

Relación del Índice de Masa Corporal con los Cambios en la Geometría Y Función Cardíaca en 5.898 Pacientes Evaluados por Ecocardiografía Transtorácica

Lucy del Carmen Sotomayor Rubio, MD¹, Gustavo Restrepo Molina, MD^{1,2}, Marco Luis Blanquicett Anaya, MD¹, Luis Alfonso Díaz-Martínez, MD MSc³, Jaime Luis López Torres, MD¹, Karen Estupinán Perilla, MD¹

Universidad CES¹, Clínica Medellín², Medellín; Escuela de Medicina³, Facultad de Salud, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga - Colombia

Resumen

Introducción: Este estudio describe la relación entre índice de masa corporal (IMC) y la geometría y función cardíaca analizada por ecocardiografía transtorácica.

Materiales y métodos: Se analizaron 5.898 estudios ecocardiográficos, con un rango de edad entre 18.0 y 98.6 años.

Resultados: El IMC varió de 15,23 a 49,61 Kg/m². El aumento del IMC tuvo una asociación directa estadísticamente significativa con la masa ventricular izquierda, observándose inicialmente hipertrofia concéntrica leve que se hace excéntrica en la medida que aumenta, especialmente cuando se normaliza por la relación alométrica (Talla^{2,7}). Se observó un aumento del volumen de eyección y del gasto cardíaco, como también una asociación inversa entre índice de masa corporal y la relación E/A del llenado mitral con una reducción significativa de la velocidad e' del Doppler tisular, evidenciando disfunción diastólica tipo trastorno de relajación en individuos obesos o con sobrepeso. Observamos incremento ligero pero significativo en el área y volumen indexado de la aurícula izquierda con la masa corporal. No hubo diferencias en la geometría y función del ventrículo derecho.

Conclusiones: El presente estudio demostró una asociación directa significativa entre el incremento del IMC e incremento de la masa miocárdica. Al indexar la masa miocárdica por la talla^{2,7}, se evitan artefactos relacionados con la normalización por el tamaño corporal (ASC), principalmente en individuos con obesidad grado II y III. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2015; 28(1):3-16)

Palabras clave: Índice de Masa Corporal, Función Ventricular, Ecocardiografía, Gasto Cardíaco, Obesidad.

Introducción

La prevalencia del sobrepeso y la obesidad están en aumento a nivel mundial, constituyendo una epidemia que compromete todas las edades y todos los niveles socioeconómicos. En América Latina teniendo en cuenta ambas condiciones, su prevalencia es del 40% y en Colombia del 50%¹⁻³.

El paciente con sobrepeso u obesidad sufre estrés parietal miocárdico persistente como resultado de un incremento del volumen circulatorio y del volumen minuto, proporcionales al exceso de peso corporal, que se presentan debido al incremento del flujo sanguíneo del tejido adiposo, con mínimo compromiso de la frecuencia cardíaca en reposo, pero con elevación del volumen sistólico. Este aumento del volumen minuto genera invariablemente un aumento compensatorio de la masa miocárdica y la consecuente hipertrofia ventricular preclínica y clínica, terminando en dilatación ventricular,

con disfunción sistólica y diastólica, formando parte de un espectro descrito como cardiomiopatía del obeso, alteraciones que ocurren en ausencia de hipertensión o de enfermedad coronaria^{4,5}.

Por otra parte, se han descritos alteraciones del llenado ventricular izquierdo en individuos obesos asintomáticos por lo demás sanos, por existir una prolongación del tiempo de relajación isovolumétrica, hallazgos que pueden observarse en ausencia de disfunción sistólica del ventrículo izquierdo (VI). La reducción de peso se asocia con un mejor llenado diastólico y tiempo de relajación isovolumétrica ventricular izquierda⁶. Si se compara con sujetos controles de peso y presión arterial normales, los pacientes obesos presentan mayor diámetro auricular izquierdo (AI) y de la raíz aórtica, así como mayor grosor parietal septal e incremento de la masa del VI⁽⁷⁾.

Los valores normales de la masa del VI difieren entre hombres y mujeres, incluso cuando se ajustan al área de superficie corporal. Está en discusión el mejor método para normalizar las mediciones de la masa del VI en adultos. Aunque la superficie corporal se ha usado con más frecuencia en ensayos clínicos, este método subestima la preponderancia de la hipertrofia del VI en personas obesas y con sobrepeso. La capacidad de detectar la hipertrofia del VI relacionada con la obesidad y las enfermedades cardiovasculares se mejora indexando la masa del VI a la potencia de su relación alométrica

Correspondencia: Gustavo Restrepo Molina MD •

Calle 53 N.46-38, Clínica Medellín, Servicio de Ecocardiografía, Medellín - Colombia

E-mail: gustavorestrepomd@une.net.co

Artículo recibido el 21/2/2014; revisado el 15/5/2014; aceptado el 13/8/2014.

DOI: 10.5935/2318-8219.20150002

(término referente a los cambios de dimensión relativa de las partes corporales correlacionados con los cambios en el tamaño total) con la estatura o talla^{2,7, 8}. Los valores normales para la masa miocárdica normalizada por la talla y por talla^{2,7} en pacientes obesos han sido descritos por la Sociedad Europea de Ecocardiografía y la cuantificación de cámaras cardíacas por la Sociedad Americana de Ecocardiografía⁹.

Así, el objetivo de este trabajo fue determinar cuál es la relación del índice de masa corporal (IMC) con la geometría y función cardíacas evaluados por Ecocardiografía transtorácica en un grupo de adultos sin patología cardíaca que afectase las mediciones a realizar, atendidos en la Clínica Medellín (Medellín, Colombia).

Metodología

De los ecocardiogramas realizados en el Servicio de ecocardiografía entre octubre 2010 y febrero de 2013 se tomaron los reportes de los pacientes de entre 18 y 92 años que no tuviesen ventana acústica limitada o con cualquiera de los siguientes diagnósticos o antecedentes: fibrilación auricular, presencia de electrodos intraventriculares, cardiopatía isquémica, miocardiopatía hipertrófica, cardiopatía congénita, prótesis valvulares, quimioterapia, pericarditis, masas o trombos intracardíacos, estenosis o insuficiencia valvular moderada o severa, *cor pulmonale*, tromboembolismo pulmonar o falla cardíaca. El estudio fue aprobado previamente por el Comité de Ética e Investigación de la Universidad CES, Medellín, Colombia.

Las mediciones de las distintas variables ecocardiográficas fueron realizadas según las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE) para la cuantificación de cámaras cardíacas. Siendo las siguientes:

- Fracción de eyección por medio del método biplano de Simpson y por la fórmula de Teichholz.
- Masa ventricular izquierda (MVI) en gramos, calculada por la fórmula de Devereux: $MVI = 0,8 \{1,04 [(LVEDD + IVSd + PWd)^3 - LVEDD^3]\} + 0,6$, donde LVEDD es diámetro telediastólico ventricular izquierdo, IVSd la dimensión del septum interventricular en diástole y PWd la dimensión de la pared posterior en diástole.
- Índice de masa ventricular izquierda (IMVI), calculado de tres maneras: 1) $IMVI = MVI/m$, donde m = talla del paciente en metros; 2) $IMVI = MVI/SC$, donde SC = superficie corporal (kg/m^2); y 3) $IMVI = MVI/talla^{2,7}$ donde $talla^{2,7} =$ talla elevado a la 2.7 potencia.
- Grosor parietal relativo (RWT), calculado como $RWT = (IVSd + PWd)/LVDd$, donde IVSd es la dimensión del septum interventricular en diástole, PWd la dimensión de la pared posterior en diástole y LVDd es el diámetro telediastólico ventricular izquierdo.
- Volumen sistólico (VS) calculado mediante Doppler pulsado, obteniéndose el espectro de la velocidad de flujo a nivel del tracto de salida VI (TSVI), usando el plano apical de cinco cámaras.

- Gasto cardíaco (GC) como $GC = 0,785 \times D^2 \times IVT \times FC$, donde D es el diámetro TSVI, IVT la integral velocidad tiempo y FC la frecuencia cardíaca por minuto.
- TAPSE, medido en modo M, representa la distancia del movimiento del anillo tricuspídeo desde el final de la diástole hasta el final de la sístole.
- Volumen de la aurícula izquierda, medida usando el método de Simpson o el modelo elipsoide obtenidos de las proyecciones apical de 4 y 2 cámaras; luego de obtenido este valor y teniendo en cuenta las diferencias entre hombres y mujeres, según las recomendaciones de la ASE, se corrigió el volumen auricular por la superficie corporal⁹.

Los datos se analizaron en Stata/SE versión 12.1 (StataCorp, College Station, 2013) y se aceptaron como significativas las diferencias con $\alpha < 0,05$. Las variables cualitativas se describen en proporciones y las continuas con promedio y desviación estándar (DE). El número de pacientes permitió establecer seis grupos de personas según el índice de masa corporal (IMC): 15,0 a 19,9 kg/m^2 , 20,0 a 24,9 kg/m^2 , 25,0 a 29,9 kg/m^2 , 30,0 a 34,9 kg/m^2 , 35,0 a 39,9 kg/m^2 y 40,0 a 49,9 kg/m^2 . Para cada grupo de sexo e IMC se estableció la distribución de edad y sexo, así como la prevalencia de la comorbilidad existente: hipertensión arterial (HTA) sistólica o diastólica a partir de las cifras de presión arterial al momento del examen, o historia clínica de insuficiencia renal crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, diabetes mellitus, hipertensión pulmonar y cáncer. Se calcularon las razones de verosimilitud (OR, por su nombre en inglés *odds ratio*) junto con sus intervalos de confianza del 95% (IC 95%) del IMC con la presencia de diabetes mellitus, HTA sistólica o HTA diastólica.

Para establecer la asociación entre el IMC y las medidas ecocardiográficas se procedió a estimar el mejor modelo de regresión lineal múltiple en el que a los datos crudos de cada medición se correlacionaron con los datos crudos de IMC y la edad del paciente, incluyendo en el modelo también el sexo, la fecha de realización del procedimiento y la comorbilidad existente. Así se calculó el coeficiente β , el cual se consideró significativo si el IC 95% era positivo (asociación directa) o negativo (asociación inversa). En todas las mediciones se exploró la existencia de asociación entre cada medida y términos cuadrático o cúbico del IMC (IMC^2 o IMC^3) según las recomendaciones de Rabe-Hesketh y Skrodal¹⁰. No se trabajó con los datos transformados pues por el gran número de observaciones (> 5000) fue innecesario hacerlo. Finalmente, se estableció el coeficiente de correlación múltiple (σ^2) para cada uno de los modelos, así como la gráfica predicha y su intervalo de confianza del 95%.

Resultados

Características de la población

La base original contenía 11.202 registros, de los cuales se eliminaron 5.304 por diferentes razones (Figura 1), quedando

para el análisis 5898 estudios. Muchos de los registros eliminados tenían más de una razón para ello, por lo que en la gráfica se presenta la primera razón que se detectó y que llevó a su retiro.

Los 5.898 pacientes incluidos correspondían a 3.606 (61,1%) mujeres y a 2.292 (38,9%) hombres; la edad osciló entre 18,0 y 98,9 años, con promedio de 61,7 (DE 17,0) años, sin que existiese diferencia entre hombres (media 61,7 años, DE 17,2) y mujeres (61,4 años, DE 16,9; $p = 0,395$)

El índice de masa corporal (IMC) osciló entre 15,23 y 49,61 kg/m^2 , con promedio de 26,39 (DE 4,96) kg/m^2 y mediana de 25,81 (RIQ 23,05 a 29,05) kg/m^2 , siendo la media entre las mujeres mayor que entre los hombres: 26,73 (DE 5,31) kg/m^2 vs 25,87 (DE 4,29) kg/m^2 ($p < 0,001$). En la Tabla 2 se aprecia la relación de edad, sexo y comorbilidad existente en los seis grupos de IMC. La obesidad estuvo asociada con la presencia de hipertensión arterial diastólica o sistólica, así como con diabetes mellitus, independientemente del sexo y la edad, la cual también está asociada con las tres condiciones (Tabla 3).

En la Tabla 4 y las Figuras 2 a 8 se aprecia la variación promedio de los valores de los signos vitales (presión arterial y frecuencia cardíaca) y las mediciones ecocardiográficas según el IMC. Solo en tres mediciones fue necesario incluir un término cúbico del IMC (IMC^3). La figura 2 muestra como las dos presiones arteriales son mayores en la medida que incrementa el IMC, pero no la frecuencia cardíaca (Figura 2).

Función diastólica ventricular izquierda

La velocidad máxima de la onda E de llenado mitral evidencia una relación ascendente que va de 74 a 81 cm/s ; la onda A de llenado mitral presenta un comportamiento similar, aunque con una curva más pronunciada, presentando un mayor aumento de las velocidades en la medida que se obtiene un mayor IMC (Tabla 4 y Figura 3).

Lo anterior se ve reflejado en la relación E/A, la cual mantiene una asociación inversa con el IMC, disminuyendo de 1,05 a 0,95 ($\beta = -0,019$, IC 95% -0,035 a -0,004; $\sigma^2 = 0,2974$). Esta disminución en la relación E/A aunque mínima en términos cuantitativos, es estadísticamente significativa y presupone una asociación entre el incremento de la masa corporal y disfunción diastólica tipo trastorno de relajación.

A su vez la velocidad máxima e lateral del Doppler tisular disminuye aproximadamente 10 cm/s , presentando una asociación inversa estadísticamente significativa con el incremento del IMC ($\beta = -0,025$, IC 95% -0,152 a -0,102; $\sigma^2 = 0,4232$), este comportamiento no se refleja en incremento significativo en la relación E/e que supusiera aumento en las presiones de llenado, pero si corrobora el trastorno de relajación (Tabla 4 y Figura 3).

Función sistólica ventricular izquierda

La fracción de eyección ventricular izquierda osciló entre 61% y 64% sin apreciarse cambios significativos en la medida que se incrementaba el IMC ($\beta = 0,16$, IC 95% -0,080 a 0,408; $\sigma^2 = 0,0371$), como se ve en la tabla 4 y la Figura 4.

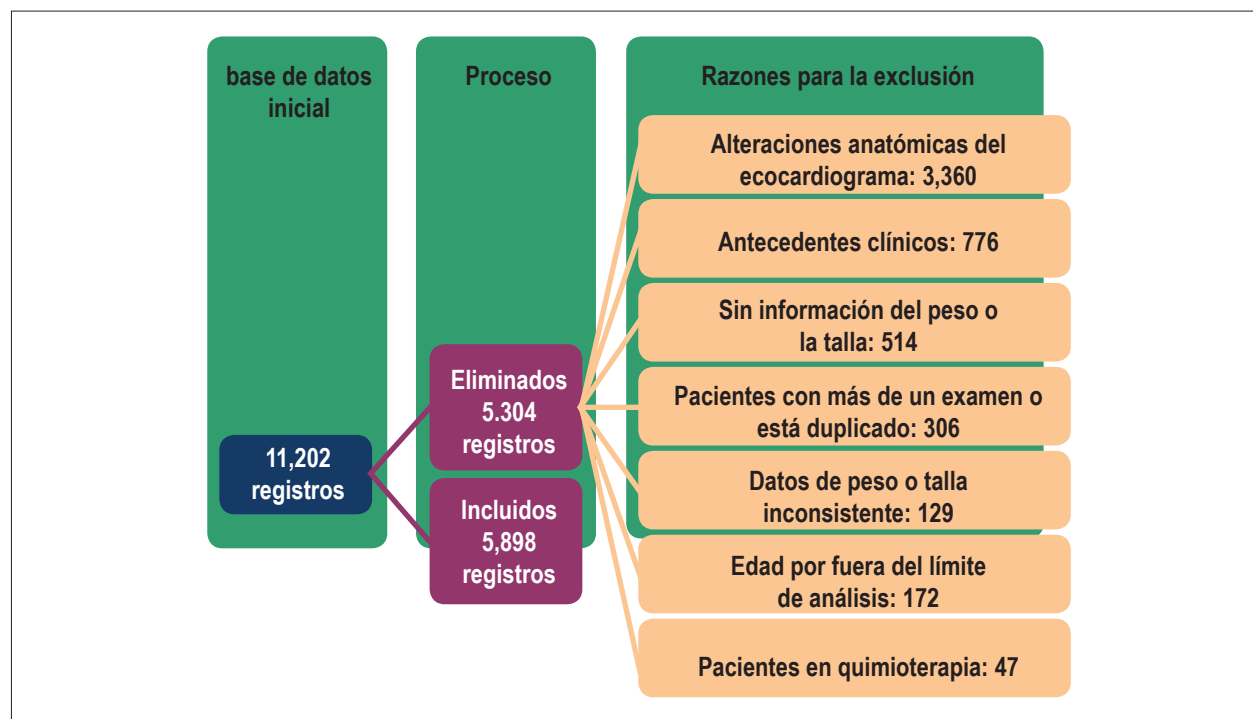


Figura 1 – Resultado del proceso de depuración de la base de datos de los registros a analizar.

Tabla 1 – Condiciones patológicas registradas entre los pacientes estudiados

Antecedente	Población global (n=5.989)	Sexo		Valor de p
		Mujeres (n=3.606)	Hombres (n=2,292)	
Hipertensión sistólica	1,564 (26.5%)	957 (26.5%)	607 (26.5%)	0.999
Hipertensión diastólica	570 (9.7%)	244 (10.7%)	326 (9.0%)	0.126
Insuficiencia renal crónica	65 (1.1%)	29 (0.8%)	36 (1.6%)	0.006
EPOC	110 (1.9%)	57 (1.6%)	53 (2.3%)	0.043
Diabetes mellitus	255 (4.3%)	156 (4.3%)	99 (4.3%)	0.990
Hipertensión pulmonar	21 (0.4%)	17 (0.5%)	4 (0.2%)	0.062
Cáncer	54 (0.9%)	43 (1.2%)	11 (0.5%)	0.005

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica

Tabla 2 – Prevalencia de la comorbilidad registrada por grupos de índice de masa corporal

Característica	Grupo IMC (kg/m ²)						Valor de p
	15.0-19.9	20.0-24.9	25.0-29.9	30.0-34.9	35.0-39.9	40.0-49.9	
Pacientes	434	2.120	2.163	848	238	95	
Hombres	159 (36.6%)	891 (42.0%)	888 (41.1%)	284 (33.5%)	55 (23.1%)	15 (15.8%)	<0.001
Edad* (años)	58.0 (56.1-59.9)	60.8 (60.0-61.5)	62.9 (62.3-63.6)	63.0 (62.1-64.0)	60.7 (58.9-62.6)	54.7 (51.3-58.0)	<0.001
HTA sistólica	86 (19.8%)	500 (23.6%)	585 (27.1%)	275 (32.4%)	81 (34.0%)	37 (39.0%)	<0.001
HTA diastólica	23 (5.3%)	166 (7.8%)	221 (10.2%)	106 (12.5%)	35 (14.7%)	19 (20.0%)	<0.001
Insuf. renal crónica	5 (1.2%)	20 (0.9%)	30 (1.4%)	10 (1.2%)	-	-	0.319
EPOC	15 (3.5%)	35 (1.7%)	36 (1.7%)	18 (2.1%)	5 (2.1%)	1 (1.1%)	0.172
Diabetes mellitus	7 (1.6%)	55 (2.3%)	112 (5.2%)	51 (6.0%)	23 (9.7%)	7 (7.4%)	<0.001
HT pulmonar	1 (0.2%)	7 (0.3%)	9 (0.4%)	3 (0.4%)	1(0.4%)	-	0.976
Cáncer	4 (0.9%)	18 (0.9%)	20 (0.9%)	6 (0.7%)	4 (1.7%)	2 (2.1%)	0.619

HTA: hipertensión arterial. EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

* Promedio e intervalo de confianza del 95%

El gasto cardíaco osciló entre 3,9 L/min, incrementándose a 5,5 L/min en la medida que aumenta el IMC a 35 kg/m², punto a partir del cual disminuye hasta 5 L/min cuando se alcanza el máximo de IMC de 50 kg/m². Este incremento presenta una asociación directa estadísticamente significativa ($\beta = 0,16$, IC 95% 0,109 a 0,331), aunque este comportamiento no solo es explicado por el incremento del IMC, sino también por el sexo masculino, pero estas dos covariables explican solo el 5% de la tendencia en ascenso del gasto cardíaco ($\sigma^2 = 0,0447$).

El volumen latido por su parte presenta un comportamiento similar al gasto cardíaco, con incremento proporcional al aumento del IMC, alcanzando un máximo de 73 mL en un IMC de 37 kg/m² y disminuyendo hasta 69 mL con IMC de 50 kg/m², siendo una asociación directa estadísticamente significativa ($\beta = 2.7$, IC 95% 1,23 a 4,18; $\sigma^2 = 0,0215$).

Aurícula izquierda

Se analizaron dos variables de medición de la aurícula izquierda, área e índice de volumen auricular izquierdo (Tabla 4 y Figura 5). El área auricular izquierda presenta incremento con el IMC, la cual osciló entre 15 cm² en IMC de 15 Kg/m² hasta 21 cm² en IMC de 50 Kg/m². Por su parte, la evaluación del volumen auricular indexado por área de superficie corporal muestra asociación directa estadísticamente significativa con el IMC ($\beta = 0,456$, IC 95% 0,097 a 0,815; $\sigma^2 = 0.13$).

Función sistólica ventrículo derecho

La excursión sistólica del anillo tricuspídeo (TAPSE) se incrementa de 20,5 mm hasta 22,5 mm con el IMC, siendo una asociación directa y significativa ($\beta = 0,023$, IC95% 0,006 a 0,039; $\sigma^2 = 0,0609$). La velocidad de la onda S del Doppler

Tabla 3 – Razones de verosimilitud (OR) del índice de masa corporal con la presencia de diabetes mellitus o hipertensión arterial sistólica o diastólica

Característica	Comorbilidad (OR e IC 95%)		
	HTA sistólica	HTA diastólica	Diabetes mellitus
IMC (kg/m ²)			
15.0-19.9	Referente	Referente	Referente
20.0-24.9	1.18 (0.91-1.54)	1.48 (0.94-2.31)	1.54 (0.70-3.41)
25.0-29.9	1.37 (1.05-1.77)	1.96 (1.26-3.05)	3.05 (1.41-6.61)
30.0-34.9	1.80 (1.36-2.39)	2.51 (1.57-4.01)	3.65 (1.64-8.11)
35.0-39.9	2.08 (1.45-2.99)	3.15 (1.81-5.48)	6.57 (2.77-15.61)
40.0-49.9	3.06 (1.88-4.98)	4.82 (2.50-9.29)	5.63 (1.91-16.57)
Sexo femenino	1.05 (0.93-1.19)	1.27 (1.06-1.52)	1.10 (0.85-1.43)
Edad (años)	1.028 (1.024-1.032)	1.001 (1.000-1.011)	1.026 (1.017-1.035)
Bondad ajuste	0.786	0.456	0.981

HTA: hipertensión arterial

Tabla 4 – Coeficiente β e IC 95% ajustado entre índice de masa corporal, edad y sexo con las mediciones clínicas y ecocardiográficas*

Característica	Covariables				σ^2
	IMC	IMC ²	Edad	Sexo masculino	
Presión arterial sistólica (mmhg)	0.969 (0.244 to 1.694)	-0.007 (-0.020 to 0.005)	0.303 (0.273 to 0.333)	0.707 (-0.389 to 1.802)	0.0867
Presión arterial diastólica (mmhg)	0.602 (0.140 to 1.034)	-0.005 (-0.127 to 0.004)	0.034 (0.015 to 0.052)	1.335 (0.694 to 1.978)	0.0255
Frecuencia cardíaca (lpm)	-0.920 (-1.494 to -0.346)	0.018 (0.008 to 0.027)	-0.077 (-0.101 to -0.053)	-2.828 (-3.665 to -2.011)	0.0238
Velocidad máxima E mitral (cm/s)	0.208 (-0.561 to 0.977)	0.001 (-0.013 to 0.014)	-0.355 (-0.389 to -0.321)	-6.052 (-7.152 to -4.952)	0.1121
Velocidad máxima A mitral (cm/s)	1.277 (0.520 to 2.035)	-0.016 (-0.029 to -0.003)	0.694 (0.662 to 0.726)	-8.598 (-9.712 to -7.484)	0.3657
Relación E/A mitral	-0.019 (-0.035 to -0.004)	0.0001 (0.0001 to 0.0005)	-0.014 (-0.015 to -0.013)	0.033 (0.009 to 0.057)	0.2974
Velocidad S lateral mitral (cm/s)	0.019 (-0.081 to 0.118)	-0.0003 (-0.0020 to 0.0014)	-0.032 (-0.036 to -0.027)	0.271 (0.131 to 0.411)	0.0885
Tiempo desaceleración mitral (ms)	0.911 (-1.126 to 2.948)	-0.006 A:	0.831 (0.742 to 0.920)	1.900 (-1.161 to 4.960)	0.1051
Velocidad onda E septum (cm/s)	-0.060 (-0.161 to 0.041)	0.0004 (-0.0013 to 0.0022)	-0.094 (-0.098 to -0.090)	0.005 (-0.121 to 0.131)	0.3702
Velocidad onda A septum (cm/s)	0.471 (0.002 to 0.940)	-0.014 (-0.030 to 0.002)	0.016 (0.012 to 0.020)	0.558 (0.419 to 0.697)	0.0811
Velocidad onda E lateral (cm/s)	-0.025 (-0.152 to 0.102)	0.0000 (-0.0021 to 0.0022)	-0.138 (-0.143 to -0.132)	-0.021 (-0.187 to 0.145)	0.4232
Velocidad onda A lateral cm/seg	0.296 (0.172 to 0.419)	-0.0044 (-0.0065 to -0.0220)	0.043 (0.038 to 0.048)	0.061 (-0.122 to 0.243)	0.1141
Relación E/e lateral	-0.154 (-0.453 to 0.145)	0.003 (-0.002 to 0.009)	0.070 (0.061 to 0.078)	-0.771 (-1.055 to -0.488)	0.0890
Relación E/e septum	-0.060 (-0.373 to 0.252)	0.002 (-0.003 to 0.008)	0.074 (0.064 to 0.084)	-1.001 (-1.373 to -0.638)	0.0753
Índice volumen aurícula izquierda (ml/m ² SC)	0.456 (0.097 to 0.815)	-0.007 (-0.013 to 0.001)	0.155 (0.138 to 0.171)	1.843 (1.272 to 2.415)	0.1332
Índice volumen sistólico izquierdo (ml/m ² SC)	3.176 (0.354 to 6.000)	-0.054 (-0.099 to -0.010)	-0.071 (-0.306 to 0.164)	-1.461 (-7.470 to 4.548)	0.0016

Continuación

Volumen latido (ml)	2.70 (1.23 to 4.18)	-0.035 (-0.059 to -0.011)	-0.028 (-0.108 to 0.052)	6.98 (4.05 to 9.90)	0.0215
TAPSE (mm)	0.023 (0.006 to 0.039)	-0.0003 (-0.0006 to 0.0001)	-0.004 (-0.005 to -0.003)	0.056 (0.033 to 0.079)	0.0609
VD basal diástole**(mm)	-0.196 (-0.301 to -0.091)	0.007 (0.003 to 0.010)	0.0008 (0.000 to 0.0016)	0.345 (0.316 to 0.374)	0.1367
Velocidad máx onda E tricúsp (cm/seg)	0.242 (-0.316 to 0.800)	-0.004 (-0.014 to 0.006)	-0.219 (-0.243 to -0.196)	-1.582 (-2.137 to -0.847)	0.1039
Velocidad máx onda A tricúsp¶ (cm/seg)	-1.871 (-4.944 to 1.202)	0.076 (-0.030 to 0.183)	0.154 (0.132 to 0.175)	-1.037 (-1.756 to -0.318)	0.2311
Relación E/A tricúspide (cm/seg)	-0.010 (-0.030 to 0.010)	-0.0000 (-0.0004 to 0.0003)	-0.011 (-0.012 to -0.010)	-0.014 (-0.050 to -0.021)	0.1222
Presión sistólica arteria pulmón (mmhg)	-4.12 (-7.03 to -1.20)	0.126 (0.028 to 0.224)	0.178 (0.157 to 0.198)	0.173 (-0.527 to 0.873)	0.1210
Velocidad onda S ventrículo der (cm/seg)	-0.096 (-0.222 to -0.031)	0.0016 (-0.0006 to 0.0038)	-0.019 (-0.024 to -0.014)	0.367 (0.179 to 0.554)	0.0453
Gasto cardíaco (ml/min)	0.220 (0.109 to 0.331)	-0.003 (-0.005 to -0.001)	-0.001 (-0.007 to 0.004)	0.512 (0.294 to 0.731)	0.0447
Índice VI diástole	-0.054 (-0.066 to -0.042)	0.0005 (0.0003 to 0.0007)	0.0010 (0.0005 to 0.0015)	-0.110 (-0.128 to -0.092)	0.1653
Pared posterior diástole (mm)	0.039 (0.024 to 0.054)	-0.0006 (-0.0008 to -0.0004)	0.0000 (-0.001 to 0.001)	0.072 (0.040 to 1.03)	0.0122
Ventrículo izquierdo sístole (mm)	0.036 (0.014 to 0.057)	-0.0004 (-0.0008 to -0.0000)	-0.003 (-0.004 to -0.002)	0.274 (0.240 to 0.307)	0.0809
Grosor relativo	0.014 (0.007 to 0.021)	-0.0002 (-0.0003 to -0.0001)	0.0004 (-0.0010 to 0.0009)	0.003 (-0.012 to 0.018)	0.0061
Masa miocárdica ventrículo izquierdo (g)	13.41 (8.74 to 18.08)	-0.189 (-0.264 to -0.114)	-0.121 (-0.436 to 0.193)	34.72 (25.75 to 73.69)	0.0271
Índice masa miocardio VI (gr/m ² Sc)	5.20 (2.49 to 7.89)	-0.086 (-0.129 to -0.043)	0.052 (-0.120 to 0.224)	9.47 (4.39 to 14.55)	0.0123
Fración de eyección (%)	0.164 (-0.080 to 0.408)	-0.001 (-0.005 to 0.003)	-0.025 (-0.035 to -0.015)	-1.858 (-2.281 to -1.433)	0.0371
Masa del VI/talla (gr/m)	0.082 (0.053 to 0.111)	0.001 (-0.002 to -0.006)	0.001 (-0.002 to -0.006)	0.143 (0.088 to 0.198)	0.0220
Masa del VI/talla ^{2.7} (gr/m ^{2.7})	3.57 (2.22 to 4.92)	-0.05 (-0.21 to -0.08)	0.05 (-0.03 to 0.14)	0.93 (-0.67 to 3.40)	0.0190

*Ajustado por la fecha de realización del estudio, las cifras de frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica y diastólica así como por la presencia de insuficiencia renal crónica, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, diabetes mellitus, hipertensión pulmonar y cáncer.

** Incluye IMC3 con β de -0.00007 (IC95% -0.00011 a -0.00003).

¶ Incluye IMC3 con β de -0.00008 (IC95% -0.00002 a 0.00004).

tisular presenta asociación inversa ($\beta = -0,096$, IC95% -0,222 a -0,031; $\sigma^2 = 0,0453$). Estos hallazgos no fueron relevantes para la interpretación de la función sistólica del ventrículo derecho (Tabla 4, Figura 6).

Geometría ventricular izquierda

La evaluación de la geometría ventricular requiere de la relación del grosor parietal relativo y el índice de masa ventricular (Tabla 4, Figura 7). El grosor parietal relativo se incrementa de 0,37 a 0,43 al alcanzarse IMC de 33 kg/m², para posteriormente disminuir hasta 0,34 en IMC de 50 kg/m², existiendo una asociación directa y significativa ($\beta = 0,014$, IC 95% 0,007 a 0,021; $\sigma^2 = 0,0061$). Ahora bien, este comportamiento del

grosor relativo de pared podría indicar que el incremento de la masa miocárdica asociado a la obesidad es concéntrico hasta un IMC de 33 kg/m² a partir del cual comienza a disminuir.

La masa miocárdica osciló entre 99 y 170 gr, alcanzando su máximo valor en un IMC de 35 kg/m², la cual disminuye hasta 139 gr cuando el IMC llega a 50 kg/m². Este aumento de la masa miocárdica presenta una asociación directa estadísticamente significativa ($\beta = 13,41$, IC 95% 8,74 a 18,08); $\sigma^2 = 0,027$). Esto indica que si bien la masa miocárdica se ve afectada por el aumento en el IMC, este no es el único factor por el que se ve afectada; de hecho, solo explica junto al sexo masculino el 3% de dicho comportamiento. Al indexar la masa ventricular por el área de superficie corporal se identifica

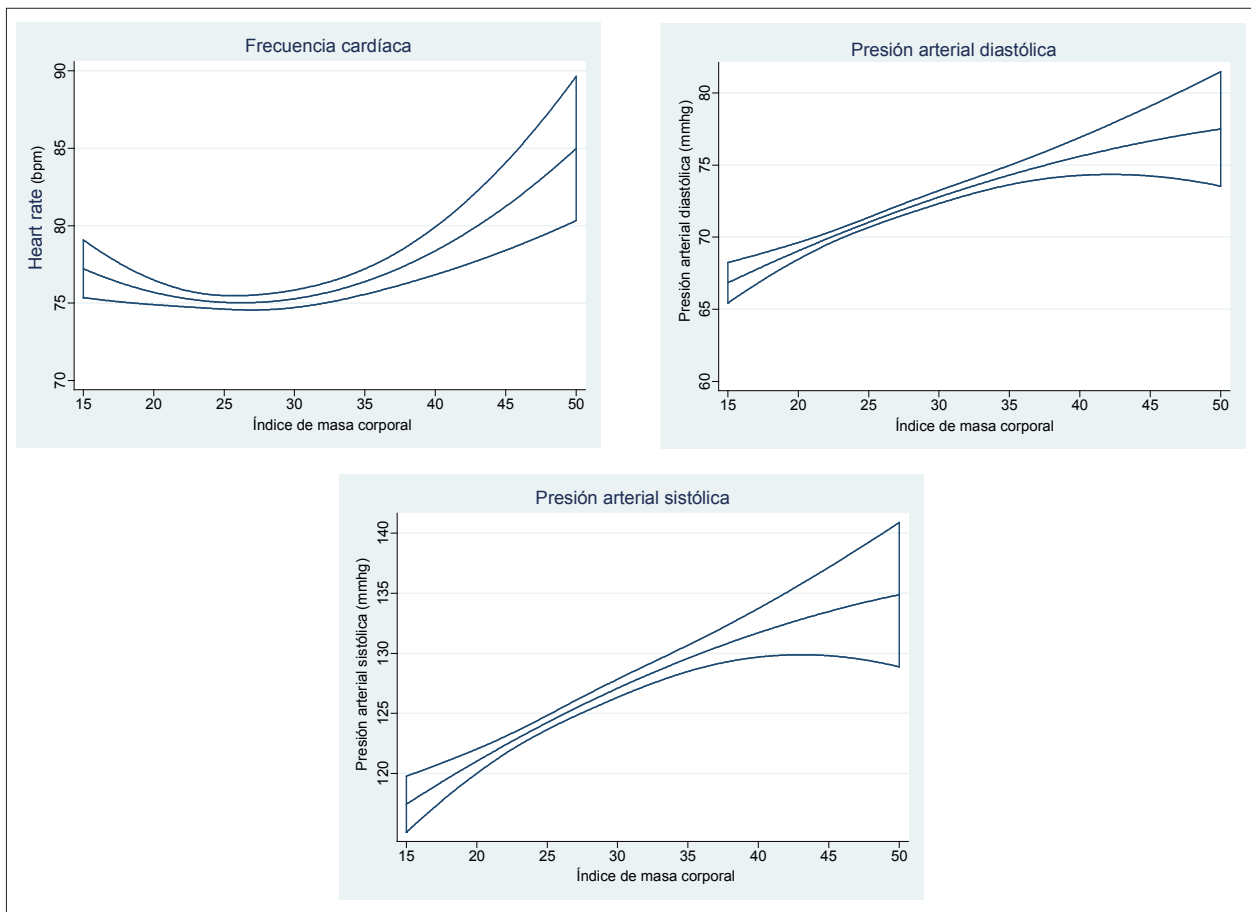


Figura 2 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal sobre los signos vitales.

un aumento progresivo del índice de masa ventricular entre 30 y 35 kg/m² de IMC, llegando a un índice de masa ventricular izquierdo máximo de 90 gr/m², a partir del cual disminuye. El ascenso progresivo de 75 a 90 gr/m² tiene una asociación directa estadísticamente significativa con el IMC ($\beta = 5,2$, IC 95% 2,49 a 7,89; $\sigma^2 = 0,0123$).

Para disminuir la interferencia de la obesidad con la estimación de la masa ventricular, se realizó la normalización de la misma por la talla y por talla a la 2.7 potencia, demostrándose también un aumento progresivo de la masa ventricular indexada en la medida que se incrementa la masa corporal, alcanzando un tope máximo de 1,1 y 50 gr/m^{2.7} respectivamente, con índice de masa de 36 kg/m². En ambos casos existe asociación directa ($\beta = 0,082$, IC95% 0,053 a 0,111; $\sigma^2 = 0,0220$ para la talla y $\beta = 3,57$, IC 95% 2,22 a 4,92; $\sigma^2 = 0,0190$), para la indexación por talla^{2.7}. Si bien en los dos casos hubo asociación directa, al indexar por la talla^{2.7} se obtiene un mejor coeficiente β (3,57 vs 0,082), revelándose un incremento significativo del índice de masa ventricular por encima de los valores actualmente aceptados como normales (mujeres: 18-44 gr/m^{2.7} y hombres: 20-48 gr/m^{2.7}) en la medida que aumenta el IMC. Esta elevación se

identifica incluso desde el sobrepeso, hallándose una masa ventricular aumentada en pacientes con un IMC de 26 kg/m² (Tabla 4, Figura 6).

Discusión

La obesidad es un importante factor de riesgo para el desarrollo de enfermedad cardiovascular. Luego de dividir la población objeto de estudio de acuerdo al IMC según la clasificación de la OMS, se observó que en la medida que aumentó la masa corporal aumentó significativamente la prevalencia de hipertensión arterial y de diabetes mellitus (Tablas 2 y 3), como se ha descrito previamente en la literatura por Guh et al, quienes en una revisión y metanálisis describieron la incidencia de comorbilidades asociadas con sobrepeso y obesidad¹⁻³.

Pascual et al, en el trabajo denominado efectos de la obesidad sobre la función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo, describieron que los individuos obesos, tienen un aumento del volumen circulante que genera un incremento en el gasto cardíaco que conduce a dilatación ventricular e hipertrofia ventricular izquierda excéntrica. También se ha demostrado infiltración grasa del miocardio

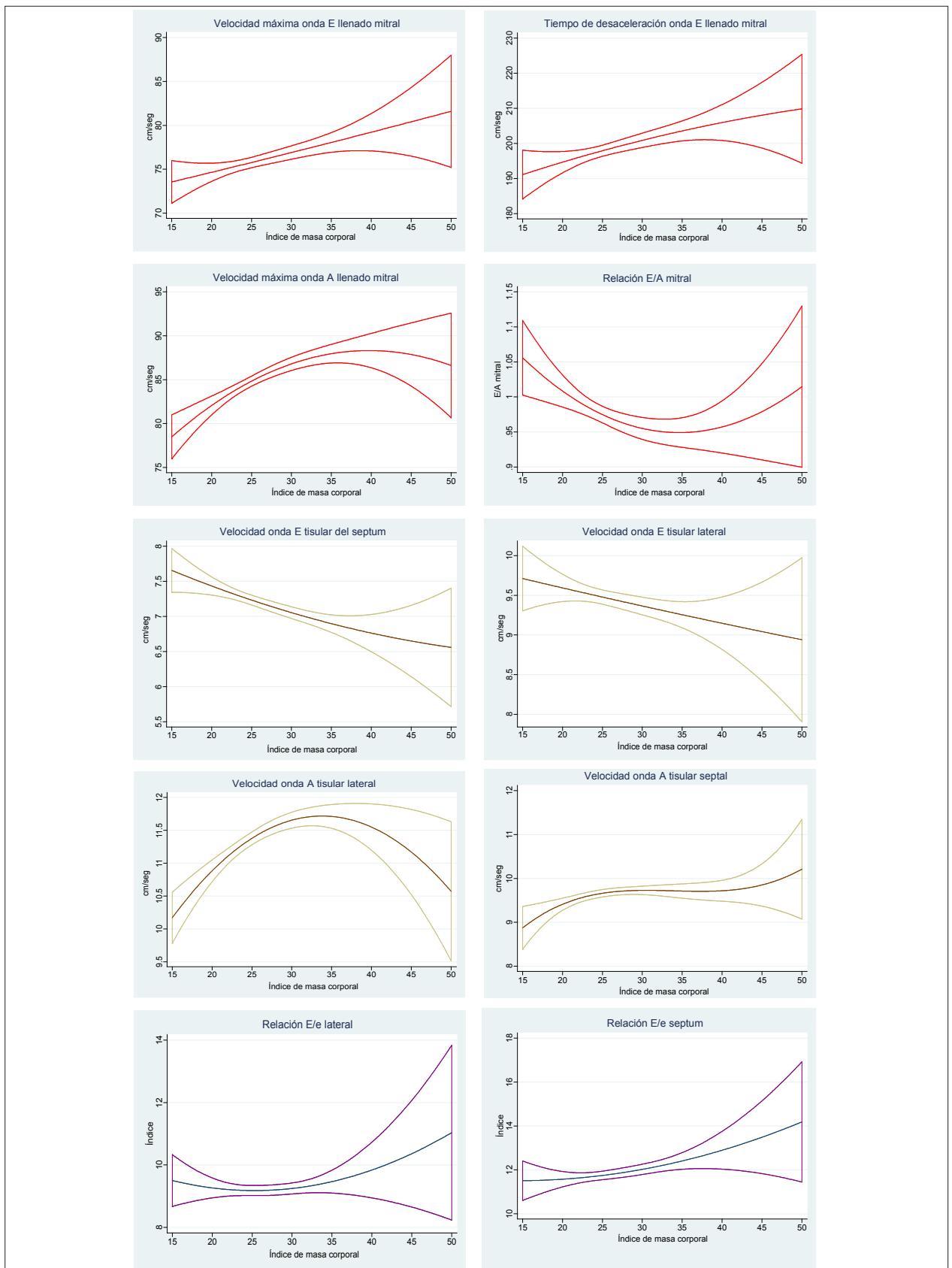


Figura 3 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal sobre los indicadores de función diastólica del ventrículo izquierdo.

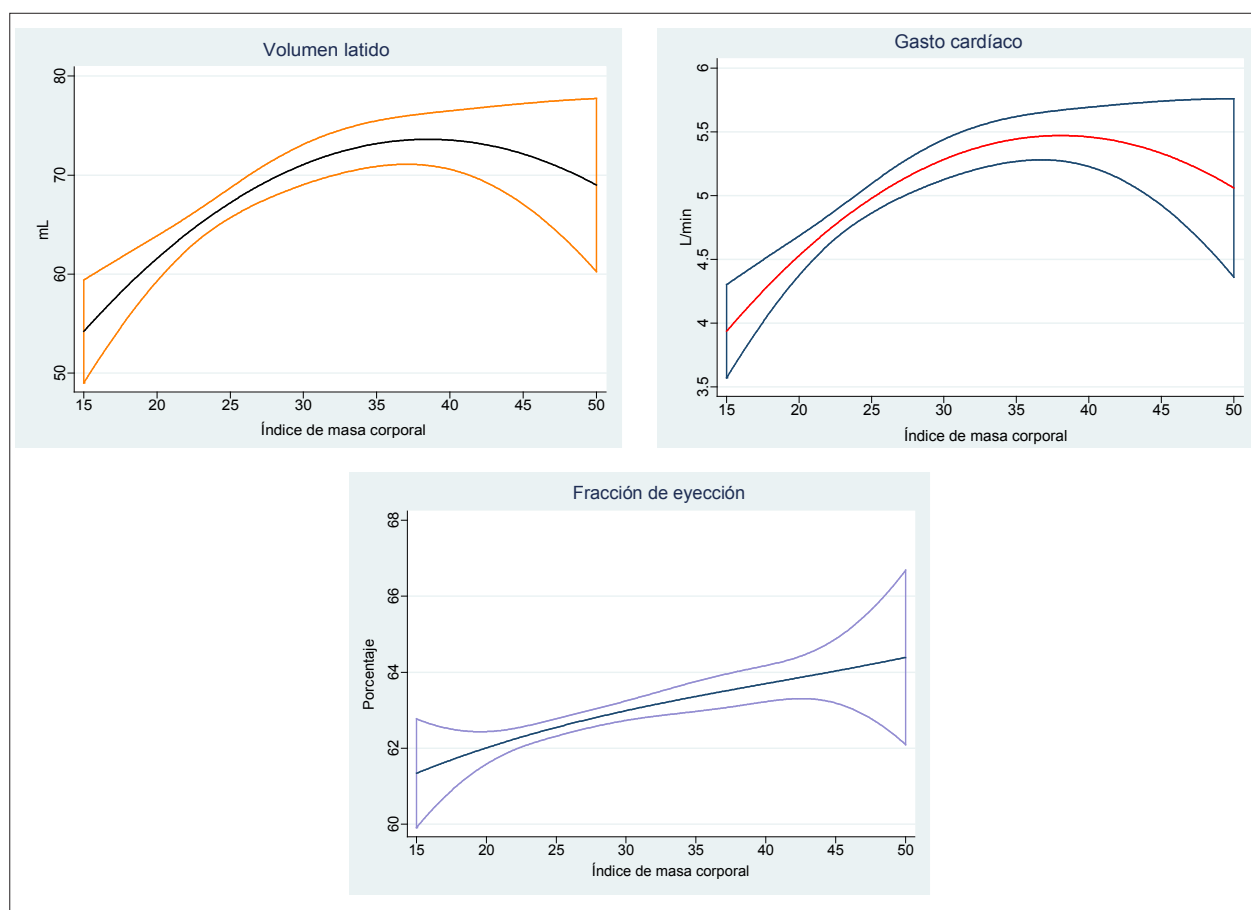


Figura 4 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal en los volúmenes y la función ventricular izquierda.

que repercute no solo en la estructura, sino también en la mecánica ventricular¹¹⁻¹⁴. Este incremento en el volumen circulante, ha sido corroborado en el presente estudio con una asociación directa estadísticamente significativa entre el gasto cardíaco, el volumen latido y el índice de masa corporal, identificándose un tope máximo cuando el índice de masa llega a 35 y 37 kg/m², respectivamente.

La función sistólica del ventrículo izquierdo no varió en relación con la masa corporal, la fracción de eyección permaneció dentro de límites normales en todos los grupos, hallazgos similares a los descritos en otros trabajos en los que no se describieron variaciones significativas en la fracción de eyección de los pacientes obesos^{11, 15}.

En el estudio impacto del índice de masa corporal sobre la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, Cil et al, describen una onda E significativamente menor en los grupos con IMC > 25 kg/m², mientras que las ondas septal A y septal A' fueron significativamente mayores en estos grupos. Igualmente la relación E/e' fue significativamente mayor en los grupos de pacientes con sobrepeso y obesidad que en aquellos con IMC < de 25 kg/m²¹⁶. En cuanto a la función diastólica en el presente estudio se apreció una asociación inversa entre la relación E/A y el IMC ($\beta = -0,019$, IC 95% -0,035 a -0,004;

$\sigma^2 = 0,2974$), disminución discreta pero estadísticamente significativa de 1,05 a 0,95 y también asociación inversa entre la velocidad máxima e lateral del Doppler tisular y el incremento en el IMC ($\beta = -0,025$, IC 95% -0,152 a -0,102; $\sigma^2 = 0,4232$), demostrándose disfunción diastólica predominantemente de tipo trastorno de relajación en la medida que se incrementa la masa corporal. Estos hallazgos corroboran lo descrito en la literatura donde el incremento IMC es predictor de disfunción diastólica ventricular izquierda, independiente de la edad, hipertensión y diabetes mellitus^{11, 16, 17}. No se demostró asociación entre IMC e incremento de la relación E/e' lateral, ni la E/e' septal, que pudiera estar asociada con incremento en las presiones de llenado en el paciente con sobrepeso u obeso.

En concordancia con el estudio titulado remodelado cardíaco y obesidad de Ashrafian et al⁷, se demostró aumento discreto pero significativo del área, y del volumen indexado de la aurícula izquierda en la medida que aumentó la masa corporal. Las variables para la evaluación de la función sistólica y diastólica del ventrículo derecho no mostraron cambios relevantes relacionados con el índice de masa corporal, resultados coherentes con la literatura, en la que se describe que la función del ventrículo derecho no se ve afectada con el sobrepeso, ni la obesidad^{12,18}.

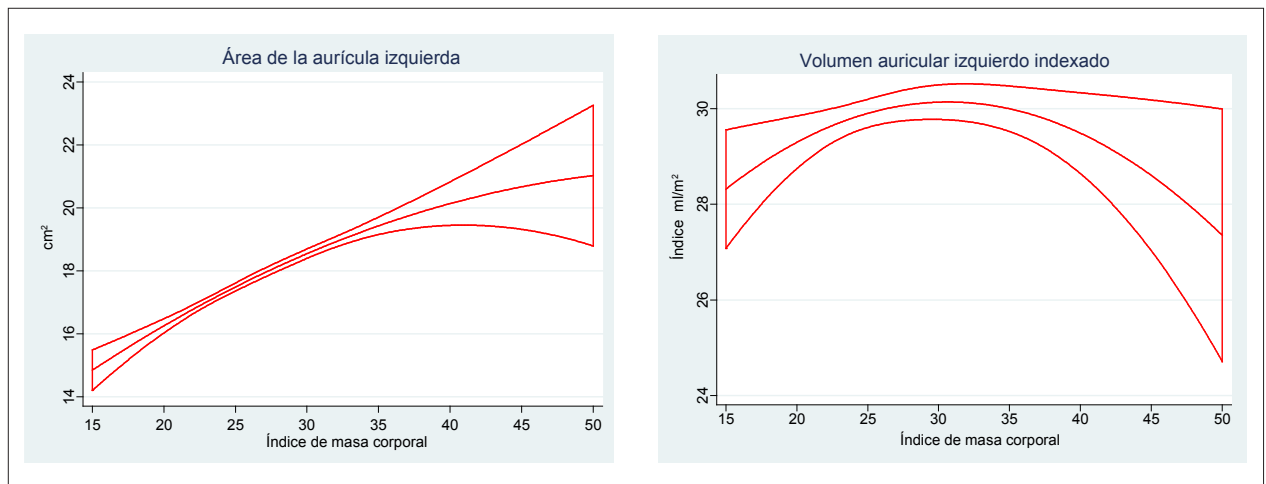


Figura 5 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal en el área y volumen auricular izquierdo indexado.

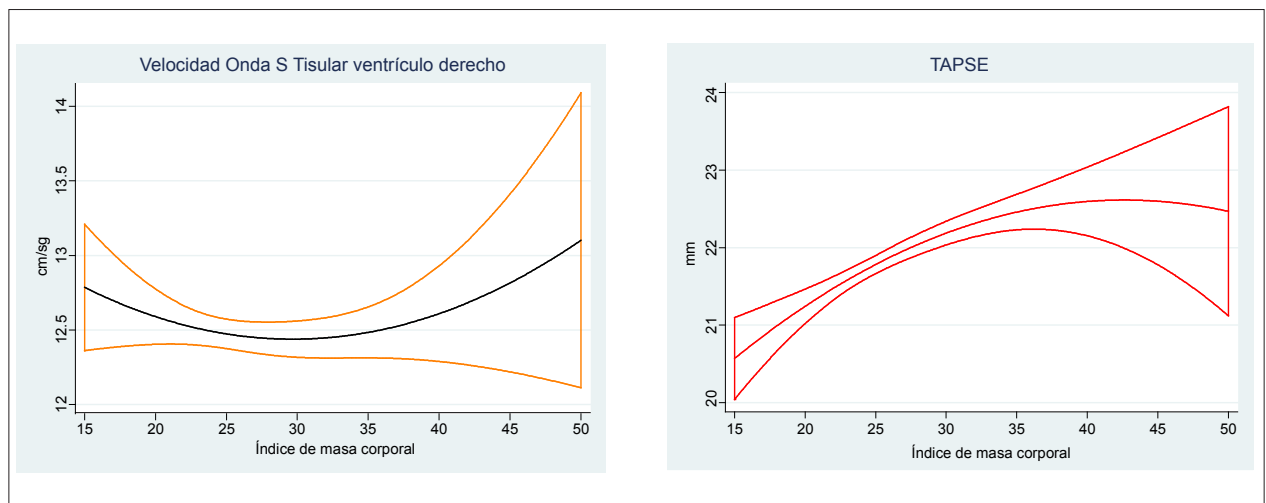


Figura 6 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal en los indicadores de función sistólica ventricular derecha.

En un estudio de Movahed et al¹⁹ sobre obesidad en adolescentes se evaluó la asociación entre obesidad, hipertensión arterial e hipertrofia ventricular izquierda. Un total de 2072 sujetos fueron valorados por la presencia de hipertrofia ventricular izquierda e hipertensión arterial (definida como una presión arterial sistólica > 140 mmHg y una presión arterial diastólica > 90 mmHg) y obesidad como IMC > 30 kg/m². Utilizando un análisis multivariado ajustado por la edad, género y presión arterial, la obesidad permanece fuertemente asociada con hipertrofia ventricular izquierda (OR 4,51, IC 95% 2,83 a 7,19, p < 0.001).

En el presente estudio se ingresaron 5.898 registros y se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple en el que los datos crudos de IMC se correlacionaron con la masa miocárdica y la masa miocárdica indexada por el área de superficie corporal, encontrándose una asociación directa estadísticamente significativa entre el sobrepeso (IMC 25–29,9 kg/m²), la obesidad (IMC > 30 kg/m²) e

incremento en la masa del ventrículo izquierdo ($\beta = 13,41$, IC 95% 8,74 a 18,08). Cuando la masa fue indexada la asociación directa persistió, aunque con coeficiente β menor ($\beta = 5,2$). En las variables anteriores el incremento de la masa miocárdica no alcanzó valores correlacionables con hipertrofia ventricular izquierda, fenómeno que se acentúa cuando la masa es ajustada por área de superficie corporal. Se observa adicionalmente que una vez se alcanza un IMC ≥ 35 kg/m², la masa miocárdica y el índice de masa miocárdica disminuyen proporcionalmente. Esto podría indicar que en pacientes con IMC ≥ 35 kg/m², al indexar la masa miocárdica por el área de superficie corporal se subestima el verdadero efecto de la obesidad (principalmente los grados II y III) sobre la masa miocárdica y la geometría ventricular. De Simone et al⁸ demostraron que la normalización de la masa ventricular izquierda por el área de superficie corporal y por la longitud introduce artefactos relacionados con la indexación de la masa ventricular al

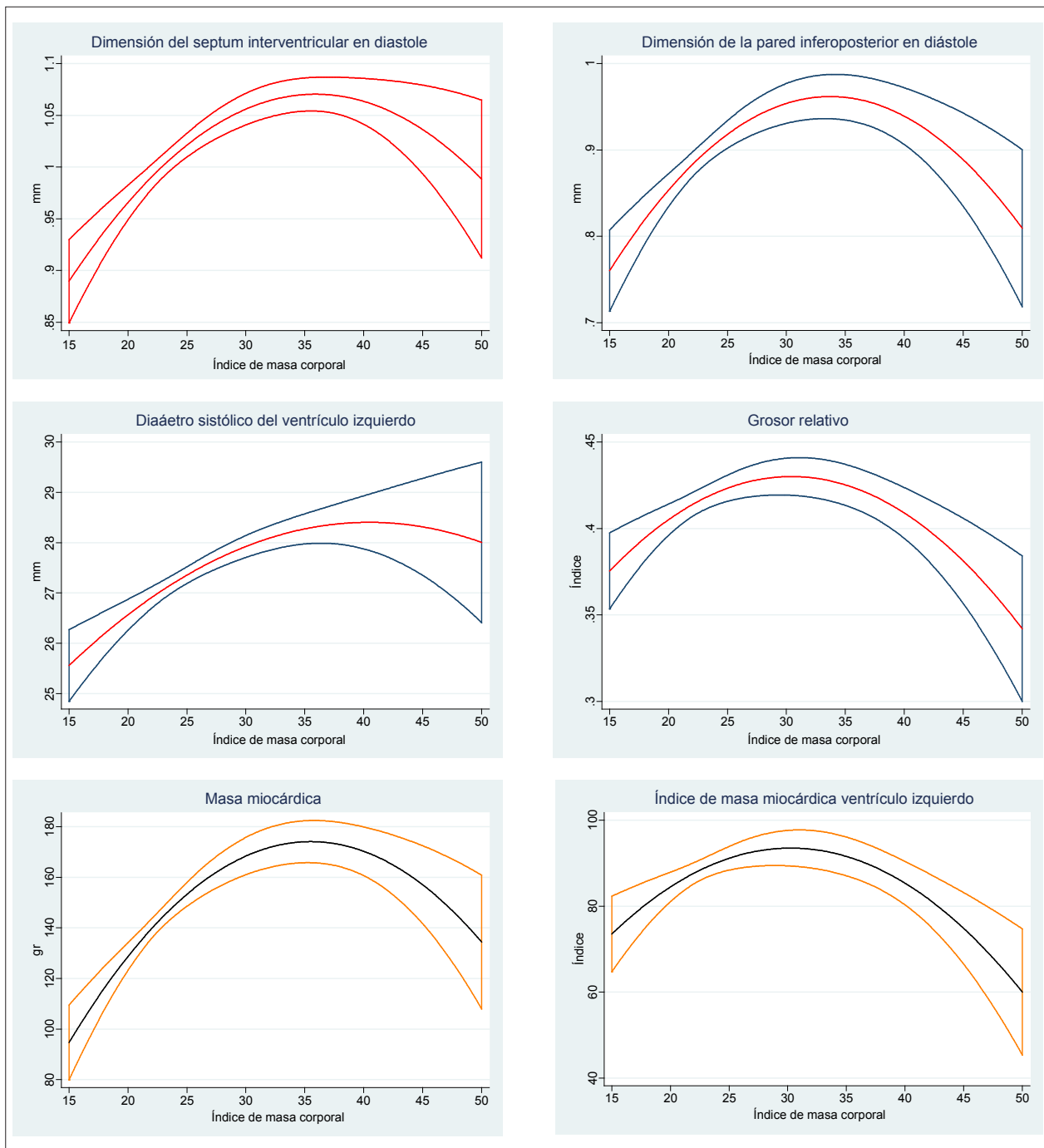


Figura 7 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal en la masa miocárdica y las dimensiones del ventrículo izquierdo.

tamaño corporal y errores en la estimación del impacto del sobrepeso. A partir de este análisis se decidió indexar la masa miocárdica a la talla y a la talla^{2,7}. En ambos casos se demostró una asociación directa entre el incremento de la masa miocárdica y el de la masa corporal; sin embargo al indexar la masa ventricular por la talla^{2,7} se obtuvo una asociación más fuerte (β 3.57 vs 0.082), revelándose un incremento significativo del índice de masa ventricular izquierda por

encima de los valores normales actualmente aceptados⁹, en la misma medida que aumenta el índice de masa corporal, existiendo una asociación directa estadísticamente significativa entre obesidad e hipertrofia ventricular izquierda, una vez eliminada la interferencia generada al indexar por el tamaño corporal (figura 8). Igualmente, se identificó que la masa miocárdica se ve afectada por la masa corporal desde valores tempranos de sobrepeso con IMC de 27 kg/m²,

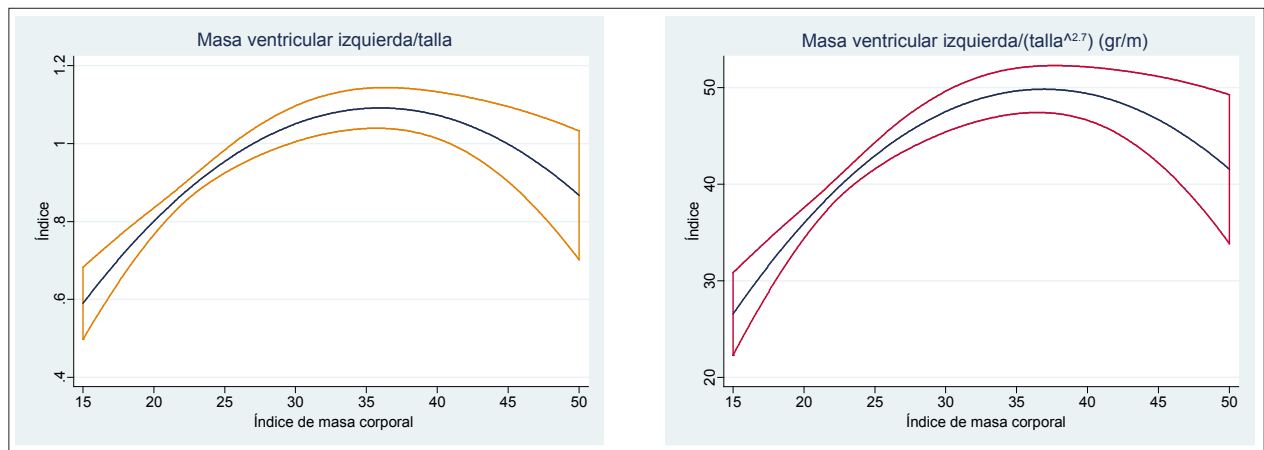


Figura 8 – Regresión múltiple e intervalo de confianza del 95% del efecto del índice de masa corporal en la masa miocárdica normalizada por la talla y por la talla elevada a la 2.7 potencia.

encontrándose valores máximos de masa miocárdica con un índice de masa corporal de 35 kg/m².

El grosor parietal relativo también mantiene una asociación directa con el incremento de la masa corporal, aumentándose de 0,37 a 0,42, valor que se alcanza con un IMC de 26 kg/m² y se eleva a 0,43 cuando la masa corporal llega a un índice de 30 kg/m², con una posterior disminución a 0,34, en la medida que continua su aumento. Teniendo en cuenta que existe una asociación entre sobrepeso, obesidad e hipertrofia ventricular izquierda, este incremento del grosor relativo de pared podría explicar un incremento concéntrico inicial de la masa miocárdica en el paciente con sobrepeso, pero en la medida que el sobrepeso se convierte en obesidad la hipertrofia inicialmente concéntrica, se torna excéntrica (Figuras 7 y 8). Rider et al.²⁰ mostraron por su parte en un estudio con 88 individuos de sexo femenino, no diabéticos ni hipertensos, que un sutil incremento en el IMC de normal a sobrepeso resulta en hipertrofia miocárdica excéntrica sin los esperados cambios dependientes de volumen que llevan a dilatación miocárdica. El mismo autor sugiere que los cambios hipertróficos tempranos son secundarios a hiperleptinemia y la subsecuente dilatación ventricular izquierda vista en la obesidad mórbida es inducida probablemente por hipervolemia. Esto concuerda con la asociación directa aquí descrita, del incremento de la masa corporal con el aumento del volumen latido y el gasto cardíaco y la disminución del grosor relativo de pared y del índice de masa miocárdica en la medida que el IMC se hace ≥ 34 y 38 kg/m², respectivamente. Estos hallazgos no discrepan con los resultados de Palmieri y De Simone en el estudio de la relación de varios grados de índice de masa corporal en pacientes hipertensos, con masa ventricular izquierda, gasto cardíaco y resistencia periférica²¹.

Este estudio estableció el coeficiente de correlación múltiple para cada uno de los modelos, demostrando que si bien el sobrepeso y la obesidad son factores que determinan un incremento significativo en la masa miocárdica, existiendo una asociación directa estadísticamente significativa,

no son los únicos factores que la afectan. La covariable sexo masculino también demostró una asociación directa con el incremento de la masa miocárdica y comorbilidades como hipertensión arterial tanto sistólica como diastólica y diabetes mellitus fueron más prevalentes en la población en sobrepeso y obesa, las cuales en estudios previos han sido relacionadas de forma significativa e independiente con hipertrofia ventricular izquierda²²⁻²⁴.

Conclusiones

El presente estudio demostró una asociación directa significativa entre el incremento del IMC e incremento de la masa miocárdica. Al indexar la masa miocárdica por la talla^{2,7}, se evitan los artefactos relacionados con la normalización por el tamaño corporal (ASC) en los que se subestima el impacto del aumento de la masa corporal sobre la geometría ventricular, evidenciándose una relación directa entre el sobrepeso y la obesidad con hipertrofia ventricular izquierda, de tal manera que se recomienda indexar la masa ventricular por la talla^{2,7}, principalmente en pacientes con obesidad grado II y III. Teniendo en cuenta el comportamiento del grosor parietal relativo y el de la masa miocárdica se confirmó que la hipertrofia ventricular izquierda aparece desde el sobrepeso, inicialmente concéntrica y en la medida que aumenta la masa corporal se hace excéntrica. También se corrobora lo descrito por otros autores, al demostrarse un aumento significativo del gasto cardíaco y del volumen latido al incrementarse la masa corporal, resultado del aumento del volumen circulante en el obeso.

Hubo una asociación inversa entre el incremento de la masa corporal y la relación E/A de llenado mitral, con una disminución estadísticamente significativa de la velocidad máxima e' lateral del Doppler tisular, en la medida que aumenta el IMC, demostrándose disfunción diastólica tipo trastorno de relajación en el individuo con sobrepeso y obeso. No hubo elevación de la relación E/e que supusiera aumento en las presiones de llenado.

Las medidas de función sistólica ventricular derecha, velocidad S tisular del anillo tricuspídeo y la excursión sistólica del anillo tricuspídeo (TAPSE), no demostraron cambios significativos entre los diferentes grupos de IMC estudiados.

Igualmente se demostró aumento discreto pero significativo del área y del volumen indexado de la aurícula izquierda en la medida que aumenta la masa corporal.

Este estudio ratifica en gran medida lo que previamente se ha descrito en la literatura y aporta nuevo conocimiento útil para la comprensión del efecto que tienen el sobrepeso y la obesidad sobre la estructura y función cardíaca. Si bien existen limitaciones metodológicas propias de los estudios llevados a cabo con base en registros, el tamaño importante de muestra analizado y los hallazgos significativos demuestran su relevancia.

Contribución de los autores

Concepción y diseño de la investigación: Silva FC, Rubio LCS, Molina GR, Anaya MLB, Díaz-Martínez LA, Torres JLL, Perilla KE; Obtención de datos: Rubio LCS, Molina GR, Anaya MLB, Díaz-Martínez LA, Torres JLL, Perilla KE;

Análisis e interpretación de los datos: Rubio LCS, Molina GR, Anaya MLB, Díaz-Martínez LA, Torres JLL, Perilla KE; Análisis estadístico: Silva FC, Rubio LCS, Molina GR, Anaya MLB, Díaz-Martínez LA, Torres JLL, Perilla KE; Redacción del manuscrito: Rubio LCS, Molina GR, Anaya MLB, Díaz-Martínez LA, Torres JLL, Perilla KE; Revisión crítica del manuscrito respecto al contenido intelectual importante: Rubio LCS, Molina GR, Anaya MLB, Díaz-Martínez LA, Torres JLL, Perilla KE.

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

No hay vinculación de este estudio a programas de postgrado.

Referencias

1. Guh DP, Zhang W, Bansback N, Amarsi Z, Birmingham CL, Anis AH. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*. 2009; 9:88.
2. Kenchaiah S, Evans JC, Levy D, Wilson PW, Benjamin EJ, Larson MG, et al. Obesity and the risk of heart failure. *N Engl J Med*. 2002; 347(5):305-13.
3. Finnuccane MM, Stevens GA, Cowan MJ, Danaei G, Lin JK, Paciorek CJ, et al. National, regional, and global trends in body-mass index since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 960 country-years and 9.1 million participants. *Lancet*. 2011; 377(9765):557-67.
4. Wong CY, O'Moore-Sullivan T, Leano R, Byrne N, Beller E, Marwick TH. Alterations of left ventricular myocardial characteristics associated with obesity. *Circulation*. 2004; 110(19):3081-7.
5. Alpert MA. Obesity cardiomyopathy: pathophysiology and evolution of the clinical syndrome. *Am J Med Sci*. 2001; 321(4):225-36.
6. De Castro S, Caselli S, Maron M, Pelliccia A, Cavarretta E, Maddukuri P, et al. Left ventricular remodelling index (LVRI) in various pathophysiological conditions: a real-time three-dimensional echocardiographic study. *Heart*. 2007; 93(2):205-9.
7. Ashrafian H, Athanasiou T, Le Roux CW. Heart remodelling and obesity: the complexities and variation of cardiac geometry. *Heart*. 2011; 97(3):171-2.
8. 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.
9. 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, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005; 18(12):1440-63.
10. Rabe-Hesketh S, Skrondal A. *Multinivel and longitudinal modeling using Stata*. 3rd ed. Texas (USA):Stata Press;2012.
11. Pascual M, Pascual DA, Soria F, Vicente T, Hernández AM, Tébar FJ, et al. Effects of isolated obesity on systolic and diastolic left ventricular function. *Heart*. 2003; 89(10):1152-6.
12. Yildirimturk O, Tayyareci Y, Aytakin S. The impact of body mass index on right ventricular systolic functions in normal and mildly obese healthy patients: a velocity vector imaging study. *Echocardiography*. 2011; 28(7):746-52.
13. Kardassis D, Bech-Hansen O, Schönander M, Sjöström L, Karason K. The influence of body composition, fat distribution and sustained weight loss on left ventricular mass and geometry in obesity. *Obesity*. 2012; 20(3):605-11.
14. Rao SC, Kusnetzky LL, Lan X, Main ML. Temporal obesity trends in patients undergoing transthoracic echocardiography 2002–2006. *Am J Cardiol*. 2009; 103(5):688-9.
15. Movahed MR, Saito YS. Lack of association between obesity and left ventricular systolic dysfunction. *Echocardiography*. 2009; 26(2):128-32.
16. Cil H, Bulur S, Türker Y, Kaya A, Alemdar R, Karabacak A, et al. Impact of body mass index on left ventricular diastolic dysfunction. *Echocardiography*. 2012; 29(6):647-51.
17. Iglesias I, Rodríguez MA, Delgado S, Garrote Coloma C, Sastre Ibarretxe M, Corral Fernández F. Doppler tisular del anillo mitral en pacientes con disfunción sistólica ventricular izquierda. Análisis de la función diastólica. *Rev Esp Cardiol*. 2000; 53(9):1195-200.

18. Her C, Cerabona T, Bairamian M, McGoldrick KE. Right ventricular systolic function is not depressed in morbid obesity. *Obesity Surg.* 2006;16(10):1287-93.
19. Movahed MR, Bates S, Strootman D, Sattur S. Obesity in adolescence is associated with left ventricular hypertrophy and hypertension. *Echocardiography.* 2011;28(2):150-3.
20. Rider OJ, Petersen SE, Francis JM, Ali MK, Hudomith LE, Robinson MR, et al. Ventricular hypertrophy and cavity dilatation in relation to body mass index in females with uncomplicated obesity. *Heart.* 2011;97(3):203-8.
21. Palmieri V, de Simone G, Arnett DK, Bella JN, Kitzman DW, Oberman A, et al. Relation of various degrees of body mass index in patients with systemic hypertension to left ventricular mass, cardiac output, and peripheral resistance (The Hypertension Genetic Epidemiology Network Study). *Am J Cardiol.* 2001; 88(10):1163-8.
22. Turkbey EB, McClelland RL, Kronmal RA, Burke GL, Bild DE, Tracy RP, et al. The impact of obesity on the left ventricle: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *JACC Cardiovasc Imaging.* 2010; 3(3):266-74.
23. Saltijeral A, Isla LP, Pérez-Rodríguez O, Rueda S, Fernandez-Golfín C, Almeria C, et al. Early myocardial deformation changes associated to isolated obesity: a study based on 3D-wall motion tracking analysis. *Obesity.* 2011; 19(11):2268-73.
24. 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 Esp Cardiol.* 2012; 65(1):14-21.