estratégias de reidratação.

## 2.5. Referências bibliográficas

1. AGGOUN Y. Obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular disease. **Pediatric Research**. 61: 653-59, 2007.
2. BAR-DAVID Y, URKIN J, KOZMINSKY E. The effect of voluntary dehydration on cognitive functions of elementary school children. **Acta Paediatrica**. 94: 1667-73, 2005.
3. BAR-OR O., ROWLAND T.W. **Pediatric Exercise Medicine: From Physiologic Principles to Health Care Application**. Human Kinetics Publishing, 2004.
4. BAR-OR O, BLIMKIE CJR, HAY JA, MACDOUGALL JD, WARD WM. Voluntary dehydration and heat intolerance in patients with cystic fibrosis. **Lancet**. 339: 696-99, 1992.
5. BAR-OR, O., DOTAN, R., INBAR, O., ROTHSTEIN, A., ZONDER, H. Voluntary hypohydration in 10-12-year-old boys. **Journal of Applied Physiology**. 48: 104-8, 1980.
6. BASKIN, M.L., ARD, J., FRANKLIN, F., ALLISON, D.B. Prevalence of obesity in the United States. **Obesity Review**. 6: 5-7, 2005.
7. BAUTISTA-CASTAÑO, I., DORESTE, J., SERRA-MAJEM, L. Effectiveness of interventions in the prevention of childhood obesity. **European Journal of Epidemiology**. 19: 617-22, 2004.
8. BEAULOYE V, ZECH F, TRAN HT, CLAPUYT P, MAES M, BRICHARD SM. Determinants of early atherosclerosis in obese children and adolescents. **Journal Clinical Endocrinology Metabolism**. 92: 3025–32, 2007.
9. BESSESEN DH. Update on Obesity. **Journal Clinical Endocrinology Metabolism** 93: 2027–34, 2008.
10. BLAIR, S.N., HORTON, E., LEON, A.S., LEE, I.M., DRINKWATER, B.L., DISHMAN, R.K., et al. Physical activity, nutrition , and chronic disease. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 28: 335 – 49, 1996.

11. BOUCHARD, C. Childhood obesity: are genetic differences involved? **American Journal Clinical Nutrition**. 89(suppl):1494S–501S, 2009.
12. BUTTE, NF., PUYAU, MR., VOHRA, FA., ADOLPH, AL., MEHTA, NR., ZAKERI I. Body Size, Body Composition, and Metabolic Profile Explain Higher Energy Expenditure in Overweight Children. **Journal Nutrition**. 137: 2660–67, 2007.
13. CALI A.M.G AND CAPRIO S. Obesity in children and adolescents. **Journal Clinical Endocrinology Metabolism**. 93: S31-S36, 2008.
14. CASA, D.J., YEARGIN, S.W., DECHER, N.R., MCCAFFREY, M., JAMES, C.T. Incidence and degree of dehydration and attitudes regarding hydration in adolescents at summer camp. **Medicine in Science and Sports in Exercise**. 37: S463, 2005.
15. CHURCH TS, EARNEST CP, SKINNER JS, BLAIR SN. Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. **JAMA**. 297:2081–2091, 2007.
16. COSTA RF, CINTRA IP, FISBERG M. Prevalência de Sobrepeso e Obesidade em Escolares da Cidade de Santos, SP. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**. 50(1):60-67, 2006.
17. D'ANCI KE, CONSTANT F, ROSENBERG IH. Hydration and cognitive function in children. **Nutrition Review**. 64:457-64, 2006.
18. DAMIANI D, CARVALHO DP, OLIVEIRA RG. Obesidade na infância – um grande desafio! **Pediatria Moderna**. 36 (8):489-528, 2000.
19. DIETZ WH & BELLIZZI MC. Introduction: the use of body mass index to assess obesity in children. **American Journal Clinical Nutrition**. 70 (Suppl 1):123-5, 1999.
20. DWYER JT. Predictors of overweight and overfatness in a multiethnic pediatric population. **American Journal Clinical Nutrition**. 67:602–10, 1998.

21. DOUGHERTY KA, BAKER LB, CHOW M, KENNEY WL. Two percent dehydration impairs and six percent carbohydrate drink improves boy's basketball skills. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 38:1650-58, 2006.
22. EGGER G, BOLTON A, O'NEILL M, FREEMAN D. Effectiveness of an abdominal obesity reduction programme in men: the Gut Buster 'waist loss' programme. **International Journal Obesity Relation Metabolism Disorders**. 20 : 227 – 31, 1996 .
23. FIGUEROA-COLON R, FRANKLIN FA, LEE JY, ALDRIDGE R, ALEXANDER L. Prevalence of obesity with increased blood pressure in elementary school-aged children. **South Medical Journal**. 90: 806–813, 1997.
24. FISBERG ME. Obesidade na infância e adolescência. São Paulo, **Fundação BYK**, 1995.
25. FLIER JS. Obesity wars: molecular progress confronts an expanding epidemic. **Cell**. 116(2):337-50, 2004.
26. FREEDMAN DS, DIETZ WH, TANG R, MENSAH GA, BOND MG, URBINA EM, SRINIVASAN S, BERENSON GS. The relation of obesity throughout life to carotid intima-media thickness in adulthood: the Bogalusa Heart Study. **International Journal Obesity Relation Metabolism Disorders**. 28: 159–166, 2004.
27. FREEDMAN DS, PATEL DA, SRINIVASAN SR, et al. The contribution of childhood obesity to adult carotid intima-media thickness: the Bogalusa Heart Study. **International Journal Obesity**. 32:749–56, 2008.
28. GUILLAUME M. Defining obesity in childhood: current practice. *American Journal Clinical Nutrition*. 70: 126S-30S, 1999.
29. HAYMES, E.M., BUSKIRK,E.R., HODGSON, J.L., LUNDEGREN, H.M., NICHOLAS, W.C. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. **Journal of Applied Physiology**. 36(5): 566-571, 1974.

30. HAYMES, E.M., MC CORMICK, R.J., BURSIRK, E. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. **Journal of Applied Physiology**. 39(5): 457-61, 1975.
31. HILL JO, WYATT HR, REED GW, PETERS JC. Obesity and the environment: where do we go from here? **Science**. 299: 853–855, 2003.
32. HORSWILL, C.A., PASSE, D.H., STOFAN, J.R., HORN, M.K., MURRAY, R. Adequacy of fluid ingestion in adolescents and adults during moderate-intensity exercise. **Pediatric Exercise Science**.17: 41-50, 2005.
33. HOUTKOOOPER LB. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. **Journal of Applied Physiology**. 72:366-73, 1992.
34. IULIANO, S., NAUGHTON, G., COLLIER, G., CARLSON, J. Examination of self-selected fluid intake practices by junior athletes during a simulated duathlon event. **International Journal of Sports Nutrition**. 8: 10-23, 1996.
35. KARPORFF K. Abnormal vascular reactivity at rest and exercise in obese boys. **European Journal Clinical Investigation**. 39 (2): 94–102, 2009.
36. MAFFEIS, C.,SCHUTZ, Y., GREZZANI, A., PROVERA, S., PIACENTINI, G., TATÒ, L. Meal-Induced thermogenesis and obesity: is a fat meal a risk factor for fat gain in children? **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**. 86: 214-19, 2001.
37. MATSUDO, V.K.R., ANDRADE, D. R., MATSUDO, S.M.M., ARAÚJO T.L., ANDRADE, E.,OLIVEIRA LCE., et.al. Construindo saúde por meio da atividade física em escolares. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 11: 111-18, 2003.
38. MELLO, E.D., LUFT, V., MEYER, F. Obesidade infantil: Como podemos ser eficazes? **Jornal de Pediatria**. 80:173-82, 2004.
39. MEYER, F. & BAR-OR, O. Fluid and electrolyte loss during exercise. **Sports Medicine**. 18 (1), 5 – 9, 1994.

40. MEYER, F. & PERRONE, C. A. Hidratação pós-exercício: Recomendações e fundamentação teórica. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. 12 (2), 87 – 90, 2004.
41. MEYER, F., O. BAR-OR, J.D. MCDOUGALL, G.J.F. HEIGENHAUSER. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 24: 776-81, 1992.
42. MURRAY R, EICHNER ER. Hyponatremia of exercise. **Current Sports Medicine Report**. 3: 117-18, 2004.
43. OGDEN CL, CARROLL MD, CURTIN LR, MCDOWELL MA, TABAK CJ, FLEGAL KM. Prevalence of overweight and obesity in the United States, 1999–2004. **JAMA**. 295:1549–55, 2006.
44. OGDEN CL, CARROLL MD, FLEGAL KM. High body mass index for age among US children and adolescents, 2003–2006. **JAMA**. 299: 2401–5, 2008.
45. ORIO F JR, PALOMBA S, CASCELLA T, SAVASTANO S, LOMBARDI G, COLAO A. Cardiovascular complications of obesity in adolescents. **Journal Endocrinology Investigation**. 30: 70–80, 2007.
46. PATE RR, WANG CY, DOWDA M, FARRELL SW, O'NEILL JR. Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999–2002 National Health and Nutrition Examination Survey. **Archives Pediatric Adolescents Medical**. 160: 1005–1012, 2006.
47. PATEL DR, TORRES AD, GREYDANUS DE. Kidneys and Sports. **Adolescent Medical Clinical**. 16: 111-19, 2005.
48. QUAK SH, FURNES R, LAVINE Z, BAUR LA. Obesity in Children and Adolescents. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition**. 47:254–259, 2008.
49. RIVERA-BROWN AM, GUTIÉRREZ, R., GUTIÉRREZ, J.C., FRONTERA, W.R., BAR-OR, O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. **Journal of Applied Physiology**. 86: 78-84, 1999.

50. RIVERA-BROWN AM, RAMÍREZ-MARRERO, F.A., WILK, B., BAR-OR, O. Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls in a hot and humid climate. **European Journal Applied Physiology.**, 103: 109-16, 2008.

51. RODRIGUEZ S, RIVERA-BROWN AM, FRONTERA, W.R., RIVERA,M.A., MAYOL, P.M., BAR-OR, O. Effect of drink pattern and solar radiation on thermoregulation and fluid balance during exercise in chronically heat acclimatized children. **American Journal of Human Biology.** 7: 643-50, 1995.

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

53. SCHIEL R, BELTSCHIKOW W, RADON S, KRAMER G, PERENTHALER T, STEIN G. Increased carotid intima-media thickness and associations with cardiovascular risk factors in obese and overweight children and adolescents. **European Journal Medical Research.** 12: 503–508, 2007.

54. SCHNEIDER, P., MEYER, F. O papel do exercício físico na composição corporal e na taxa metabólica basal de meninos adolescentes obesos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento.** 15(1): 101-107, 2007.

55. SERÉS L. Función cardiopulmonar y capacidad de ejercicio en pacientes con obesidad mórbida. **Revista Especialista en Cardiologia.** 56(6):594-600, 2003.

56. TREUHT, MS. Effects of familial predisposition to obesity on energy expenditure in multi prepubertal girls. **American Journal Clinical Nutrition.** 71:893-900, 2000.

57. VEDANA, EHB. Prevalência de Obesidade e Fatores Potencialmente Causais em Adultos em Região do Sul do Brasil. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia.** 52(7):1156-1162, 2008.

58. VROMAN, N.B., BUSKIRK, E.R., HODGSON, J.L. Cardiac output and skin flow in lean and obese individuals during exercise in the heat. **Journal of Applied Physiology.** 55(1): 69-74, 1983.

59. WHITAKER RC, WRIGHT JA , PEPE MS, SEIDELL KD & DIETZ. Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. **New England Journal Medical**. 337:869-73, 1997.
60. 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**. 33: S137, 2001.
61. 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**. 80: 1112-17, 1996.
62. WILK B., KRIEMLER, S., KELLER, H., BAR-OR, O. Consistency in preventing voluntary dehydration in boys who drink a flavored carbohydrate-NaCl beverage during exercise in the heat. **International Journal of Sport Nutrition**. 8: 1-9, 1998.
63. WILK B., RIVERA-BROWN, AM., BAR-OR, O. Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. **European Journal Applied Physiology**. 101: 727-34, 2007.
64. ZHANG S, LIU X, YU Y, HONG X, CHRISTOFFEL KK, WANG B, et al. Genetic and Environmental Contributions to Phenotypic Components of Metabolic Syndrome: A Population-based Twin Study. **Obesity**. 17(8): 1581-87, 2009.
65. ZLOCHEVSKY ERM. Obesidade na infância e adolescência. **Revista Paulista de Pediatria**. 14:124-33, 1996.

## 2.6. ARTIGO 1 DE REVISÃO

Título: O desafio do calor para crianças obesas: uma revisão

Título abreviado: Obesidade Pediátrica e Exercício no Calor

Autores: Ms. Jocelito Bijoldo Martins & Dra. Flávia Meyer

E-mail dos autores: [martins.jocelito@gmail.com](mailto:martins.jocelito@gmail.com)

[flaviameyer@uol.com.br](mailto:flaviameyer@uol.com.br)

Ambos os autores possuem currículo cadastrado na Plataforma Lattes no CNPq.

Ambos os autores participaram efetivamente de todas as fases de desenvolvimento do manuscrito de revisão.

Conflito de interesse: Nada a declarar

Instituição: Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano

Escola de Educação Física - ESEF/UFRGS

Laboratório de Pesquisa do Exercício - LAPEX

Autor correspondente e responsável pelos contatos pré-publicação: Flávia Meyer

Rua Felizardo, 750; Bairro Jardim Botânico - Porto Alegre/RS.

Tel: (51) 33085861 Fax: (51) 33085830

E-mail: [flaviameyer@uol.com.br](mailto:flaviameyer@uol.com.br)

Total de palavras do texto: 2619

Total de palavras do resumo: 207

Número de tabelas e figuras: 2

## Resumo

A atividade física, o exercício físico e esportes são recomendados no manejo da obesidade infantil; entretanto, desconhecemos se crianças obesas apresentam desvantagens das respostas termorregulatórias e de hidratação frente ao estresse térmico. **OBJETIVO:** Revisar aspectos sobre o exercício no calor em crianças obesas, incluindo a regulação térmica, sudorese e riscos de desidratação; e recomendações para a prática segura de exercícios. **FONTE DE DADOS:** Os artigos foram criteriosamente escolhidos utilizando as bases de dados Pubmed e Scielo por palavras-chaves (*obesity, children, exercise, heat, thermoregulation, hydration*) relacionadas ao tema e dando preferência às publicações com critérios de seleção da amostra bem definidos (período 1969 – 2009). **SÍNTESE DOS DADOS:** Os poucos dados da literatura científica sugerem que as crianças obesas são menos tolerantes ao exercício no calor. A combinação de fatores termorregulatórios e características físicas parecem contribuir para essa menor tolerância ao calor. O sedentarismo responsável pelo baixo condicionamento físico é um fator interveniente para as respostas termorregulatórias. Para um maior esclarecimento, os estudos deveriam comparar crianças obesas e eutróficas com um similar grau de condicionamento físico. **CONCLUSÃO:** Atividade física deve ser recomendada para a criança obesa, no entanto, devemos considerar as condições térmicas do ambiente para evitar e minimizar o desconforto e os riscos de doenças provocadas pelo calor.

Palavras-chave: regulação térmica - crianças – exercício – calor

### Abstract

Physical activity, exercise and sports are recommended for handling childhood obesity. However, we still do not know if obese children have thermoregulatory and dehydration disadvantages in response to thermal stress.

**OBJECTIVE:** To review aspects about exercise in the heat in obese children, including thermal regulation, sweating and dehydration risks; and also to present guidelines for safe exercise practices. **DATA SOURCE:** The articles were chosen using Pubmed and Scielo databases by the following key words (obesity, children, exercise, heat, thermoregulation, hydration) related to the subject. Also, we choose from publications presenting sample well-defined inclusion criteria (period 1969 – 2009). **DATA SYNTHESIS:** There are some data in the literature suggesting that obese children are less tolerant to exercise in the heat than lean children. It seems that a combination of the child's thermoregulatory capabilities as well as physical characteristics contribute to a reduced heat tolerance in obese children. Studies should compare obese and normal weight children with a similar aerobic capacity in order to better understand this subject. **CONCLUSION:** Physical activity must be recommended for obese child. However, we should always consider environmental conditions in order to avoid discomfort and to minimize risk of diseases caused by heat.

Key-words: thermal regulation – children – exercise - heat

## INTRODUÇÃO

O aumento da prevalência da obesidade pediátrica é uma preocupação em Saúde Pública (Savoye, 2007, Shultz et al., 2009), incluindo o Brasil (Costa et al, 2006; Junior et al, 2008; Biscegli et al, 2008; Dermatini et al, 2008; Vieira et al, 2008; Junior et al, 2008; Fagundes et al, 2008; Oliveira et al, 2008).

Crianças e adolescentes obesos devem incorporar atividades físicas em seu estilo de vida para aumentar o gasto calórico, ajudando no manejo da obesidade e das suas complicações (Mello et al, 2004; Schneider e Meyer, 2007), principalmente nos países de clima tropical como o Brasil. Assim, o aumento da atividade física, seja na forma de esportes ou exercícios físicos sistemáticos, é recomendado já que crianças obesas são geralmente sedentárias e podem apresentar outros fatores de risco para doenças crônicas (Freedman et al, 1999; Cali et al, 2008). Porém, uma preocupação do exercício mais prolongado é a elevação da temperatura corporal que afeta o desempenho e a saúde (American Academy of Pediatrics, 2005; Bar-Or & Rowland, 2004).

Alguns fatores podem prejudicar o controle da temperatura corporal em crianças obesas: a menor razão entre a área de superfície e a massa corporal, menor condicionamento físico, maior custo energético para a realização da atividade (Butte et al., 2007), menor conteúdo de água relativo à massa corporal (Bar-Or E Rowland, 2005), menor fluxo sanguíneo periférico e menor capacidade de aclimatação da glândula sudorípara (Dougherty et al., 2009). O conhecimento nessa área tem sido estudado em jovens já fisicamente ativos ou atletas (Bergeron et al., 2009), que geralmente não são obesos. Outro fator que prejudica a regulação térmica, o desempenho e a saúde é a desidratação

corporal (perda do fluído corporal) (Sawka et al., 1992). A elevada perda de líquidos durante a realização de exercícios, principalmente em climas quentes, pode ocorrer em crianças, mesmo que a água esteja disponível para ser ingerida a vontade (Bar-Or et al, 1980; Meyer et al, 1994; 1995; Wilk et al., 1996; 2007; Rivera-Brown et al, 1999; Rivera-Brown; 2008). Além disso, crianças obesas poderiam restringir a ingestão voluntária de líquidos durante o exercício, principalmente se acreditarem que beber durante o exercício prejudicaria a perda de peso proporcionada pelo exercício.

Este artigo tem como objetivo revisar aspectos relacionados à regulação térmica e da desidratação durante o exercício no calor em crianças obesas, assim como as recomendações para a prática segura de exercícios físicos.

## **Regulação Térmica em Crianças Obesas durante Exercício no Calor**

A termorregulação é uma série de processos fisiológicos que objetiva manter a temperatura central em equilíbrio, evitando grandes variações e manter o ótimo funcionamento do organismo (Wendt et al., 2007). Ela é basicamente influenciada por fatores que propiciam o ganho e a perda de calor. Dentre os que provocam o ganho de calor estão o metabolismo e o calor ambiental (temperatura, umidade relativa, radiação, velocidade do vento) (Wendt et al., 2007). Para a perda de calor os fatores são: a radiação, a condução, a convecção e a evaporação do suor. Durante a realização de atividades físicas, a evaporação se torna a principal via para a perda de calor, e consequentemente manutenção da temperatura corporal. Diante desses fatores que contribuem para o ganho e a perda de calor corporal, existem características físicas, fisiológicas e morfológicas específicas de crianças obesas que potencialmente prejudicariam a termorregulação durante a realização de atividades físicas no calor. Entretanto, há pouca informação sobre as respostas termorregulatórias durante a realização de exercícios no calor, especialmente na população pediátrica obesa.

## **Fatores que Contribuem para o Ganho de Calor em Crianças Obesas**

Uma maior área de superfície corporal (ASC) relativa à massa corporal (ASC/MC) das crianças, comparada aos adultos, poderia induzir um maior ganho de calor pela superfície da pele quando a temperatura ambiental é maior do que a temperatura da pele (Bar-Or, 1989). Em crianças obesas, comparadas com crianças eutróficas, essa razão ASC/MC é menor, indicando

que o ganho de calor relativo à massa corporal é menor. Isso pode ser uma vantagem em climas mais quentes quando a temperatura do ambiente é maior que a temperatura da pele (Rowland et al., 2008). Isto foi verificado em um estudo com adultos (Zahorska-Markiewicz, 1982), onde mulheres obesas em repouso no calor (47°C bulbo seco e 39°C bulbo úmido) apresentaram menor aumento na frequência cardíaca e na temperatura retal comparada com mulheres eutróficas. Apesar de apresentarem uma menor taxa de sudorese, as mulheres obesas toleraram melhor o calor. Acredita-se que essa resposta possa também ocorrer em crianças obesas comparadas as eutróficas, entretanto nenhum estudo investigou isso em até o momento.

Bar-Or et al (1969), compararam mulheres obesas com não obesas, em diferentes temperaturas ambientais (21,1°C; 26,7°C; 29,4°C e 32,2°C) e verificaram que as obesas tiveram uma maior elevação da temperatura retal e frequência cardíaca ao caminharem em esteira rolante a uma velocidade fixa de 4,8 km.h<sup>-1</sup> a 5% de inclinação. Outro estudo (Haymes et al 1974) com um delineamento semelhante comparou meninas pré-púberes eutróficas e obesas quanto às respostas ao estresse térmico, não encontrando diferença entre os grupos. Esse mesmo grupo de pesquisadores (Haymes et al, 1975) comparou meninos pré-púberes obesos com eutróficos, verificando que os meninos obesos respondem com uma maior elevação da temperatura retal e frequência cardíaca. Esses estudos, apesar de pioneiros, impossibilitam conclusões devido a limitações metodológicas: a) foi utilizada a caminhada em esteira (ao invés de cicloergometro) onde se tem a sustentação do peso corporal, o que para a criança obesa seria mais dispendioso energeticamente. Falk (1998), em sua revisão, sugere que estudos na área de termorregulação devem ser

realizados em cicloergometro para evitar as influências do custo energético da locomoção, assim como das dimensões (frequência e comprimento de passada) e composições corporais na produção de calor metabólico, o que potencialmente afetaria a avaliação de variáveis termorregulatórias; b) foi utilizada uma carga ou intensidade única para todas as crianças, podendo representar diferentes esforços relativos. A resistência e a potência aeróbica ( $VO_{2máx}$ ) devem ser considerada quando se estuda termorregulação durante o exercício. Crianças obesas geralmente apresentam uma baixa potência aeróbica, conseqüentemente, quando realizam uma atividade física numa determinada intensidade absoluta, elas estão se exercitando numa maior intensidade relativa ( $\%VO_{2max}$ ) quando comparada com os seus pares eutróficos (Bar-Or & Roland, 2004). Além dessa maior intensidade relativa, o maior custo energético para locomoção em crianças obesas (Butte et al., 2007) induz a um maior aumento da temperatura central e posteriormente conduzindo a uma fadiga precoce, sendo potencializado quando exercícios são realizados em condições de estresse térmico. Portanto, crianças obesas que praticam exercícios no calor merecem uma atenção especial quantos aos cuidados e recomendações de exercício.

### **Fatores que Contribuem para a Eliminação de Calor em Crianças Obesas**

Crianças e adolescentes obesos podem ter prejuízos na eliminação do calor corporal, em relação às alterações hormonais, não só pelo aumento da adiposidade como também pela diminuição de condicionamento físico, relevante na população pediátrica obesa (Butte et al. 2007). Sendo assim, a

adiposidade corporal aumentada pode afetar o desempenho e a aclimatização da glândula sudorípara.

A relação ASC/MC pode ser uma desvantagem em climas moderadamente quentes (quando a temperatura da pele é maior do que a temperatura ambiente), fazendo com que a criança obesa perca menos calor, por convecção e radiação, para o ambiente dificultando assim a eliminação de calor corporal (Haymes et al., 1974).

O calor específico da gordura é muito menor que o da massa livre de gordura (1,63 vs 3,35 kJ.kg<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup>, respectivamente), então o calor específico corporal é dependente da composição do mesmo (nível de adiposidade) (Falk, 1998). Sendo assim, para uma determinada massa corporal, uma maior quantidade de estresse térmico é necessária para elevar a temperatura central de crianças eutróficas (menor adiposidade) comparado com crianças obesas (maior adiposidade). Neste caso, o calor específico corporal de meninos obesos é menor, podendo apresentar uma desvantagem durante a exposição e/ou realização de exercícios no calor.

Além disso, a gordura apresenta menor quantidade de água (cerca de 10% no tecido adiposo) do que a maioria dos outros tecidos (ex: 80% no músculo esquelético) (Falk, 2008), deste modo, indivíduos obesos têm uma menor quantidade relativa de água por massa corporal. Assim, certo grau de desidratação, determinado pela percentagem da perda de peso em relação ao inicial, representa para o obeso um maior déficit relativo de água corporal total.

Associado a esse maior déficit relativo, é possível que crianças obesas restrinjam a ingestão de líquidos por erroneamente acreditarem que a perda imediata de peso corporal durante o exercício significa perda de gordura.

Então, este grupo poderia sofrer os riscos de desidratação induzida pelo exercício, mas nenhum estudo investigou a hidratação voluntária de crianças obesas e eutróficas para confirmar essa hipótese.

Entretanto respostas hormonais, especialmente a maior atividade do eixo renina-angiotensina-aldosterona nas crianças obesas (Yassue et al, 2010; Francischetti & Genelhu, 2007), podem contribuir para a preservação dos líquidos corporais nesta população. O tecido adiposo funciona como uma glândula secretando angiotensinogênio (enzima que converte a angiotensina I em angiotensina II), aumentando a secreção de aldosterona promovendo maior reabsorção de  $\text{Na}^+$  nos rins (túbulos contorcidos distais) e nas glândulas sudoríparas (ducto reabsortivo) (Sato & Sato, 1983). A água é reabsorvida juntamente com o  $\text{Na}^+$ , pelo fato desse eletrólito ser uma molécula osmoticamente ativa. Portanto, possivelmente crianças obesas, que apresentam maior quantidade de tecido adiposo, perdem menos  $\text{Na}^+$  e água através do suor e da urina preservando os líquidos corporais. Esse aspecto hormonal pode também contribuir para uma possível menor sudorese na população pediátrica obesa, embora dados inconclusivos sejam apresentados na literatura atualmente.

Um ponto relevante da fisiologia pediátrica relacionado à termorregulação é o fluxo sanguíneo periférico. Crianças já possuem um menor débito cardíaco, um menor volume sanguíneo absoluto e relativo à massa corporal e a área de superfície corporal quando comparado aos adultos (Falk & Dotan, 2008). Pelo menos, num adulto obeso o sistema cardiovascular pode estar comprometido pela hipertrofia ventricular esquerda, acompanhada por uma disfunção atrial ou ventricular; débito cardíaco e volume de ejeção

aumentado tanto no repouso quanto no exercício (Buskirk et al., 1969). Vroman et al. (1983) verificaram, através de pletismografia oclusiva, que o fluxo sanguíneo para o antebraço é menor em adultos obesos comparado com seus pares eutróficos. Isto sugere que o fluxo sanguíneo para a periferia durante o exercício no calor é menor em obesos em comparação a pessoas eutróficas. Portanto, crianças obesas podem ser menos hábeis em dissipar o calor central para a periferia devido convecção prejudicada.

O tipo de vestimenta durante a prática de exercícios afeta a eliminação do calor corporal. A recomendação é utilizar roupas leves de cores claras que propiciem a ventilação e conseqüentemente facilitem a eliminação do calor (Gavin, 2003). Entretanto, acreditamos que alterações psicológicas da imagem corporal ou o desconforto em expor o corpo podem fazer com que crianças obesas vistam mais roupas, na tentativa de “esconder” o mesmo, prejudicando assim a eliminação do excesso de calor produzido durante a atividade física.

Para sumarizar, a Tabela 1 apresenta os possíveis mecanismos que poderiam afetar negativamente o controle da temperatura corporal (termorregulação) na criança obesa durante o exercício realizado no calor em relação à criança eutrófica.

Inserir Tabela 1.

A evaporação do suor é a principal via de eliminação de calor corporal durante a atividade física prolongada no calor. A taxa de sudorese é menor em crianças do que em adultos (Falk, 1998; Meyer et al., 1992; Meyer e Bar-Or, 1994), já predispondo esta população aos riscos da realização de atividades físicas no calor. Bar-Or et al. (1969) encontraram uma maior taxa de sudorese em mulheres obesas do que nas eutróficas. Haymes et al. (1974) não

encontraram diferença entre os grupos, quando testaram meninas pré-púberes, assim como não foi encontrada diferença em meninos (Haymes et al., 1975). Entretanto, o tamanho amostral desses estudos foi pequeno (5 a 7 sujeitos), dificultando uma inferência, desses resultados, para a população pediátrica obesa. Dougherty et al. (2009) verificaram que meninos obesos apresentam uma taxa de sudorese menor comparado aos eutróficos nos meses de verão, sugerindo que esses apresentam uma menor capacidade de “aclimatização natural”. Nesse mesmo estudo foi verificada as respostas de sudorese em relação a um período de seis dias de “aclimatização artificial”, através de um protocolo de 70 minutos a 30%  $VO_{2máx}$  dentro de uma câmara ambiental (38°C e 50% UR). Foi verificada uma menor taxa de aclimatização ao calor no grupo obeso, sugerindo que meninos obesos necessitam de um maior número de sessões de aclimatação em relação aos eutróficos.

Devido ao fato da doença crônica ser um fator de risco para o sedentarismo e conseqüentemente a obesidade, geralmente crianças obesas são excluídas dos estudos sobre sudorese e balanço hidro-eletrolítico. Esse fato contribui para a carência de informações relacionadas a esses assuntos na população pediátrica obesa.

### **Recomendações para Crianças Obesas durante Exercício no Calor**

Crianças e adolescentes que se exercitam no calor devem ser monitoradas quanto aos sinais de fadiga e choque térmico (Meyer & Perrone, 2004; Falk, 1998). Acredita-se que devido à gordura corporal, a criança obesa fica mais suscetível ao estresse térmico por ser menos eficiente em dissipar calor durante o exercício físico em climas quentes. Porém isto deve ser

comprovado, pois o sedentarismo, que geralmente acompanha a criança obesa, também prejudica as respostas termorregulatórias ao calor.

Aspectos psicológicos também poderiam interferir em crianças obesas ao se exercitarem no calor. Estes já sofrem psicologicamente, podendo apresentar sinais de baixa auto-estima, além de vergonha do próprio corpo. Na tentativa de se atenuar esta “vergonha”, uma possibilidade seria a realização de atividades no meio aquático, onde seus corpos não ficassem expostos ao meio externo.

Neste caso, o principal mecanismo de eliminação do calor corporal é a condução (Kondo et al., 1995). Porém, nem sempre uma piscina é acessível ou é a atividade preferida destes jovens. Além disso, o treinamento na água não condiciona tanto a glândula sudorípara quanto fora dela (Henkin et al., 2007). O ideal sempre é a combinação de treinamento e exposições repetidas ao calor, que conseqüentemente geram adaptações hormonais da sudorese (Vimieiro-Gomes et al., 2005).

Não costumamos especificar uma atividade física para crianças e adolescentes obesos quando elas vão se exercitar no calor, mas fazemos recomendações que incluem a população pediátrica em geral. Para garantir segurança, se uma criança vai enfrentar climas mais quentes, o volume de treinamento, deverá ser primeiramente reduzido e então gradualmente aumentado durante o período de pelo menos duas semanas que antecedem o evento. Quando este tempo não for disponível, a duração dos treinos deverá ser reduzida. Outra recomendação é de, durante os jogos, substituir os jogadores com mais frequência. Além disso, crianças (principalmente as obesas) devem iniciar qualquer atividade física bem hidratadas. O quadro 2

demonstra as recomendações de hidratação antes, durante e após a realização de atividade físicas no calor.

#### Inserir Quadro 1

Os jovens parecem saber destas recomendações, mas não necessariamente as seguem ou conhecem as quantidades específicas a serem ingeridas (Nichols et al., 2005). Caso as crianças obesas sejam expostas a ambientes onde se tornem mais susceptíveis a distúrbios hidro-eletrolíticos, as estratégias de hidratação podem ser mais agressivas no intuito de manter a euidratação.

### **Conclusão**

Crianças obesas tendem a serem menos eficientes na manutenção da temperatura central durante a realização de exercícios no calor, devido as suas características morfológicas e fisiológicas. Parece haver uma interação entre o sedentarismo e essas características que influenciam negativamente os mecanismos termorregulatórios para a dissipação do calor corporal. Entretanto, alguns desses mecanismos são inconclusivos devido à carência de estudos com esta população no calor.

Além disso, destacamos a importância da prática de atividades físicas para crianças e adolescentes obesos, pois um estilo de vida sedentário associado ao baixo condicionamento físico prejudica a termorregulação quando exercícios no calor são realizados. Os profissionais devem ficar atentos ao estresse térmico ambiental, à ingestão adequada de líquidos e aos sinais e

sintomas de fadiga quando crianças obesas realizam atividades físicas em climas quentes.

## Referências Bibliográficas

1. Savoye M, Shaw M, Dziura J, Tamborlane WV, Rose P, Guandalini C, et.al. Effects of a weight management program on body composition and metabolic parameters in overweight children: a randomized controlled trial. *J Am Med A.* 2007; 297: 2697-704.
2. Mello ED, Luft V, Meyer F. Obesidade Infantil: Como podemos ser eficazes? *Jornal de Pediatria.* 2004; 80:173-82.
3. Costa RF, Cintra IP, Fisberg M. Prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares da cidade de Santos, SP. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2006; 50(1): 60-7.
4. Junior JCF & Silva KS. Sobrepeso/obesidade em adolescents escolares da cidade de João Pessoa – PB: prevalência e associação com fatores demográficos e socioeconômicos. *Ver Bras Med Esporte.* 2008; 14(2): 104-8.
5. Biscegli TS, et al. Estado nutricional e carência de ferro em crianças freqüentadoras de creche antes e 15 meses após intervenção nutricional. *Rev Paul Pediatr.* 2008; 26(2): 124-9.
6. Cardoso-Dermatini AA, et al. Prevalência de obesidade em crianças e adolescentes com diabetes melito tipo 1. *Ver Paul Pediatr.* 2008; 26(2): 142-5.
7. Vieira MFA, et al. Estado nutricional de escolares de 1 a 4 séries do ensino Fundamental das escolas urbanas da cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad Saúde Pública.* 2008; 24(7): 1667-74.

8. Junior IFF, et al. Crescimento e estado nutricional de crianças e adolescentes de Presidente Prudente. Rev Bras Saude Mater Infant. 2008; 8(3): 1519-29.
9. Fagundes ALN, et al. Prevalência de sobrepeso e obesidade em escolares da região de Palheiros do município de São Paulo. Rev Paul Pediatr. 2008; 26(3): 212-17.
10. Oliveira WL, Oliveira FLC, Amancio OMS. Estado nutricional e níveis hematológicos e séricos de ferro em pré-escolares de municípios com diferentes índices de desenvolvimento infantil. Rev Paul Pediatr. 2008; 26(3): 225-30
11. Schneider P, Meyer F. O papel do exercício físico na composição corporal e na taxa metabólica basal de meninos adolescentes obesos. Rev Bras Cienc Mov. 2007; 15: 101-7.
12. Freedman DS, Dietz WH, Srinivasan SR, Berenson GS. The relation overweight to cardiovascular risk factor among children and adolescents. The Bogalusa Heart Study. Pediatrics. 1999, 103: 1175-82.
13. Cali AM & Caprio S. Obesity in children and adolescents. J Clin Endocrinol Metab. 2008; 93(11:1): S1-6.
14. American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine and Fitness Promotion of Healthy weight control practices in young athletes. Pediatrics. 2005; 116: 1557-64.
15. Bar-Or O, Rowland TW. Pediatric Exercise Medicine: From Physiologic Principles to Health Care Application. Human Kinetics Publishing, 2004.

16. Bergeron MF et al. Repeated-bout exercise in the heat in young athletes: physiological strain and perceptual responses. *J Appl Physiol*,2009; 106: 476–485.
17. Sawka MN. Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med Sci Sports Exe.* 1992; 24: 657-60.
18. Bar-Or O, Dotan R, Inbar O, Rothstein A, Zonder H. Voluntary hypohydration in 10-12-year-old boys. *J Appl Physiol.* 1980; 48: 104-8.
19. Meyer F, Bar-Or O, Passe D, Salberg A. Hypohydration during exercise in children: effect on thirst, drink preferences and rehydration. *Int J Sports Med.* 1994; 4: 22-35.
20. Meyer, F. et.al.; Effect of drink composition on electrolyte balance termoregulation and performance of children exercising in the heat. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27 (6): 882–87.
21. Wilk B, Bar-Or O. Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J Appl Physiol* 1996; 80: 1112-17.
22. Wilk, B., Rivera-Brown, A.,M., Bar-Or, O. Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 101: 727-34.
23. Rivera-Brown AM, Gutiérrez R, Gutiérrez JC, Frontera WR, Bar-Or O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J Appl Physiol.* 1999; 86: 78-84.

24. Rivera-Brown, A. M., Ramírez-Marrero, F.A., Wilk, B., Bar-Or, O. Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls in a hot and humid climate. *European Journal Applied Physiology*. 2008, 103: 109-16.
25. Wendt D, van Loon, LJ, Lichtenbelt, WD. Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Med*. 2007;37(8):669-82.
26. Bar-Or O. Temperature regulation during exercise in children and adolescents. In *Perspectives in Exercise and Sports Medicine: Youth and, Exercise and Sports*. (C.V. Gisolfi e D.R. Lamb, Ed.). 1989; Indianapolis: Benchmark Press, 335-67.
27. Rowland T. Thermoregulation during exercise in the heat in children: old concepts revisited. *J Appl Physiol*. 2008; 105: 718-24.
28. Zahorska-Markiewicz B. Thermal and metabolic responses to heat exposure in obesity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1982; 48: 379-85.
29. Bar-Or O, Lundegren HM, Buskirk ER. Heat tolerance of exercising obese and lean women. *J Appl Physiol*. 1969; 26(4): 403-9.
30. Haymes EM, Buskirk ER, Hodgson JL, Lundegren HM, Nicholas WC. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. *J Appl Physiol*. 1974; 36(5): 566-71.

31. Haymes EM, Mc Cormick RJ, Bursirk E. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. *J. Appl. Physiol.* 1975; 39(5): 457-61.
32. Falk B. Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. *Sports Med.* 1998, 25: 221-40.
33. Butte, NF., Puyau, MR., Vohra, FA., Adolph, AL., Mehta, NR., Zakeri I. Body Size, Body Composition, and Metabolic Profile Explain Higher Energy Expenditure in Overweight Children. *J Nutr.* 2007; 137: 2660–67.
34. Falk B & Dotan R. Children's thermoregulation during exercise in the heat- a revisit. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008; 33: 420-7.
35. Buskirk ER, Bar-Or O, Kollias J. Physiological effects of heat and cold. In: *Obesity* (Wilson NL Ed.). 1969; Philadelphia:Davis; 119-39.
36. Vroman NB , Buskirk ER, Hodgson JL. Cardiac output and skin blood flow in lean and obese individuals during exercise in the heat. *J Appl Phisyol.* 1983; 55:69-74.
37. Meyer F, Bar-Or O, McDougall JD, Heigenhauser GJF. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med Sci Sports Exe.* 1992; 24: 776-81.
38. Meyer F, Bar-Or O. Fluid and electrolyte loss during exercise. *Sports Med.* 1994; 18 (1), 5 – 9.

39. Dougherty KA, Chow M, Kenney L. Responses of lean and obese boys to repeated summer exercise in the heat bouts. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41: 279-89.
40. Meyer F, Perrone CA. Hidratação pós-exercício: Recomendações e fundamentação teórica. *Rev Bras Cien Mov.* 2004; 12 (2), 87 – 90.
41. Kondo N, Nishiyasu T, Ikegami H. The sweating responses of athletes trained on land and in water. *Jap J Physiol.* 1995; 45: 571-81.
42. Henkin SD, Silveira MM, Ribeiro J, Follmer B, Meyer F. Sweat electrolyte concentration of swimmers, runners and non-athletes. *Med Sci Sports Exe.* 2007; 39: S277.
43. Vimieiro-Gomes AC, Magalhães FC, Amarin FT, Machado-Moreira CA, Rose MS, Lima NR, et.al. Comparison of sweat rate during graded exercise and the local sweat rate local induced by pilocarpine. *Braz J Med Biol Res.* 2005;38: 1133-39.
44. Nichols PE, Jonnalagadda SS, Rosenbloom CA, Trinkaus M. Knowledge, attitudes, and fluid replacement of collegiate athletes. *Int J Sports Nutr Exe Met.* 2005; 15: 515-27.
45. Gavin TP. Clothing and thermoregulation during exercise. *Sports Med.* 2003; 33: 941-7.
46. Shultz SP, Anner J, Hills AP. Paediatric obesity, physical activity and the musculoskeletal system. *Obes Rev.* 2009; 10(5):576-82.

47. Butte NF, Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Zakeri I. Physical activity in nonoverweight and overweight Hispanic children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39(8):1257-66.

48. Adipose Tissue-Specific Regulation of Angiotensinogen in Obese Humans and Mice: Impact of Nutritional Status and Adipocyte Hypertrophy. Yasue S, Masuzaki H, Okada S, Ishii T, Kozuka C, Tanaka T, Fujikura J, Ebihara K, Hosoda K, Katsurada A, Ohashi N, Urushihara M, Kobori H, Morimoto N, Kawazoe T, Naitoh M, Okada M, Sakaue H, Suzuki S, Nakao K. *Am J Hypertens.* 2010; [Epub ahead of print].

49. Francischetti EA, Genelhu VA. Obesity-hypertension: an ongoing pandemic. *Int J Clin Pract.* 2007; 61(2):269-80.

50. Sato K, Sato F. Individual variations in structure and function of human eccrine sweat gland. *Am J Physiol.* 1983; 245: R203-208.

**Tabela 1. Fatores que influenciam a termorregulação durante o exercício no calor em crianças obesas em relação às eutróficas.**

<b>Mecanismo</b>	<b>Obeso</b>
Relação área de superfície/ massa corporal total	↓
Fluxo sanguíneo periférico	↓
Conteúdo de água corporal relativo à massa corporal	↓
Condicionamento físico	↓
Custo energético da locomoção	↑

↓ está diminuído

**Quadro 1. Recomendações gerais de hidratação para crianças**

<b>Período do exercício</b>	<b>Recomendações</b>
Antes do exercício	- Beber líquidos (~300-400 ml) cerca de 2 horas antes do aquecimento.
Durante o exercício	- Beber líquidos periodicamente (a cada 15-20 minutos) volumes conforme a taxa de sudorese.  - Se o exercício for prolongado (> 1h) ou intenso e intermitente, o Na <sup>+</sup> e o CHO devem ser adicionado num líquido com o sabor de preferência do praticante.
Após o exercício	- Água, eletrólitos e carboidratos devem ser repostos principalmente em atividades e modalidades esportivas que demandam treinamento intenso ou competições com intervalos curtos entre as sessões.

Adaptado de Meyer e Perrone (2004).

### 3. ARTIGO ORIGINAL

(Medicine and Science in Sports and Exercise)

#### **Sudorese, balanço hidroeletrólítico e tolerância ao exercício no calor em meninos pré-púberes obesos**

Sweating, water and electrolyte balance and exercise tolerance in the heat in prepubertal obese boys

## RESUMO

**Introdução:** Apesar da falta de evidência científica, costuma-se pensar que crianças obesas apresentam desvantagens e são menos tolerantes ao se exercitarem no calor. **Objetivo:** Comparar a sudorese, balanço hidro-eletrolítico e a tolerância ao exercício no calor entre meninos pré-púberes obesos e eutróficos que pedalam no calor. **Métodos:** Trinta meninos pré-púberes foram alocados para o grupo de obesos (GO, n=15) e eutróficos (GE, n=15). Após uma sessão de avaliação, os meninos vieram ao laboratório para a sessão de exercício no calor (35°C, 40-45%UR). Eles pedalavam por 30 minutos a 50-60% do seu  $VO_{2\text{pico}}$  pré determinado. Para coletar o suor, adesivos foram fixados sobre 4 regiões da pele (costas, peito, antebraço e coxa) e as amostras foram analisadas para eletrólitos (AVL, 9180). Após o exercício, amostras de urina foram coletadas para análise de volume e eletrólitos para coleta regional de suor (AVL, 9180). Após a pedalada, os meninos descansaram por 10 min e pedalaram a 90% do  $VO_{2\text{pico}}$  até a exaustão e o tempo de desempenho foi registrado. Durante a sessão, a ingestão “*ad libitum*” de uma bebida esportiva foi avaliada. Sensação subjetiva de calor foi avaliada durante toda a sessão. **Resultados:** A taxa de sudorese relativa a área de superfície corporal foi similar entre eutróficos e obesos ( $488 \pm 232$  e  $417 \pm 89.6$  ml.m<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup>, respectively; p=0,004) e as [Na<sup>+</sup>] e [Cl<sup>-</sup>] no suor foram maiores nos meninos obesos (p=0,005), enquanto a [K<sup>+</sup>] foi similar entre os grupos (p = 0,004). Ambos os grupos apresentaram um balanço hidroeletrolítico negativo, mas não existiu diferença entre os grupos. O tempo de desempenho foi maior no GE ( $89.6 \pm 64.1$ ) que o GO ( $41.2 \pm 29.6$  seg; p=0,005). A sensação subjetiva de calor foi maior no GO que no GE em todos os momentos (p = 0,005). **Conclusão:** Meninos pré-púberes obesos apresentaram uma similar taxa de sudorese relativa à área de superfície corporal, menor tolerância ao exercício no calor, e maior [Na<sup>+</sup>] e [Cl<sup>-</sup>] no suor comparado aos eutróficos. Crianças obesas não diferem das eutróficas em relação ao balanço hidroeletrolítico.

Palavras chave: exercício – obesidade – suor – eletrólitos - hidratação

## ABSTRACT

**Introduction:** Despite the lack of scientific evidence, it is generally thought that obese children have disadvantages and are less tolerant to exercise in the heat when compared to lean children. **Purpose:** To compare sweating, water and electrolyte balance, and exercise tolerance heat between obese and lean boys who cycled in the heat. **Methods:** Thirty prepubertal boys formed an obese (OG, n=15) and a lean (LG, n=15) group. After a screening session and evaluation of physical characteristics and  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ , the boys came to the laboratory for the exercise session in the heat ( $35^{\circ}\text{C}$ , 40-45%RU). They cycled for 30 minutes at 50-60% of their pre-determined  $\text{VO}_{2\text{peak}}$ . To collect sweat, patches were attached on 4 regions of the skin (back, chest, forearm and thigh) and samples were analyzed for electrolytes (AVL 9180). After exercise, urine samples were collected for volume and electrolyte analyses (AVL 9180). After this cycling, the boys rested 10 min and cycled at 90%  $\text{VO}_{2\text{peak}}$  until exhaustion and the performance time was registered. During the whole session, a sports drink was available to drink “ad libitum” and the intake was registered. Heat subject sensation (HSS) was evaluated during the whole session. **Results:** Sweat rate relative to body surface area was similar between lean and obesity boys ( $488 \pm 232$  and  $417 \pm 89.6 \text{ ml.m}^2.\text{min}^{-1}$ , respectively;  $p=0.004$ ) and sweat  $[\text{Na}^+]$  and  $[\text{Cl}^-]$  were higher in the obese boys ( $p=0.005$ ), whereas  $[\text{K}^+]$  was similar between groups ( $p = 0.004$ ). Both groups showed a negative water and electrolyte balance, but there was no difference between groups. The performance time was longer in the LG ( $89.6 \pm 64.1$ ) than OG ( $41.2 \pm 29.6 \text{ sec}$ ;  $p=0.005$ ). The heat subjective sensation was higher in GO than in GE at all times ( $p = 0.005$ ). **Conclusion:** Obese prepubescent boys showed similar sweat rate relative to body surface area, lower exercise heat tolerance, and increased  $[\text{Na}^+]$  and  $[\text{Cl}^-]$  sweat loss compared to lean children. Obese children did not differ from lean children related to water and electrolyte balance.

Key words: exercise – obesity – sweat – electrolytes - hydration

## INTRODUÇÃO

O aumento de atividades físicas é recomendado para crianças obesas como manejo da obesidade infantil. Muitas crianças obesas optam em fazer atividades físicas ao ar livre e nos meses quentes do verão. Respostas relacionadas à sudorese, balanço hidroeletrólítico e tolerância ao exercício no calor vem sendo estudadas em crianças (Falk et al., 1992a; 1992b; 1992c; Laitano et al., 2008; Meyer et al, 1992, 1995; Rivera-Brown et al., 1999, 2008; Wilk et al., 1996, 2007). Porém, crianças obesas têm sido excluídas destes estudos que objetivam obter valores de referencia para uma população pediátrica eutrófica. Essas informações são importantes para garantir a segurança, bem estar físico e desempenho. Crianças obesas poderiam destoar nas respostas; além do que o sedentarismo e o baixo condicionamento físico, muito presente nesta população, afeta a sudorese (Falk, 1998; Falk & Dotan, 2008).

Três estudos verificaram as respostas de crianças obesas durante o exercício no calor (Haymes et al., 1974, 1975; Dougherty et al., 2009). Haymes et al. (1974) compararam as respostas termorregulatórias entre 7 meninas pré-púberes obesas e 5 eutróficas em diferentes temperaturas, não encontrando diferenças na taxa de sudorese relativa à área de superfície corporal (ASC) entre os grupos. Num delineamento semelhante, os mesmos resultados foram encontrados entre meninos pré-púberes (Haymes et al., 1975). Em ambos estudos, todas as crianças caminharam por três períodos de 20 min com intervalos de 5 min, numa mesma velocidade em esteira ( $4,8 \text{ km.h}^{-1}$  e 5% inclinação), o que poderia representar diferentes esforços relativos. Adicionalmente, o deslocamento na caminhada representa um maior custo metabólico às crianças obesas (Bar-Or e Rowland, 2004) e pode influenciar na sudorese, já que elas precisam sustentar uma maior massa corporal.

Um estudo mais recente (Dougherty et al., 2009) comparou as respostas termorregulatórias de 7 meninos obesos e 7 eutróficos durante os meses de verão. Os obesos apresentaram uma menor taxa de sudorese relativa à ASC e uma maior temperatura central (medida pela pílula gástrica), quando alternavam entre caminhar e pedalar durante 70 min no calor. Entretanto, neste estudo os meninos obesos apresentavam uma menor potência aeróbica, o que

poderia estar associada a uma menor taxa de sudorese e retardo para o início da mesma (Falk & Dotan, 2008). Estes estudos usaram uma atividade física intermitente, o que nem sempre reflete as respostas de exercício contínuo.

Uma dificuldade ao comparar sujeitos de diferentes tamanhos e composições corporais é equiparar a intensidade do exercício. O  $\text{VO}_{2\text{max}}$  corrigido pela massa corporal ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), subestima o valor em crianças pré-púberes e púberes mais pesadas (Cunha et al., 2008) e como também o  $\text{VO}_2$  não aumenta proporcionalmente em relação à massa corporal, tem-se sugerido expressar o consumo de  $\text{O}_2$  pela forma alométrica (Rowland et al., 2005).

Acredita-se que crianças obesas são menos tolerantes para realizar exercícios em climas quentes e mais suscetíveis às doenças provocadas pelo calor; entretanto, isto ainda não está bem esclarecido cientificamente. Algumas das justificativas são: menor razão entre a ASC e a massa corporal (Bar-Or e Rowland, 2004), maior custo metabólico para locomoção (Butte et al., 2007), menor conteúdo de água corporal relativo à massa corporal, menor capacidade de aclimatação ao calor (Dougherty et al., 2009), prejuízo na dissipação de calor pela maior gordura subcutânea (Zahorska-Markiewicz, 1982), ou o menor condicionamento físico decorrente do sedentarismo (Bar-Or e Rowland, 2004; Rowland, 2008)

Este estudo objetiva comparar: a) a sudorese e o balanço hidro-eletrolítico de meninos pré-púberes obesos e eutróficos durante uma sessão de exercício submáximo no calor; e b) comparar a tolerância ao exercício no calor através do tempo de permanência num exercício de alta intensidade no calor, aplicado na mesma sessão após o exercício submáximo.

## MÉTODOS

**Sujeitos.** Trinta meninos pré-púberes (15 obesos e 15 eutróficos) participaram deste estudo. Após o esclarecimento dos procedimentos da pesquisa e do consentimento verbal dos meninos, os pais ou responsáveis assinaram o termo de consentimento informado (Apêndice 6.1). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul do Brasil (Anexo 5.4).

Todos os meninos eram fisicamente ativos (mas não atletas), saudáveis e não faziam uso de qualquer medicamento. Eles foram recrutados de escolas recreativas de futebol e futsal, onde freqüentavam de 2-3 vezes por semana. Apenas dois meninos não freqüentavam escolas recreativas; entretanto, eram fisicamente ativos. As características físicas de cada grupo estão apresentadas na Tabela 1. O grupo dos obesos apresentou um maior  $VO_{2\text{pico}}$  absoluto ( $p=0,005$ ) e um menor  $VO_{2\text{pico}}$  relativo ( $p=0,000$ ); entretanto, não apresentaram diferenças no  $VO_{2\text{pico}}$  alométrico ( $p=0,524$ ) e nem na carga máxima alcançada durante o teste de exercício máximo ( $p=0,817$ ).

**Tabela 1.** Características físicas da amostra em cada grupo (média  $\pm$  DP).

	Grupo Eutrófico (n=15)	Grupo Obeso (n=15)
Idade (anos)	9,1 $\pm$ 1,1	9,4 $\pm$ 1,1
Massa corporal (kg)	30,3 $\pm$ 4,7	48,1 $\pm$ 8,3 *
Estatura (cm)	135 $\pm$ 7,1	141 $\pm$ 6,2 *
IMC (kg·m <sup>-2</sup> )	16,1 $\pm$ 1	24,9 $\pm$ 3 *
ASC (m <sup>2</sup> )	1,08 $\pm$ 0,11	1,34 $\pm$ 0,13 *
Gordura corporal (%)	15,7 $\pm$ 3,6	46,4 $\pm$ 14,3 *
DC Tríceps (mm)	10,8 $\pm$ 3,8	29,8 $\pm$ 8,2 *
$VO_{2\text{pico}}$ (ml·min <sup>-1</sup> )	1327 $\pm$ 221	1618 $\pm$ 292*
$VO_{2\text{pico}}$ (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	43,1 $\pm$ 6,2	34 $\pm$ 5,8 *
$VO_{2\text{pico}}$ (ml·kg <sup>-0,50</sup> ·min <sup>-1</sup> )	232 $\pm$ 7,9	240 $\pm$ 9,3
FC <sub>max</sub> (bpm)	187 $\pm$ 12	186 $\pm$ 13
Carga máxima (W)	107 $\pm$ 21	105 $\pm$ 25

IMC: índice de massa corporal; ASC: área de superfície corporal; DC: dobra cutânea;  $VO_{2\text{pico}}$ : potência aeróbica de pico. \* $p<0,05$

Os meninos moravam no sul do Brasil e a coleta dos dados ocorreu durante o verão (temperaturas ambiental entre 28 e 42°C e 40-95% UR), logo eles estavam expostos as mesma condições térmicas.

Os meninos compareceram ao laboratório, primeiro para uma sessão de avaliação geral e depois para a sessão de exercício no calor.

**Sessão de avaliação.** Nesta sessão, os meninos responderam um questionário, sob forma de entrevista, referente às atividades físicas que praticavam dentro e fora da escola, ao histórico de saúde e hábitos alimentares (Apêndice 6.3) e quando necessário, os responsáveis esclareciam dúvidas. Os meninos foram medidos em relação à estatura (estadiômetro Seca, 0,01m) e massa corporal (balança G-TECH, modelo BALGLA3C, 0,05kg) e o índice de massa corporal (IMC) foi calculado. Para mensurar a adiposidade, foram realizadas as dobras cutâneas (compasso Lange) do tríceps e da subescapula, todas no lado direito em triplicata não consecutivas (Lohman et al., 1991). Para o cálculo do percentual de gordura, foi utilizada a equação de Slaughter et al.(1988), específica para meninos pré-púberes e a etnia .

Meninos obesos e eutróficos foram definidos através dos seguintes critérios: curvas de percentil do IMC >95 e <85 (CDC, 2000; Anexo 5.1); percentual de gordura corporal >24% e < 20% (Lohman, 1987); curvas de percentil da dobra cutânea do tríceps >95 e <85 (Must, 1991), respectivamente. O estágio de pré-puberdade foi auto-determinado de acordo com a classificação de Tanner (Tanner, 1962; Anexo 5.2).

**Determinação do VO<sub>2pico</sub>.** Para avaliação do consumo de oxigênio de pico (VO<sub>2pico</sub>) foi utilizado o cicloergometro (ErgoFit 167, Espanha), usando o protocolo McMaster de progressão de carga a cada dois minutos (Bar-Or e Rowland, 2004). O VO<sub>2pico</sub> foi obtido através de calorimetria indireta em equipamento de circuito aberto (analisador de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> Medgraphics modelo CPX/D, método *breath by breath*). A frequência cardíaca (FC) e a taxa de esforço percebido (TEP; Borg, 1974) foram monitoradas ao final de cada estágio. Os meninos foram orientados a manter a cadência em 60 rpm. O teste foi interrompido quando os meninos alcançavam dois dos seguintes critérios: platô no VO<sub>2</sub>, FC > 200 bpm, TPE > 19, incapacidade de manter a cadência de 60 rpm, exaustão mesmo com o incentivo verbal dos investigadores. Os meninos completaram o teste entre 5 -11 minutos.

O  $VO_{2\text{pico}}$  foi expresso de forma absoluta ( $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e relativa à massa corporal ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Como o coeficiente de correlação ( $r$ ) entre o  $VO_2$  absoluto e a massa corporal foi 0,692 ( $p < 0,001$ ), e entre o  $VO_2$  relativo e a massa corporal foi -0,691 ( $p < 0,001$ ), uma comparação adequada entre os grupos foi prejudicada. Assim, utilizamos a alometria para adequar a comparação entre os grupos. O  $VO_{2\text{pico}}$  alométrico foi calculado através da função potência ( $Y = aX^b$ ), onde “a” é uma constante de escala e “b” é o valor do expoente referente à massa corporal (Armstrong & Welsman, 2000; Rowland, 2005). Um expoente alométrico comum para os obesos e eutróficos foi calculado para massa corporal ( $b = 0,50$ ). Após corrigirmos o  $VO_{2\text{pico}}$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-0,50}\cdot\text{min}^{-1}$ ), verificamos que a expressão alométrica foi estatisticamente superior às demais formas de expressão do  $VO_{2\text{pico}}$ , pois não houve correlação entre  $VO_2$  alométrico e massa corporal ( $r = -0,165$ ;  $p = 0,384$ ).

Ao final dessa sessão, os meninos e os seus responsáveis eram orientados para que na próxima sessão, os meninos viessem pela manhã em jejum, depois de uma noite de sono de pelo menos 6 horas e não fizessem qualquer exercício exaustivo no dia anterior.

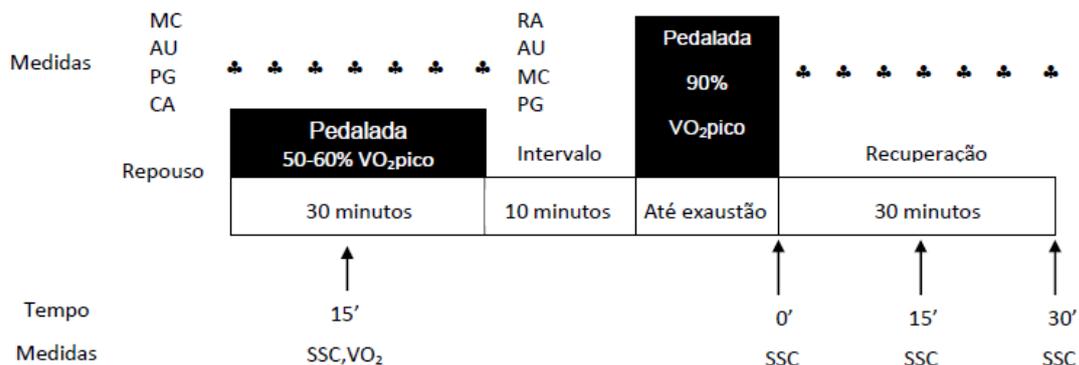
**Sessão de exercício no calor.** De 2 a 7 dias, após a primeira sessão, os meninos compareceram ao laboratório entre 8 e 9 horas da manhã. As recomendações sobre o jejum e exercício eram checadas, e os meninos recebiam um desjejum similar para garantir padronização alimentar prévia ao exercício. O desjejum consistiu de duas porções de bisnagas com mel, 200 ml de suco de laranja e uma porção de 200 ml de iogurte sabor morango. Este desjejum representa 21,6% das necessidades diárias de uma criança com necessidade energética de 2200 kcal/dia, contendo 99,5 g de carboidratos, 8,9 g de proteínas e 4,8 g de lipídios. Após esta refeição, os meninos repousavam sentados por cerca de 40 minutos.

Os meninos entravam na câmara ambiental (Russels, 3,63m de largura x 2,39m de altura x 3,81m de profundidade) que se manteve entre 34-35°C e 40-45% de umidade relativa do ar. Eles eram solicitados para esvaziar a bexiga, num ambiente reservado criado dentro da câmara ambiental. A urina foi coletada num frasco incolor para posterior avaliação do volume (balança Ohaus, CS2000), coloração (Armstrong et al., 1994; Anexo 5.3) e gravidade específica (GEU; Refratômetro, Atago 2722-E04). Após, eles eram pesados

com o mínimo de roupa (sungá) e, com o corpo seco, a massa corporal foi registrada (Balança G-TECH, modelo BALGLA3C, 0,05kg).

O frequêncímetro (FC; Polar, S610, Polar Electro Oy, Finland) foi ajustado ao tórax dos meninos e adesivos (3M Tegaderm+pad, ref. 3582) para coletar o suor foram fixados na pele conforme descrito abaixo. Os meninos pedalarão 30 minutos em cicloergômetro (ErgoFit 167, Espanha) numa intensidade entre 50-60% do  $VO_{2\text{pico}}$  determinado na sessão de avaliação. O trabalho mecânico desse exercício foi calculado (Ayub et al., 2003). A FC, a temperatura auricular (Tau; Digital Infrared Ear Thermometer, Microlife, FL) e a TEP foram mensuradas a cada 5 minutos de exercício. Para assegurar que cada menino pedalava na intensidade estabelecida, o ar expirado foi coletado no 15º min por 3 min para determinação do  $VO_2$  (analisador de  $O_2$  e  $CO_2$  Medgraphics modelo CPX/D, método *breath by breath*). A sensação subjetiva de calor (SSC), usando uma escala de 0 – 10 no qual 0= quente, 5= muito quente e 10= extremamente quente (Young et al., 1987; Apêndice 6.3), foi mensurada durante o exercício (15º minuto) e recuperação (0, 15 e 30º minuto).

Ao final dos 30 minutos, os adesivos foram retirados e os meninos esvaziaram novamente a bexiga. A urina foi coletada para posterior avaliação do volume (balança Ohaus, CS2000) e análise de eletrólitos, todas as medidas foram realizadas em duplicata. A massa corporal foi verificada novamente com o mínimo de roupa (sungá) e com o corpo seco na mesma balança. Após 10 minutos de repouso, um teste de desempenho físico foi realizado. O investigador solicitou que os meninos pedalassem pelo maior tempo possível a 90% da sua potência máxima. O encorajamento verbal foi padronizado e realizado sempre pelo mesmo investigador. O teste foi interrompido quando os meninos pararam de pedalar voluntariamente ou quando a cadência de pedalada baixava de 50 rpm. O desenho experimental dentro da câmara ambiental está apresentado na Figura 1.



**FIGURA 1.** Desenho experimental da sessão de exercício no calor. MC: massa corporal; AU: amostra de urina; PG: peso das garrafas; CA: colocação dos adesivos; RA: retirada dos adesivos; VO<sub>2pico</sub>: consumo de oxigênio de pico; SSC: sensação subjetiva de calor; ♣: frequência cardíaca (FC) e temperatura auricular (Tau) e taxa de esforço percebido (TEP).

Durante o exercício, os meninos tinham acesso a uma garrafa contendo bebida carboidroeletrolítica com sabor uva (GATORADE, Na<sup>+</sup> 18,5 mmol.l<sup>-1</sup>, Cl<sup>-</sup> 15,5 mmol.l<sup>-1</sup>, K<sup>+</sup> 3,0 mmol.l<sup>-1</sup> e 6% CHO), resfriada (~15 °C). Os meninos não sabiam qual era a bebida e não visualizavam a sua cor. A garrafa era posicionada num local ao alcance dos meninos e antes de iniciarem o exercício, eles eram assim informados pelo mesmo pesquisador: “Aqui ficará uma bebida disponível para você beber quando tiver vontade”. Para avaliar o volume de bebida ingerido, o peso da garrafa foi verificado (balança Ohaus, CS2000) antes e ao final do exercício.

**Coleta e análise do suor.** O suor foi coletado em adesivos absorventes (Tegaderm+Pad, 3582). Para a fixação dos adesivos, a pele das regiões de aplicação foi limpa com água deionizada e seca com gaze esterilizada para evitar contaminação. Os adesivos foram fixados na escápula (sobre a espinha da escápula ~5 cm lateral a vértebra), no peito (parte superior 5 cm lateral do esterno), no antebraço (parte medial-ventral) e na coxa (parte medial-ventral), todos no hemisfério direito como descrito por Patterson et al. (2000). Estes locais foram escolhidos por se obter uma estimativa satisfatória da média de perda total de eletrólitos no suor, conforme previamente estudado (Patterson et al, 2000). Também são locais não facilmente atingidos pelas mãos dos

meninos durante o exercício, evitando a contaminação. Os adesivos foram retirados com uma pinça (higienizada com água deionizada e gaze esterilizada) após o exercício, e colocados numa seringa, onde eram espremidos e a amostra de suor era diretamente depositada em microtubos de 1,5 ml (Eppendorf), para sua posterior análise. A  $[Na^+]$ ,  $[Cl^-]$  e  $[K^+]$  no suor e na urina foram determinadas no analisador de eletrólitos (AVL 9180, Roche), em duplicata.

**Cálculos.** A sudorese foi determinada pela mudança na massa corporal e somada pelo volume de líquido ingerido. Ela foi expressa pelo tempo de uma hora e também corrigida pela massa corporal e pela ASC. A perda de cada eletrólito no suor foi calculada multiplicando a concentração do respectivo eletrólito no suor pelo volume de suor. A perda de cada eletrólito na urina foi calculada pela multiplicação da concentração do eletrólito na urina pelo volume de urina. A ingestão de eletrólitos foi calculada através da multiplicação da concentração de cada eletrólito pelo volume de líquido ingerido. O balanço eletrolítico foi estimado como a diferença entre a ingestão da bebida (Gatorade) e as perdas (suor e urina).

**Tratamento estatístico.** Todos os dados foram tratados em SPSS 13.0 para *Windows*. Teste de Shapiro-Wilk foi empregado para verificar a normalidade dos dados e teste de Levene para verificar a normalidade da variância dos dados. Quando dados não paramétricos foram encontrados, os dados foram transformados em bases logarítmicas. Para análise entre os grupos, ANOVA para medidas repetidas, teste T para amostras independentes e análise de variância de dois caminhos (ANOVA *two-way*), completada com teste de *post hoc* de Bonferroni, foram utilizados. Os dados estão expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Diferenças significativas foram consideradas quando  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Um total de 41 meninos compareceram na primeira visita de avaliação (22 obesos e 19 eutróficos), mas somente 30 meninos retornaram para completar o estudo na sessão de exercício no calor.

Os parâmetros urinários indicaram que os meninos de ambos os grupos iniciaram o exercício no calor adequadamente hidratados. Os obesos apresentaram uma GEU de  $1,019 \pm 0,004$  e coloração de  $3,3 \pm 0,5$  e os eutróficos uma GEU de  $1,014 \pm 0,008$  e coloração de  $3,5 \pm 0,5$ .

A medida do  $VO_2$ , avaliada na metade dos 30 minutos da pedalada, indicou que os meninos de ambos os grupos se exercitaram num esforço relativo similar e conforme estabelecido (~53-55%) A Tabela 2 apresenta as médias do  $VO_2$  (absoluto, relativo e alométrico) e os respectivos percentuais do  $VO_{2\text{pico}}$  nos dois grupos. Dos 30 meninos, dois meninos obesos chegaram à exaustão antes dos 30 minutos (um aos 25 e outro aos 27 minutos). O RER foi similar entre os grupos ( $p=0,567$ ) apresentando valores médios de 0,91 e 0,93 para os eutróficos e obesos, respectivamente.

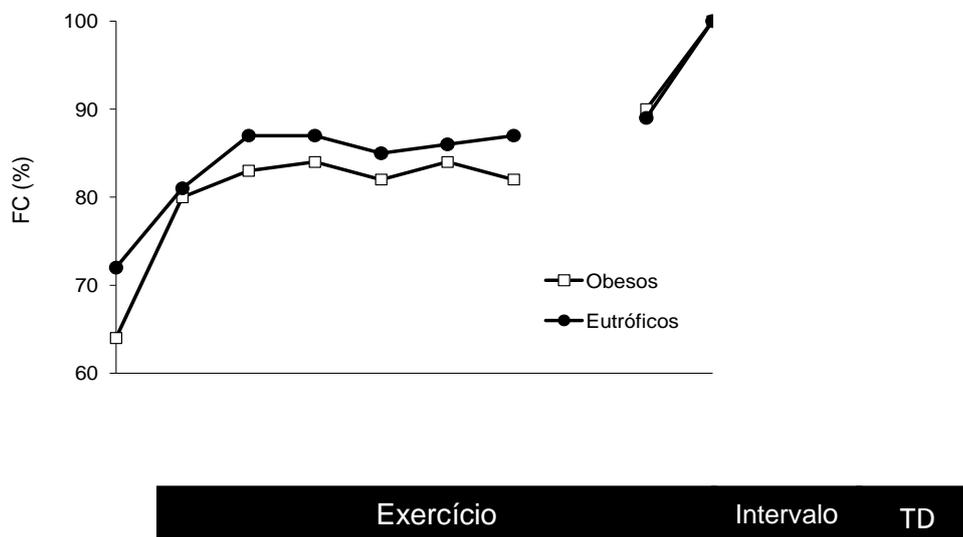
**TABELA 2.** Consumo de oxigênio avaliado na metade do exercício de 30 minutos.

Grupo	$VO_2$ absoluto		$VO_2$ relativo		$VO_2$ alométrico	
	ml.min <sup>-1</sup>	% máx	ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	% Max	ml.kg <sup>-0,50</sup> .min <sup>-1</sup>	% máx
Obesos	791±158	53,4±2,9	18,1±3,1	53,4±2,1	125±5,0	53,4±0,5
Eutróficos	798±162	54,6±1,9	23,5±3,1*	54,7±2,7	130±4,2	54,7±0,7

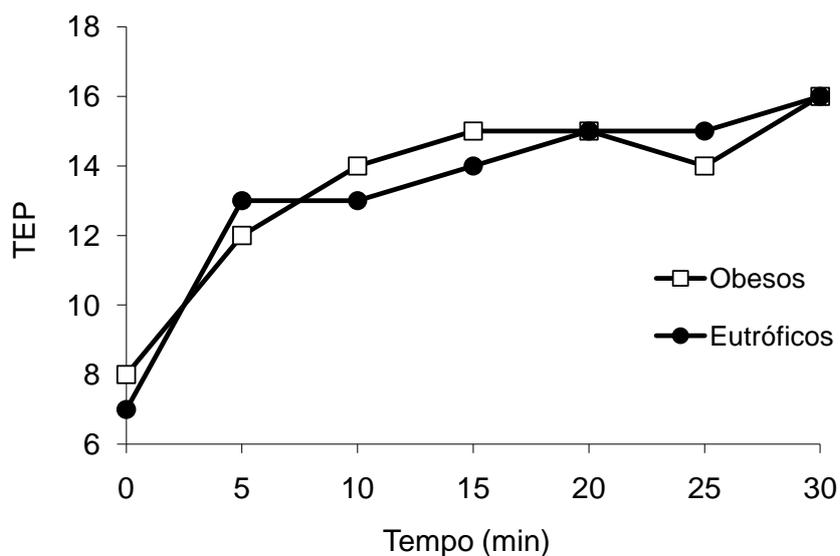
\* Maior que o grupo de obesos ( $p<0,05$ ).

**Respostas Fisiológicas e Perceptivas.** A FC no grupo eutrófico foi maior ( $p=0,023$ ) que no grupo obeso durante os 30 minutos de pedalada, mas o aumento foi similar entre os grupos ( $39,4 \pm 23,7$  bpm no obeso e  $27,1 \pm 17,1$  bpm no eutrófico). Quando a FC foi expressa como relativa (%) a  $FC_{\text{max}}$ , não

houve diferença entre os grupos (Figura 2). A Figura 3 mostra o resultado da TEP durante o exercício no calor. O aumento na Tau do repouso para o final do exercício foi similar entre os grupos ( $p=0,805$ ), sendo o aumento de  $0,3 \pm 0,2$  °C (grupo obeso) e  $0,3 \pm 0,3$  °C (grupo eutrófico).



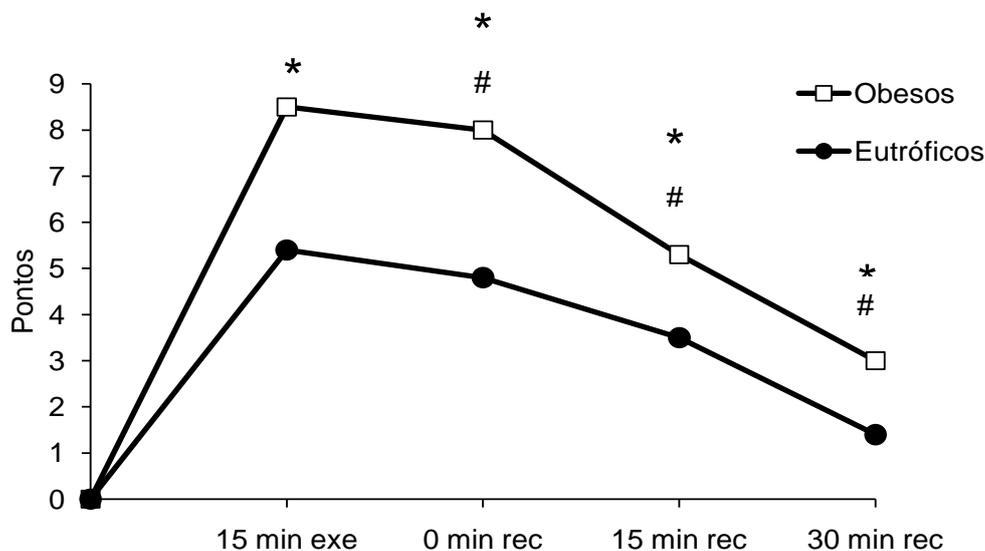
**FIGURA 2.** Percentual da FC em relação à  $FC_{m\acute{a}x}$  durante o exercício e o teste de desempenho (média). TD: teste de desempenho.



**FIGURA 3.** Taxa de esforço percebido (TEP) durante o exercício no calor (média).

O tempo de pedalada durante o teste de desempenho no calor, foi significativamente superior ( $p= 0,016$ ) nos eutróficos ( $89,6 \pm 64,1$ ) comparado aos obesos ( $41,2 \pm 29,6$ ).

A Figura 4 demonstra que a sensação subjetiva de calor nos meninos obesos foi significativamente maior que nos meninos eutróficos, em todos os momentos ( $p=0,003$ ). Durante a recuperação, os valores diminuíram significativamente nos dois grupos ( $p= 0,001$ ).



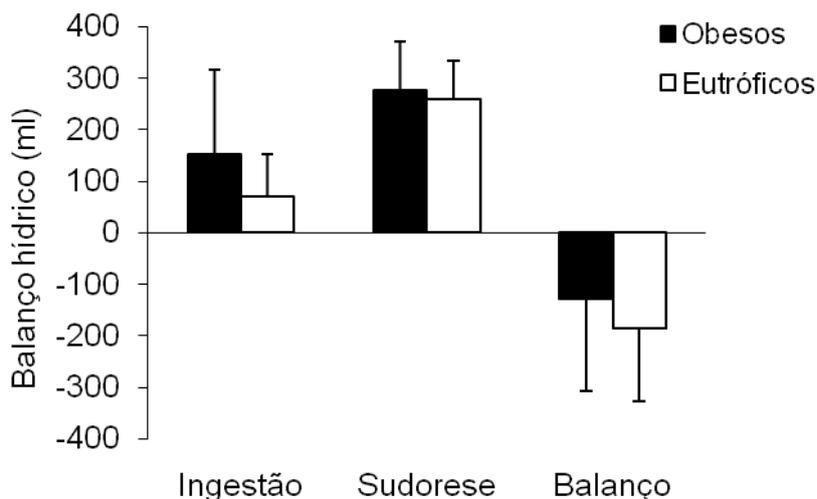
**FIGURA 4.** Sensação subjetiva de calor durante o exercício e recuperação.

\* Maior que o grupo de eutróficos ( $p<0,05$ ).

# Menor que a medida de 15 minutos exe ( $p<0,05$ ).

Não houve diferença significativa em relação à hidratação voluntária entre os grupos ( $p=0,101$ ), sendo que o grupo obeso apresentou um consumo de  $304,4 \pm 330,8 \text{ ml.h}^{-1}$  e o grupo eutrófico  $142,1 \pm 163,9 \text{ ml.h}^{-1}$ .

O exercício de 30 min ocasionou uma insignificante desidratação tanto nos obesos ( $-0,25 \pm 0,39\%$ ) quanto nos eutróficos ( $-0,55 \pm 0,49\%$ ), sem diferença significativa entre eles ( $p=0,309$ ). O déficit hídrico corporal (em ml) foi igualmente insignificante e similar entre os grupos ( $p=0,234$ ), conforme mostra a Figura 5.



**Figura 5.** Balanço hídrico durante os 30 minutos de pedalada (média  $\pm$  DP).

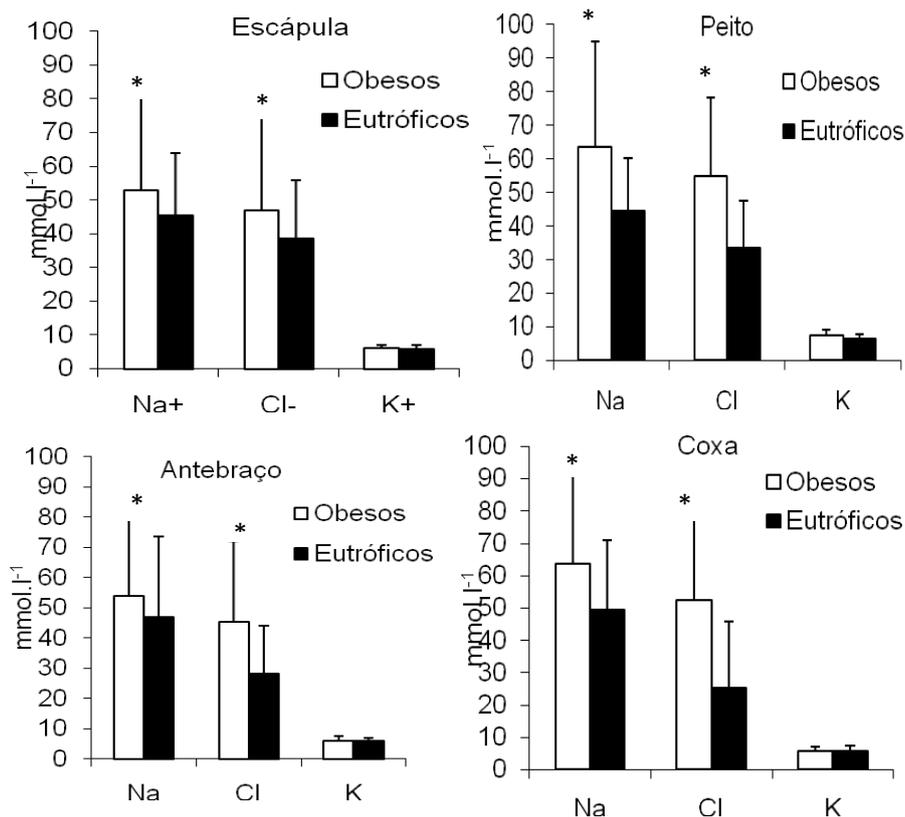
**Sudorese.** Como demonstrado na Tabela 3, as taxas de sudorese, absoluta e a relativa à ASC, foram similares entre os grupos ( $p=0,445$  e  $p=0,267$ , respectivamente). Quando corrigida pela massa corporal, a taxa de sudorese foi maior ( $p= 0,035$ ) no grupo eutrófico comparado com o grupo obeso.

**Tabela 3.** Taxa de sudorese absoluta, e corrigida pela massa corporal e pela área de superfície corporal (média  $\pm$  DP).

Grupos	Taxa de sudorese		
	$l.h^{-1}$	$ml.kg^{-1}.h^{-1}$	$ml.m^{-2}.min^{-1}$
Obeso	$0,56 \pm 0,10$	$11,8 \pm 1,9$	$416,2 \pm 67,5$
Eutrófico	$0,51 \pm 0,22$	$17,1 \pm 8,5^*$	$487,7 \pm 231,5$

\* Maior que o grupo de obesos ( $p < 0,05$ ).

Como observado na Figura 6, em todos os locais de coleta a  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$  no suor foi significativamente maior no grupo obeso comparado com o grupo eutrófico ( $p=0,021$  e  $p=0,001$ , respectivamente), mas a  $[K^+]$  foi similar ( $p=0,250$ ) entre os grupos. Não houve diferença significativa entre esses locais dentro de cada grupo para  $Na^+$  ( $p=0,917$ ),  $Cl^-$  ( $p=0,648$ ) e  $K^+$  ( $p=0,212$ ).



**FIGURA 6.** Concentração de Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e K<sup>+</sup> no suor coletado por regiões - escápula, peito, antebraço e coxa (média ± DP).  
\* Maior que o grupo eutrófico (p<0,05).

Um déficit de Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e K<sup>+</sup> foi apresentado no balanço eletrolítico, em ambos os grupos, considerando a ingestão pela bebida e as perdas pela sudorese e pela urina (Tabela 4). Não houve diferença significativa entre os grupos para o Na<sup>+</sup> (p=0,463) e K<sup>+</sup> (p=0,638), exceto para o Cl<sup>-</sup> onde a perda foi maior no grupo obeso (p=0,044).

**TABELA 4.** Balanço eletrolítico após os 30 minutos de pedalada. Valores expressos em mmol (média  $\pm$  DP).

Eletrólito	Grupo	Ingestão	Perda		Balanço Eletrolítico
			Suor	Urina	
Na <sup>+</sup>	Obeso	2,98 $\pm$ 3,24	12,58 $\pm$ 4,74	3,88 $\pm$ 3,72	-12,04 $\pm$ 6,31
	Eutrófico	1,39 $\pm$ 1,60	10,93 $\pm$ 5,78	4,20 $\pm$ 4,21	-10,62 $\pm$ 4,24
Cl <sup>-</sup>	Obeso	1,80 $\pm$ 1,96	11,27 $\pm$ 7,75	5,89 $\pm$ 1,80	-14,55 $\pm$ 5,23*
	Eutrófico	0,84 $\pm$ 0,97	8,24 $\pm$ 3,51	5,54 $\pm$ 2,45	-10,92 $\pm$ 3,73
K <sup>+</sup>	Obeso	0,47 $\pm$ 0,51	1,83 $\pm$ 0,67	3,55 $\pm$ 1,88	-2,84 $\pm$ 2,27
	Eutrófico	0,22 $\pm$ 0,25	1,37 $\pm$ 0,56	3,35 $\pm$ 1,22	-2,44 $\pm$ 1,98

\* Maior que o grupo de eutróficos ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que durante um exercício de pedalada submáximo (50 a 60%  $VO_{2\text{pico}}$ ) no calor, meninos obesos pré-púberes apresentaram menor taxa de sudorese apenas quando corrigida pela massa corporal, maior  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$  no suor e menor tolerância ao exercício no calor em comparação aos eutróficos. Além disso, o tempo de desempenho foi menor num esforço de pedalada mais intenso (90% do  $VO_{2\text{pico}}$ ). Devemos interpretar estes resultados considerando os vários fatores que afetam as respostas da sudorese e tolerância ao calor como o tipo e intensidade exercício utilizados, condições ambientais, grau de condicionamento físico e aclimatização (Falk, 1998).

**Exercício.** Neste estudo, utilizamos o cicloergômetro, para evitar a influência da sustentação da massa corporal e anular um conhecido aumento na demanda energética dos meninos obesos (Butte et al., 2007). Os meninos apresentaram um gasto calórico total similar (497585 e 517922 kJ para os obesos e eutróficos, respectivamente), refletindo a efetividade do exercício realizado em cicloergometro. Também, padronizamos a intensidade do exercício de maneira que os meninos obesos e eutróficos se exercitassem em

similar intensidade de esforço relativa ao  $VO_{2\text{pico}}$ . Consideramos que este esforço relativo, de cerca de 53% do  $VO_{2\text{pico}}$ , foi satisfatoriamente atingido nos dois grupos pelos dados do  $VO_2$ , RER e FC que medimos durante o exercício.

**Sudorese.** Apesar da relação inversa entre a ASC e a densidade de glândulas sudoríparas (Bar-Or & Rowland, 2004) que poderia diminuir a taxa de sudorese relativa à ASC nos obesos, isto não foi encontrado. O volume de suor nos 30 min de pedalada foi similar entre obesos e eutróficos, mesmo corrigindo pela ASC que era cerca de 20% maior nos obesos. Como a massa corporal diferenciava em 40% entre os grupos, a sudorese relativa ficou significativamente menor nos obesos. Haymes et al. (1974,1975) também não encontraram diferença na taxa de sudorese corrigida pela ASC entre crianças obesas e eutróficas que se exercitaram em várias condições de calor. Assim como em nosso estudo, esses dois estudos apresentaram uma alta variabilidade na taxa de sudorese nos eutróficos. Num outro estudo (Dougherty et al. 2009), a taxa de sudorese relativa à ASC foi 13,4% maior em meninos eutróficos, comparados aos obesos no início de um processo de aclimação. Ao final de 6 sessões de exercício no calor, os eutróficos praticamente mantiveram esta diferença (12,3%) em relação aos obesos. Neste estudo, o estresse ambiental era mais acentuado (38°C e 50%UR) que o do presente estudo e também participaram meninos púberes, além de pré-púberes, que costumam apresentar maior taxa de sudorese (Meyer et al., 1992; Falk et al., 1992a; 1992b, 1992c). Assim, a menor taxa de sudorese dos pré-púberes, em comparação aos púberes, pode ter atenuado as diferenças entre obesos e eutróficos quando ela é expressa no valor absoluto ou pela ASC.

Os meninos do presente estudo estavam aclimatizados ao clima quente e apresentavam uma prática de atividade física e um grau de condicionamento físico similar, se considerarmos o  $VO_{2\text{pico}}$  alométrico e a carga máxima no teste de exercício. No estudo de Dougherty et al., (2009), os obesos apresentaram um menor  $VO_{2\text{pico}}$  relativo à massa corporal que, independente da obesidade, poderia explicar a menor taxa de sudorese encontrada nos obesos (Matsushita et al, 1980; Falk, 1998; Rowland, 2008).

Esse foi o primeiro estudo que comparou a concentração de eletrólitos no suor, estimulado pelo exercício no calor, entre meninos obesos e eutróficos, e foi encontrado que os obesos apresentaram uma maior  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$ . Estudos conduzidos com população pediátrica saudável mostraram que apesar de haver uma grande variabilidade na  $[Na^+]$  no suor (entre 20 a 60  $mmol \cdot l^{-1}$ ) ela tende a ser menor do que adultos (Meyer et al., 1992; Meyer e Bar-Or, 1994). Mesmo assim, o grupo obeso apresentou valores entre 63 e 65  $mmol \cdot l^{-1}$  no peito e na coxa, respectivamente. Apesar de terem sido utilizados em adultos (Patterson et al., 2000), os 4 locais de coleta de suor, deste estudo, foram similares na  $[Na^+]$ ,  $[Cl^-]$  e  $[K^+]$ , demonstrando que esses locais podem ser usados também na população pediátrica para quantificar as perdas de eletrólitos no suor induzido pelo exercício.

Um dos fatores que influencia as  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$  no suor é a exposição crônica ao calor e o exercício. Neste caso, a  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$  no suor diminuem com a aclimatização ao calor (Chinevere et al., 2007; Buono et al., 2008). Embora, os meninos do presente estudo vivessem na mesma cidade, expostos às mesmas condições de calor e práticas desportivas; isto, pode não garantir o mesmo grau de aclimatização. No estudo de Dougherty et al. (2009), os meninos obesos apresentaram uma menor taxa de aclimatação ao calor, podendo ser uma suposição para a maior  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$  nos meninos obesos observada no presente estudo.

**Balanço hidroeletrólítico.** Embora este estudo não tenha sido delineado para avaliar a desidratação involuntária, ambos os grupos apresentaram um discreto déficit hídrico (<1% da massa corporal). Os obesos tenderam a um maior volume de ingestão, embora não houvesse diferença significativa, provavelmente devido à grande variabilidade. A desidratação, determinada pela diminuição da massa corporal, pode representar para o obeso um maior déficit relativo de água corporal, já que a gordura apresenta uma menor quantidade de água comparada a outros tecidos (Bar-Or & Rowland, 2004). É possível que isso reflita na percepção da sede, mas no nosso estudo isso não foi avaliado.

O balanço de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{K}^+$  foi discretamente negativo em ambos os grupos, considerando a ingestão de uma bebida esportiva contendo eletrólitos ( $\text{Na}^+$   $18,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $\text{Cl}^-$   $15,5 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  e  $\text{K}^+$   $3,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ ) e as perdas pelo suor e pela urina. Isto concorda com os resultados encontrados por Meyer et al., (1995), com crianças fisicamente ativas. Essas bebidas não têm representado uma sobrecarga eletrolítica para o organismo durante o exercício no calor, podendo ser uma melhor alternativa, em relação à água pura, para evitar a hiponatremia quando os exercícios são mais prolongados no calor.

**Taxa de percepção de esforço (TPE) e sensação subjetiva de calor (SSC).** A TEP foi similar entre os grupos durante a pedalada. No estudo de Dougherty et al.(2009) a TPE também foi similar entre os meninos obesos e eutróficos enquanto eles não estavam aclimatizados; entretanto, a partir da terceira sessão de exercício no calor a TPE ficou mais elevada nos obesos. Diferentemente dos nossos achados, Selkirk e McLellan (2001) comparando indivíduos com maior adiposidade com indivíduos de menor adiposidade, verificou que os de maior adiposidade apresentaram uma TEP maior comparado aos que tinham menor adiposidade enquanto corriam a 50% do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  no calor ( $40^\circ\text{C}$ , 30%UR). Esses resultados demonstram que, possivelmente as condições térmicas ambientais (temperatura e umidade) não apresentam uma influencia significativa na taxa de esforço percebido, de forma aguda, em meninos obesos que se exercitam em climas quentes, e parece haver a necessidade de algumas sessões de exercício no calor para que a TEP se torne maior em crianças obesas.

No presente estudo, os meninos obesos apresentaram maior SSC durante a pedalada e durante o período de recuperação. Além disso, alguns obesos manifestavam verbalmente o desconforto, dores de cabeça, tontura, além de percebermos mais irritabilidade e inquietação para sair da câmara ambiental durante o período de recuperação. Selkirk e McLellan (2001) não encontraram diferenças na taxa de conforto térmico entre adultos, que diferiam em relação à adiposidade, ao caminharem em esteira no calor até a exaustão. Pouco é conhecido sobre as respostas de conforto térmico ou percepção de calor em crianças obesas ao se exercitarem em climas quentes. Drinkwater et al. (1979), compararam meninas pré-púberes e colegiais ao se exercitarem em

diferentes temperaturas (28°C, 35°C e 48°C), e observaram que meninas pré-púberes que apresentaram os mesmos sinais de desconforto que os meninos do nosso estudo. Foi sugerido que esses sinais e sintomas estavam relacionados a uma “dificuldade cardiovascular”, entretanto o débito cardíaco não apresentou diferença entre os grupos. Acreditamos que apenas o controle através de parâmetros fisiológicos de intensidade de exercício, pode ser insuficiente para o conforto, segurança e adesão de uma criança obesa quando se exercita no calor, pois a sensação térmica subjetiva parece não ter relação próxima com comprometimentos cardiovasculares em crianças obesas durante o exercício no calor.

**Tempo de performance ao exercício intenso.** Mesmo utilizando cicloergometro e eliminando a sobrecarga do deslocamento corporal, o grupo obeso não suportou pedalar tanto tempo quanto o grupo eutrófico em intensidade de esforço elevada (90%  $VO_{2\text{pico}}$ ). Como o teste de desempenho foi realizado 10 min após os meninos pedalarem 30 minutos continuamente no calor, o menor tempo de desempenho apresentado pelos obesos possivelmente seja reflexo de um maior desgaste dos meninos obesos durante o exercício contínuo, sendo um indicativo de que os obesos apresentam uma menor tolerância para realizar exercícios no calor. Reforçando essa observação, dois meninos obesos não conseguiram completar a pedalada de 30 minutos por apresentarem exaustão.

Ao contrário, Haymes et al. (1974, 1975) verificaram que tanto os obesos quanto os eutróficos (meninos e meninas) completaram o protocolo intermitente de 70 min sem alcançarem uma temperatura retal de 39,4°C, tolerando igualmente o exercício em quatro diferentes condições ambientais (21,1°C; 26,7°C; 29,4°C; 32,2°C). A possível explicação para a diferença encontrada entre os obesos e os eutróficos, no presente estudo, seja o fato do exercício ter sido contínuo e o teste de desempenho ser realizado em intensidade elevada, diferentemente do exercício realizado nos estudos de Haymes (1974, 1975) onde os exercícios foram intermitentes.

Em conclusão, este estudo demonstrou que meninos pré-púberes obesos, comparados com os eutróficos, apresentaram similares volumes de

sudorese e taxa de sudorese corrigida pela ASC. O balanço hidroeletrólítico durante 30 min de pedalada foi similar entre os grupos e com tendência a um déficit tanto de água como de  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . Porém, os obesos apresentaram uma maior SSC e menor tempo de performance. Estes resultados sugerem que meninos pré-púberes, obesos podem ter prejuízo no desempenho em relação a seus pares eutróficos. O quanto que isto está relacionado a variáveis fisiológicas ou perceptivas ainda merece ser esclarecida. Futuros estudos que avaliam também a temperatura corporal interna e grupos de púberes e meninas podem esclarecer estes resultados.

## Referências

1. Armstrong LE, Maresh CM, Castellani JW, Bergeron MF, Kenefick RW, Lagasse KE, Riebe D. Urinary indices of hydration status. *Int J Sport Nutr.* 1994; 4(3):265-79.
2. Bar-Or O, Rowland TW. *Pediatric Exercise Medicine: From Physiologic Principles to Health Care Application.* Human Kinetics Publishing; 2004. 520p.
3. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med.* 1970; 2(2):92-98.
4. Buono MJ, Ball KD, Kolkhorst FW. Effect of heat acclimation on the sweat sodium ion concentration vs. sweat rate relationship in humans. *J Appl Physiol.* 2007; 103(3):990-4.
5. Butte NF, Puyau MR, Vohra FA, Adolph AL, Mehta NR, Zakeri I. Body Size, Body Composition, and Metabolic Profile Explain Higher Energy Expenditure in Overweight Children. *J Nutr.* 2007; 137(12):2660–67.
6. Center for Disease Control and Prevention Web site [Internet]. Atlanta (GA): Prevalence of overweight among children and adolescents: United States 1999; [cited 2002 Jan 15]. Available from:  
<http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/over99fig1.htm>.
7. Chinevere TD, Kenefick RW, Chevront SN, Lukasky HC, Sawka MN. Effect of heat acclimation on sweat minerals. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(5):886-91.

8. Dougherty KA, Chow M, Kenney L. Responses of lean and obese boys to repeated summer exercise in the heat bouts. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(2):279-89.
9. Drinkwater BL, Kepratt IC, Denton JE, Crist JL, Horvath SM. Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. *J Appl Physiol.* 1977; 43(6):1046-53.
10. Falk B, Bar-Or O, MacDougall JD. Thermoregulatory responses of pre-, mid-, and late-pubertal boys to exercise in dry heat. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24(6):688-94.
11. Falk B, Bar-Or O, Calvert R, MacDougall JD. Sweat gland response to exercise in the heat among pre-, mid-, and late-pubertal boys. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24(3):313-9.
12. Falk B, Bar-Or O, MacDougall JD, Goldsmith CH, McGillis L. Longitudinal analysis of the sweating response of pre-, mid-, and late-pubertal boys during exercise in the heat. *Am J Hum Biol.* 1992; 4(4):527-35.
13. Falk B, Dotan R. Children's thermoregulation during exercise in the heat- a revisit. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008; 33:420-7.
14. Haymes EM, Buskirk ER, Hodgson JL, Lundegren HM, Nicholas WC. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. *J Appl Physiol.* 1974; 36(5):566-71.
15. Haymes EM, Mc Cormick RJ, Bursirk E. Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal boys. *J Appl Physiol.* 1975; 39(5):457-61.

16. Lohman TG, Houtkooper L, Going SB. Body fat measurement goes high-tech: Not all are created equal. *Health Fitness Journal*. 1997; 7(1):30-35.
17. Lohman TG, Roche FA, Martorell A. *Anthropometric standardization reference manual*. Ed. Abridged; 1988. 177 p.
18. Matsushita K, Araki T. The effect of physical training on thermoregulatory responses of preadolescent boys to heat and cold. *J Physiol Fitness-Japan*. 1980; 29:69-74.
19. Meyer F, Bar-Or O, MacDougall JD, Heigenhauser GJF. Drink composition and the electrolyte balance of children exercising in the heat. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27(6):882–87.
20. Meyer F, Bar-Or O, McDougall JD, Heigenhauser GJF. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med Sci Sports Exerc*. 1992; 24(7):776-81.
21. Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentiles of body mass index (wt/ht<sup>2</sup>) and triceps skinfold thickness. *Am J Clin Nutr*. 1991; 53: 839-46.
22. Patterson MJ, Galloway SDR, Nimmo MA. Variations in regional sweat composition in normal humans males. *Exp Physiol*. 2000; 85(6):869-75.
23. Rivera-Brown AM, Ramírez-Marrero FA, Wilk B, Bar-Or O. Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls in a hot and humid climate. *Eur J Appl Physiol*. 2008; 103(1):109-16.

24. Rivera-Brown AM, Gutiérrez R, Gutiérrez JC, Frontera WR, Bar-Or O. Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *J Appl Physiol.* 1999; 86(1):78-84.
25. Rowland T. Thermoregulation during exercise in the heat in children: old concepts revisited. *J Appl Physiol.* 2008; 105:718-24.
26. Rowland, T.W. *Children's Exercise Physiology.* 2nd ed: Human Kinetics; 2005. 312 p.
27. Selkirk GA, McLellan TM. Influence of aerobic fitness and body fatness on tolerance to uncompensable heat stress. *J Appl Physiol.* 2001; 91(5):2055-63.
28. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988; 60(5):709-723.
29. Tanner JM. The development of the reproductive system. In: *Growth at adolescence.* 2nd Edition. Blackwell Scientific Publications: Oxford; 1962. 28-32 pp.
30. Wilk B, Bar-Or O. Effect of drink flavor and NaCl on voluntary drinking and hydration in boys exercising in the heat. *J Appl Physiol.* 1996; 80(4):1112-17.
31. Wilk B, Rivera-Brown AM, Bar-Or O. Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 101(6):727-34.

32. Young AJ, Sawka MN, Epstein Y, Decristofano B, Padolf KB. Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise. *J Appl Physiol.* 1987; 63(3):1218-23.
33. Zahorska-Markiewicz B. Thermal and metabolic responses to heat exposure in obesity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1982; 48(3):379-85.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em conclusão, este estudo demonstrou:

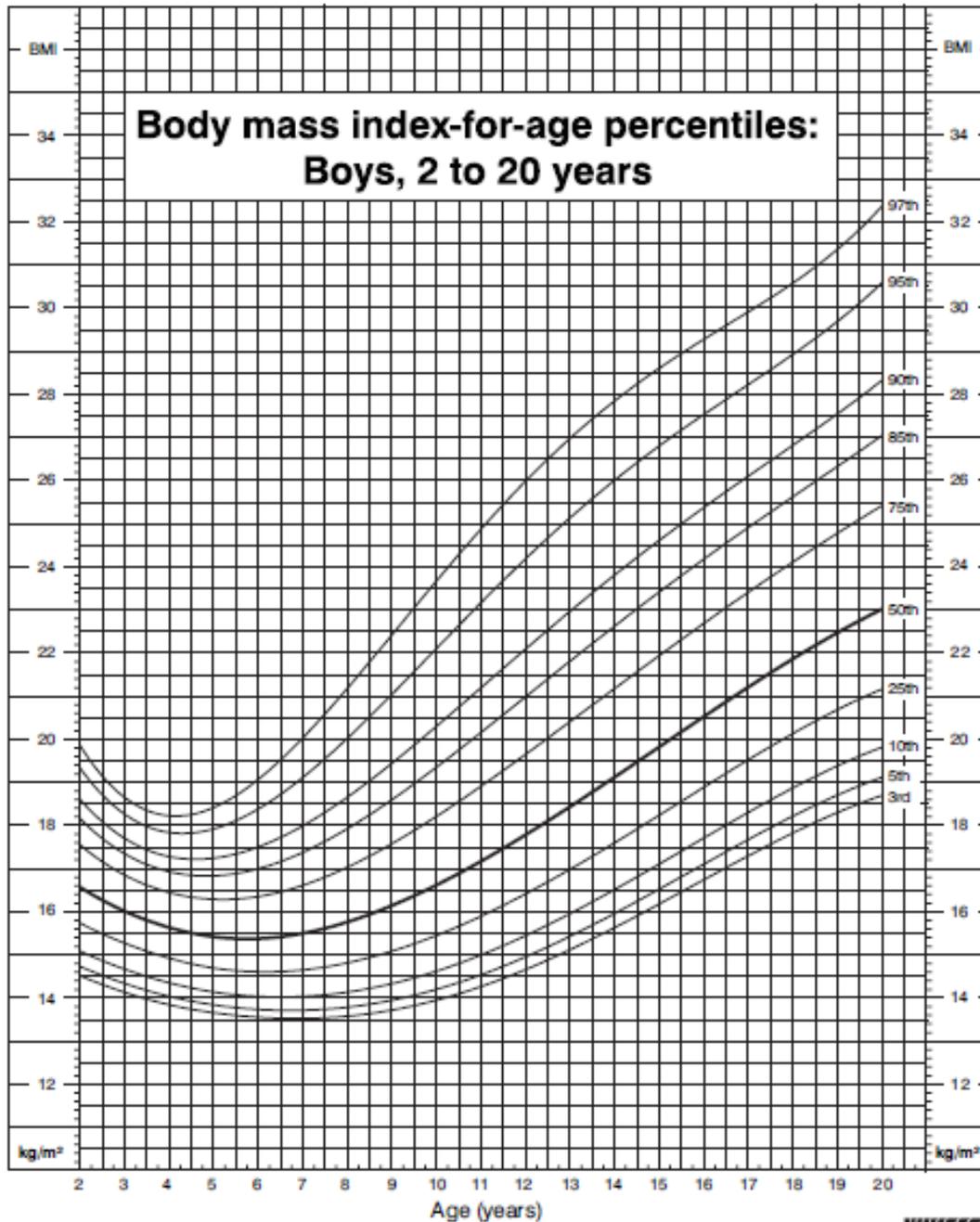
- a) Que meninos pré-púberes obesos apresentam uma taxa de sudorese absoluta e corrigida pela área de superfície corporal similar aos eutróficos, sugerindo a realização de estudo com púberes e pós-púberes para verificar se essas comparações podem ser influenciadas pelo estágio maturacional;
- b) Que meninos pré-púberes obesos apresentam uma  $[Na^+]$  e  $[Cl^-]$  no suor maior que os eutróficos e não diferem em relação à  $[K^+]$ ;
- c) Que tantos meninos eutróficos e obesos apresentam um balanço hidroeletrolítico negativo, sendo que obesos não diferem de eutróficos em relação ao balanço eletrolítico de  $Na^+$  e  $K^+$ , entretanto os obesos apresentaram um balanço negativo maior em relação  $Cl^-$ ;
- d) Que meninos pré-púberes obesos apresentam um menor tempo de desempenho e maiores sensações subjetivas de calor que os eutróficos, sugerindo que eles apresentam menor capacidade de tolerar o exercício no calor;
- e) Que meninos pré-púberes obesos não diferem dos eutróficos em relação à hidratação voluntária, entretanto há uma necessidade de confirmar esse achado através de um protocolo mais extenso de exercício no calor e a verificação com bebidas não contendo CHO não sua composição.

Futuros estudos são necessários para explicar o quanto os achados do presente estudo estão relacionados a variáveis fisiológicas ou subjetivas, para isso sugerimos o desenvolvimento de investigações que avaliem a temperatura interna e verifiquem essas respostas em crianças de diferentes graus maturacionais (púberes e pós-púberes) e diferentes gêneros (meninos e meninas).

## 5. ANEXOS

### 5.1. Curvas de percentil do IMC – Center for Disease Control

#### CDC Growth Charts: United States



Published May 30, 2000.

SOURCE: Developed by the National Center for Health Statistics in collaboration with the National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion (2000).

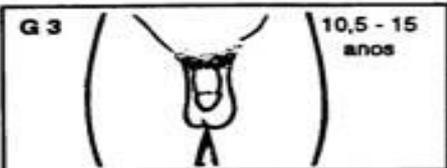


SAFER • HEALTHIER • PEOPLE™

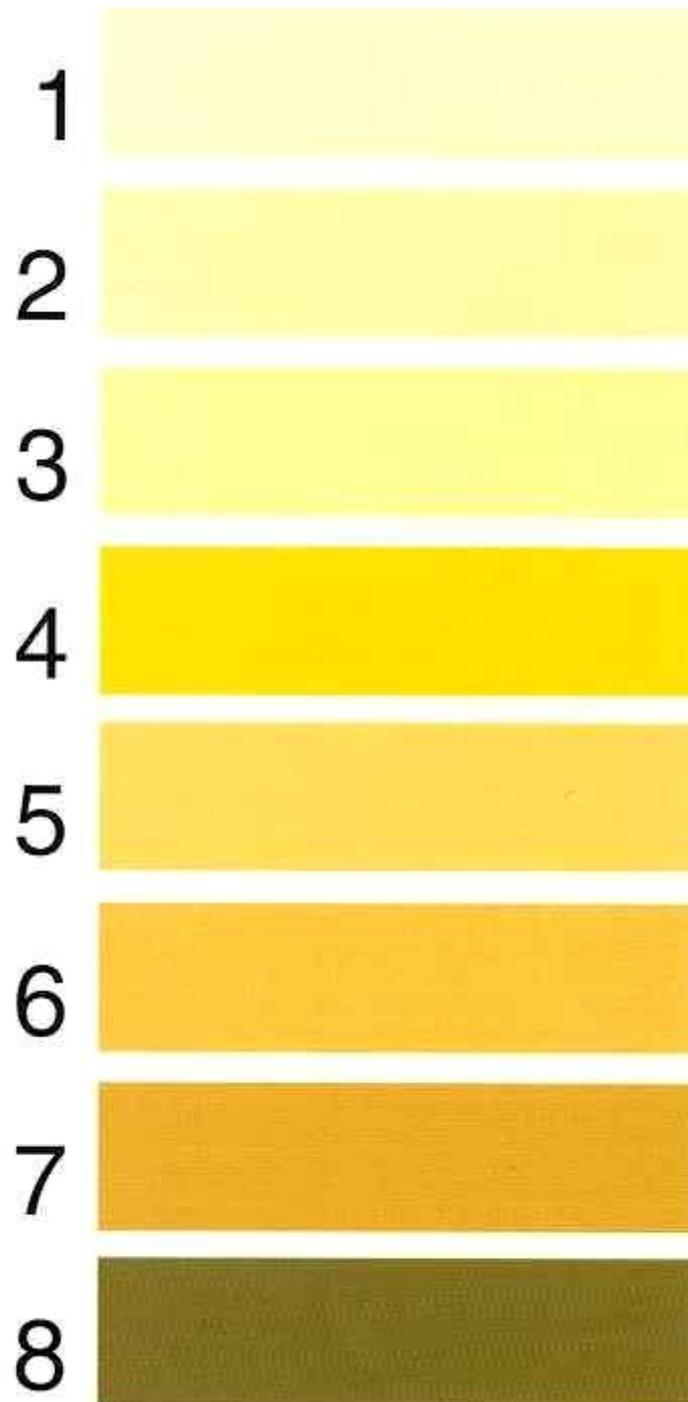
## 5.2. Classificação de Tanner- Desenvolvimento pubertal masculino

## Desenvolvimento Puberal Masculino

### Critérios de Tanner

Genitália	Pêlos pubianos
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>G 1</b></p>  <p>Fase pré-adolescência (infantil)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>G 2</b>      9,5 - 13,5 anos</p>  <p>Aumento do escroto e dos testículos, sem aumento do pênis</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>G 3</b>      10,5 - 15 anos</p>  <p>Ocorre também aumento do pênis, inicialmente em toda a sua extensão</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>G 4</b>      11,5 - 16 anos</p>  <p>Aumento do diâmetro do pênis e da glândula, crescimento dos testículos, cuja pele escurece</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>G 5</b>      12,5 - 17 anos</p>  <p>Tipo adulto</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>P 1</b></p>  <p>Fase pré-adolescência (não há pelagem)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>P 2</b>      11 - 15,5 anos</p>  <p>Presença de pêlos longos, macios, ligeiramente pigmentados, na base do pênis</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>P 3</b>      11,7 - 16 anos</p>  <p>Pêlos mais escuros, ásperos, sobre o púbis</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p><b>P 4</b>      12 - 16,5 anos</p>  <p>Pelagem do tipo adulto, mas a área coberta é consideravelmente menor que no adulto</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>P 5</b>      13 - 17 anos</p>  <p>Tipo adulto, estendendo-se até face interna das coxas</p> </div>

## 5.3. Tabela de coloração da urina



## 5.4. Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa



**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 :** 2007951

**Título :** SUDORESE, BALANÇO HIDRO-ELETROLÍTICO E HIDRATAÇÃO VOLUNTÁRIA EM MENINOS OBESOS PRÉ-PÚBERES DURANTE EXERCÍCIO NO CALOR

**Pesquisador (es) :**

<u>NOME</u>	<u>PARTICIPAÇÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
FLAVIA MEYER	PESQ RESPONSÁVEL	flaviameyer@uol.com.br	33085869
JOCELITO BIJOLDO MARTINS	PESQUISADOR	jocelitomartins@terra.com.br	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 37 , ata nº 117 , de 30/10/2008 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, quinta-feira, 30 de outubro de 2008

  
**ILMA SIMONI BRUM DA SILVA**  
 Coordenador do CEP-UFRGS

## 6. APÊNDICES

### 6.1. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

#### **Termo de Consentimento livre e esclarecido**

Seu dependente está sendo convidado a participar de um estudo para conhecer as respostas de meninos 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 (34°C, 60% 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. 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 a saúde é esperado durante ou após cada uma das sessões. É possível que ocorra um cansaço, que é normal após a prática de atividade física.

Os voluntários serão acompanhados e terão assistência durante todo o tempo dos 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.

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 Jocelito Bijoldo Martins 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 Jocelito Martins pelo telefone (51) 99972644.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

## 6.2. Anamnese 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 a 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? \_\_\_\_\_

**NUTRIÇÃO**

47. Você costuma se alimentar quantas vezes ao dia? \_\_\_\_\_

48. Você gosta e/ou costuma ingerir alimento muito salgado? ( ) Sim ( ) Não

49. Sua família costuma comer comidas muito salgadas? ( ) Sim ( ) Não

50. Você costuma beber algum tipo de bebida durante o dia? ( ) Sim ( ) Não

Qual? \_\_\_\_\_

Declaro a veracidade das informações acima.

Ass: \_\_\_\_\_

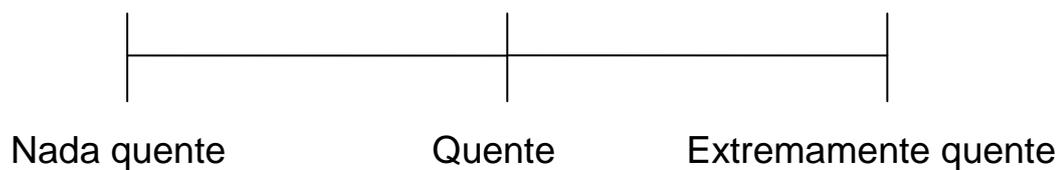
Data: \_\_\_\_\_

## 6.3. Escala Subjetiva de Sensação ao calor

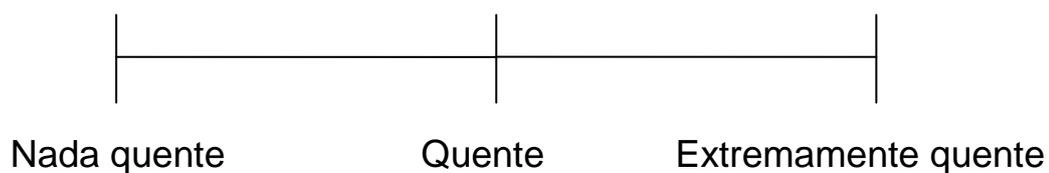
Escala Subjetiva de Tolerância ao Calor

Nome: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_

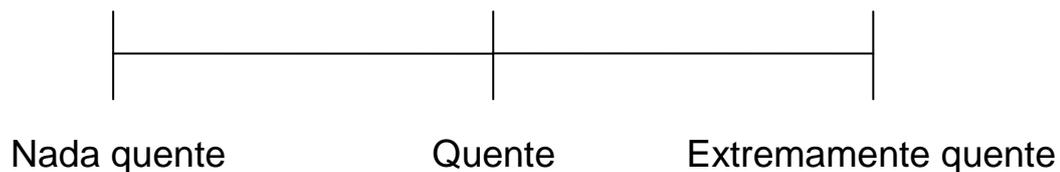
## Exercício (15 minutos)



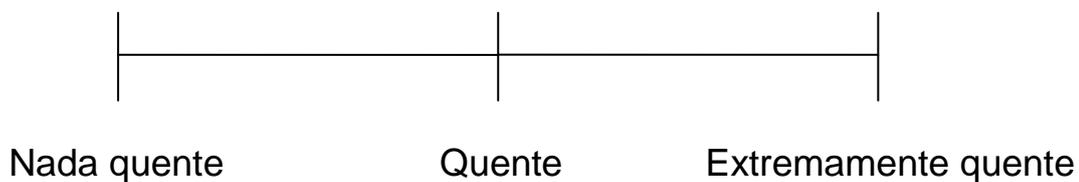
## Recuperação (0 minutos)



## Recuperação (15 minutos)



## Recuperação (30 minutos)



## 6.4. Planilha de coleta de dados

Primeira Sessão: AVALIAÇÃO

Data: \_\_\_\_\_

FICHA DE COLETA DE DADOS					Grupo: Controle ( ) Experimental ( )	
Nome:			Sexo:		Nasc:	
ID:			Estágio maturacional: G: ____ P: ____ Tanner			
Medidas Antropométricas						
Peso corporal: Kg			Estatura: cm			
Perímetro Braquial: cm			Perímetro Abdominal: cm			
Perímetro Antebraço: cm			Perímetro Quadril: cm			
Perímetro Coxa: cm			Perímetro Cintura: cm			
DC Tríceps 1: mm		DC Tríceps 2: mm		DC Tríceps 3: mm		DC Tríceps M: mm
DCSE 1: mm		DCSE 2: mm		DCSE 3: mm		DCSE M: mm
IMC:			Avaliador:			

Teste do potência aeróbica: Protocolo de McMaster

Estágios	Tempo	Carga (WATTS)	VO <sub>2</sub>	FC	Borg
1	0 min				
2	2 min				
3	4 min				
4	6 min				
5	8 min				
6	12 min				
7	14 min				
8	16 min				
9	18 min				
10	20 min				
Tempo Teste (min):	Carga máx (W):	FC Repouso (bpm):	FC máx (bpm):	VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min <sup>-1</sup> ):	
Carga 50%:	Carga 60%:	FC 50%:	FC 60%:	VO <sub>2</sub> 50%:	VO <sub>2</sub> 60%:

**Segunda Sessão: CAMARA AMBIENTAL****Data:** \_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_ °C      UR: \_\_\_\_\_ %

Horário café: \_\_\_\_\_ Horário exercício: \_\_\_\_\_

**Exercício**

FC repouso 10 min (bpm):	PA repouso (mmHg):
Carga de trabalho (W):	Zona de intensidade 50%-60% (bpm):

**Urina**

Pré

Pós

Recuperação

	Volume:                      ml	Volume:                      ml
Coloração:	Coloração:	Coloração:
Gravidade específica:	Gravidade específica:	Gravidade específica:

**Peso Corporal**

Pré exercício:                      Kg	Pós exercício:                      Kg
--	--

**Líquido ingerido**

Peso garrafa pré:                      gr	Peso garrafa pós:                      gr	Peso garrafa rec:                      gr
---	---	---

Tempo	Watts	FC		Temperatura		Borg	
		Teste	Recuper	Teste	Recuper	Teste	Recuper
0 min.							
5 min.							
10 min.							
15 min.							
20 min.							
25 min.							
30 min.							
<b>Intervalo – 10 minutos (Câmara Ambiental)</b>							
<b>Teste de performance</b>	Tempo de duração total do teste:		FC inicial (bpm):		FC final (bpm):		
<b>Recuperação</b>	Peso pré:	Peso pós:	Temperatura inicial:		Temperatura final:		