

## Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, Lípidos y Capacidad Física de Niños Obesos y No Obesos

Mário Augusto Paschoal, Patrícia Fernandes Trevizan, Natália Folco Scodeler

Grupo de Pesquisa - Função autonômica cardíaca e atividade física na saúde e na doença - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, SP - Brasil

### Resumen

**Fundamento:** La obesidad puede afectar la modulación autonómica cardíaca, los lípidos de la sangre y la capacidad física.

**Objetivo:** Estudiar la interferencia de la obesidad sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), los lípidos de la sangre y la capacidad física de niños obesos.

**Métodos:** Se estudiaron a 30 niños con edades entre 9 y 11 años, divididos en dos grupos: a) 15 niños obesos (O) con  $10,2 \pm 0,7$  años de edad e índice de masa corporal (IMC) en el percentil entre 95 y 97; b) 15 niños no obesos (NO) con  $9,8 \pm 0,7$  años de edad e IMC en el percentil entre 5 y 85. Todos se sometieron a evaluación antropométrica y clínica, análisis de la VFC al reposo y a un protocolo de esfuerzo (PE). Se utilizaron pruebas no paramétricas para comparar las variables entre los grupos, y el nivel de significancia aplicado fue de  $p < 0,05$ .

**Resultados:** La circunferencia abdominal y los niveles de triglicéridos fueron mayores en O. La actividad simpática cardíaca, en la posición bípeda, en unidades normalizadas -BFun, fue mayor para los O, con el 71,4%, cuando comparada al 56,3% de NO; y la razón baja/alta frecuencia (BF/AF) fue del 3,8 para O y 1,7 para NO. En el PE se constataron diferencias entre los grupos, con mayores valores para los niños NO, en cuanto la distancia total, el tiempo de exposición al PE, consumo de oxígeno pico ( $VO_2$  pico) y equivalente metabólico (MET).

**Conclusión:** La obesidad infantil provocó modificaciones en el control autonómico cardíaco en la posición bípeda y redujo la capacidad física. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(3) : 235-241)

**Palabras clave:** Sistema nervioso autónomo, obesidad, frecuencia cardíaca, esfuerzo físico.

### Introducción

La obesidad, considerada como una epidemia mundial, se caracteriza por la acumulación excesiva de tejido adiposo en el organismo, que se origina por causa multifactorial, como la susceptibilidad genética, el sexo, la edad, la ocupación, la dieta y otros<sup>1</sup>.

Básicamente, el tipo de obesidad, cuya ocurrencia no está la causa relacionada a las enfermedades endocrinológicas, tiene fuerte relación con el desbalance en la alimentación resultante del desequilibrio entre la ingesta y la necesidad diaria de nutrientes que facilitan el metabolismo de un individuo genéticamente susceptible<sup>2</sup>.

Ese tipo específico de obesidad, llamada sociogénica o exógena, resulta de factores socioculturales, como el propio estilo de vida moderno que predispone al menor

gasto energético, a hábitos nutricionales inadecuados y al sedentarismo<sup>3</sup>.

Por tratarse de una pandemia, reconocida como tal al inicio de este siglo y con perspectivas nada alentadoras sobre programas objetivos y efectivos dirigidos a su contención, todas las investigaciones que se relacionan a la obesidad ganan relevancia<sup>4</sup>.

En ese contexto, hay estudios<sup>5</sup> resaltando que muy probablemente los niños con exceso de peso pueden tener en el futuro una reducción en el total de sus años de vida, en razón, principalmente, del desarrollo de enfermedades cardiovasculares en la vida adulta, que tienen su origen en la infancia y adolescencia<sup>6</sup>.

Entre esas líneas de investigación, actualmente ganan destaque aquellas que implican la acumulación de grasa en la región abdominal<sup>7,8</sup>, alteraciones en los valores de los lípidos sanguíneos<sup>5,9</sup>, la baja capacidad física<sup>10</sup> y las alteraciones en el control autonómico cardíaco<sup>11,12</sup>.

La acumulación de grasa en la región abdominal realmente viene siendo un mejor predictor de factor de riesgo para la enfermedad cardiovascular y para la diabetes tipo II, en comparación a la obesidad total misma<sup>7</sup>. Inversamente, sin embargo reforzando esa teoría, estudios recientes han

**Correspondencia:** Mário Augusto Paschoal •

Rua Ferreira Pentead, 1242/72 - Cambuí - 13010-041 - Campinas, SP - Brasil

E-mail: fisioni@puc-campinas.edu.br

Artículo recibido el 16/6/08; revisado recibido el 05/08/08; aceptado el 15/08/08.

revelado que niños portadores de moderados para altos niveles de capacidad funcional cardiorrespiratoria están asociados a la presencia de menor adiposidad abdominal<sup>10</sup>.

De esa manera, una de las posibilidades más interesantes que se presentan para la disminución de la cantidad de grasa abdominal y, por extensión, para la prevención del diabetes tipo II y de la obesidad total es el ejercicio físico que se hace de modo regular.

Aquellos que se ejercitan, además de prevenir las complicaciones futuras, tienden a presentar mayores valores de consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$  máximo) o pico ( $VO_2$  pico)<sup>1</sup>, variables indicativas de buena capacidad funcional cardiorrespiratoria con significativos reflejos sobre la calidad de vida.

Otro aspecto que actualmente merece creciente preocupación de los investigadores, pese a que se halle aún controvertido cuando relacionado a la obesidad infantil, es la alteración en la modulación autonómica cardíaca<sup>13</sup>. Hay estudios consistentes que sugieren la ocurrencia de reducción de la acción protectora del sistema nervioso parasimpático cardíaco<sup>11</sup>, asociada o no a la ampliación de la acción del tono simpático, potencial causador de arritmias cardíacas<sup>14,15</sup>.

Esas investigaciones tienen por base el empleo de una importante herramienta de análisis, que es la variabilidad de la frecuencia cardíaca –VFC<sup>16</sup>, la que, por no ser invasiva y ser cada vez más precisa, se viene utilizando mucho en la evaluación cardiovascular de adultos y niños obesos<sup>16,17</sup>.

Las alteraciones autonómicas cardíacas, tal cual se observa con relación a la acumulación de grasa en la región abdominal, también vienen siendo relacionadas a la ocurrencia futura de disturbios funcionales y metabólicos importantes, como hipertensión arterial sistémica, diabetes, accidente cerebrovascular, infarto agudo de miocardio, entre otros<sup>11,12</sup>.

Con base en esas argumentaciones, el presente estudio buscó evaluar, de forma conjunta, esos principales problemas presentes en la obesidad infantil, resaltando la investigación del índice de masa corporal (IMC), la distribución de la grasa corporal, los valores de los lípidos sanguíneos, la VFC al reposo y la capacidad física. La intención fue atender los paradigmas vigentes más relevantes de la influencia precoz de la obesidad sobre el futuro surgimiento de enfermedades cardiovasculares y metabólicas.

De ese modo, se cree que estudios implicando conjuntamente todas esas cuestiones pueden proporcionar mayores aclaraciones sobre las repercusiones de esa importante disfunción en el sistema cardiovascular, para que nuevas acciones terapéuticas se desarrollen y se apliquen en beneficio de la población afectada.

## Métodos

Se estudiaron a 30 niños con edades entre 9 y 11 años, divididos en dos grupos: grupo A con 15 niños obesos (8 niños y 7 niñas), edad promedio de  $10,2 \pm 0,7$  años y índice de masa corporal (IMC) con percentil<sup>18</sup> entre 95 y 97; y grupo B, conteniendo 15 niños no obesos (7 niños y 8 niñas), edad promedio de  $9,8 \pm 0,7$  años e IMC con percentil entre 5 y 85.

Como criterio de inclusión, los niños obesos presentaban IMC

según el establecido anteriormente y no tenían enfermedades cardíológicas o metabólicas. No usaban ninguna medicación que pudiera causar interferencia sobre los datos. También no realizaban actividad física deportiva había como mínimo dos meses, excepto cuando eran obligados a participar en las clases de educación física, dos veces por semana.

Mayores informaciones sobre la rutina diaria de los niños se obtuvieron por medio de una entrevista que se condujo junto a sus responsables. Éstos fueron informados sobre los objetivos del estudio y firmaron el formulario de consentimiento informado. El Comité de Ética en Investigación implicando seres humanos de PUC-Campinas aprobó el estudio bajo el Protocolo nº 138/06.

## Procedimientos

### Etapa 1

Se llevaron a cabo evaluaciones antropométricas y clínicas, conformadas por la medición del peso y la estatura corporales y el registro del perímetro abdominal (PAb) obtenido con el empleo de una cinta métrica. La medición de la PAb se hizo con el voluntario acostado, en posición supina, con la cinta métrica pasando por su cintura, tomándose como referencia la cicatriz umbilical<sup>1</sup>.

El examen clínico comprendió la extracción de sangre, llevada a cabo tras ayuno de 12 horas, para el análisis de los valores de colesterol y triglicéridos, según métodos convencionales<sup>9,19</sup>; la medición de la PA efectuada con esfigmomanómetro de columna de mercurio; el análisis de la FC de reposo; y la realización de las auscultas cardíacas y pulmonares.

### Etapa 2

Tras la orientación dada a los responsables de los propios niños para que 24 horas antes ellos no hicieran actividad física deportiva, no ingirieran sustancias estimulantes, como café, té, chocolate y refrescos, y se preocuparan con tener una buena noche de sueño (como mínimo, con ocho horas), se ejecutó el registro de los latidos cardíacos correspondiente a la condición de reposo.

Se dividió ese registro en dos partes y se lo efectuó entre las 16 y las 17 horas a fin de que se evitara interferencias del ritmo circadiano de la FC sobre los datos de la VFC. En la primera parte, el registro tuvo 12 minutos y se condujo en ambiente tranquilo y silencioso en temperatura controlada entre 21°C y 23°C, con el voluntario acostado sobre un diván, en posición supina. En la segunda parte, con el voluntario en posición bípeda, se hizo el mismo procedimiento por siete minutos. En ambas condiciones, el voluntario no podía tener conversaciones ni se mover.

Se evitó el cálculo de la VFC en los dos primeros minutos de los registros, tanto para la posición supina como para la bípeda, ya que problemas en la estabilidad de la señal y la presencia de artefactos que ocurren en ese espacio de tiempo resultantes de la adaptación a la postura perjudican la interpretación de éstos<sup>20</sup>.

Todos los latidos cardíacos se registraron por el cardiofrecuencímetro Polar S810i® y se dirigieron a una

interfaz (interfaz IR®) por medio de señales infrarrojas. Los datos obtenidos se remitieron a la computadora, y se llevó a cabo el análisis de la VFC por medio de los *softwares* Polar Precision Performance® y Nevrokard® (Figura 1).

### Etapa 3

Se llevó a cabo el protocolo de esfuerzo (PE) incremental submáximo, conducido en estera rodante (super ATL - Inbrasport®) con velocidad inicial de 2,0 km/h, durante dos minutos, sin inclinación, además de añadir 0,5 km/h a cada minuto que se siguió.

Durante la realización del protocolo, todos los niños deberían alcanzar la FC submáxima calculada por medio de la fórmula:  $FC_{submax} = 195 - edad$ . Cuando la prueba se completaba, la velocidad de la cinta se reducía progresivamente, durante 2 minutos, para permitir la adecuada recuperación de las funciones cardiorrespiratorias y metabólicas.

El  $VO_2$  pico se calculó por medio de la obtención de los valores de equivalentes metabólicos (MET) registrados en el *display* de la estera al momento del pico del esfuerzo, multiplicado por 3,5, ya que  $1 MET = 3,5 ml/O_2/kg/min^{-1}$ .

### Tratamiento estadístico

Se aplicó la prueba t de *Student* para la comparación entre promedios de las variables antropométricas y clínicas,

considerado estadísticamente significativo el valor de  $p < 0,05$ .

Respecto a los parámetros de la VFC, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann Whitney, con nivel de significancia de  $p < 0,05$ , para la comparación entre los grupos. De igual manera, se analizaron los datos extraídos del PE. El análisis de la VFC se hizo a partir de la evaluación de los iRR normales extraídos de los registros de los tacogramas de FC.

Con base en esos registros, se llevaron a cabo los análisis en los dominios del tiempo (DT) y de la frecuencia (DF).

La transformada rápida de Fourier fue el algoritmo seleccionado para los análisis realizados en el DF. Para el DT, se calcularon: a) los iRR promedios; b) las desviaciones estándar de los iRR en milisegundos (ms) –SDNN; c) la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias entre los iRR –RMSSD; d) el porcentaje de iRR adyacentes con diferencia superior a 50 ms –pNN50.

Para el DF, se calcularon: a) la potencia total en  $ms^2$ ; b) los valores de los componentes espectrales de baja frecuencia (BF) y alta frecuencia (AF) en  $ms^2$  y en unidades normalizadas (u.n.); c) razón BF/AF.

Para cálculo de las unidades normalizadas de BF y AF, se usó la metodología propuesta por la Task Force<sup>21</sup>.

### Resultados

En la Tabla 1, están detalladas las características

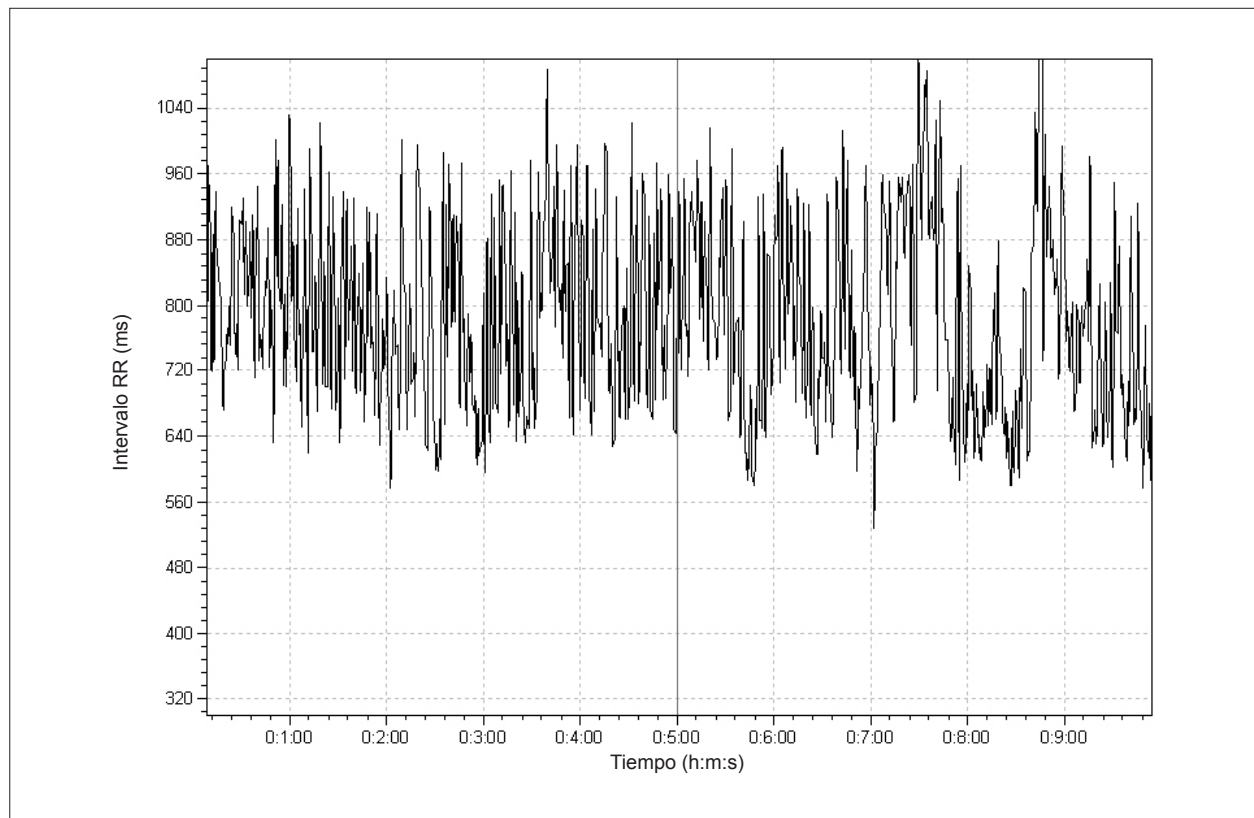


Fig. 1 - Tacograma del registro de los intervalos RR de un niño no obeso en posición supina.

antropométricas y clínicas. Se deben observar las diferencias significativas que ocurrieron en valor de IMC, PAb, HDL y triglicéridos.

En la Tabla 2 están los valores promedios y las desviaciones estándares de VFC de niños O y NO, comparados intra y entre grupos, en las posiciones supina y bípeda.

Con relación a las variables obtenidas durante la ejecución del PE, los datos están detallados a continuación en los formatos de *boxplots* (Figura 2 y Figura 3).

Los niños NO presentaron una capacidad física superior

determinada por las siguientes variables, en medianas: a) distancia que lograron alcanzar en la prueba incremental, con 1,35 km de los NO comparado a 0,96 km de los O; b) tiempo de exposición al protocolo, respectivamente de 15 min y 37s de los NO, contra 12 min y 52s de los O; c)  $VO_2$  pico, con 33,6 ml/ $O_2$ /kg/min<sup>-1</sup> de los NO y 15,7 ml/ $O_2$ /kg/min<sup>-1</sup> de los O; d) equivalente metabólico (MET) con valor de 9,6 para los NO y de 4,5 para los O.

## Discusión

La obesidad infantil de causa sociogénica se ha incrementado significativamente en los últimos años, en prácticamente todo el mundo, y se constata que, entre los diversos factores responsables de eso, la asociación de malos hábitos alimentarios y el sedentarismo juegan un rol predominante<sup>1-3</sup>.

En ese contexto, emergen diversos estudios con distintas líneas de investigación, además de tener una finalidad única de aportar a la mejora de la calidad de vida de las personas obesas. Esas investigaciones buscan traer nuevas informaciones sobre el desarrollo de mecanismos para la mejora de la prevención y del tratamiento de las enfermedades cardiovasculares y metabólicas resultantes de la obesidad.

En este estudio, se investigaron factores importantes en el reconocimiento precoz de problemas resultantes de la obesidad y potenciales causadores de futuras enfermedades: la acumulación de grasa en la región abdominal y lípidos de la sangre, VFC y la reducción de la capacidad física.

Las mediciones de grasa abdominal vienen siendo excelentes predictoras de riesgo para enfermedad cardiovascular y diabetes tipo II, inclusive al obtenerse mayor destaque con relación a los índices de grasa total e IMC<sup>7</sup>. Se sabe, por ejemplo, que los valores de la CA, medidos según Fernández

**Tabla 1 - Valores promedios y desviaciones estándar de las evaluaciones antropométricas y clínicas de los niños obesos y no obesos**

ARIABLES	OBESOS (n = 15)	NO OBESAS (n = 15)	Prueba t
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,9 ± 1	17,7 ± 1,6	0,0001*
PAS (mmHg)	114,6 ± 8,5	112,3 ± 10,1	0,3
PAD (mmHg)	72,8 ± 7,9	71,3 ± 9,1	0,7
FC (lpm)	84,8 ± 11,2	80,2 ± 7,4	0,1
PAb (cm)	74,8 ± 4,5	57,8 ± 8,1	0,0001*
Colesterol total (mg/dl)	156,1 ± 25,9	150,0 ± 29,0	0,4
HDL (mg/dl)	49,8 ± 7,7	59,4 ± 9,3	0,04*
LDL (mg/dl)	91,7 ± 29,6	79,1 ± 21,1	0,1
Triglicéridos (mg/dl)	107,3 ± 81,1	64,6 ± 25,6	0,01*

\**p* < 0,05. IMC - índice de masa corpórea; PAS - presión arterial sistólica; PAD - presión arterial diastólica; FC - frecuencia cardíaca; PAb - perímetro abdominal; HDL - colesterol de alta densidad; LDL - colesterol de baja densidad.

**Tabla 2 - Valores promedios y desviaciones estándares de VFC de niños obesos y no obesos en posiciones supina y bípeda**

Dominio del tiempo	Supino		Bípeda	
	Obesos (n = 15)	No Obesos (n = 15)	Obesos (n = 15)	No obesos (n = 15)
iRR promedio (ms)	735,7 ± 87,6*	738,4 ± 65,1#	585,7 ± 62,7	586,3 ± 52,0
SDNN (ms)	64,9 ± 28,7*	68,6 ± 23,7#	40,8 ± 16,9	65,1 ± 93,6
RMSSD (ms)	64,9 ± 36,9*	69,9 ± 29,8#	20,5 ± 12,5	23,9 ± 10,5
pNN50 (%)	15,7 ± 10,3*	19,1 ± 8,9#	2,4 ± 4,2	3,7 ± 4,2
FC	84,8 ± 11,2*	80,2 ± 7,4#	103,6 ± 10,0	102,9 ± 9,0
Dominio de la frecuencia	Obesos (n = 15)	No Obesos (n = 15)	Obesos (n = 15)	No obesos (n = 15)
Potencia total	36381,6 ± 29122,4 *	81739,1 ± 173660,3#	29401,6 ± 35995,1	22150,4 ± 10588,3
BF (ms <sup>2</sup> )	1319,4 ± 1326,2*	1234,5 ± 939,2#	744,3 ± 644,2	659,0 ± 506,5
AF (ms <sup>2</sup> )	1887,6 ± 1730,1*	2065,8 ± 1343,2#	314,3 ± 391,4	388,7 ± 242,8
BF (u.n)	43,1 ± 14,4*	37,9 ± 13,9#	71,4 ± 13,8 †	56,3 ± 18,8
AF (u.n)	56,8 ± 14,4*	62,0 ± 13,9#	28,9 ± 13,7	37,1 ± 11,1
Razón BF/AF	0,8 ± 0,5*	0,6 ± 0,4#	3,8 ± 3,9 †	1,7 ± 0,9

\**p* < 0,05 - obesos supino x obesos bípeda; # *p* < 0,05 - no-obesos supino x no-obesos bípeda; † *p* < 0,05 - obesos bípeda x no-obesos bípeda.

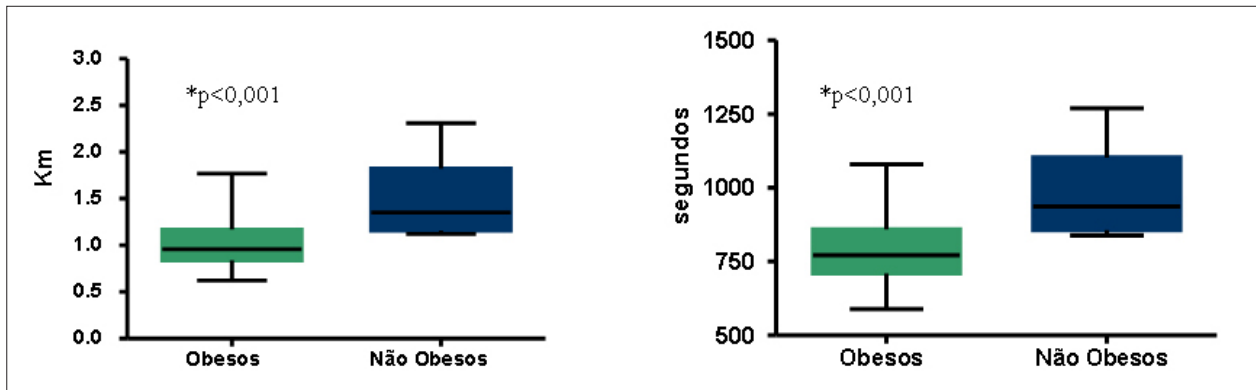


Fig. 2 - Valores de las distancias totales recorridas (kilómetros) y el tiempo de exposición al protocolo (segundos), presentados por los grupos de niños obesos ( $n = 15$ ) y no obesos ( $n = 15$ ) durante la realización de protocolo de esfuerzo continuo creciente submáximo. La línea horizontal al centro de la caja de valores representa el valor de la mediana, y están presentes el primero y el tercer cuartiles, delimitando el tamaño de las cajas de valores. Los valores extremos están representados por las líneas verticales, delimitadas en sus extremidades por líneas horizontales.

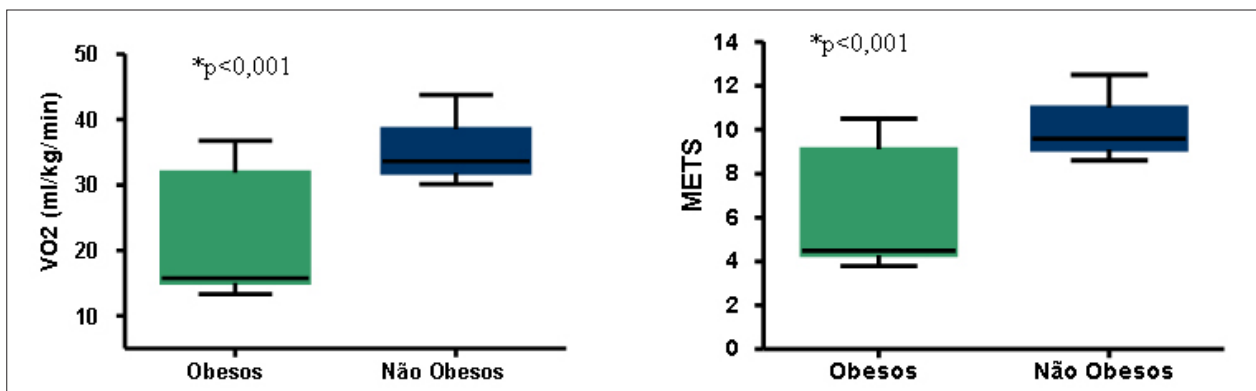


Fig. 3 - Valores de consumo de oxígeno pico ( $VO_2$  pico) estimado y de los respectivos equivalentes metabólicos (MET) obtenidos en el momento del pico del esfuerzo desarrollado por los niños obesos ( $n = 15$ ) y no obesos ( $n = 15$ ) durante la realización de protocolo de esfuerzo continuo creciente submáximo. La línea horizontal al centro de la caja de valores representa el valor de la mediana, y están presentes el primero y el tercer cuartiles, delimitando el tamaño de las cajas de valores. Los valores extremos están representados por las líneas verticales, delimitadas en sus extremidades por líneas horizontales.

et al<sup>22</sup>, tienen la misma precisión de la evaluación para la grasa intraabdominal y subcutánea, de aquellas medidas efectuadas mediante las imágenes de resonancia magnética usadas en niños y adolescentes.

En la presente condición, se optó por estudiar la presencia de grasa abdominal por medio del análisis de los valores de PAB de los niños O y se constató que ellos fueron significativamente mayores que aquellos de los niños NO. Teniendo en cuenta que el valor de estatura no fue diferente entre los grupos, se puede concluir que el hecho del grupo O presentar mayores valores de PAB contribuyó significativamente para que también su valor de IMC fuera mayor.

Surge también de la Tabla 1 el valor de lípidos de la sangre de todos los voluntarios. El interés por conocer esos valores tiene por base el hecho de que la enfermedad aterosclerótica es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en individuos adultos, pero con tendencia a afectar a personas cada vez más jóvenes en los países en desarrollo y sin programas de prevención efectivos<sup>9</sup>. Igualmente, la conocida relación causa efecto entre altos valores de LDL y aterosclerosis, comprobada en ensayos clínicos, resalta la importancia que

se debe dar a esos valores desde la niñez<sup>23</sup>.

Según Williams et al<sup>24</sup>, se conoce la obesidad infantil por ella estar asociada a índices anormales de lípidos sanguíneos, incluyendo los niveles de colesterol total mayor que 170 mg/dl, altos niveles de triglicéridos y bajos niveles de HDL.

Los valores de triglicéridos presentados por los niños O fueron significativamente mayores, además, el colesterol total no fue diferente del evidenciado por el grupo NO. En contrapartida, el HDL fue significativamente mayor en los niños NO. En suma, se concluyó que: a) ambos grupos presentaron valores de lípidos compatibles con la normalidad, b) los valores de LDL no se difirieron entre los grupos, c) los niños NO tuvieron mayores valores de HDL y menores de triglicéridos.

Todavía respecto a los valores de la Tabla 1, se puede constatar que, pese a que existan estudios en los que haya mayores valores de FC y de PA sistólica<sup>15</sup> y diastólica<sup>25</sup> de reposo en niños O cuando comparados a los NO, dicho hecho no ocurrió en el presente trabajo. Quizá el número de niños investigados, la metodología que se utilizó para clasificarlos como obesos y la no igualdad entre grupos de edad analizados

puedan explicar la ocurrencia de diferencias de resultados entre los estudios.

En cuanto a la VFC, se sabe que las variaciones de los intervalos RR (iRR) presentes durante condiciones controladas de reposo representan un poderoso y sensible medio de analizar los mecanismos de control autonómico cardiaco, latido a latido<sup>26,27</sup>. De esa manera, y por poder expresar la acción simpática y parasimpática cardiaca<sup>21</sup>, la VFC se investigó en dos posiciones corporales que exigen ajustes autonómicos diferentes.

La Tabla 2 detalla significativa diferencia en la comparación entre la VFC en las dos posiciones corporales, revelando que la posición bípeda reduce el tono parasimpático y eleva el tono simpático cardíaco en los dos grupos.

La VFC en la posición supina no se halló diferente entre los grupos, lo que difiere del estudio llevado a cabo por Sekine et al<sup>28</sup>. En ese estudio, llevado a cabo con 7 niños obesos y 9 no obesos, con edades entre 8 y 9 años, se constató disminución significativa de la actividad nerviosa parasimpática cardiaca de los O, representada por el descenso del valor del componente de alta frecuencia en unidades normalizadas (AF u.n.), a la vez que los valores del componente simpático cardiaco (BF u.n.) se hallaron significativamente mayores que el de los niños NO.

Otros trabajos, con mayor número de voluntarios, como el de Rabbia et al<sup>29</sup>, con 50 niños con edad promedio de  $13,9 \pm 1,7$  años, también presentaron significativos mayores valores del componente BF en obesos, comparados a los 12 adolescentes sanos, sugiriendo, por tanto, que la obesidad podría causar incremento del tono simpático cardiaco.

Riva et al<sup>14</sup> sugirieron que los adolescentes obesos podrían presentar una disfunción simpática y vagal caracterizada por reducción de la actividad parasimpática y el aumento de la actividad simpática, dichos resultados fueron similares a los obtenidos por Brunetto et al<sup>15</sup>, que hallaron en adolescentes obesos menor valor de AF (u.n.) y mayor BF (u.n.) con relación a los adolescentes eutróficos.

El estudio realizado por Martini et al<sup>11</sup>, aunque con registro de larga duración (24 horas), constató menores valores de los componentes AF (u.n.) y de la razón BF/AF en las 24 horas en obesos. Igualmente, las mediciones en el dominio del tiempo relativas a la actividad vagal fueron menores.

Se resalta que, en todos esos trabajos, solamente uno estudió la VFC en niños del mismo grupo de edad que aquellos del presente estudio, lo que podría ser uno de los factores responsable de la no semejanza de los valores encontrados por nosotros y por los demás estudios.

Diferentemente de las pruebas de cambio postural, como el *tilt table test*<sup>30,31</sup> o la prueba de cambio postural activo<sup>20</sup> - ambos empleados para evaluar respuesta refleja cardiaca implicando los barorreceptores arteriales - la evaluación de la VFC en la posición bípeda se preocupó en analizar los iRR en esa condición funcional, aunque sólo tras establecer los ajustes cardiocirculatorios y la condición hemodinámica ya hallarse estable.

Se constató que el grupo de niños O, a pesar de que presente iguales de FC en comparación a los NO, reveló ajuste

autonómico cardiaco diferente, con mayor actividad simpática evidenciada por los valores de BF (u.n.) y razón BF/AF.

El estudio de la VFC en las dos condiciones funcionales permitió deducir que: a) se las pueden usar para investigación clínica sobre la modulación autonómica cardiaca de niños en ese grupo de edad; b) los niños O, a pesar de tener modulación autonómica diferente cuando en la posición bípeda, presentaron valores de FC similar al del grupo NO.

El PE usado para evaluar la capacidad funcional cardiorespiratoria (CFCR) de los niños fue el incremental submáximo. Se optó por un protocolo submáximo para evitar la exposición de los niños a un esfuerzo extremo, ya que los estudios desarrollados por nuestro grupo ya habían mostrado diferencias de CFR entre niños O y NO, incluso en intensidades submáximas de esfuerzo<sup>25</sup>.

Todas las variables estudiadas durante el protocolo de esfuerzo fueron significativamente mayores por parte del grupo NO, incluso cuando se consideró que, a pesar de ambos los grupos tener el mismo número de niños, había un niño del sexo masculino a menos en el grupo NO. En ese caso, en particular, cabe resaltar que la literatura es clara en afirmar que los niños del grupo de edad estudiado tienen mayor  $VO_2$  pico o máximo que las niñas<sup>32</sup>.

A pesar de que el grupo de niños O haya logrado alcanzar iguales valores de FC pico de los de la NO, eso ocurrió en menor tiempo de exposición al protocolo de esfuerzo, mostrando que sus FC se elevaron más rápidamente, con utilización precoz de la reserva cronotrópica, resultando, por tanto, en un menor valor de  $VO_2$  pico<sup>1</sup>.

El estudio tuvo como limitaciones el pequeño número de voluntarios y la evaluación del  $VO_2$  pico obtenido por medida indirecta, cuyos errores de mayor o menor magnitud pueden estar presentes. Sin embargo, creemos que las diferencias encontradas durante el protocolo de esfuerzo fueron tan evidentes que se alcanzó el objetivo de mostrar la influencia de la obesidad infantil sobre parámetros precursores de futuras enfermedades cardiovasculares y metabólicas.

## Conclusión

Teniendo en cuenta los principales factores relacionados a la obesidad infantil y al futuro desarrollo de enfermedades cardiovasculares, este estudio evidenció niños obesos con significativa acumulación de grasa en la región abdominal, disminución del HDL colesterol y aumento de triglicéridos, además de la presencia de mayor tono simpático cardiaco cuando en posición bípeda y grande reducción de la capacidad física documentada en protocolo de esfuerzo incremental.

## Agradecimiento

A la Dra. Mila Pontes Ramos Cunha, jefe del ambulatorio de endocrinología del Hospital y Maternidad Celso Pierro de la PUC-Campinas, por el análisis de los exámenes de triglicéridos y colesterol.

## Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

### Fuentes de Financiación

El presente estudio no tuvo fuentes de financiación externas.

### Vinculación Académica

No hay vinculación de este estudio a programas de postgrado.

### Referencias

1. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Essentials of exercise physiology*. Philadelphia - USA. Lea & Febiger; 1994.
2. Marques-Lopes I, Marti A, Moreno-Aliaga MJ, Martínez A. Aspectos genéticos na obesidade. *Revista de Nutrição*. 2004; 17 (3): 327-38.
3. Giugliano R, Carneiro EC. Fatores associados à obesidade em escolares. *J Pediatr*. 2004; 80 (1): 17-22.
4. Miller J, Rosebloom A, Silverstein J. Childhood obesity. *J Clin Endocrinol Metabol*. 2004; 89 (9): 4211-8.
5. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obesity*. 2008; 32: 1-11.
6. Berenson GS, Srinivasan SR, Bao W, Newman III WP, Tracy RE, Wattigney WA. Association between multiple cardiovascular risk factor and atherosclerosis in children and young adults. The Bogalusa Heart Study. *N Eng J Med*. 1998; 338: 1650-6.
7. Kuk JL, Katzmarzyk PT, Nichaman MZ, Church TS, Blair SN, Ross R. Visceral fat is an independent predictor of all-cause mortality in men. *Obes Res*. 2006; 14: 336-41.
8. Brambilla P, Bedogni G, Moreno LA, Goran MI, Cutin B, Fox KR, et al. Crossvalidation of anthropometry against magnetic resonance imaging for the assessment of visceral and subcutaneous adipose tissue in children. *Int J Obes (Lond)*. 2006; 30: 23-30.
9. Giuliano ICB, Coutinho MSSA, Freitas SFT, Pires MMS, Zunino JN, Ribeiro RQC. Lípides séricos em crianças e adolescentes de Florianópolis, SC: estudo floripa saudável, 2040. *Arq Bras Cardiol*. 2005; 85: 85-91.
10. Ortega FB, Tresaco B, Ruiz JR, Moreno LA, Martín-Matillas M, Mesa JL, et al. Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. *Obesity*. 2007; 15: 1589-99.
11. Martini G, Riva P, Rabbia F, Molini V, Ferrero GB, Cerutti F, et al. Heart rate variability in childhood obesity. *Clin Auton Res*. 2001; 11 (2): 87-91.
12. Faulkner MS, Hathaway D, Tolley B. Cardiovascular autonomic function in healthy adolescents. *Heart Lung*. 2003; 32 (1): 10-22.
13. Nagai N, Moritani T. Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004; 28 (1): 27-33.
14. Riva P, Martini G, Rabbia F, Milan A, Paglieri C, Chiandussi L, et al. Obesity and autonomic function in adolescence. *Clin Exp Hypertens*. 2001; 23 (1-2): 57-67.
15. Brunetto AF, Roseguini BT, Silva BM, Hirai DM, Guedes DP. Respostas autonômicas cardíacas à manobra de tilt em adolescentes obesos. *Rev Assoc Med Bras*. 2005; 51 (5): 256-60.
16. Montano N. Heart rate variability as a clinical tool. *Ital Heart J*. 2002; 3: 439-45.
17. Zahorska-Markiewicz B, Kuagowska E, Kucio C, Klin M. Heart rate variability in obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 1993; 17: 21-3.
18. Centers for Disease Control and Prevention 2000 growth charts for the United States: improvements to the 1977 National Center for Health Statistics version. *Pediatrics*. 2002; 109 (1): 45-60.
19. Friedewald WT, Levy RI, Fredrikson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem*. 1972; 18: 499-502.
20. Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Heart rate variability in different age groups. *Rev Bras Fisioter*. 2006; 10 (4): 413-9.
21. European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability – standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use task force. *Circulation*. 1996; 93 (5): 1043-65.
22. Fernández JR, Redden DT, Pietrobelli A, Allison DB. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of African-American, European-American, and Mexican-American children and adolescents. *J Pediatr*. 2004; 145: 439-44.
23. Levi F, Lucchini F, Negri E, La Vecchia C. Trends in mortality from cardiovascular and cerebrovascular diseases in Europe and other areas of the world. *Heart*. 2002; 88: 119-24.
24. Williams DP, Going SB, Lohman TG, Harsha DW, Srinivasan SR, Webber LS, et al. Body fatness and risk for elevated blood pressure, total cholesterol, and serum lipoprotein ratios in children and adolescents. *Am J Public Health*. 1992; 82: 358-63.
25. Petrelluzzi KFS, Kawamura M, Paschoal MA. Avaliação funcional cardiovascular de crianças sedentárias obesas e não obesas. *Rev Cienc Med (Campinas)*. 2004; 13 (2): 127-36.
26. Akserold S, Gordon D, Madwed JB, Snidman NC, Shannon DC, Cohen RJ. Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *Am J Physiol*. 1985; 249: H867-H875.
27. Saul JP, Rea RF, Eckberg DL, Berger RD, Cohen RJ. Heart rate and muscle sympathetic nerve variability during reflex changes of autonomic activity. *Am J Physiol*. 1990; 258: H713-H721.
28. Sekine M, Izumi I, Yamagami T, Kagamimori S. Obesity and cardiac autonomic nerve activity in healthy children: results of the Toyama birth cohort study. *Env Health and Prevent Med*. 2001; 6: 149-53.
29. Rabbia F, Silke B, Conterno A, Grosso T, De Vito B, Rabbone I, et al. Assessment of cardiac autonomic modulation during adolescent obesity. *Obes Res*. 2003; 11: 541-8.
30. Montano N, Ruscone TG, Porta A, Lombardi F, Pagani M, Malliani A. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt. *Circulation*. 1994; 90 (4): 1826-31.
31. Streeten DHP. Variations in clinical manifestation of orthostatic hypotension. *Mayo Clin Proc*. 1995; 70: 713-4.
32. Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Maximum oxygen uptake in adolescents as a measured of cardiopulmonary exercise testing: a classification proposal. *J Pediatr*. 2006; 82: 426-30.