

# Evaluación ecocardiográfica de los diámetros e índice de colapsabilidad de la vena cava inferior en niños sanos

Miguel Corres-Molina<sup>1</sup> , José L. Rodríguez-Cuevas<sup>2</sup>, Héctor R. Cardoso-Enciso<sup>3</sup>,  
Gabriel E. Mejía-Terrazas<sup>4</sup> , Eunice López-Muñoz<sup>5</sup> 

## RESUMEN

**Introducción.** La medición ecocardiográfica de los diámetros e índice de colapsabilidad de la vena cava inferior (ICVCI) puede estimar la función de las cavidades cardíacas derechas y el estado del volumen intravascular. Existen pocos reportes de valores de referencia para los diámetros y el ICVCI en población pediátrica. El objetivo de este estudio exploratorio fue conocer el comportamiento de los diámetros y el ICVCI en función de la superficie corporal (SC) en niños sanos, para que en el futuro se puedan establecer posibles valores de referencia.

**Población y métodos.** Se incluyeron 99 niños mexicanos de 12 a 204 meses de edad. Se realizó antropometría y ecocardiografía transtorácica en modo M para evaluar el diámetro máximo en espiración (MAXDE) y el diámetro mínimo en inspiración (MINDI). El ICVCI se calculó con la fórmula  $(MAXDE - MINDI) / MAXDE \times 100$ .

**Resultados.** Se realizó un modelo de regresión lineal para calcular los valores predichos (media  $\pm$  2 desviaciones estándar del MAXDE y del MINDI expresados por SC). El valor predicho del ICVCI para cada valor representativo de la SC se calculó a partir de los valores del MAXDE y del MINDI predichos por el modelo.

**Conclusiones.** Se encontraron variaciones en los valores de los diámetros y ICVCI con respecto a los estudios realizados en otros grupos pediátricos. Esto indica la importancia de tener valores de referencia específicos para cada población y abre la puerta a generar más investigaciones en niños sanos e incluso con trastornos cardíacos.

**Palabras clave:** ecocardiografía; vena cava inferior; respiración; valores de referencia; niño.

doi (español): <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2024-10384>

doi (inglés): <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2024-10384.eng>

**Cómo citar:** Corres-Molina M, Rodríguez-Cuevas JL, Cardoso-Enciso HR, Mejía-Terrazas GE, López-Muñoz E. Evaluación ecocardiográfica de los diámetros e índice de colapsabilidad de la vena cava inferior en niños sanos. *Arch Argent Pediatr.* 2025;e202410384. Primero en Internet 23-ENE-2025

<sup>1</sup> Departamento de Investigación, Centro Médico Naval, Ciudad de México, México; <sup>2</sup> Departamento de Cardiología Intervencionista Pediátrica, Centro Médico Naval, Ciudad de México, México; <sup>3</sup> Departamento de Pediatría, Centro Médico Naval, Ciudad de México, México; <sup>4</sup> Departamento de Anestesiología, Hospital Ángeles Metropolitano, Ciudad de México, México; <sup>5</sup> Unidad de Investigación Médica en Medicina Reproductiva, Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Gineco Obstetricia N.º 4, Luis Castelazo Ayala, Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México, México.

**Correspondencia para Eunice López-Muñoz:** [astridkaryme2001@yahoo.com.mx](mailto:astridkaryme2001@yahoo.com.mx)

**Financiamiento:** Ninguno.

**Conflicto de intereses:** Ninguno que declarar.

**Recibido:** 25-3-2024

**Aceptado:** 19-11-2024



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional. Atribución — Permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra. A cambio se debe reconocer y citar al autor original. No Comercial — Esta obra no puede ser utilizada con finalidades comerciales, a menos que se obtenga el permiso. Sin Obra Derivada — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no puede difundir el material modificado.

## INTRODUCCIÓN

La ecocardiografía transtorácica es un método no invasivo que proporciona información sobre la anatomía, hemodinámica y fisiología del corazón, válvulas cardíacas y grandes vasos.<sup>1-3</sup> Tiene un papel fundamental en la detección de cambios de presión o flujos vasculares, por lo que se considera como un excelente método para evaluar cavidades cardíacas y estructuras vasculares derechas, incluida la vena cava inferior (VCI).<sup>4,5</sup>

La VCI es una estructura vascular cuyo diámetro y dinámica son sensibles a los cambios de presión y de volumen. Su colapso depende de la presión dentro de su luz, del aumento de la presión intraabdominal, o de una combinación de ambos. Durante la inspiración en la ventilación espontánea, hay incremento de la presión intratorácica negativa, aumento del flujo sanguíneo a la aurícula derecha y disminución de la presión en la VCI con colapso transitorio y reducción de su diámetro, mientras que durante la espiración ocurre lo contrario.<sup>6</sup> La evaluación de su diámetro y su respuesta ventilatoria reflejan la hemodinámica de las cavidades cardíacas derechas y el volumen sanguíneo central, lo que permite la estimación indirecta de la presión venosa central (PVC) o de la presión auricular derecha (PAD).<sup>6-10</sup>

Los índices de respuesta ventilatoria más utilizados de la VCI son el índice de colapso inspiratorio o índice de colapsabilidad de la VCI [ICVCI = diámetro máximo en espiración (MAXDE) - diámetro mínimo en inspiración (MINDI) / MAXDE × 100] en pacientes con ventilación espontánea<sup>6-8,11</sup> y el índice de distensibilidad de la VCI [IDVCI = diámetro máximo en inspiración (MAXDI) - diámetro mínimo en espiración (MINDE) / MAXDI × 100] en pacientes con ventilación mecánica.<sup>12-15</sup>

El ICVCI e IDVCI, tanto estáticos como durante la contractilidad,<sup>16</sup> pueden utilizarse en lugar de la PVC y PAD para estimar la función de las cámaras cardíacas derechas y el estado del volumen intravascular,<sup>17</sup> así como para guiar la fluidoterapia.<sup>10,12,18,19</sup>

La utilidad de evaluar la VCI en niños no ha sido plenamente demostrada. Algunos estudios han reportado correlación significativa del ICVCI con la PVC en niños con monitorización hemodinámica en unidades de cuidados intensivos (incluidos recién nacidos),<sup>18,20</sup> con enfermedad cardiovascular,<sup>21</sup> en choque<sup>22</sup> y en el perioperatorio de cirugía cardíaca.<sup>23</sup> Además,

se ha demostrado reducción del diámetro de la VCI en niños con deshidratación<sup>24</sup> y aumento de este al realizar la reposición de líquidos por vía intravenosa.<sup>22,24</sup> Sin embargo, los valores de referencia reportados en niños son escasos y heterogéneos, lo cual limita considerablemente su uso clínico.

Ante el potencial que podrían tener las mediciones ecocardiográficas de la VCI para evaluar el estado del volumen intravascular e indirectamente la PAD y la PVC, este estudio exploratorio tuvo como objetivo conocer el comportamiento de los diámetros y el ICVCI en función de la superficie corporal (SC) en niños sanos, para que en el futuro se puedan establecer posibles valores de referencia.

## POBLACIÓN Y MÉTODOS

### Selección de pacientes

Estudio exploratorio de tipo observacional, descriptivo y prospectivo aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Centro Médico Naval de la Secretaría de Marina, Ciudad de México, México (Número de registro 016/2019). Los procedimientos se realizaron de acuerdo con la Declaración de Helsinki y estándares éticos nacionales e internacionales para investigaciones en seres humanos. Los padres de los participantes dieron su consentimiento informado por escrito y, cuando correspondía, los menores dieron su asentimiento.

Se incluyeron niños sanos entre 12 y 204 meses (17 años) que asistieron a control de crecimiento y desarrollo en la Clínica Pediátrica del Centro Médico Naval, Ciudad de México, entre el 1 de enero de 2019 y el 31 diciembre de 2020. A todos los participantes se les realizó historia clínica, antropometría y ecocardiografía transtorácica.

Se registró el sexo, edad, peso, talla y superficie corporal (SC) según la fórmula de Haycock.<sup>25,26</sup> En mayores de 2 años, se calculó el índice de masa corporal (IMC) dividiendo los kilogramos de peso por el cuadrado de la altura en metros.<sup>27</sup> Los valores antropométricos estuvieron dentro de los percentiles 3 a 97 para su edad según las tablas de crecimiento de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC)<sup>27</sup> y la Organización Mundial de la Salud (OMS).<sup>28</sup>

Se excluyeron los individuos cuya antropometría se encontró fuera de los percentiles de normalidad para su edad, con signos clínicos de deshidratación y/o antecedentes de

enfermedad pulmonar y/o cardíaca (congénita o adquirida), que fueron detectados con anomalías cardíacas o que por llanto incontenible no concluyeron la evaluación ecocardiográfica.

### Evaluación ecocardiográfica

Fue realizada por un cardiólogo pediatra. Se utilizó ultrasonido Phillips EPIQ 5 con transductor S12-4 (12-4 MHz; 9,78 mm de apertura) para los menores de 2 años y transductor S8-3 (8-3 MHz; 1,4 mm de apertura) para los mayores de 2 años. La ecocardiografía se realizó en presencia y con ayuda de los padres, con el paciente en decúbito supino lateral izquierdo, ventanas ecocardiográficas transtorácica y subcostal convencionales e identificando las variaciones del ciclo respiratorio sin estrés ni llanto.

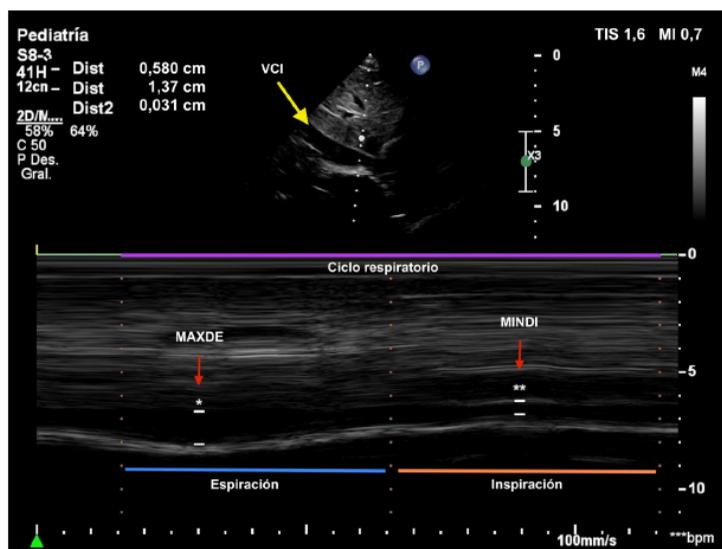
Se identificó el tipo y modo de conexión auriculoventricular y ventrículo-arterial, corroborando la ausencia de malformaciones cardíacas. Se verificó la integridad de los septos interauricular e interventricular, descartando cortocircuitos. La fracción de eyección del ventrículo izquierdo, el acortamiento fraccional y la presión sistólica del ventrículo derecho se determinaron mediante el gradiente de regurgitación tricúspidea para confirmar una función cardíaca adecuada. Para la evaluación de la VCI, se identificó el *situs* abdominal con un plano axial subcostal en modo bidimensional y se giró el transductor 90° para obtener el eje mayor

de la unión de la VCI con la aurícula derecha. Una vez identificada la pared anterior y posterior de la VCI por encima de la unión de las venas suprahepáticas, se aplicó el modo M, obteniendo mediciones en inspiración y espiración durante el mismo ciclo respiratorio (*Figura 1*).<sup>25,29</sup> Se calculó el ICVCI con la fórmula previamente descrita.<sup>6-8,11</sup>

### Análisis estadístico

Se realizó muestreo de casos consecutivos, con tamaño de muestra por período de estudio. Las variables cualitativas se presentan como frecuencias relativas. Las variables cuantitativas se presentan como media y desviación estándar (DE) cuando su distribución fue aproximada a la normal (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y como mediana, mínimo y máximo cuando no fue aproximada a la normal. Se realizó correlación de Spearman de la edad, peso, talla, IMC y SC con el MAXDE, MINDI e ICVCI. Se realizó análisis de regresión lineal para examinar la relación entre las variables clínicas y ecocardiográficas. Se seleccionó el modelo con el mayor R<sup>2</sup>, dependencia lineal estadísticamente significativa (estadístico F), normalidad de los residuos estandarizados (estadístico de Shapiro-Wilk [SW]), independencia (estadístico de Durbin-Watson [DW]) y homocedasticidad (análisis de diagrama de dispersión entre residuos estandarizados y los valores estandarizados predichos por el modelo, así como el estadístico

FIGURA 1. Imagen ecográfica de la vena cava inferior (VCI)



En el modo M se muestran el diámetro (mm) máximo en espiración (MAXDE)\* y el diámetro (mm) mínimo en inspiración (MINDI)\*\*.

de Breusch-Pagan [BP]). Se realizó el análisis gráfico de los residuos estandarizados (el 95 % de los valores entre -1,96 y +1,96). Los valores atípicos para excluir del análisis se identificaron visualmente y se confirmaron mediante diagnóstico caso por caso. Las observaciones extremas se eliminaron del análisis final. Se calcularon los valores predichos por el modelo (media  $\pm$  2 DE) del MAXDE y MINDI y el valor esperado del ICVCI mediante la fórmula  $ICVCI = (MAXDE - MINDI / MAXDE) \times 100$ . La puntuación Z se calculó dividiendo los valores residuales por el error estándar del valor residual en el modelo. Se utilizó el programa estadístico IBM SPSS versión 25 y XLSTAT 2021.3.1 para Mac y se consideraron estadísticamente significativos valores de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Se identificaron 150 niños menores de 204 meses; en 16 casos los padres no autorizaron su participación; en 10 las mediciones antropométricas estuvieron fuera de la normalidad y en 25 casos no se concluyó la evaluación ecocardiográfica por llanto incontenible. Por lo tanto, se obtuvieron mediciones antropométricas y ecocardiográficas de 99 niños entre 17 y 199 meses (58/99 mujeres) (Tabla 1).

Se observó una correlación estadísticamente significativa de la SC con MAXDE ( $\rho = 0,808$ ;  $p = 0,001$ ), MINDI ( $\rho = 0,762$ ;  $p = 0,001$ ) e ICVCI ( $\rho = -0,500$ ;  $p = 0,001$ ); de la edad con el MAXDE ( $\rho = 0,804$ ;  $p = 0,001$ ), MINDI ( $\rho = 0,752$ ;  $p = 0,001$ ) y ICVCI ( $\rho = -0,481$ ;

$p = 0,001$ ); y el IMC con el MAXDE ( $\rho = 0,578$ ;  $p = 0,001$ ), MINDI ( $\rho = 0,558$ ;  $p = 0,001$ ) y ICVCI ( $\rho = -0,366$ ;  $p = 0,001$ ).

El MAXDE, MINDI e ICVCI se modelaron utilizando la SC, edad e IMC. Se evaluaron modelos lineales, logarítmicos, exponenciales, cuadráticos y cúbicos para identificar el mejor ajuste. Según los valores de  $R^2$ , el mejor modelo con dependencia lineal estadísticamente significativa, normalidad de los residuos estandarizados, independencia y homocedasticidad fue el de la SC como variable independiente para predecir el valor del MAXDE y MINDI. No se encontraron efectos de confusión significativos del sexo (MAXDE,  $p = 0,64$  y MINDI,  $p = 0,081$ ).

Las ecuaciones de regresión del mejor modelo para predecir el MAXDE ( $R^2 = 0,661$ ;  $F = 183,11$ ;  $p = 0,001$ .  $SW = 0,978$ ;  $p = 0,101$ .  $DW = 2,153$  y  $BP = 3,019$ ;  $p = 0,08$ ) y MINDI ( $R^2 = 0,566$ ;  $F = 122,56$ ;  $p = 0,001$ .  $SW = 0,986$ ;  $p = 0,397$ .  $DW = 2,213$  y  $BP = 0,85$ ;  $p = 0,354$ ) utilizando la SC como variable independiente fueron:

$$1) \text{ MAXDE} = 3,52218303062938 + 7,74442361564213 * SC$$

$$2) \text{ MINDI} = 0,675523715648521 + 4,97313288551856 * SC$$

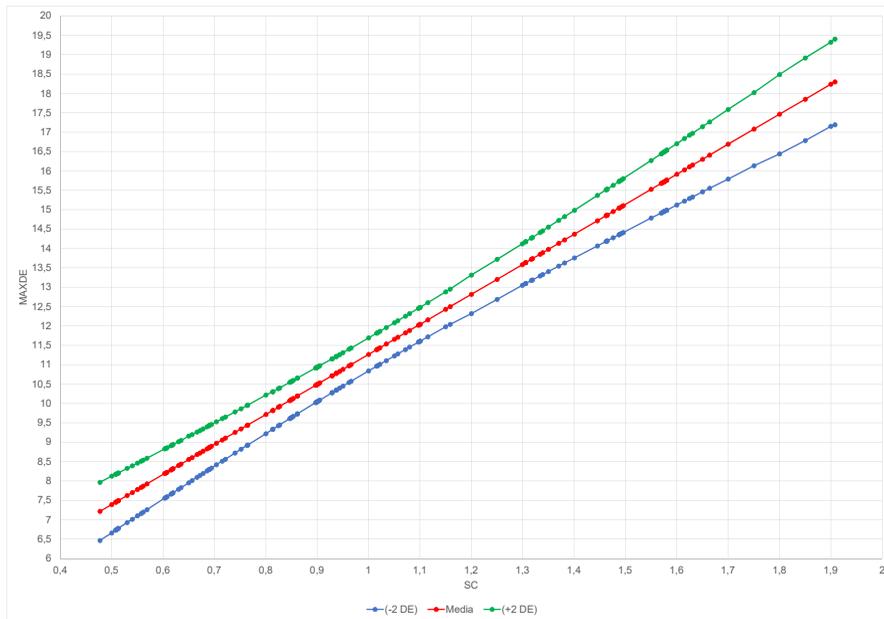
Una vez identificados los modelos con mejor ajuste, se calcularon los valores predichos de la media y  $\pm$  2 DE (Figuras 2 y 3) del MAXDE y MINDI en función de la SC, posteriormente, el valor esperado del ICVCI se calculó con la fórmula descrita anteriormente (Figura 4).

TABLA 1. Variables cuantitativas evaluadas

	Media*/mediana**	DE/min.-máx.
Edad (meses)	100**	17-199
Peso (kg)	24,4**	9,6-75
Talla (m)	1,25**	0,79-1,73
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	16,26**	9,23-25,44
SC (m <sup>2</sup> )	0,93**	0,48-1,91
FEVI (%)	69,5*	$\pm$ 5,1
FA (%)	38,3**	21,1-49,2
GRT (mm de Hg)	19**	10-31
MAXDE (mm)	11,5*	$\pm$ 3,83
MINDI (mm)	5,9*	$\pm$ 2,77
ICVCI (%)	50,6*	$\pm$ 11,99

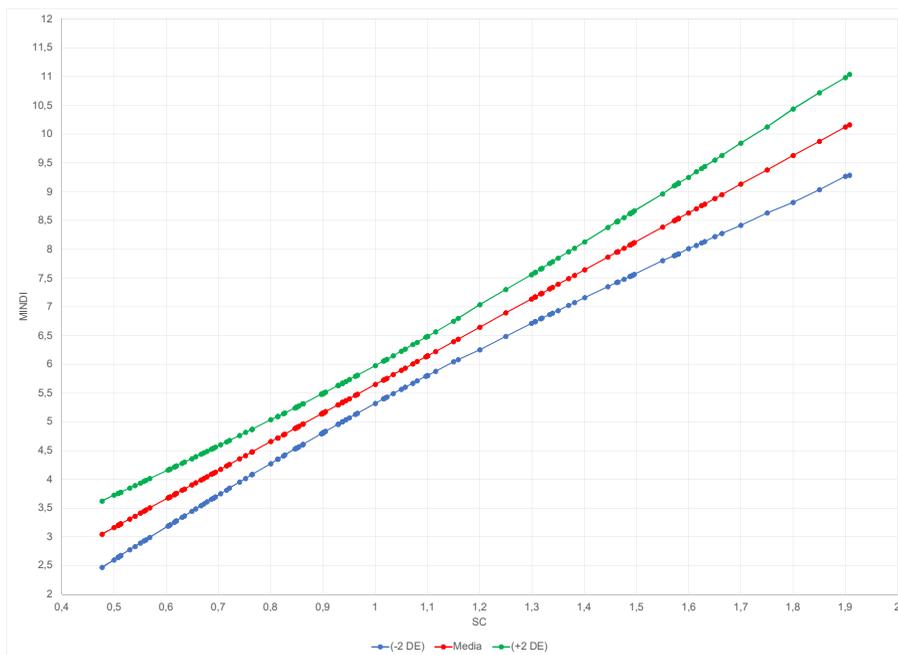
DE: desviación estándar; Min.: mínimo; Máx.: máximo; IMC: índice de masa corporal; SC superficie corporal; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; FA: fracción de acortamiento; GRT: gradiente de regurgitación tricúspideo; MAXDE: diámetro máximo en la espiración; MINDI: diámetro mínimo en la inspiración; ICVCI: índice de colapsabilidad de la vena cava inferior.

**FIGURA 2. Diámetro (mm) máximo en espiración (MAXDE) de la vena cava inferior (VCI) en población pediátrica mexicana**

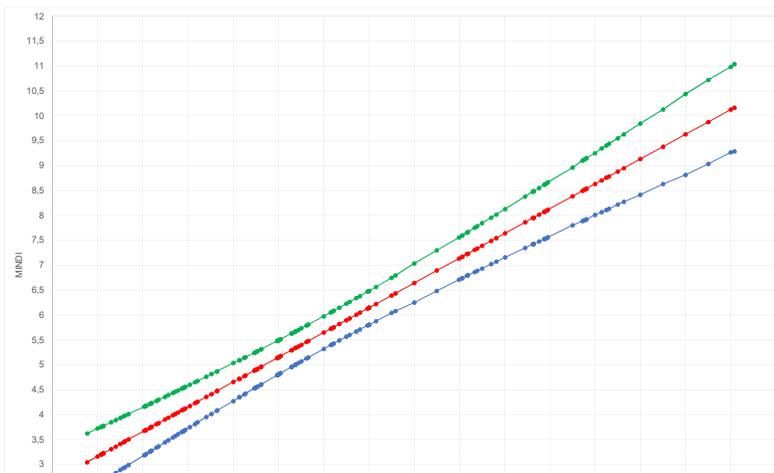


Valores predichos de la media  $\pm$  2 desviaciones estándar (DE) según la superficie corporal (SC) expresada en m<sup>2</sup>.

**FIGURA 3. Diámetro (mm) mínimo en inspiración (MINDI) de la vena cava inferior (VCI) en población pediátrica mexicana**



Valores predichos de la media  $\pm$  2 desviaciones estándar (DE) según la superficie corporal (SC) expresada en m<sup>2</sup>.

**FIGURA 4. Índice de colapsabilidad (%) de la vena cava inferior (VCI) en población pediátrica mexicana**

Valores predichos de la media  $\pm$  2 desviaciones estándar (DE) según la superficie corporal (SC) expresada en  $m^2$ .

## DISCUSIÓN

En adultos se ha propuesto la evaluación de los diámetros y el ICVCI como método no invasivo para estimar la PVC o la PAD.<sup>30</sup> Sin embargo, las recomendaciones para evaluaciones ecocardiográficas pediátricas no incluyen valores de referencia de los diámetros ni del ICVCI,<sup>29</sup> por lo que es muy importante contar con dichos valores.

En niños, la SC se considera superior a la edad, peso y talla para la estimación de mediciones normales de estructuras cardiovasculares. Se ha informado correlación directa entre los diámetros de la VCI con la edad y SC en niños que residen en los Estados Unidos de Norteamérica,<sup>17,31-35</sup> así como con otros parámetros antropométricos como el peso,<sup>33</sup> la talla<sup>17,33</sup> y, con menos frecuencia, el IMC.<sup>17</sup> En nuestra población, si bien observamos correlación estadísticamente significativa entre el MAXDE, MINDI e ICVCI con peso, talla e IMC, las mejores correlaciones se observaron con la SC, similar a lo reportado por Cantinotti *et al.*,<sup>26</sup> quienes utilizaron esta fórmula para realizar nomogramas ecocardiográficos de estructuras cardíacas en niños. Por este motivo, utilizamos la SC para calcular los valores predichos de la VCI mediante un modelo de regresión lineal y así elaborar tablas y gráficos con los valores obtenidos. Los gráficos de valores predichos para el MAXDE, MINDI e ICVCI como función de la SC permiten una aproximación visual rápida de los valores.

Nuestro estudio resalta la importancia de las diferencias poblacionales observadas en las

mediciones de la VCI. Los valores observados en la media del MAXDE ( $11,5 \pm 3,8$  mm), MINDI ( $5,9 \pm 2,77$  mm) e ICVCI ( $50,6 \pm 11,99$  %) de nuestra población mostraron diferencias con respecto a los reportados en 120 niños estadounidenses sanos de 1 a 18 años, donde la media del MAXDE fue de  $12,1 \pm 3,8$  mm, del MINDI  $8,9 \pm 3,8$  mm y del ICVCI  $30 \pm 13,2$  %. Sin embargo, los rangos del MAXDE (3,51-22 vs. 4,4-24,4), MINDI (1,0-15,3 vs. 1,9-19,2) e ICVCI (13,07-83,87 vs. 17,0-64,2) tuvieron considerable variación tanto en nuestra población como en la estadounidense.<sup>35</sup>

En otro estudio realizado en 516 niños caucásicos italianos sanos de 1 mes a 16 años, la media del MAXDE fue de  $11,6 \pm 4,9$  mm, del MINDI  $8,2 \pm 4,4$  mm y del ICVCI  $36 \pm 16$  % en  $<4$  años y  $30 \pm 17$  % en  $\geq 4$  años; también con considerables variaciones en el rango de ambos diámetros.<sup>33</sup> La principal diferencia con respecto a nuestra población se encuentra en la media del MINDI y en consecuencia en la media del ICVCI, situación que puede explicarse por el tamaño muestral reducido y la heterogeneidad en la edad de los niños incluidos en nuestro estudio. Además, observamos valores de MINDI más bajos y por tanto del ICVCI más altos en niños menores de 5 años, edad en la que la frecuencia, el ritmo y el esfuerzo respiratorio pueden aumentar la presión inspiratoria con mayor facilidad.<sup>35</sup>

Por la gran variabilidad reportada en diferentes poblaciones pediátricas en los rangos del MAXDE, MINDI e ICVCI relacionados con la

edad, incluida la nuestra, probablemente sería de mayor utilidad conocer el límite superior e inferior de cada medición, más que el valor medio absoluto.<sup>35</sup>

Respecto a las mediciones en función del sexo, similar a lo observado en niños caucásicos italianos sanos,<sup>33</sup> no observamos diferencias entre hombres y mujeres en los modelos de regresión lineal del MAXDE y MINDI, por lo que los valores predichos pueden ser utilizados en ambos sexos.

Por ahora, los valores predichos de los diámetros e ICVCI en este estudio exploratorio deben utilizarse con precaución. Es necesario realizar nuevos estudios con un mayor tamaño muestral para evaluar la media y DE, así como el rango de cada medición por cada grupo de edad. Entre las debilidades de nuestro estudio, se encuentran un tamaño muestral pequeño con gran variabilidad en la edad y por tanto en la SC. La evaluación del estado de hidratación se realizó mediante examen clínico, sin considerar variaciones en la ingesta de agua previa a la realización del ecocardiograma. Las evaluaciones ecocardiográficas se realizaron por un único evaluador con el mismo equipo de ultrasonido, lo que disminuye la variabilidad que se puede atribuir a diferentes observadores y equipos, sin embargo, imposibilita determinar la reproducibilidad y repetibilidad de las mediciones.

## CONCLUSIÓN

Hasta donde tenemos conocimiento, nuestro estudio es el primero en estimar el comportamiento y en proponer posibles valores de referencia para la medición ecocardiográfica de los diámetros e ICVCI en una población pediátrica mexicana sana. Se encontraron variaciones en los valores de los diámetros y del ICVCI con respecto a los pocos estudios realizados en otras poblaciones pediátricas, lo que resalta la importancia de contar con valores de referencia específicos para diferentes grupos de edad en cada población y abre la puerta a la posibilidad de generar más investigaciones en niños sanos e incluso con trastornos cardíacos. ■

## REFERENCIAS

- Lai WW, Geva T, Shirali GS, Frommelt PC, Humes RA, Brook MM, et al. Guidelines and standards for performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Task Force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19(12):1413-30.
- Tissot C, Muehlethaler V, Sekarski N. Basics of functional echocardiography in children and neonates. *Front Pediatr*. 2017;5:235.
- Attie F, Rosas Peralta M, Pastelin Hernandez G. Pasado, presente y futuro de la cardiología pediátrica. *Arch Cardiol Mex*. 2006;76 Suppl 2:S48-56.
- Pérez Cateriano V, Pasco Ulloa JC. Descifrando la vena cava inferior. *Horiz Méd*. 2018;18(1):68-74.
- Arriola SA, Herrera CJ. Los secretos de la vena cava inferior. Revisión contemporánea. *Avances Cardiol*. 2015;35(2):120-32.
- Moreno FL, Hagan AD, Holmen JR, Pryor TA, Strickland RD, Castle CH. Evaluation of size and dynamics of the inferior vena cava as an index of right-sided cardiac function. *Am J Cardiol*. 1984;53(4):579-85.
- Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol*. 1990;66(4):493-6.
- Pérez Zepa D, Fernández A, Estigarribia J, Kuster F, Parma G, Florio L. Estimación de la presión arterial pulmonar mediante ecocardiografía. *Rev Urug Cardiol*. 2019;34(3):270-83.
- Ciozda W, Kedan I, Kehl DW, Zimmer R, Khandwalla R, Kimchi A. The efficacy of sonographic measurement of inferior vena cava diameter as an estimate of central venous pressure. *Cardiovasc Ultrasound*. 2016;14(1):33.
- Citilcioglu S, Sebe A, Ay MO, Icme F, Avci A, Gulen M, et al. The relationship between inferior vena cava diameter measured by bedside ultrasonography and central venous pressure value. *Pak J Med Sci*. 2014;30(2):310-5.
- Natori H, Tamaki S, Kira S. Ultrasonographic evaluation of ventilatory effect on inferior vena caval configuration. *Am Rev Respir Dis*. 1979;120(2):421-7.
- Yildizdas D, Aslan N. Ultrasonographic inferior vena cava collapsibility and distensibility indices for detecting the volume status of critically ill pediatric patients. *J Ultrason*. 2020;20(82):e205-9.
- Yao B, Liu JY, Sun YB, Zhao YX, Li L. The value of the inferior vena cava area distensibility index and its diameter ratio for predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated patients. *Shock*. 2019;52(1):37-42.
- Lujan Varas J, Martínez Díaz C, Blancas R, Martínez González O, Llorente Ruiz B, Molina Montero R, et al. Inferior vena cava distensibility index predicting fluid responsiveness in ventilated patients. *Intensive Care Med Exp*. 2015;3 Suppl 1:A600.
- Si X, Xu H, Liu Z, Wu J, Cao D, Chen J, et al. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients? A Systematic Review and Meta-analysis. *Anesth Analg*. 2018;127(5):1157-64.
- Zhou AZ, Green RS, Haines EJ, Vazquez MN, Tay ET, Tsung JW. Interobserver agreement of inferior vena cava ultrasound collapse duration and correlated outcomes in children with dehydration. *Pediatr Emerg Care*. 2022;38(1):13-6.
- Stenson EK, Pun R, Ramsi M, Kache S. A Retrospective evaluation of echocardiograms to establish normative inferior vena cava and aortic measurements for children younger than 6 years. *J Ultrasound Med*. 2018;37(9):2225-33.
- Mugloo MM, Malik S, Akhtar R. Echocardiographic inferior vena cava measurement as an alternative to central venous pressure measurement in neonates. *Indian J Pediatr*. 2017;84(10):751-6.
- Long E, Oakley E, Duke T, Babl FE. Paediatric Research in Emergency Departments International Collaborative. Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness: a systematic review and meta-

- analysis. *Shock*. 2017;47(5):550-9.
20. Babaie S, Behzad A, Mohammadpour M, Reisi M. A comparison between the bedside sonographic measurements of the inferior vena cava indices and the central venous pressure while assessing the decreased intravascular volume in children. *Adv Biomed Res*. 2018;7:97.
  21. Iwamoto Y, Tamai A, Kohno K, Masutani S, Okada N, Senzaki. Usefulness of respiratory variation of inferior vena cava diameter for estimation of elevated central venous pressure in children with cardiovascular disease. *Circ J*. 2011;75(5):1209-14.
  22. Vaish H, Kumar V, Anand R, Chhapola V, Kanwal SK. The correlation between inferior vena cava diameter measured by ultrasonography and central venous pressure. *Indian J Pediatr*. 2017;84(10):757-62.
  23. Garcia RU, Meert KL, Safa R, Aggarwal S. Inferior vena cava collapsibility index to assess central venous pressure in perioperative period following cardiac surgery in children. *Pediatr Cardiol*. 2021;42(3):560-8.
  24. Chen L, Kim Y, Santucci KA. Use of ultrasound measurement of the inferior vena cava diameter as an objective tool in the assessment of children with clinical dehydration. *Acad Emerg Med*. 2007;14(10):841-5.
  25. Haycock GB, Schwartz GJ, Wisotsky DH. Geometric method for measuring body surface area: a height-weight formula validated in infants, children, and adults. *J Pediatr*. 1978;93(1):62-6.
  26. Cantinotti M, Scalese M, Murzi B, Assanta N, Spadoni I, Festa P, et al. Echocardiographic nomograms for ventricular, valvular and arterial dimensions in caucasian children with a special focus on neonates, infants and toddlers. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(2):179-91.e2.
  27. Centers for Disease Control and Prevention. MBI percentile calculator for child and teen, 2022. [Consulta: 3 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/healthyweight/bmi/calculator.html>
  28. World Health Organization. Body mass index for age (BMI-for-age), 2022. [Consulta: 3 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/toolkits/child-growth-standards/standards/body-mass-index-for-age-bmi-for-age>
  29. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, Ensing GJ, Kendall K, Younoszai AK, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(5):465-95; quiz 576-7.
  30. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713.
  31. Taniguchi T, Ohtani T, Nakatani S, Hayashi K, Yamaguchi O, Komuro I, et al. Impact of body size on inferior vena cava parameters for estimating right atrial pressure: a need for standardization? *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(12):1420-7.
  32. Kathuria N, Ng L, Saul T, Lewiss RE. The baseline diameter of the inferior vena cava measured by sonography increases with age in normovolemic children. *J Ultrasound Med*. 2015;34(6):1091-6.
  33. Mannarino S, Bulzomi P, Codazzi AC, Rispoli GA, Tinelli C, De Silvestri A, et al. Inferior vena cava, abdominal aorta, and IVC-to-aorta ratio in healthy Caucasian children: Ultrasound Z-scores according to BSA and age. *J Cardiol*. 2019;74(4):388-93.
  34. Haines EJ, Chiricolo GC, Aralica K, Briggs WM, Van Amerongen R, Laudenbach A, et al. Derivation of a pediatric growth curve for inferior vena caval diameter in healthy pediatric patients: brief report of initial curve development. *Crit Ultrasound J*. 2012;4(1):12.
  35. Kutty S, Li L, Hasan R, Peng Q, Rangamani S, Danford DA. Systemic venous diameters, collapsibility indices, and right atrial measurements in normal pediatric subjects. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(2):155-62.