

## Efectos de la Cirugía Bariátrica en la Estructura y Función del Ventrículo Izquierdo

Eduardo Cavalcanti Lapa Santos, Maria Inês Remígio de Aguiar, Roberto de Oliveira Buril, Alvaro Antônio Bandeira Ferraz, Josemberg Marins Campos, Fernando Ribeiro de Moraes Neto, Patrícia Sampaio Gadelha

Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE – Brasil

### Resumen

**Antecedentes:** La obesidad se asocia con cambios en la estructura del ventrículo izquierdo (VI) y su función. La cirugía bariátrica puede mejorar el remodelado cardíaco. Los efectos del procedimiento en la función diastólica y sistólica del ventrículo izquierdo no han sido definidos claramente. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en la estructura y en la función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo en pacientes obesos sometidos a cirugía bariátrica.

**Resultados:** Tras un seguimiento medio de 4,7 meses, se observaron reducciones significativas en el índice de masa corporal (de  $46,7 \pm 5,3$  a  $36,2 \pm 4,7$  kg/m<sup>2</sup>;  $p < 0,001$ ); grosor del septo interventricular (de  $10,3 \pm 1,4$  a  $8,9 \pm 1,2$  mm); pared posterior del ventrículo izquierdo (de  $9,3 \pm 1,3$  a  $8,4 \pm 1,1$  mm;  $p < 0,001$ ) y la masa del ventrículo izquierdo (valor absoluto: de  $168,7 \pm 35,2$  a  $149,8 \pm 40,7$  g,  $p = 0,008$ ; indexada por la altura: desde  $45,1 \pm 11,3$  a  $39,7 \pm 10,3$ ,  $p = 0,006$ ). Se observó geometría normal del VI en 60,9% de los pacientes antes de la cirugía y en 91,3% en el seguimiento. El Doppler tisular reveló mejoría de la función diastólica del VI (E' mitral lateral  $0,16 \pm 0,03$  antes de la operación vs.  $0,17 \pm 0,03$  m/s en el seguimiento;  $p = 0,026$ ). Después de la operación, no hubo diferencia significativa en la función sistólica del VI.

**Conclusiones:** Tras un seguimiento medio de 4,7 meses, la cirugía bariátrica promovió mejora en la estructura del ventrículo izquierdo y en uno de los parámetros de la función diastólica (velocidad E'). No hubo cambios en los parámetros sistólicos del ventrículo izquierdo. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2016;29(4):118-123)

**Palabras clave:** Obesidad; Cirugía Bariátrica; Derivación Gástrica; Función Ventricular Izquierda; Ecocardiografía, Diástole.

### Introducción

La obesidad afecta la estructura y la función cardíaca. Los pacientes obesos tienen un mayor volumen de sangre circulante, que conduce a aumentos del volumen sistólico y el gasto cardíaco del VI.<sup>1</sup> Estos cambios pueden inducir un aumento de la masa del ventrículo izquierdo (VI), hipertrofia del VI, disfunción diastólica y sistólica del VI.<sup>2-4</sup> La hipertrofia del VI es uno de los mayores factores de riesgo para morbilidad y mortalidad cardiovascular.<sup>5</sup>

La cirugía bariátrica para la obesidad severa se asocia con una disminución global de la mortalidad.<sup>6</sup> Directrices actuales recomiendan el procedimiento para la obesidad refractaria para tratamiento médico en pacientes con índice de masa corporal (IMC)  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup> o  $\geq 35$  kg/m<sup>2</sup> na presença de comorbidades.<sup>7</sup> El procedimiento tiene el potencial de revertir algunas de las alteraciones cardíacas causadas por la obesidad, disminuyendo la masa del VI, reduciendo el tamaño de la cámara, y mejorando de el llenado diastólico del VI.<sup>8-10</sup>

La mejora de la estructura y la función del VI después de la cirugía bariátrica no se observa consistentemente en varios estudios.<sup>2</sup> Por lo tanto, el propósito de este estudio fue evaluar los cambios estructurales y funcionales del ventrículo izquierdo en pacientes obesos después de la cirugía bariátrica.

### Materiales y métodos

Condujimos un estudio de cohorte, de un solo brazo, observacional, longitudinal, analítico y prospectivo. Los sujetos se sometieron a bypass gástrico en Y de Roux (BGYR) en el Hospital de Clínicas de la Universidad Federal de Pernambuco desde mayo de 2012 hasta septiembre de 2014. Los criterios de inclusión fueron IMC  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup>, edad  $> 18$  años, de acuerdo a someterse a la cirugía bariátrica, y la disponibilidad de la ecocardiografía de buena calidad técnica. Los criterios de exclusión fueron: insuficiencia cardíaca, enfermedad de la arteria coronaria, valvulopatía, fibrilación auricular, enfermedad cardíaca congénita, diabetes mellitus y enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Los pacientes fueron sometidos a ecocardiografía transtorácica antes de la cirugía bariátrica y 3 a 7 meses después del procedimiento, cuando también se registraron el peso, la altura, el sexo, la edad y la presión arterial. El peso se obtuvo con el paciente de pie, sin zapatos y con ropa ligera, en una escala digital. La altura se midió con un estadiómetro calibrado de pared. El IMC se calcula como el peso (kg)/altura (m)<sup>2</sup>. Se utilizó un esfigmomanómetro

**Correspondencia:** Eduardo Cavalcanti Lapa Santos •

Av. Moraes Rego, SN. CEP 50670-420, Cidade Universitária, Recife, PE - Brasil  
E-mail: eduardolapa@gmail.com

Artículo recibido el 14/3/2016; revisado el 25/4/2016; aceptado el 13/6/2016.

**DOI:** 10.5935/2318-8219.20160031

aneroide calibrado para determinar la presión arterial usando el método indirecto de la palpación y auscultación.

La ecocardiografía fue realizada por dos profesionales ecografistas experimentados usando un sistema de ultrasonido GE Vivid®i (GE Healthcare, Wauwatosa, WI, EE.UU.), con un transductor sectorial de 2,5 MHz. No se evaluó la variabilidad intra e interobservador.

El grosor del septo interventricular, el grosor de la pared posterior, y los diámetros sistólico y diastólico final (DSFVI y DDFVI, respectivamente) se midieron usando el modo M en el eje largo paraesternal. Cuando no se pudieron obtener mediciones óptimas en modo M, fueron adquiridas medidas lineales mediante ecocardiografía bidimensional.<sup>11</sup> La fracción de acortamiento endocárdico del VI se calculó como  $(DDFVI-DSFVI) / DDFVI \times 100$ . La fracción de eyección del VI se calculó utilizando la fórmula de Teichholz.<sup>12</sup>

La masa del VI se calculó utilizando la fórmula de Devereux.<sup>13</sup> La masa del VI fue indexada a la potencia de 2,7, según lo propuesto por De Simone et al.<sup>14</sup> La hipertrofia del VI se definió como  $\text{masa VI}/\text{altura}^{2,7} > 51 \text{ g/m}^{2,7}$ . El grosor parietal relativo (GPR) se calculó como  $2 \times \text{grosor de la pared posterior} / \text{DDFVI}$ ; los valores  $> 0,42$  se consideran anormales. La geometría del VI se clasificó como uno de los cuatro estándares: geometría normal (masa del VI normal y GPR normal), remodelado concéntrico (masa VI normal y aumento de GPR), hipertrofia concéntrica (aumento de la masa del VI y del GPR), e hipertrofia excéntrica (aumento de la masa del ventrículo izquierdo y GPR normal).

La velocidad del flujo de entrada mitral diastólica temprana (onda E) y velocidad del flujo mitral diastólico tardío (onda A) se midieron en corte apical de cuatro cámaras usando Doppler pulsado. La velocidad diastólica temprana del anillo (E') se registró sobre el anillo mitral lateral. Se calcularon las razones E/A y E/E'.

Las variables continuas se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar y las categóricas como frecuencia o porcentaje. Se analizaron las diferencias entre las variables categóricas mediante la prueba de Chi-cuadrado. Se utilizó el test *t* de Student para variables continuas. Se analizaron las diferencias entre las variables continuas antes y después de la cirugía bariátrica mediante el test *t* de Student para muestras correlacionadas. Los coeficientes de correlación Beta con intervalos de confianza del 95% se obtuvieron utilizando un modelo de regresión lineal. Todas las pruebas estadísticas se

realizaron al nivel del 5% de significación. El análisis de datos se realizó con el programa SPSS para Windows, versión 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.).

Se obtuvo consentimiento informado de todos los participantes individuales incluidos en el estudio. El comité de ética institucional aprobó el estudio.

## Resultados

Veintitrés pacientes fueron incluidos en el estudio. Los datos descriptivos se presentan en la Tabla 1. La mayoría de los pacientes tenía hipertensión (69,6%). En el seguimiento, se observaron disminuciones significativas en el IMC ( $p < 0,001$ ) y en la presión sistólica ( $p < 0,001$ ) y la diastólica ( $p = 0,002$ ).

La Tabla 2 presenta una comparación de los parámetros estructurales del VI pre y postoperatorio. Ecocardiogramas preoperatorios demostraron aumento del grosor del tabique interventricular en 14 pacientes (60,9%) y el aumento de la masa del VI en siete pacientes (30,4%) antes de la operación. Un ecocardiograma realizado en una media de 4,7 meses después de la operación, reveló disminuciones significativas en el grosor de la pared posterior del ventrículo izquierdo y en el GPR ( $p < 0,001$  para ambos).

La Tabla 3 compara los patrones pre y postoperatorio de la geometría del ventrículo izquierdo. La mayoría de los pacientes tenían geometría VI normal antes del BGYR. La hipertrofia concéntrica del VI fue la anomalía más común en la geometría del VI, ocurriendo en el 21,5% de los pacientes antes de la cirugía y en ninguno durante el seguimiento.

La función sistólica del VI fue normal en todos los pacientes antes de la cirugía y no cambió significativamente durante el seguimiento. La única mejora significativa en la función diastólica del VI fue el aumento de la velocidad de E' después de la cirugía (Tabla 4).

## Discusión

El presente estudio confirma mejoras anteriormente informadas en la estructura del VI después de cirugía bariátrica.<sup>2</sup>

El patrón de la geometría del VI tiene implicaciones pronósticas. De Simone et al.<sup>15</sup> encontraron que los pacientes con hipertrofia ventricular izquierda con 3,3 veces mayor riesgo cardíaco. En el presente estudio, la mayoría de los pacientes (60,9%) tenían la geometría VI normal antes de

**Tabla 1 – Datos demográficos**

Datos clínicos	Preoperatorio	Postoperatorio	Valor P
Edad (años)	32,9 (8,9)		
Femenino	16 (69,6%)		
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	46,7 (5,3)	36,2 (4,7)	<0,001*
Peso (kg)	126,3 (25,0)	97,7 (19,0)	<0,001*
PAS (mmHg)	138,6 (14,9)	118,8 (8,9)	<0,001*
PAD (mmHg)	85,8 (10,4)	79,7 (6,5)	<0,002*

\* Valores significativos. Datos presentados como media (desviación estándar). IMC: índice de masa corporal; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica.

**Tabla 2 – Comparación de parámetros estructurales pre y postoperatorios del VI**

Parámetros estructurales	Preoperatorio	Postoperatorio	Valor P
DVIFD (mm)	48,3 (3,3)	49,4 (4,4)	0,165
Septo (mm)	10,3 (1,4)	8,9 (1,2)	< 0,001*
Pared posterior (mm)	9,3 (1,3)	8,4 (1,1)	< 0,001*
GRP	0,39 (0,06)	0,34 (0,04)	< 0,001*
MVI (g)	168,7 (35,2)	149,8 (40,7)	0,008*
IMVI (g/m <sup>2</sup> )	45,1 (11,3)	39,7 (10,3)	0,006*

\* Valores significativos. Datos presentados como media (desviación estándar). VI: ventrículo izquierdo; DVIFD Diámetro ventrículo izquierdo al final de la diástole; Septo: Pared posterior; MVI: masa del ventrículo izquierdo; IMVI: Índice de masa del ventrículo izquierdo; GRP: Grosor relativo de la pared posterior.

**Tabla 3 – Efectos de la cirugía bariátrica sobre la geometría del VI**

Geometría VI	Preoperatorio	Postoperatorio
Normal	14 (60,9)	21 (91,3)*
Remodelado concéntrico	2 (8,7)	0 (0)
Hipertrofia concéntrica VI	5 (21,7)	0 (0)*
Hipertrofia excéntrica VI	2 (8,7)	2 (8,7)*

\*  $p < 0,05$ . Datos expresados como n (%). VI: ventrículo izquierdo.

**Tabla 4 – Parámetros funcionales pre y postoperatorios del ventrículo izquierdo**

Parámetro funcional	Preoperatorio	Postoperatorio	Valor P
FEVI (%)	69,2 (6,8)	67,5 (5,3)	0,317
Fracción de acortamiento del VI	39,1 (5,5)	37,9 (3,8)	0,404
Velocidad de la onda E (m/s)	0,89 (0,14)	0,91 (0,15)	0,581
Velocidad de la onda A (m/s)	0,61 (0,13)	0,57 (0,14)	0,197
Relación E/A	1,51 (0,34)	1,65 (0,46)	0,065
Velocidad E' (m/s)	0,16 (0,03)	0,17 (0,03)	0,026*
Relación E/E'	5,95 (1,27)	5,42 (1,16)	0,083
Tiempo de desaceleración de la onda E	188,3 (37,3)	187,1 (42,2)	0,910

\* Valor significativo. Datos presentados como media (desviación estándar). VI: ventrículo izquierdo; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo.

la operación. Este hallazgo entra en conflicto con estudios anteriores, que mostraron que la mayoría de los pacientes tenían geometría anormal del VI antes de la operación.<sup>16,17</sup> Los pacientes en esos estudios, sin embargo, eran de más edad y tenían un IMC y una presión arterial mayores que los del presente estudio; Además, el 91,3% de nuestros pacientes presentaban geometría normal del VI durante el seguimiento, lo que indica que la inversión del remodelado se había producido en el corto plazo.

No se observó un cambio significativo en DDFVI después de la operación, lo cual es consistente con estudios previos.<sup>17,18</sup> Ninguno de los pacientes en el presente estudio tenía DDFVI anormal antes de la operación.<sup>19</sup>

El aumento del grosor del septo interventricular fue la alteración ecocardiográfica más común detectada antes de la operación. La disminución del grosor de la pared del VI resultó en una disminución en el GPR, la masa del VI, IMVI. Antes de la cirugía, el 30,4% de los pacientes había aumentado el GPR; después de que el procedimiento bariátrico, todos los pacientes tenían GPR normal. El aumento del GPR se asocia con un riesgo cardiovascular 2,56 veces mayor en pacientes hipertensos.<sup>20</sup>

Se observó una reducción media del 11,2% en la masa del ventrículo izquierdo después de la cirugía. Esto fue consecuencia de la reducción del grosor de la pared del VI ya que el diámetro diastólico final del VI no cambió después de la cirugía bariátrica.

El llenado diastólico del VI es el primer parámetro funcional que se deteriora en la obesidad.<sup>2</sup> Con respecto a la función diastólica del VI, sólo dos pacientes (8,7%) tenían una relación E/A <1 antes de la cirugía. Otros estudios informaron una tasa mayor de esta anomalía.<sup>16,21</sup> Cunha et al<sup>16</sup> encontraron que 17,4% de sus pacientes tuvieron un razón E/A anormal y Luaces et al<sup>21</sup> detectaron una tasa aún mayor de 27,9%.

Algunos factores pueden explicar esta diferencia. En primer lugar, nuestra población era más joven (32,9 años) que los de los estudios ya sea de Cunha et al<sup>16</sup> (37,9 años) o Luaces et al<sup>21</sup> (40,2 años), y el aumento de la edad se asocia con una mayor prevalencia de la disfunción diastólica.<sup>22</sup> En segundo lugar, los pacientes diabéticos fueron excluidos del presente estudio, y se sabe que la diabetes causa disfunción diastólica.<sup>22</sup> Tavares et al<sup>22</sup> demostraron que, en pacientes obesos antes de la cirugía bariátrica, la prevalencia de la diabetes fue 3,6 veces mayor en el subgrupo con disfunción diastólica. Tercero, la prevalencia de hipertensión en nuestro estudio también fue inferior a otras series (69,6% x 82,5% en el estudio de Cunha).<sup>16</sup> Por último, otros estudios realizaron ecocardiograma sólo en pacientes con múltiples factores de riesgo cardiovascular o con un electrocardiograma alterado,<sup>23</sup> mientras que en el presente estudio todos los pacientes incluidos habían hecho el examen, independientemente de los factores de riesgo cardíaco.

Hubo una tendencia al aumento de la razón E/A después de la cirugía, pero que no alcanzó significación estadística ( $p = 0,06$ ). Otros estudios que mostraron un aumento significativo en este parámetro tuvieron un seguimiento más prolongado,<sup>16,18,24</sup> por lo que un mayor seguimiento en el presente estudio podría haber revelado un aumento de la relación E/A.

La velocidad de E' es particularmente útil en la evaluación después de la cirugía bariátrica, ya que es un índice independiente de la precarga de la relajación del VI.<sup>25,26</sup> Este parámetro es fácil de obtener en pacientes obesos<sup>1</sup> y tiene valor pronóstico, con resultados por debajo del rango normal que predicen mayor mortalidad cardiovascular.<sup>27</sup> Ninguno de los pacientes mostró una disminución de la velocidad lateral E' (<10 cm / s) antes de la cirugía. En otros estudios se encontraron velocidades E' disminuidas antes de la cirugía bariátrica.<sup>22,28</sup> Willens et al<sup>28</sup> encontraron una velocidad media E' de 7,6 cm / s antes de la cirugía bariátrica, aunque sus pacientes tuvieron un mayor índice de masa corporal (54 kg/m<sup>2</sup>), presión arterial más alta (145 mmHg) y una prevalencia de 29,4% de diabetes.

En el presente estudio, la velocidad E' se incrementó un 6,25% después de la operación. Otros han observado aumentos significativos en este parámetro después de la cirugía bariátrica.<sup>10,17,28</sup>

La relación E/E' relación puede ser utilizada como un índice de valor de presión de llenado del VI.<sup>25</sup> valores debajo de 8 implican presiones de llenado normales en pacientes con fracción de eyección conservada.<sup>29</sup> Todos los pacientes en el presente estudio tenían E / E' < 8 antes de la cirugía.

La relación E/E' tuvo tendencia a disminuir, pero sin significación estadística. El comportamiento de este parámetro después de la cirugía bariátrica es heterogéneo entre los estudios. Luaces et al<sup>30</sup> no encontraron ningún cambio 12 meses después de la cirugía bariátrica, pero otros han observado disminuciones significativas en la relación E/E' después de la cirugía: Willens

et al,<sup>28</sup> desde 12.3 a 10 después de un seguimiento medio de 7,4 meses; e Ippisch et al.,<sup>10</sup> de 7,7 a 6,3 después de 10 meses de seguimiento postoperatorio. En comparación con el presente estudio, los períodos de seguimiento eran más largos, y las relaciones E / E' más altas, lo que sugiere mayores presiones de llenado diastólico.

En lo que se refiere a la función sistólica del VI, ninguno de los pacientes tenía una fracción de eyección reducida antes de la cirugía ya que este fue un criterio de exclusión para el estudio. No se observó modificación de este parámetro después de la cirugía bariátrica. Esto es consistente con los hallazgos de otros investigadores.<sup>30,31</sup> Garza et al<sup>9</sup> observaron resultados similares, incluso en el subgrupo de pacientes con reducción de la fracción de eyección del VI antes de la cirugía.

Los resultados de nuestro estudio deben interpretarse en el contexto de algunas limitaciones. El tamaño de la muestra era pequeño. No hubo un grupo control de pacientes obesos en tratamiento. El estudio fue observacional y las decisiones relacionadas con el manejo del paciente fueron realizadas por los médicos participantes. Sólo los pacientes con obesidad grado 3 fueron incluidos; no se incluyeron pacientes con diabetes. No se evaluó la variabilidad intra e interobservador de las mediciones ecocardiográficas.

## Conclusiones

Después de un seguimiento medio de 4,7 meses, la cirugía bariátrica promovió mejora en la estructura del ventrículo izquierdo y en uno de los parámetros de la función diastólica (velocidad E'). No hubo cambios en los parámetros sistólicos del ventrículo izquierdo.

## Contribución de los autores

Concepción y diseño de la investigación: Santos ECL, Aguiar MIR, Moraes Neto FR; Obtención de datos: Santos ECL, Aguiar MIR, Buril RO; Análisis e interpretación de los datos: Santos ECL, Gadelha PS; Análisis estadístico: Santos ECL; Redacción del manuscrito: Santos ECL, Moraes Neto FR, Gadelha PS; Revisión crítica del manuscrito respecto al contenido intelectual importante: Santos ECL, Ferraz AAB, Campos JM, Gadelha PS.

## Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

## Fuentes de Financiamiento

El presente estudio no tuvo fuentes de financiamiento externas.

## Vinculación Académica

Este artículo es parte de tesis de maestría de Eduardo Cavalcanti Lapa Santos por el servicio de Postgrado en Cirugía de la Universidad Federal de Pernambuco.

### Referencias

1. Kardassis D, O, Schönander M, Sjöström L, Petzold M, Karason K. Impact of body composition, fat distribution and sustained weight loss on cardiac function in obesity. *Int J Cardiol.* 2012;159(2):128-33.
2. Grapsa J, Tan TC, Paschou S, Kalogeropoulos AS, Shimony A, Kaier T, et al. The effect of bariatric surgery on echocardiographic indices: a review of the literature. *Eur J Clin Invest.* 2013;43(11):1224-30.
3. Lakhani M, Fein S. Effects of obesity and subsequent weight reduction on left ventricular function. *Cardiol Rev.* 2011;19(1):1-4.
4. Zarich SW, Kowalchuk GJ, McGuire MP, Benotti PN, Mascioli EA, Nesto RW. Left ventricular filling abnormalities in asymptomatic morbid obesity. *Am J Cardiol.* 1991;68(4):377-81.
5. Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med.* 1990;322(22):1561-6.
6. Sjöstrom L, Narbro K, Sjöstrom D, Karason K, Larsson B, Wedel H, et al. Effects of Bariatric Surgery on Mortality in Swedish Obese Subjects. *N Engl J Med.* 2007;357(8):741-52.
7. Mechanick JI, Kushner RF, Sugerman HJ, Gonzalez-Campoy JM, Collazo-Clavell ML, Spitz AF, et al. American Association of Clinical Endocrinologists, The Obesity Society, and American Society for Metabolic & Bariatric Surgery medical guidelines for clinical practice for the perioperative nutritional, metabolic, and nonsurgical support of the bariatric. *Obesity.* 2009; 17(Suppl 1):S1-70.
8. Ikonomidis I, Mazarakis A, Papadopoulos C, Patsouras N, Kalfarentzos F, Lekakis J, et al. Weight loss after bariatric surgery improves aortic elastic properties and left ventricular function in individuals with morbid obesity: a 3-year follow-up study. *J Hypertens.* 2007;25(2):439-47.
9. Garza CA, Pellikka PA, Somers VK, Sarr MG, Collazo-Clavell ML, Korenfeld Y, et al. Structural and functional changes in left and right ventricles after major weight loss following bariatric surgery for morbid obesity. *Am J Cardiol.* 2010;105(4):550-6.
10. Ippisch HM, Inge TH, Daniels SR, Wang B, Khoury PR, Witt S, et al. Reversibility of cardiac abnormalities in morbidly obese adolescents. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51(14):1342-8.
11. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's. Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005; 18(12):1440-63.
12. Teichholz LE, Herman V. Problems in echocardiographic presence or absence volume determinations : correlations in the of asynergy. *Am J Cardiol.* 1976;37(1):7-11.
13. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Hypertrophy: comparison to necropsy finding. *Am Heart J.* 1986;57(5):450-8.
14. De Simone G, Daniels SR, Devereux RB, Meyer RA, Roman MJ, de Divitiis O, et al. Left ventricular mass and body size in normotensive children and adults: assessment of allometric relations and impact of overweight. *J Am Coll Cardiol.* 1992;20(5):1251-60.
15. De Simone G, Devereux RB, Daniels SR, Koren MJ, Meyer RA, Laragh JH. Effect of Growth on Variability of Left Ventricular Mass : assessment of allometric signals in adults and children and their capacity to predict cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25(5):1056-62.
16. Cunha L de CB, Cunha CL, de Souza AM, Chiminacio Neto N, Pereira RS, Suplicy HL. Evolutive echocardiographic study of the structural and functional heart alterations in obese individuals after bariatric surgery. *Arq Bras Cardiol.* 2006;(87):562-8.
17. Hsuan CF, Huang CK, Lin JW, Lin LC, Lee TL, Tai CM, et al. The effect of surgical weight reduction on left ventricular structure and function in severe obesity. *Obesity.* 2010;18(6):1188-93.
18. Kanoupakis E, Michaloudis D, Fraidakis O, Parthenakis F, Vardas P, Melissas J. Left ventricular function and cardiopulmonary performance following surgical treatment of morbid obesity. *Obes Surg.* 2001;11(5):552-8.
19. Alpert M, Terry BE, Kelly DL. Effect of weight loss on cardiac chamber size, wall thickness and left ventricular function in morbid obesity. *Am J Cardiol.* 1985;55(6):783-6.
20. Verdecchia P, Schillaci G, Borgioni C, Ciucci a, Battistelli M, Bartoccini C, et al. Adverse prognostic significance of concentric remodeling of the left ventricle in hypertensive patients with normal left ventricular mass. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25(4):871-8.
21. Luaces M, Cachofeiro V, García-Muñoz-Najar A, Medina M, González N, Cancer E, et al. Anatomical and functional alterations of the heart in morbid obesity. Changes after bariatric surgery. *Rev Española Cardiol.* 2012;65(1):1-3.
22. Tavares IS, Sousa AC, Menezes Filho RS, Oliveira MA, Barreto Filho JÁ, et al. Left ventricular diastolic function in morbidly obese patients in the preoperative for bariatric surgery. *Arq Bras Cardiol.* 2011;98(4):300-6.
23. Cavarretta E, Casella G, Cali B, Dammaro C, Biondi-Zoccai G, Iossa A, et al. Cardiac remodeling in obese patients after laparoscopic sleeve gastrectomy. *World J Surg.* 2013;37(3):565-72.
24. Valezi AC, Machado VHS. Morphofunctional evaluation of the heart of obese patients before and after bariatric surgery. *Obes Surg.* 2011;21(11):1693-7.
25. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quin MA. Doppler tissue imaging : a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30(6):1527-33.
26. Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, Kim HC, Kim HS, O BH, et al. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30(2):474-80.
27. Wang M, Yip GW, Wang AY, Zhang Y, Ho PY, Tse MK, et al. Peak early diastolic mitral annulus velocity by tissue Doppler imaging adds independent and incremental prognostic value. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(5):820-6.
28. Willens HJ, Chakko SC, Byers P, Chirinos J, Labrador E, Castrillon JC, et al. Effects of weight loss after gastric bypass on right and left ventricular function assessed by tissue Doppler imaging. *Am J Cardiol.* 2005;95(12):1521-4.
29. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth O, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10(2):165-93.
30. Luaces M, Martínez E, Medina M, Miana M, González N, Fernández-Pérez C, et al. The impact of bariatric surgery on renal and cardiac functions in morbidly obese patients. *Nephrol Dial Transpl.* 2012;27(Suppl 4):iv 53-7.
31. Leichman JG, Wilson EB, Scarborough T, Aguilar D, Miller CC, Yu S, et al. Dramatic reversal of derangements in muscle metabolism and left ventricular function after bariatric surgery. *Am J Med.* 2008;121(11):966-73.

