

## Resposta da Pressão Arterial ao Esforço em Adolescentes: Influência do Sobrepeso e Obesidade

*Blood Pressure Response to Physical Exertion in Adolescents: Influence of Overweight and Obesity*

Luciana Carletti<sup>1</sup>, Anabel Nunes Rodrigues<sup>2</sup>, Anselmo José Perez<sup>1</sup>, Dalton Valentim Vassallo<sup>1</sup>

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)<sup>1</sup>, Faculdade Salesiana de Vitória<sup>2</sup>, Vitória, ES - Brasil

### Resumo

**Fundamento:** A resposta aguda da pressão arterial ao esforço tem sido utilizada como indicador de risco para o desenvolvimento de hipertensão arterial. Os fatores associados com essa resposta precisam ser esclarecidos a fim de se intervir na prevenção da doença hipertensiva.

**Objetivo:** Descrever o comportamento das variáveis cardiovasculares ao esforço agudo em adolescentes com excesso de peso, por meio de teste cardiopulmonar.

**Métodos:** A amostra foi constituída de 104 adolescentes (56 meninos e 48 meninas), divididos nos grupos de sobrepeso/obesos (GSO) e eutróficos (GE). Foram aferidas variáveis antropométricas (peso, estatura e IMC), de composição corporal (dobra cutânea) e variáveis hemodinâmicas de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) e frequência cardíaca (FC), no repouso e no esforço máximo do teste cardiopulmonar.

**Resultados:** No grupo masculino, identificaram-se maiores valores de pressão arterial sistólica de repouso para o GSO, quando comparados com o GE ( $113 \pm 13$  vs  $106 \pm 8$  mmHg;  $p = 0,009$ ), a PAS pré-exercício ( $120 \pm 14$  vs  $109 \pm 10$  mmHg;  $p = 0,003$ ) e de PAS na carga máxima de trabalho ( $156 \pm 20$  vs  $146 \pm 14$  mmHg;  $p = 0,03$ ). No grupo feminino, apenas a PAS pré-exercício foi superior no grupo de sobrepeso, quando isso foi comparado com as eutróficas ( $114 \pm 11$  vs  $106 \pm 10$  mmHg;  $p = 0,009$ ).

**Conclusão:** A resposta pressórica durante o exercício foi mais exacerbada em adolescentes obesos quando comparada com àquela obtida em eutróficos, o que indica maior reatividade ao estresse físico. (Arq Bras Cardiol 2008;91(1):25-30)

**Palavras-chave:** Pressão arterial, adolescente, obesidade, sobrepeso, calorimetria, esforço físico.

### Summary

**Background:** The acute blood pressure response to physical exertion has been used as an indicator of the risk of developing hypertension. The factors associated with this response need to be clarified for timely intervention in preventing hypertensive disease.

**Objective:** To describe the response of cardiovascular variables to acute physical exertion in overweight adolescents using cardiopulmonary exercise testing.

**Methods:** The sample consisted of 104 adolescents (56 boys and 48 girls), divided into two groups: the obese/overweight group (OOG) and the eutrophic group (EG). The following variables were measured: anthropometric (weight, height, and BMI), body composition (skin fold thickness), as well as hemodynamic variables such as systolic arterial pressure (SAP), diastolic arterial pressure (DAP), and heart rate (HR), at rest and at maximal physical exertion during the cardiopulmonary test.

**Results:** In the male group, the greatest values of systolic arterial pressure at rest were recorded in the OOG as compared to the EG ( $113 \pm 13$  vs  $106 \pm 8$  mmHg;  $p = 0.009$ ), pre-exertion SAP ( $120 \pm 14$  vs  $109 \pm 10$  mmHg;  $p = 0.003$ ), and SAP during maximal exertion conditions ( $156 \pm 20$  vs  $146 \pm 14$  mmHg;  $p = 0.03$ ). In the female group, only pre-exertion SAP was higher in the overweight group as compared to the eutrophic girls ( $114 \pm 11$  vs  $106 \pm 10$  mmHg;  $p = 0.009$ ).

**Conclusion:** The response of arterial blood pressure during physical exercise was most exacerbated in obese adolescents as compared to eutrophic teens, suggesting greater reactivity to physical exertion. (Arq Bras Cardiol 2008;91(1):24-28)

**Key words:** Blood pressure; adolescent; exertion; obesity; overweight; calorimetry.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Luciana Carletti •

Rua Itaquari, 300, Itapoã, 29.101-902, Vila Velha, ES - Brasil

E-mail: lcarletti@terra.com.br

Artigo recebido em 27/09/07; revisado recebido em 12/12/07; aceito em 04/01/08.

## Introdução

A resposta hemodinâmica aos testes de estresse com exercícios físicos tem sido extensivamente estudada em adultos e os resultados reforçam a relação do comportamento hiperreator da pressão arterial com o desenvolvimento de hipertensão<sup>1-4</sup>, destacando o papel dessa variável na estratificação de risco cardiovascular<sup>5</sup>.

Nas últimas décadas, têm se examinado com maior intensidade as respostas fisiológicas ao exercício na população pediátrica<sup>6</sup> e de jovens<sup>7</sup>, com o propósito de obter esclarecimentos sobre mecanismos fisiopatológicos. Resultados prévios sinalizam para uma relação consistente entre pressão arterial medida imediatamente após o esforço e pressão arterial de repouso após doze anos de acompanhamento<sup>4</sup>. Em crianças e adolescentes, é difícil estabelecer o valor preditivo dessa resposta por causa do longo período de observação a ser considerado, o que pode levar a resultados inconclusivos<sup>8</sup>.

Os fatores que parecem influenciar a resposta pressórica ao esforço em crianças e adolescentes são: pressão arterial do repouso<sup>9</sup>, idade e gênero<sup>10</sup>, etnia<sup>11,12</sup>, obesidade<sup>13</sup>, dislipidemias<sup>14</sup>, genética<sup>15</sup>, aptidão física<sup>16</sup> e história familiar de hipertensão<sup>17</sup>.

Entre os fatores supracitados, as evidências indicam que a obesidade se destaca como um fator importante na resposta pressórica ao esforço<sup>13,18</sup> e, resultados de estudos nacionais têm contribuído para a elucidação desse comportamento em adolescentes obesos durante teste ergométrico<sup>18</sup>. Entretanto, existem limitações quanto à identificação da aptidão cardiorrespiratória ( $VO_{2\text{máx}}$ ) apresentada, visto que os trabalhos publicados foram desenvolvidos por meio de ergometria convencional, o que poderia limitar a interpretação do valor real do  $VO_{2\text{máx}}$  atingido. Sabendo que é esperada uma menor aptidão cardiorrespiratória entre indivíduos obesos<sup>13</sup> e que esta é também uma variável importante na interpretação dos valores pressóricos<sup>16</sup> ao esforço, acredita-se que este fator deva ser fidedignamente mensurado por meio de técnica de teste cardiopulmonar<sup>19</sup>.

Sendo assim, o propósito deste estudo consistiu em analisar a resposta hemodinâmica ao esforço num grupo de escolares, de acordo com a presença de sobrepeso/obesidade, por meio do teste cardiopulmonar.

## Métodos

A amostra foi constituída de 104 escolares (56 meninos e 48 meninas) com idade entre 11 e 15 anos de idade, estudantes do ensino fundamental da rede pública e particular do município de Vitória, Espírito Santo. Para o cálculo da amostra, consideraram-se o nível de confiança de 95% e o intervalo de confiança de 90%, por meio da equação proposta por Willet (1998) para amostras independentes<sup>20</sup>. O valor mínimo de participantes calculados foi de vinte alunos; considerando que se esperava uma diferença de pelo menos 10 mmHg nos valores de pressão arterial entre os grupos.

Os alunos participantes do estudo e seus responsáveis receberam as informações necessárias sobre os métodos a serem utilizados no trabalho. Para oficializar a participação, assinou-se o termo de consentimento livre e esclarecido. Esta

pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Salesiana de Vitória – ES.

As respostas hemodinâmicas dos grupos foram analisadas em relação à composição corporal. Para isso, realizou-se a seguinte divisão dos grupos: grupo de sobrepeso e obesos (GSO) – formado pelos indivíduos classificados como acima do peso corporal normal, conforme critérios detalhados a seguir – e grupo de eutróficos (GE) – formado pelos indivíduos classificados como dentro da faixa de normalidade de peso.

Os adolescentes foram submetidos a exame de anamnese que incluía um eletrocardiograma de repouso (ECG) de doze derivações e avaliação clínica, feita por um médico cardiologista, para investigar a existência de anormalidades que pudessem inviabilizar a participação no teste de avaliação da capacidade cardiopulmonar, bem como o uso de medicação que pudesse interferir no comportamento da pressão arterial (critério de exclusão).

Aferiu-se o peso corporal com a utilização de uma balança eletrônica Welmy modelo RW200, com capacidade máxima para 200 kg (intervalos de medida de 100 g em 100 g). Os indivíduos foram pesados com o mínimo de roupa possível. Para a estatura, utilizou-se um estadiômetro de madeira (marca seca, modelo 206), com comprimento máximo de 220 cm. Calculou-se o índice de massa corporal (IMC), e os valores de ponto de corte para definir peso normal, sobrepeso e obesidade foram baseados em estudo desenvolvido com amostra internacional e nacional<sup>21</sup>. Considerando as divergências existentes na literatura acerca do uso do IMC para identificar obesidade e sobrepeso<sup>22</sup>, optamos também por incluir medidas de dobras cutâneas a fim de garantir uma informação adicional às nossas análises.

As aferições de gordura subcutânea foram realizadas com um compasso de dobras cutâneas da marca Cescorf (plicômetro científico), com sensibilidade de 0,1 mm. Aplicaram-se três medidas alternadas de cada dobra, considerando-se o valor da média das três medidas. Em seguida, utilizamos a relação entre as dobras cutâneas tríceps e subescapular como medida de identificação da distribuição de gordura corporal<sup>23,24</sup>.

Neste estudo, utilizamos o consenso acerca dos aspectos metodológicos da medida da pressão arterial em criança, que foi estabelecido pelas IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial<sup>25</sup>. Os indivíduos foram avaliados por pelo menos dois dias consecutivos em ambiente de laboratório, após permanecerem por 10 minutos sentados em ambiente calmo. Calculou-se a média das medidas sistólicas e diastólicas obtidas nos dois dias, com o objetivo de estabelecer os valores de pressão arterial. Utilizou-se para a medida da pressão arterial um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio da marca Wan Med, devidamente calibrado. O tamanho do manguito foi padronizado pela diretriz supracitada<sup>25</sup>. Como valores de normalidade da pressão arterial, foram considerados aqueles inferiores ao percentil 90 para idade e estatura<sup>26</sup>.

Aferiram-se o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) atingido na ergoespirometria (teste cardiopulmonar) e a ventilação máxima ( $VE_{\text{máx}}$ ), a fim de se ter um indicador do nível de aptidão física dos grupos. Para análise dos gases no teste cardiopulmonar, utilizou-se o ergoespirômetro Cardio2 da marca MedGraphics Corporation (MGC), que consiste num sistema

de calorimetria de circuito fechado. O protocolo utilizado no teste encontra-se descrito em literatura prévia<sup>19</sup>.

Previamente ao dia da aplicação do teste cardiopulmonar, os escolares foram familiarizados com o ambiente do laboratório, por meio de uma visita, com apresentação do espaço físico e explicação sobre os procedimentos a serem realizados.

Antes de iniciarem o teste cardiopulmonar, os adolescentes permaneciam deitados por cerca de 5 minutos, num ambiente tranqüilo, com temperatura mantida em torno de 22° C, e então era feito o registro da atividade elétrica do coração (ECG repouso). A frequência cardíaca obtida por meio desse registro era considerada a frequência de repouso (FCr).

No local de realização do teste, havia equipamentos e fármacos para situação de emergência. Os testes eram feitos sob supervisão de um médico cardiologista. Os indivíduos eram então encaminhados para a esteira ergométrica (Inbrasport Super ATL) e orientados a respeito do desenvolvimento do teste e dos critérios para a interrupção. Em seguida, acoplava-se o esfigmomanômetro para as medidas de pressão arterial que seriam realizadas durante o teste:

- No momento imediatamente pré-exercício (logo após a preparação para o teste)
- Aos 2 minutos de exercício, a medida era denominada pressão arterial submáxima (~ 30% VO<sub>2máx</sub>).
- Ao final do teste, ou seja, imediatamente após a interrupção do esforço, denominada pressão arterial máxima (100% VO<sub>2máx</sub>).

Após cerca de dois minutos de repouso em pé, realizando os registros eletrocardiográficos e ventilatórios (fase pré-esforço), iniciava-se o teste. Durante a execução, os indivíduos eram monitorados por meio do ECG de doze derivações, para acompanhar a resposta cardíaca e a frequência cardíaca ao esforço.

Neste estudo utilizou-se um protocolo de rampa, que progredia de acordo com o consumo de oxigênio predito, em equivalentes metabólicos (MET); esse consumo foi comparado com o consumo de oxigênio medido. O teste era interrompido se os avaliados sinalizassem (por meio de gestos pré-combinados) fadiga ou algum desconforto que impedisse a continuidade do teste. A duração média do teste foi de 9 minutos. Para confirmar se o VO<sub>2</sub> atingido era o máximo, os seguintes critérios foram observados<sup>27</sup>: a) incapacidade em manter o exercício; b) razão de troca respiratória (RER) ≥ 1,0; c) FC<sub>máx</sub> alcançada ≥ 90% da FC estimada; d) VO<sub>2máx</sub> atingido ≥ 85% do predito.

Para análise dos dados coletados, utilizou-se o teste t-Student para amostras independentes, com o propósito de comparar as médias pressóricas de repouso e exercício, as características antropométricas e os parâmetros metabólicos e de aptidão física entre os dois grupos. Quando necessário, utilizou-se o teste de ANCOVA para correção das variáveis de confusão. Foram considerados resultados estatisticamente significativos para valores de p ≤ 0,05.

## Resultados

As características antropométricas, hemodinâmicas e de aptidão física da amostra estudada podem ser observadas

nas tabelas 1 e 2, respectivamente de meninas e meninos. As tabelas apresentam também o número de indivíduos da amostra total, de acordo com a divisão dos grupos em sobrepeso e obesos (GSO) e eutróficos (GE).

Com relação ao sexo feminino, identificou-se diferença estatística apenas nas variáveis antropométricas (peso,

**Tabela 1 – Características antropométricas e hemodinâmicas do grupo de sobrepeso e obesos (GSO) vs eutróficos (GE) do sexo feminino**

	GSO Meninas	GE Meninas	p
n (total)	24	24	-
Idade	12,1 ± 1,3	12,0 ± 1,5	0,86
Peso (kg)	59,3 ± 12,9	38,8 ± 9,3**	<0,0001
Estatura (m)	1,53 ± 0,09	1,46 ± 0,10*	0,02
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,2 ± 3,8	17,9 ± 2,3**	<0,0001
RT/S (mm)	0,85 ± 0,19	1,43 ± 0,40**	<0,0001
PAS repouso (mmHg)	114 ± 12	108 ± 10	0,07
PAD repouso (mmHg)	66 ± 6	67 ± 8	0,51
PAM repouso (mmHg)	82 ± 7	81 ± 8	0,67
FC (bpm)	84 ± 10	87 ± 9	0,34

Teste t-Student para amostras independentes; \* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01. Diferenças entre médias do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos. IMC - índice de massa corporal (peso/estatura<sup>2</sup>); RT/S - relação tríceps/subescapular; PAS - pressão arterial sistólica; PAD - pressão arterial diastólica; PAM - pressão arterial média; FC - frequência cardíaca.

**Tabela 2 – Características antropométricas e hemodinâmicas do grupo de sobrepeso e obesos (GSO) vs eutróficos (GE) do sexo masculino**

	GSO Meninos	GE Meninos	p
n (total)	28	28	-
Idade	12,8 ± 1,51	12,1 ± 1,3	0,08
Peso (kg)	60,7 ± 12,5	38,2 ± 11,0**	<0,0001
Estatura (m)	1,57 ± 0,09	1,49 ± 0,13**	0,008
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,3 ± 2,9	16,9 ± 2,3**	<0,0001
RT/S (mm)	0,93 ± 0,32	1,43 ± 0,40**	<0,0001
PAS repouso (mmHg)	113 ± 13	106 ± 8**	0,009
PAD repouso (mmHg)	64 ± 6	65 ± 7	0,53
PAM repouso (mmHg)	81 ± 7	79 ± 6	0,34
FC (bpm)	76 ± 8	78 ± 10	0,51

Teste t-Student para amostras independentes; \*\* p ≤ 0,01. Diferenças entre médias do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos. IMC - índice de massa corporal (peso/estatura<sup>2</sup>); RT/S - relação tríceps/subescapular; PAS - pressão arterial sistólica; PAD - pressão arterial diastólica; PAM - pressão arterial média; FC - frequência cardíaca.

## Artigo Original

estatura, IMC e RT/S), quando se compararam os dois grupos de análise (tab. 1). Quanto ao grupo masculino, além das diferenças nas variáveis antropométricas, identificaram-se maiores valores de pressão arterial sistólica para o GSO (tab. 2), quando comparados com o GE ( $113 \pm 13$  mmHg vs  $106 \pm 8$  mmHg;  $p = 0,009$ ).

O teste cardiopulmonar aplicado apresentou qualidade para identificação da aptidão cardiorrespiratória, evidenciando valor médio da RER de  $1,05 \pm 0,07$ . Desse modo, constatou-se que 93% das meninas e 87% dos meninos atingiram  $VO_{2m\acute{a}x}$  de acordo com os critérios postulados neste estudo.

No teste de esforço (tab. 3), os meninos com sobrepeso exibiram a PAS pré-exercício ( $120 \pm 14$  vs  $109 \pm 10$  mmHg,  $p = 0,003$ ) e a PAS na carga máxima de trabalho superior à dos eutróficos ( $156 \pm 20$  vs  $146 \pm 14$  mmHg,  $p = 0,03$ ), refletindo numa PAM pré-exercício maior ( $86 \pm 10$  vs  $81 \pm 7$  mmHg,  $p = 0,04$ ). O  $VO_{2m\acute{a}x}$  foi superior no GE quando comparado com o GSO ( $36,24 \pm 7,2$  vs  $42,6 \pm 6,6$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), indicando maior aptidão física nesse grupo. Entretanto, as diferenças hemodinâmicas foram confirmadas até mesmo após o ajuste para a estatura e para o  $VO_{2m\acute{a}x}$ , por meio de análise de covariância (tab. 4).

No grupo de meninas, não se observou nenhuma diferença significativa em relação às variáveis hemodinâmicas entre GSO e GE (tab. 5). Apenas a PAS pré-exercício foi superior no grupo de sobrepeso, quando comparada com as eutróficas ( $114 \pm 11$  vs  $106 \pm 10$  mmHg,  $p = 0,009$ ), o que não se sustentou após ajuste para a estatura.

## Discussão

Nossa proposta era analisar a influência da obesidade ou sobrepeso na resposta hemodinâmica ao esforço, em um grupo de adolescentes saudáveis e normotensos. A relevância do tema é evidenciada pela possibilidade de se identificarem precocemente alterações nos parâmetros

**Tabela 3 – Parâmetros hemodinâmicos e de aptidão física no esforço progressivo do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos do sexo feminino**

	GSO Meninas	GE Meninas	p
PAS pré-exerc. (mmHg)	114 ± 11	106 ± 10**	0,009
PAS 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	143 ± 11	138 ± 13	0,16
PAD pré-exerc. (mmHg)	67 ± 8	65 ± 7	0,46
PAD 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	53 ± 6	55 ± 6	0,22
PAM pré-exerc. (mmHg)	83 ± 8	79 ± 7	0,09
PAM 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	83 ± 7	83 ± 8	0,92
$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	33,35 ± 5,3	36,73 ± 7,12	0,07
FC 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	197 ± 12	194 ± 16	0,52

Teste t-Student para amostras independentes; \*\*  $p \leq 0,01$ . Diferenças entre médias do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos. PAS - pressão arterial sistólica; PAD - pressão arterial diastólica; PAM - pressão arterial média; FC - frequência cardíaca;  $VO_{2m\acute{a}x}$  - consumo máximo de oxigênio expresso em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.

**Tabela 4 – Parâmetros hemodinâmicos e de aptidão física no esforço progressivo do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos do sexo masculino**

	GSO Meninos	GE Meninos	p
PAS pré-exerc. (mmHg)	120 ± 14	109 ± 10**	0,003
PAS 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	156 ± 20	146 ± 14*	0,03
PAD pré-exerc. (mmHg)	69 ± 9	67 ± 7	0,38
PAD 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	57 ± 9	56 ± 7	0,74
PAM pré-exerc. (mmHg)	86 ± 10	81 ± 7*	0,04
PAM 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	90 ± 10	86 ± 8	0,10
$VO_{2m\acute{a}x}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	36,24 ± 7,2	42,6 ± 6,6**	0,001
FC 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	195 ± 12	195 ± 13	0,97

Teste t-Student para amostras independentes; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ . Diferenças entre médias do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos. PAS - pressão arterial sistólica; PAD - pressão arterial diastólica; PAM - pressão arterial média; FC - frequência cardíaca;  $VO_{2m\acute{a}x}$  - consumo máximo de oxigênio expresso em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.

**Tabela 5 - Análise de covariância do grupo de meninos com sobrepeso e obesos vs eutróficos. Ajuste para estatura e  $VO_{2m\acute{a}x}$**

	p
PAS repouso	0,02*
PAS pré-exercício	0,0002**
PAS 100% $VO_{2m\acute{a}x}$	0,005**

Análise de covariância; \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ . Diferenças entre médias do grupo de sobrepeso e obesos vs eutróficos. PAS - pressão arterial sistólica;  $VO_{2m\acute{a}x}$  - consumo máximo de oxigênio expresso em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.

hemodinâmicos, de acordo com a presença desse fator de risco, contribuindo para o estabelecimento de abordagens preventivas na infância e adolescência.

Nesta pesquisa, os indivíduos estudados com sobrepeso ou obesidade apresentaram um nível mais baixo de aptidão física, conforme já apresentado na literatura<sup>20,26-28</sup>. É interessante destacar que neste estudo foi possível identificar alterações hemodinâmicas importantes apenas no grupo de obesos do sexo masculino, que demonstrou uma solicitação cardiovascular maior no repouso e no esforço máximo. Esses achados contribuem para o desenvolvimento de novas pesquisas que possam esclarecer sobre a importância prognóstica do teste de esforço cardiopulmonar máximo (medida direta) realizado em adolescentes, para estimar a hipertensão futura. Dados prévios mostram que a PAS, no esforço submáximo, apresenta um valor preditivo de 89,7% para detectar hipertensão arterial<sup>11</sup>.

Na intensidade máxima (100%  $VO_{2m\acute{a}x}$ ), constatou-se que as cifras da PAS foram maiores entre os obesos. Essas alterações hemodinâmicas indicam que os obesos apresentam uma sobrecarga cardíaca maior no esforço máximo, o que está de acordo com as informações de que existe associação significativa entre IMC e PAS no esforço máximo<sup>11</sup>. Isso



supostamente está relacionado a uma atividade simpática central exacerbada, o que contribui principalmente na intensidade máxima de exercício, em que os mecanismos de retroalimentação metabólica e mecânica dos músculos e das articulações em atividade desencadeiam um aumento significativo da resposta simpática<sup>29</sup>.

Os mecanismos propostos para relacionar a obesidade à hipertensão remetem para a explicação da sobrecarga cardiovascular proporcionada pelo aumento de massa corporal, que levaria ao aumento de volume sanguíneo e da tensão dos vasos sanguíneos subcutâneos<sup>27</sup> e à disfunção metabólica proporcionada pelo aumento da massa adiposa, especialmente a gordura central ou visceral, aumentando a resistência a insulina<sup>28,30</sup>. Evidências dessas disfunções da obesidade são observadas também em crianças e adolescentes<sup>31-34</sup>.

Neste estudo, não se mensurou a concentração de substâncias circulantes durante o exercício para afirmar sobre os mecanismos envolvidos nesses resultados, entretanto observou-se que a adiposidade estava mais localizada na região central do corpo para o grupo de sobrepeso, conforme analisado pela relação tríceps/subescapular (RT/S).

Os resultados do presente estudo mostram que a resposta pressórica durante o exercício foi mais exacerbada em adolescentes obesos do sexo masculino, quando comparada com a resposta obtida em eutróficos, o que indica maior reatividade ao estresse físico. Observou-se também presença de obesidade localizada centralmente (RT/S), o que sugere que os mecanismos envolvidos nessa característica de resposta exacerbada provavelmente estão relacionados com alterações metabólicas e autonômicas que geralmente precedem o estabelecimento da hipertensão arterial.

#### Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

#### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

#### Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de doutorado de Luciana Carletti pela Universidade Federal do Espírito Santo.

## Referências

1. Lima EG, Herkenhoff FF, Vasquez EC. Reatividade da pressão arterial durante o exercício físico. *Arq Bras Cardiol*. 1994; (63) 1: 51-4.
2. Everson SA, Kaplan GA, Goldberg DE, Salonen JT. Anticipatory blood pressure response to exercise predicts future high blood pressure in middle-aged men. *Hypertension*. 1996; 27 (5): 1059-64.
3. Tzemos N, Lim PO, Macdonald TM. Is exercise blood pressure a marker of vascular endothelial function? *Q J Med*. 2002; 7: 423-9.
4. Nakashima M, Miura K, Kido T, Saeki K, Tamura N, Matsui S, et al. Exercise blood pressure in young adults as a predictor of future blood pressure: a 12-year follow-up of medical school graduates. *J Hum Hypertens*. 2004; 18: 815-21.
5. Singh JP, Larson MG, Manolio TA, O'Donnell CJ, Lauer M, Evans JC, et al. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension: The Framingham Heart Study. *Circulation*. 1999; 13: 1831-6.
6. Paridon SM, Alpert BS, Boas SR, Cabrera ME, Caldera LL, Daniels SR, et al. Clinical stress testing in the pediatric age group: a statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young. Committee on Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in Youth. *Circulation*. 2006; 113: 1905-20.
7. Ferrara LA, Palmieri V, Limauro S, Viola S, Palmieri EA, Arezzi E, et al. Association between post-ischemic forearm blood flow and blood pressure response to maximal exercise in well trained healthy young men. *Int J Cardiol*. 2006; 111: 394-8.
8. Pozzan R, Brandão AA, Brandão AP. O teste ergométrico na avaliação de crianças e adolescentes com percentis elevados de pressão arterial. *Hiperativo*. 1996; 3: 105-10.
9. Schieken RM, Clarke WR, Lauer RM. The cardiovascular responses to exercise in children across the blood pressure distribution: the muscatine study. *Hypertension*. 1983; 5: 71-8.
10. Ahmad F, Kavey REW, Kveselis DA, Gaum WE, Smith FC. Responses of non-obese white children to treadmill exercise. *J Pediatr*. 2001; 139: 284-90.
11. Alpert BS, Dover EV, Booker DL, Martin AM, Strong WB. Blood pressure response to dynamic exercise in healthy children - black vs white. *J Pediatr*. 1981; 99: 556-60.
12. Treiber FA, Musante L, Strong W, Levy M. Racial differences in young children's blood pressure: responses to dynamic exercise. *Am J Dis Child*. 1989; 143: 720-3.
13. Tulio S, Eglé S, Greily B. Blood pressure response to exercise of obese and lean hypertensive and normotensive male adolescents. *J Hum Hypertens*. 1995; 9: 953-8.
14. Kavey RE, Kveselis DA, Gaum WE. Exaggerated blood pressure response to exercise in children with increased low-density lipoprotein cholesterol. *Am Heart J*. 1997; 2: 162-8.
15. Van Den Bree MBM, Schieken RM, Moskowitz WB, Eaves LJ. Genetic regulation of hemodynamic variables during dynamic exercise: the MCV Twin Study. *Circulation*. 1996; 94: 1864-9.
16. Ferrara LA, Mainenti G, Fasano ML, Marotta T, Borrelli R, Manzini M. Cardiovascular response to mental stress and to handgrip in children: the role of physical activity. *Jpn Heart J*. 1991; 32: 645-54.
17. Rongling L, Alpert SB, Walker AA, Somes GW. Longitudinal relationship of parental hypertension with body mass index, blood pressure, and cardiovascular reactivity in children. *J Pediatr*. 2007; 150: 498-502.
18. Becker MMC, Silva OB, Moreira IEG, Victor EG. Pressão arterial durante teste ergométrico. *Arq Bras Cardiol*. 2007; 88 (3): 329-33.
19. Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Maximum oxygen uptake in adolescents as measured by cardiopulmonary exercise testing – a classification proposal. *J Pediatr*. 2006; 82: 426-30.
20. Willet WC. *Nutritional epidemiology*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; 1998.
21. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000; 320: 1240-3.
22. Sweeting HN. Measurement and definitions of obesity in childhood and adolescence: a field guide for the uninitiated. *Nutrition J*. 2007; 26: 6-32.
23. de Visser DC, van Hoof IM, van Doornen LJ, Hofman A, Orlebeke JF, Grobbee

## Artigo Original

- DE. Anthropometrics measures, fitness and habitual physical activity in offspring of hypertensive parents. Dutch Hypertensive and Offspring Study. *Am J Hypertens*. 1994; 7: 242-8.
24. Freedman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson GS. Relation of circumferences and skinfold thickness to lipid and insulin concentration in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Nutr*. 1999; 69: 308-17.
25. Sociedade Brasileira de Hipertensão. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Sociedade Brasileira de Nefrologia. IV Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. *Rev Bras Hipertens*. 2002; 4: 360-408.
26. World Health Organization. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. Geneva: WHO; 1990. p. 1-203. (Technical Report Series 797).
27. Turley KR, Wilmore JH. Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults. *J Appl Physiol*. 1997; 83: 948-57.
28. Hanley AJG, Harris SB, Gittelsohn J, Wolever TMS, Saksvig B, Zinman B. Overweight among children and adolescents in a native Canadian community: prevalence and associated factors. *Am J Clin Nutr*. 2000; 71: 693-700.
29. Ribeiro MM, Silva AG, Santos NS, Guazzelle I, Matos LNJ, Trombetta IC, et al. Diet and exercise training restore blood pressure and vasodilatory responses during physiological maneuvers in obese children. *Circulation*. 2005; 111: 1915-23.
30. Bray GA. Sobrepeso mortalidade e morbidade. In: Bouchard C. (org.). *Atividade física e obesidade*. São Paulo: Editora Manole; 2003. p. 35-75.
31. Nishina M, Kikuchi T, Yamazaki H, Kameda K, Hiura M, Uchiyama M. Relationship among systolic blood pressure, serum insulin and leptin, and visceral fat accumulation in obese children. *Hypertens Res*. 2003; 4 (26): 281-8.
32. Sorof J, Daniels S. Obesity hypertension in children: a problem of epidemic proportions. *Hypertension*. 2002; 40: 441-7.
33. Srinivasan SR, Myers L, Berenson GS. Predictability of childhood adiposity and insulin for developing insulin resistance syndrome (syndrome X) in young adulthood: the Bogalusa Heart Study. *Diabetes*. 2002; 51: 204-9.
34. Kaufman CL, Kaiser DR, Steinberger J, Kelly AS, Dengel DR. Relationships of cardiac autonomic function with metabolic abnormalities in childhood obesity. *Obesity*. 2007; 15: 1164-71.