

Correlación entre los valores de la presión venosa central y los índices ecográficos de la vena cava inferior en pacientes pediátricos críticos

Correlation between values of the central venous pressure and sonographic indices of inferior vena cava in critical pediatric patients

Alfredo Carlos Rodríguez Portelles^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6920-0527>

Alberto Rubén Piriz Assa¹ <https://orcid.org/0000-0002-6261-5807>

Héctor Regino Díaz Águila² <https://orcid.org/0000-0003-3867-1080>

Arianna Maité Céspedes Rómulo³ <https://orcid.org/0000-0002-9683-9358>

Raisa Rivas Carralero⁴ <https://orcid.org/0000-0002-4517-2194>

¹Hospital Pediátrico Provincial “Octavio de la Concepción de la Pedraja”. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Holguín, Cuba.

²Hospital Universitario de Sagua la Grande. Unidad de Cuidados Intensivos. Villa Clara, Cuba.

³Hospital Pediátrico Provincial “Octavio de la Concepción de la Pedraja”. Departamento de Emergencias. Holguín, Cuba.

⁴Hospital Pediátrico “Octavio de la Concepción de la Pedraja”. Departamento de Investigaciones. Holguín, Cuba.

*Autor para la correspondencia: acrodriguezpor@gmail.com

RESUMEN

Introducción: La ecografía de la vena cava inferior y sus índices se han relacionado con la presión venosa central en adultos. No existen estudios en Cuba que relacionen estos parámetros entre sí en una población de pacientes pediátricos críticos.

Objetivo: Correlacionar los valores de la presión venosa central con los índices ecográficos de la vena cava inferior en pacientes pediátricos críticos.

Métodos: Se realizó un estudio observacional, prospectivo, de serie de casos, con 50 pacientes ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Pediátrico Provincial “Octavio de la Concepción de la Pedraja”, de mayo de 2017 a mayo de 2018, con respiración espontánea o ventilación mecánica. Se analizaron 22 variables demográficas, hemodinámicas y ecográficas. Se utilizó el coeficiente de Pearson para expresar las correlaciones. Se creó una curva ROC para determinar los puntos extremos de presión venosa central a través de mensuraciones ecográficas de la vena cava inferior.

Resultados: El índice de colapsabilidad de la vena cava presentó correlaciones negativas fuertes con la presión venosa central $r = -0,686$. Se definió un punto de corte de 25,9 % y 11,1 % para estimar la presión venosa central ≥ 12 cm H₂O, con un área bajo la curva de 0,94 y 0,89 para cada índice ecográfico.

Conclusiones: Se detectó una fuerte correlación entre la presión venosa central y los índices de la vena cava inferior obtenidos por ecografía en pacientes pediátricos críticos. Este estudio es de gran utilidad pues puede ser aplicado ulteriormente en el asesoramiento de la terapia de respuesta a fluidos.

Palabras clave: ultrasonografía; vena cava inferior; presión venosa central; pediatría.

ABSTRACT

Introduction: Ultrasound of inferior vena cava and its indexes have been related to central venous pressure in adults. There are no studies in Cuba that relate these parameters to each other in a population of critical pediatric patients.

Objective: To correlate the values of the central venous pressure with the sonographic indices of inferior vena cava in critical pediatric patients.

Methods: An observational, prospective, case-series study was conducted with 50 patients admitted to the Pediatric Intensive Care Unit of *Octavio de la Concepción de la Pedraja* Provincial Pediatric Hospital, from May 2017 to May 2018. These patients had spontaneous breathing or mechanical ventilation. 22 demographic, hemodynamic and ultrasound variables were analyzed. Pearson's coefficient was used to express correlations. An ROC curve was created to determine the extreme points of central venous pressure through ultrasound measurements of the inferior vena cava.

Results: The collapsibility index of inferior vena cava showed strong negative correlations with the central venous pressure $r = -0.686$. Cut-off points of 25.9% and 11.1% were

defined to estimate the central venous pressure ≥ 12 cm H₂O, with an area under the 0.94 and 0.89 curve for each ultrasound index.

Conclusions: A strong correlation was identified between the central venous pressure and inferior vena cava indices obtained by ultrasound in critical pediatric patients. This study is very useful as advice on fluid response therapy.

Keywords: ultrasonography; inferior vena cava; central venous pressure; pediatrics.

Recibido: 17/04/2019

Aprobado: 30/05/2019

Introducción

Uno de los objetivos más importantes en el monitoreo hemodinámico del paciente pediátrico crítico es la estimación de la volemia y su respuesta a fluidos. La decisión de administrar fluidos en medicina crítica se basa en diferentes criterios. Los criterios clínicos, si bien son parámetros sensibles, son poco precisos y con una especificidad pobre. En los estudios que valoran estos parámetros como guía en la reposición, se ha obtenido una mejoría hemodinámica en 50 % de los pacientes con insuficiencia circulatoria aguda. Fuera de situaciones clínicas típicas (hemorragia aguda, poliuria, diarrea profusa), el examen clínico no permite detectar con certeza una precarga inadecuada.^(1,2,3)

La ecografía de rastreo (ER), también conocida como ecografía clínica, ecografía junto al paciente, Point of Care Ultrasound (POCUS), ha sido reconocida como una habilidad que deben desarrollar los profesionales que atienden a pacientes críticos en diferentes escenarios de los sistemas de emergencia y en las unidades de cuidados intensivos. La ER forma parte del examen clínico de los pacientes graves; se ha convertido en el estetoscopio del siglo XXI y es llamado el “tercer ojo” de los clínicos intensivistas y anestesiólogos.⁽⁴⁾

A través de la ecografía orientada al paciente pediátrico crítico se pueden determinar importantes variables e índices que predicen y estiman la respuesta a fluidos y su relación con la presión venosa central (PVC). Estos marcadores tienen la ventaja de ser mínimamente invasivos y constituyen herramientas dinámicas. Los marcadores dinámicos son mejores predictores del volumen intravascular y de la respuesta a fluidos; además, son

dependientes de los cambios en la presión intratorácica. Aquí se incluyen la variación de la presión de pulso, la variación del volumen latido, la colapsibilidad de las venas cava/índices de distensibilidad y las tecnologías de bioimpedancia y bioactancia.⁽⁵⁾

Uno de los marcadores dinámicos de mayor utilidad es la valoración ecográfica de la vena cava inferior (VCI), sus índices de colapsibilidad y distensibilidad, así como sus variaciones respirofásicas, tanto en pacientes con respiración espontánea, como bajo ventilación mecánica.

El colapso y distensión de la vena cava inferior obedecen a los mismos principios biofísicos que la PVC. La ecografía de la VCI es un método útil para realizar un seguimiento visual de los cambios dinámicos cualitativos de la presión venosa central respecto a la presión intraabdominal. Cuando la presión venosa central cae por debajo de la presión intrabdominal, la vena cava inferior tenderá al colapso y cuando la presión venosa central se eleve por encima de la presión intrabdominal, la vena cava inferior tenderá a distenderse, tanto como lo permita su complianza.⁽⁶⁾

Algunos estudios previos en adultos han demostrado la utilidad de estos parámetros en la estimación no invasiva de la PVC.^(7,8,9) En los últimos años se han realizado en el mundo algunas investigaciones en poblaciones pediátricas que han estimado la posible relación con la PVC y, sobre todo, su utilidad en la determinación de la respuesta a volumen en niños críticos. Los resultados de estas investigaciones han servido de pauta para enfrentar la monitorización de la volemia en el paciente pediátrico crítico con nuevas herramientas que permiten su valoración dinámica y ofrecen datos valiosos para utilizar en un contexto clínico determinado. No obstante, existe muy poca información sobre la utilidad y relación de estos índices ecográficos de la VCI y su capacidad para estimar la PVC en pacientes pediátricos.^(10,11,12)

A pesar de constituir un tema de gran importancia, no se encuentran publicaciones de estudios en poblaciones pediátricas en el ámbito nacional. *Rojas Estrada* y otros es el único antecedente nacional encontrado de nuestra investigación.⁽¹³⁾ En su estudio, realizado con poblaciones de adultos para la determinación de estados de hidratación en pacientes bajo hemodiálisis, pudieron comprobar la factibilidad de estas herramientas dinámicas.

Cuando se instaura la monitorización de la terapéutica de reposición de fluidos y la determinación del estatus volumétrico en los pacientes pediátricos críticos, se torna imperiosa la necesidad de disponer de métodos diagnósticos dinámicos capaces de brindar asesoramiento en estas situaciones. Esto, unido a la cada vez menor disposición de

dispositivos de medición invasiva de presiones, como a la dificultad de los accesos venosos en las edades pediátricas, hacen a la ecografía y a sus métodos la herramienta ideal para estas determinaciones, al constituir un método inocuo, menos costoso a largo plazo y fiable en las manos apropiadas. La ecografía de la VCI ha demostrado ser muy útil para estimar la respuesta al volumen y estimar, a su vez, la PVC, sobre todo en adultos. En nuestra investigación nos propusimos como objetivo: correlacionar los valores de la presión venosa central con los índices ecográficos de la vena cava inferior en pacientes pediátricos críticos.

Métodos

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, con una serie de casos atendidos en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP) del Hospital Pediátrico Provincial de Holguín “Octavio de la Concepción de la Pedraja”, en el período comprendido de mayo de 2017 a mayo de 2018.

El universo estuvo constituido por 483 pacientes que ingresaron en ese período, y la muestra quedó conformada por 50 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión. Se tuvo en cuenta las causas fisiopatológicas que pueden alterar las mediciones de la VCI y las mensuraciones de la presión venosa central.

Criterios de inclusión:

- Edad: 4 a 18 años
- Consentimiento informado aprobado por el padre o tutor legal
- Presencia de catéter venoso central funcional en posición correcta para medición de la presión venosa central
- En caso de pacientes bajo ventilación mecánica, pacientes totalmente controlados, sin esfuerzo respiratorio, bajo sedación y relajación, con volúmenes corrientes ≥ 8 ml/kg; presión positiva al final de la espiración (PEEP) fijada a ≤ 6 cmH₂O.

Criterios de exclusión:

- Cardiopatía congénita
- Disritmia cardíaca

- Ventana transtorácica deficiente (inhabilitada para obtener imágenes ecográficas interpretables)
- Ascitis
- Taponamiento cardíaco
- Hipertensión abdominal documentada
- Presencia de auto-PEEP (en el caso de los ventilados)

El estudio incluyó 22 variables distribuidas en demográficas (edad, sexo, talla, peso y superficie corporal), hemodinámicas (tensión arterial sistólica y diastólica; presión venosa central), tipo de ventilación (mecánica o espontánea), diagnósticos (agrupados por sistemas afectados) y valores ecográficos. Se utilizó el método de Mosteller⁽¹⁴⁾ para calcular la superficie corporal.

Se definió como valores normales de PVC de 6 a 12 cm H₂O.⁽¹⁵⁾

Variables ecográficas: Se determinó el índice de colapso de la vena cava inferior (cVCI). Se utilizó solo en pacientes con respiración espontánea, se le hizo una adaptación a la propuesta de *Muller* y otros⁽¹⁶⁾ y fue calculado a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{(VCI \max - VCI \min)}{VCI \max} \times 100$$

Se determinó, además, el índice de variación respiratoria del diámetro de VCI o índice de distensibilidad de Feissel (ΔVCI). Solo se empleó en los pacientes bajo ventilación mecánica, se le realizó una adaptación a la propuesta de *Feissel* y otros⁽¹⁷⁾ y fue calculado a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{(VCI \max - VCI \min) \times 100}{(VCI \max + VCI \min) \times 0,5}$$

Se indexaron valores ecográficos a valores demográficos. Se creó un cociente para poder correlacionarlos con valores de PVC.

Se realizó, en primer lugar, la medición manométrica de la PVC. Se mantuvo este valor incierto para el operador del ecógrafo hasta terminar las mensuraciones de la vena cava inferior y haber registrado sus índices. Luego, se hizo la medición de la PVC durante tres

ocasiones para determinar el valor medio del test y detectar posibles fallos en su medición. Se configuró el sistema de medición de acuerdo con los protocolos internacionales.⁽¹⁵⁾ Igualmente, las mediciones de los parámetros de la VCI se realizaron en modo M durante un ciclo respiratorio y se midieron tres veces con el objetivo antes descrito.

Método ecográfico

Las imágenes ultrasonográficas fueron obtenidas a través de una máquina de ecografía Toshiba JustVision 200. Se utilizó el transductor curvilíneo con rangos de frecuencia de 2 a 5 MHz y se seleccionó en la máquina de ultrasonografía el modo bidimensional (2D) y el modo M, en el perfil de cardiología. Se empleó la técnica descrita por varios autores^(18,19,20) y generalizada en el ámbito de la ecografía clínica para visualizar y mensurar la vena cava inferior (Fig. 1).

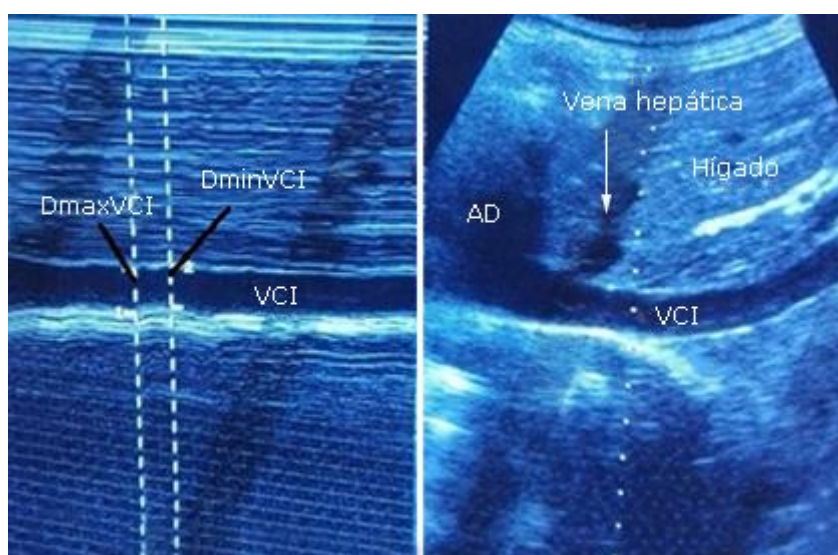


Fig. 1 – Visualización ecográfica de Vena Cava Inferior. A) Modo M ecográfico de VCI donde se observan las mediciones de diámetro máximo y mínimo de la misma en un ciclo respiratorio. B) Modo bidimensional en vista longitudinal de VCI, se ilustra su relación con el atrio derecho y su correcta medición de manera perpendicular entre 2 cm a 2,5 cm de su entrada, distal a la vena hepática.

La base de datos y el procesamiento estadístico fueron realizados y analizados en el programa estadístico SPSS 24.

Se utilizó la estadística descriptiva para la recopilación, presentación e interpretación de los resultados. Se emplearon las medidas de resúmenes para datos cuantitativos como la media aritmética y la desviación estándar; métodos de estadística inferencial como el

coeficiente de correlación de Pearson para estimar la relación lineal entre las variables cuantitativas dadas por mediciones ecográficas, parámetros somáticos de pacientes, índices matemáticos e índices de monitorización estáticos.

Se describe a continuación el grado de interpretación para el coeficiente de correlación de Pearson:

El valor del índice de correlación varía en el intervalo [-1,1]:

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamadas.

Se considerará: escasa o nula: 0-0,25; relación débil: 0,26-0,50; relación entre moderada y fuerte: 0,51-0,75; relación entre fuerte y perfecta: 0,76-1,0.

Se utilizaron relaciones de porcentaje para representar los valores de las variables cualitativas.

Se aplicó el índice de confiabilidad de 95 %. Se consideró como significativo los valores de $p < 0,05$. Se utilizó una curva ROC para definir puntos de corte con el objetivo de predecir valores de PVC para dos categorías ($PVC < 6 \text{ cm H}_2\text{O}$ y $PVC \geq 12 \text{ cm H}_2\text{O}$), a través de los índices de colapso y distensibilidad de la vena cava inferior, tanto en pacientes con respiración espontánea como bajo ventilación mecánica. Se determinó la sensibilidad y especificidad de la prueba para la predicción. Se utilizó el Índice de Youden y se definió su área bajo la curva (AUC).

Consideraciones éticas

El presente estudio fue aprobado por el Consejo Científico de la institución participante. La investigación se realizó conforme a los principios de la ética médica, a las normas éticas institucionales y nacionales vigentes, y a los principios de la Declaración de Helsinki.

Resultados

De una muestra de 50 pacientes, se registraron 32 pacientes con respiración espontánea; y 18, con ventilación mecánica. En la [tabla 1](#) se muestran las características demográficas y hemodinámicas de los pacientes.

Tabla 1 - Características de los pacientes del estudio según tipo de ventilación

Variables	Respiración espontánea (N= 32)	Ventilación mecánica (N= 18)
Edad (años)	10,41 ± 4,11	11,44 ± 3,91
Peso (kg)	34,26 ± 15,21	36,22 ± 15,08
Talla (m)	1,37 ± 0,21	1,41 ± 0,19
Superficie corporal (m ²)	1,13 ± 0,33	1,18 ± 0,32
PVC (cmH ₂ O)	10,56 ± 4,66	9,43 ± 3,18
TAS (mmHg)	105,16 ± 16,38	108,06 ± 13,07
TAD (mmHg)	64,38 ± 11,34	67,78 ± 13,41
Sexo (%)		
Masculino	N= 18 (56,3)	N= 11 (61,1)
Femenino	N= 14 (43,8)	N= 7 (38,9)
Diagnósticos (%)		
Respiratorios	9,4	16,7
Cardiovasculares	12,4	5,6
Neurológicos	9,4	61,1
Gastroenterológicos	6,3	0
Hematoncológicos	3,1	5,6
Renales	6,3	0
Nutricionales	6,3	0
Quirúrgicos	28,1	0
Sepsis y SDMO	18,8	11,1

n = 50, Variables cuantitativas expresadas en medias ± desviación estándar, variables cualitativas en porcentajes.

PVC: presión venosa central; TAS: tensión arterial sistólica; TDA: tensión arterial diastólica; SDMO: síndrome de disfunción multiorgánica.

Se observaron correlaciones positivas significativas entre DmaxVCI, DminVCI y los parámetros somáticos. Las correlaciones entre DmaxVCI y la edad ($r= 0,893$) resultaron ser las más fuertes, sobre todo en los pacientes con ventilación mecánica ([Tabla 2](#)). Se demostraron fuertes correlaciones positivas con estos parámetros, debido a la relación directa existente entre la superficie corporal con sus determinantes (peso y talla) y el diámetro basal del vaso. Se puede estimar de manera estadísticamente confiable que, a mayores parámetros somáticos (edad, peso, talla y superficie corporal), se determinarán mayores diámetros de VCI en pacientes pediátricos críticos, incluso, a expensas del estado

de volumen. Los diámetros presentaron correlaciones con la talla, más fuertes en el caso de los pacientes ventilados (DmaxVCI $r= 0,852$, Dmin $r= 0,829$). En los pacientes con respiración espontánea se observaron mejores relaciones con el peso (DmaxVCI $r= 0,844$, DminVCI $r= 0,841$).

Los índices demostraron correlaciones nulas con los parámetros somáticos. Se encontró correlaciones negativas débiles entre Δ VCI con la talla ($r= 0,431$) y edad ($r= -0,400$) en pacientes con ventilación mecánica.

Tabla 2 - Relación de diámetros e índices con las características somáticas de la población

Respiración espontánea (N= 32)				
Variables	Correlación con edad	Correlación con peso	Correlación con talla	Correlación con SC
DmaxVCI (mm)	0,812	0,844	0,790	0,838
DminVCI (mm)	0,807	0,841	0,799	0,840
cVCI	-0,265	-0,277	-0,270	-0,285
Ventilación mecánica (N= 18)				
Variables	Correlación con edad	Correlación con peso	Correlación con talla	Correlación con SC
DmaxVCI (mm)	0,893	0,823	0,852	0,851
DminVCI (mm)	0,852	0,779	0,829	0,813
Δ VCI	-0,400	-0,346	-0,431	-0,381

$p < 0,05$

DminVCI: diámetro mínimo de la vena cava inferior; DmaxVCI: diámetro máximo de la vena cava inferior; cVCI: colapso de la vena cava inferior; Δ VCI= Variación respiratoria de vena cava inferior; SC: superficie corporal

No hubo correlaciones significativas entre el DmaxVCI/Peso y la PVC (Tabla 3), tanto en pacientes con respiración espontánea como bajo ventilación mecánica ($r= -0,067$ y $0,291$, respectivamente). Presentó una mejor correlación el DmaxVCI/Talla con PVC, pero en pacientes ventilados ($r= 0,426$). Tuvo una correlación significativa con la PVC el DmaxVCI/SC, en pacientes ventilados ($r= 0,508$). Se identificaron mejores correlaciones entre PVC y DminVCI/peso y DminVCI/talla en ambos grupos. Siempre se obtuvieron mejores correlaciones en ventilados ($r= 0,472$ y $r= 0,546$, respectivamente). Además, se comprobó que las medias de las estandarizaciones fueron mayores en los ventilados.

Tabla 3 - Estandarización de diámetros de VCI con las características demográficas de los pacientes y su correlación con los valores de PVC

Variables	Respiración espontánea (N= 32)		Ventilación mecánica (N= 18)	
	Media ± DE (rango)	Correlación con PVC (r)	Media ± DE (rango)	Correlación con PVC (r)
DmaxVCI / Peso (mm/Kg)	0,44 ± 0,13 (0,30 - 0,91)	-0,067	0,42 ± 0,08 (0,27 - 0,59)	0,291
DmaxVCI / Talla (mm/m)	10,00 ± 2,29 (5,05 - 13,76)	-0,076	10,12 ± 2,18 (6,69 - 13,65)	0,426
DmaxVCI / SC (mm/m ²)	12,45 ± 2,81 (7,45 - 21,22)	-0,076	12,34 ± 1,99 (9,33 - 16,52)	0,508
DminVCI / Peso (mm/Kg)	0,29 ± 0,09 (0,20 - 0,67)	0,404	0,37 ± 0,08 (0,25 - 0,56)	0,472
DminVCI / Talla (mm/m)	6,82 ± 2,03 (3,13 - 10,09)	0,400	8,83 ± 2,31 (4,60 - 12,64)	0,546
DminVCI / SC (mm/m ²)	8,42 ± 2,28 (4,93 - 15,56)	0,476	10,74 ± 2,29 (6,40 - 15,72)	0,629

N= 50 p< 0,05

DminVCI: diámetro mínimo de la vena cava inferior; DmaxVCI: diámetro máximo de la vena cava inferior; SC: superficie corporal
DE: desviación estándar

La mejor correlación con la PVC se obtuvo a través de DminVCI/SC en pacientes ventilados (r= 0,629).

Se determinó que los parámetros ecográficos estandarizados a parámetros somáticos (edad, talla, peso, superficie corporal), que presentaron mejor correlación con la PVC en ambos grupos de ventilación, fueran los diámetros máximo y mínimo de VCI estandarizados a superficie corporal (DmaxVCI/SC y DminVCI/SC). Se determinó, de esta manera, que son las variables a seguir en pacientes pediátricos para, posteriormente, relacionar en estudios subsiguientes, los cocientes generados por los diámetros de VCI y la superficie corporal con la respuesta a fluidos en cuidados intensivos.

Esta investigación es una de las primeras donde se han determinado correlaciones significativas de diámetros estandarizados a SC con presión venosa central.

En pacientes con respiración espontánea el cVCI presentó una media de 31,5 % que incluyó 5 pacientes con ≥ 50 % para un 15,6 % del total de pacientes con respiración espontánea. El índice de variación respiratoria de VCI presentó como media 14,84 %, con un rango amplio.

Se demostró la correlación existente entre los diámetros e índices de VCI con los valores de PVC. Los valores de DmaxVCI se distribuyeron de manera similar tanto en pacientes con ventilación mecánica como con respiración espontánea, con un ligero aumento del

rango inferior en ventilados que fue de 7 a 21 mm. No se obtuvieron correlaciones significativas entre DmaxVCI y PVC, en ambos tipos de respiraciones.

El diámetro mínimo de VCI fue mayor en los pacientes ventilados. Osciló 50 % por encima y debajo de 12,8 mm, con una diferencia contra la media de respiraciones espontáneas de 3,2 mm. De esta forma, presentó una mejor correlación con PVC que su relación con los pacientes con respiración espontánea con 0,460.

En cuanto a los índices de colapso de VCI en pacientes con respiración espontánea, sus valores presentaron un amplio rango, con la mitad de los pacientes distribuidos por encima o debajo de 31,59 %. Se demostró una fuerte correlación negativa entre cVCI ($r= 0,686$) $p < 0,05$) y PVC. Se determinó que, a mayor PVC, menor porcentaje de cVCI. Se pudo comprobar su utilidad, a partir de la estimación de este parámetro.

En el caso del Δ VCI en pacientes ventilados, hubo una correlación negativa y fuerte ($r= -0,578$, $p < 0,05$). Ambas variables fueron estadísticamente inversas, por tanto, se puede afirmar que el aumento de una de ellas define la disminución significativa de la otra.

Se ilustran las correlaciones de cVCI y Δ VCI con PVC tanto en espontáneos como en ventilados en los diagramas de dispersión (Fig. 2).

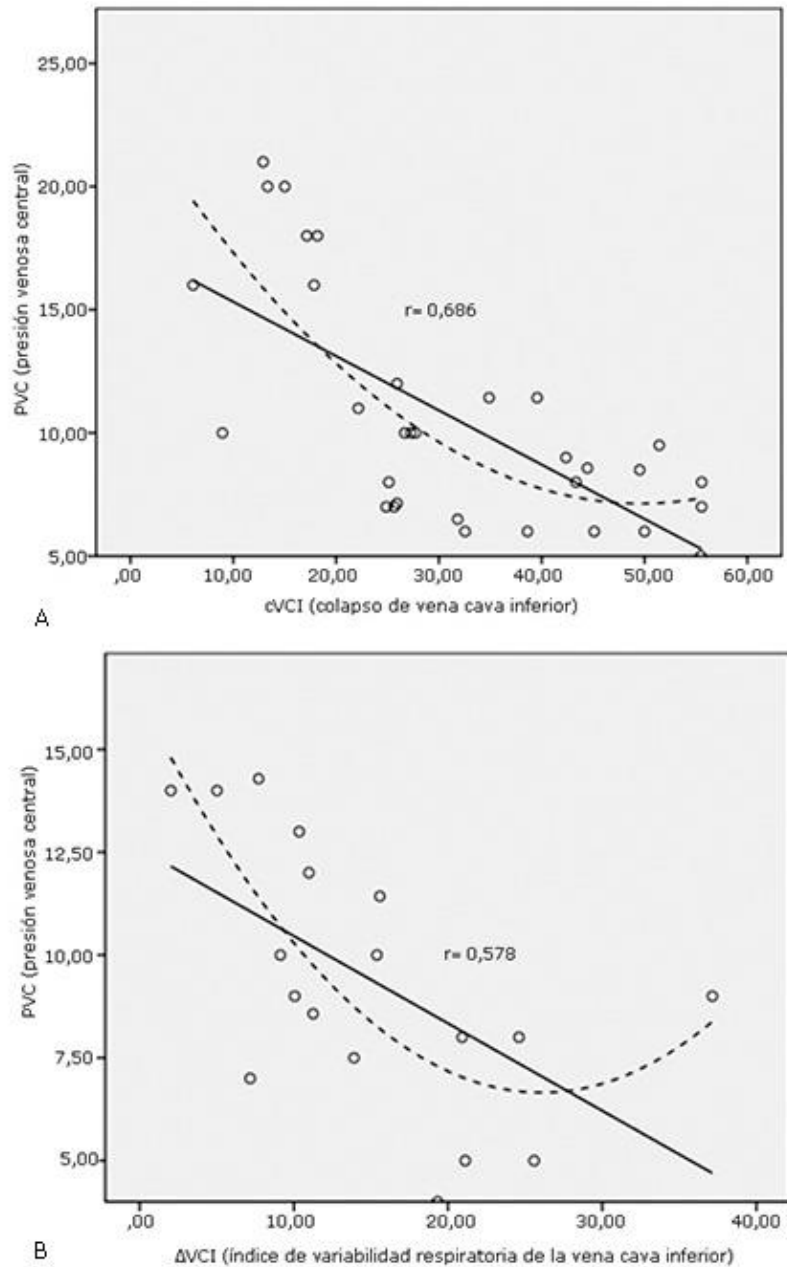


Fig. 2 - Diagramas de dispersión sobre correlaciones de presión venosa central con índices ecográficos de VCI. A) Correlación de PVC con índice de colapsabilidad de VCI (cVCI). B) Correlación de PVC con índice de variación respiratoria de VCI (Δ VCI).

Se determinaron, a través de una curva ROC, puntos de corte para estimar valores de PVC en extremos de significación clínica. Se precisó que, con un valor de corte de 25,9 % de cVCI, en pacientes con respiración espontánea, se puede estimar un valor de PVC de ≥ 12 cmH₂O, con una sensibilidad de 1 y una especificidad de 0,79, y un área bajo la curva de 0,94. Por tanto, todo valor inferior al corte referido debe asociarse con valores elevados

de PVC, posiblemente relacionados con estados hipervolémicos u otras situaciones clínicas que aumenten valores de presión venosa central.

En el caso de los pacientes ventilados, se identificó un punto de corte de 11,1 % de Δ VCI para estimar $PVC \geq 12$ cmH₂O, con una sensibilidad de 1 y una especificidad de 0,77, y un área bajo la curva de 0,89. Se determinó que los valores por debajo de este corte deben ser asociados con valores de $PVC \geq 12$ cmH₂O en pacientes pediátricos críticos bajo ventilación mecánica.

Para el caso de $PVC < 6$ cmH₂O, en pacientes con respiración espontánea, se calculó un punto de corte de 53,4 % de cVCI con una sensibilidad de 1 y una especificidad de 0,93, con un área bajo la curva de 0,93.

En el caso de los ventilados se definió un valor de 17,4 % Δ VCI como punto de corte para estimar $PVC < 6$ cmH₂O con una sensibilidad de 1 y una especificidad de 0,80, y un área bajo la curva de 0,86. Se puede por tanto asociar valores por encima de este corte con medicaciones más bajas de PVC en pacientes pediátricos críticos ventilados en un contexto clínico apropiado.

En la [figura 3](#) se pueden observar las curvas ROC para $PVC \geq 12$ cmH₂O, según cVCI y Δ VCI en espontáneos y ventilados.

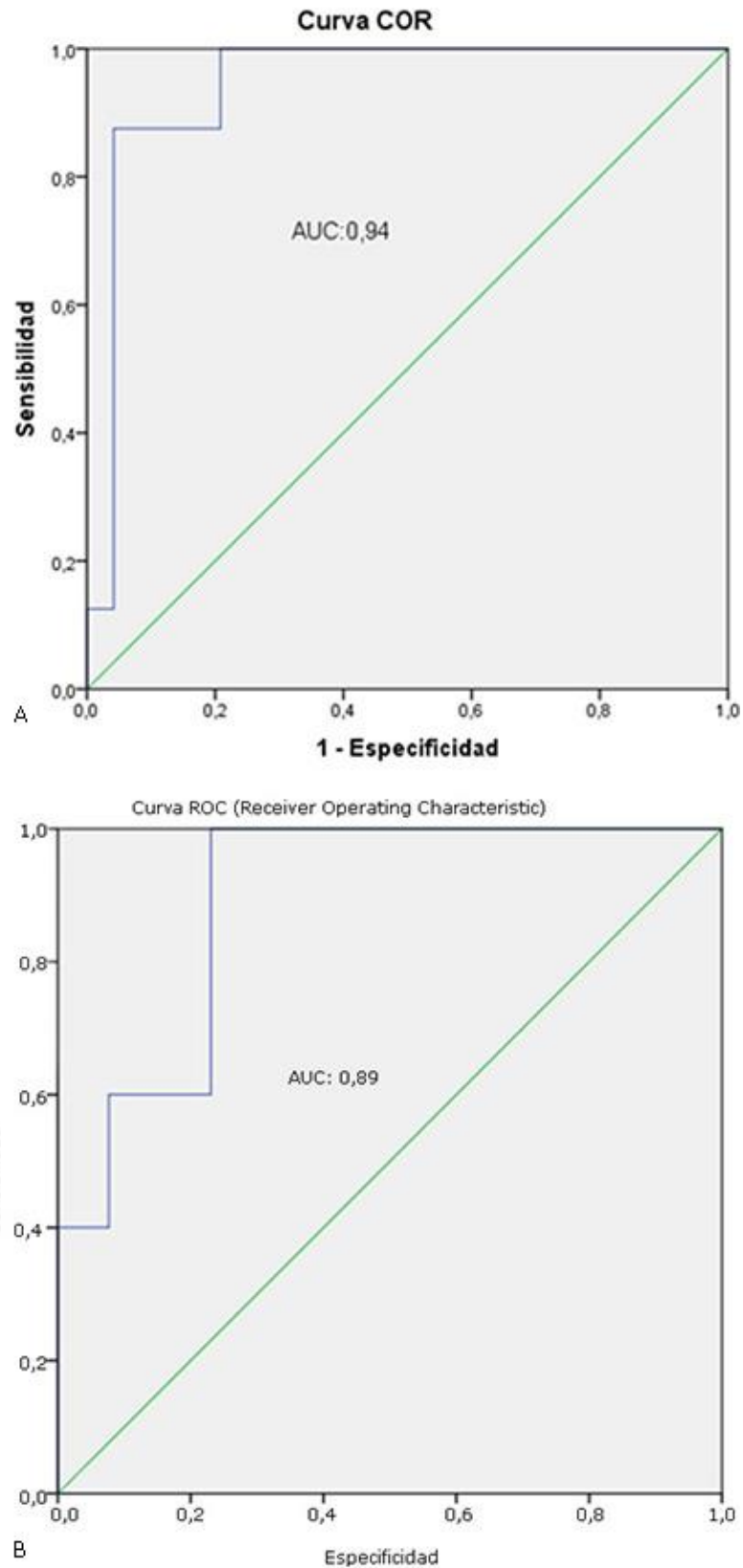


Fig. 3 - Curvas Receiver Operator Characteristics (ROC) para estimar la presión venosa central ≥ 12 cmH₂O. A) Curva ROC para estimar PVC ≥ 12 cmH₂O, según índice de colapsabilidad de VCI (cVCI), área bajo la curva (AUC) 0,94. B) Curva ROC para estimar PVC ≥ 12 cmH₂O, según índice de variación respiratoria de VCI (Δ VCI), área bajo la curva (AUC) 0,89.

DISCUSIÓN

La rápida evaluación de la volemia en el paciente pediátrico crítico es esencial para monitorizar, asesorar y conducir la terapéutica del paciente en *shock* o en sus etapas iniciales, independientemente de su etiología. El presente estudio es el primero de su clase en Cuba y propone construir los cimientos de una herramienta en el ámbito pediátrico. Con la premisa de que los niños no son adultos pequeños, el estudio siguió las pautas de investigaciones en adultos que abordaron la temática, donde se definió que un cVCI mayor de 40 % en pacientes con respiración espontánea se asociaba con respuesta efectiva a fluidos y se clasificaba además los valores de PVC en cuanto a los diámetros del vaso y valores del índice de colapso de la vena cava inferior.^(16,21)

De igual manera, varios autores determinaron el índice de distensibilidad (dVCI)⁽²²⁾ y la variación respiratoria de VCI (Δ VCI)⁽¹⁷⁾ en pacientes adultos ventilados y detectaron puntos de corte óptimos de 12 % a 18 % para determinar una respuesta adecuada a la administración de fluidos.

Se consideraron las propuestas de *Kutty* y otros⁽²³⁾ y *Taneja* y otros,⁽²⁴⁾ quienes plantearon el análisis de los valores ecográficos teniendo en cuenta la diferencia de diámetros de la VCI en cuanto a determinantes somáticas como edad, peso, talla y superficie corporal. Estos investigadores recomiendan que los parámetros de VCI deben ser indexados a la superficie corporal para comparar los datos con la población pediátrica.

Nuestro estudio no incluye a los pacientes menores de 4 años, debido a un escaso número con respiración espontánea que “lucharon” contra el transductor. Por esta razón *Kathuria* y otros⁽²⁵⁾ excluyeron también algunos niños pequeños pues tienen la tendencia de contraer el abdomen ante la exploración ecográfica.

Las investigaciones referenciadas varían en el tipo de población utilizada y los diagnósticos asociados. Se postulan, específicamente, en el metanálisis de *Zhang* y otros⁽²⁶⁾ sobre los criterios de exclusión a tener en cuenta cuando se evalúa ecográficamente la cava inferior, en embarazadas, obesos mórbidos y con soporte vasopresor elevado.

Se ha discutido en varias ocasiones la relación existente entre los parámetros somáticos con cVCI o Δ VCI. En pacientes pediátricos no existen correlaciones significativas ya que estos hallazgos pueden ser explicados por el hecho de que cVCI o Δ VCI no dependen de los parámetros somáticos de un individuo, sino de su dependencia al estado de la volemia.⁽²⁶⁾

Como ya se ha reflejado en estudios de adultos y algunos en poblaciones de niños,^(10,11,16,17,25) sí existen fuertes relaciones entre los diámetros y los parámetros somáticos, especialmente, la talla y el peso.

Nuestra investigación presenta resultados similares en cuanto a la estandarización de los diámetros y su correlación con la PVC, solo superados por *Iwamoto* y otros,⁽¹⁰⁾ quienes presentaron mejores correlaciones de los diámetros estandarizados a las tallas con presión venosa central.

Generalmente, los mejores resultados se encuentran cuando se aplica una fórmula para cada tipo de ventilación, o sea, la del cVCI para respiración espontánea y la del Δ VCI para ventilados.⁽²⁷⁾

En gran parte de los estudios en adultos se hace gran referencia a la relación entre los diámetros y la PVC. Nuestra investigación no coincidió con gran variedad de estudios en adultos en cuanto a la relación existente entre los diámetros de VCI y PVC, debido a la problemática somática ya discutida.^(28,29)

Es recomendable no usar los diámetros aislados de VCI para estimar la PVC en pacientes pediátricos críticos.

Debido a la fuerte relación negativa entre los índices y la PVC, se recomienda su uso para estimar la PVC en niños críticos, con correlaciones similares en investigaciones sobre poblaciones pediátricas e, incluso, neonatos.^(30,31)

Hay coincidencias entre nuestro estudio y el realizado por *Huang* y otros en 2018.⁽²⁷⁾ Estos autores realizaron un meta-análisis con 603 pacientes a través de varias investigaciones. Asociaron relaciones de moderada a fuerte entre el Δ VCI y PVC. Además, sugirieron que el Δ VCI tenía un buen *performance* en predecir la respuesta a fluidos en pacientes con *shock* bajo ventilación mecánica.

Algunos estudios como el de *Ng* y otros presentaron menor especificidad y sensibilidad, pues una vez más adaptaron sus puntos de corte óptimos a la población adulta.⁽¹¹⁾

Es importante destacar en nuestro estudio la inclusión de aquellos pacientes con PEEP limitada a ≤ 6 cmH₂O, debido a los cambios manifiestos en la presión intratorácica y, por consiguiente, sobre el colapso o distensión de la VCI, lo cual refiere *Stawicki* y otros,⁽⁹⁾ al determinar que a valores de PVC más bajos los grupos con PEEP hasta 5 cmH₂O presentaron mejores promedios de colapsabilidad que los grupos con PEEP elevada.

Las áreas bajo las curvas ROC (AUROC) de nuestro estudio para estimar PVC evidenciaron la excelente capacidad del test para la predicción de la misma. Se calificó de

“muy bueno” en cuanto a su escala⁽³²⁾ y, por ende, presentó los mejores resultados para estimar PVC de manera inocua, incluso, con mejor *performance* que cualquiera otra prueba en nuestro medio.

A manera de conclusión, se estimó la presión venosa central en pacientes pediátricos críticos a través de los índices de la vena cava inferior, obtenidos por ecografía. Se demostró su utilidad como una herramienta en el ulterior asesoramiento de la terapia de respuesta a fluidos. Con el estudio se pudo comprobar, por primera vez, que en una población pediátrica en nuestro país la ecografía de la VCI y sus mensuraciones e índices pueden ser usados como un método para estimar la PVC y detectar valores de significación clínica de manera inocua y confiable, tanto en pacientes ventilados como con respiración espontánea.

Referencias bibliográficas

1. Shippy CR, Appel PL, Shoemaker WC. Reliability of clinical monitoring to assess blood volume in critically ill patients. Crit Care Med. 1984 [citado: 22/07/2017];12(2):107-12. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6697726>
2. McGee S, Abernethy WB 3rd, Simel DL. The rational clinical examination. Is this patient hypovolemic? JAMA. 1999 [citado: 21/08/2017];281(11):1022-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10086438>
3. Michard F, Ruscio L, Teboul JL. Clinical prediction of fluid responsiveness in acute circulatory failure related to sepsis. Intensive Care Med. 2001 [citado: 17/08/2017];27(7):1238. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11534577>
4. Quintero Mendez Y, Díaz Águila HR, Navarro Machado VR, Cruz de los Santos H, Villafuerte Delgado D, Yanes Isray O. La ecografía clínica como herramienta del intensivista. Rev Cu Med Intens. 2017 [citado: 20/08/2017];(3):7-14. Disponible en: http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/7-14/html_109
5. Rabah F, Al-Senaidi K, Beshlawi I, Alnair A, Abdelmogheth A. Echocardiography in PICU: when the heart sees what is invisible to the eye. J Pediatr (Rio J). 2016 [citado: 21/02/2018];92(1):96-100. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26569341>

6. Bodson L, Vieillard-Baron A. Respiratory variation in inferior vena cava diameter: surrogate of central venous pressure or parameter of fluid responsiveness? Let the physiology reply. *Critical Care*. 2012 [citado: 17/11/2017];16(6):181. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3672574/>
7. Yanagawa Y, Nishi K, Sakamoto T, Okada Y. Early diagnosis of hypovolemic shock by sonographic measurement of inferior vena cava in trauma patients. *J Trauma*. 2005 [citado: 24/08/2018];58. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000145085.42116.A7>
8. Nagdev AD, Merchant RC, Tirado-Gonzalez A, Sisson CA, Murphy MC. Emergency department bedside ultrasonographic measurement of the caval index for noninvasive determination of low central venous pressure. *Ann Emerg Med*. 2010 [citado: 24/07/2017];55. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19556029>
9. Stawicki SPA, Adkins EJ, Eiferman DS, Evans DC, Ali NA, Njoku C, et al. Prospective evaluation of intravascular volume status in critically ill patients: does inferior vena cava collapsibility correlate with central venous pressure? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014 [citado: 21/01/2018];76(4):956-63. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24662857>
10. Iwamoto Y, Tamai A, Kohno K, Masutani S, Okada N, Senzaki H. Usefulness of Respiratory Variation of Inferior Vena Cava Diameter for Estimation of Elevated Central Venous Pressure in Children with Cardiovascular Disease. *Circulation Journal*. 2011 [citado: 21/06/2017];75(5):1209-14. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/circj/75/5/75_CJ-10-0690/article
11. Ng L, Khine H, Taragin BH, Avner JR, Ushay M, Nunez D. Does Bedside Sonographic Measurement of the Inferior Vena Cava Diameter Correlate with Central Venous Pressure in the Assessment of Intravascular Volume in Children? *Pediatric Emergency Care*. 2013 [citado: 25/01/2018];29(3). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23426248>
12. 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 [citado: 25/08/2018];7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6036785/>
13. Rojas Estrada JJ, Lorenzo Clemente A, Guerra Bustillo G, Castelo Villalón X, Berland de León N, Martínez Canalejo H. Estado de hidratación de pacientes en hemodiálisis:

método clínico vs. método de la vena cava inferior. Rev Cub Med. 2010 [citado: 25/06/2017];49(4):363-71. Disponible en:

http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?id_revista=68&id_ejemplar=6746

14. Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. N Engl J Med. 1987 [citado: 21/08/2017];317(17):1098. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3657876>

15. Roberts JR, Custalow CB, Thomsen TW, Chanmugam AS, Chudnofsky CR, DeBleieux PMC, et al. Roberts and Hedges' Clinical Procedures in emergency medicine and acute care. Philadelphia: Elsevier; 2019 [citado: 15/08/2018]. Disponible en:

<https://www.clinicalkey.com/dura/browse/bookChapter/3-s2.0-C20140019958>

16. Muller L, Bobbia X, Toumi M, Louart G, Molinari N, Ragonnet B, et al. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. Critical Care. 2012 [citado: 25/04/2018];16(5):R188. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/cc11672>

17. Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. Intensive Care Med. 2004 [citado: 23/02/2017];30. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-004-2233-5>

18. Carrillo Esper R, Tapia Velasco R, Galván Talamantes Y, Garrido Aguirre E. Evaluación de la precarga y respuesta a volumen mediante ultrasonografía de la vena cava. Rev. Asoc. Mex. Med. Crít. Ter. Intensiva. 2015 [citado: 22/08/2017];29(2):105-12. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-84332015000200008&lng=es

19. Monnet X, Teboul JL. Assessment of volume responsiveness during mechanical ventilation: recent advances. Crit Care. 2013 [citado: 23/08/2017];17:217. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3672529/>

20. Soni N, Arntfield R, Kory PD. Point of Care Ultrasound. 1st ed. Wisconsin: Saunders; 2015 [citado: 23/01/2019]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/point-of-care-ultrasound/soni/978-1-4557-7569-9>

21. Weekes AJ, Tassone HM, Babcock A, Quirke DP, Norton HJ, Jayarama K, et al. Comparison of serial qualitative and quantitative assessments of caval index and left ventricular systolic function during early fluid resuscitation of hypotensive emergency

- department patients. Acad Emerg Med. 2011 [citado: 23/02/2018];18(9):912-21. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21906201>
22. Barbier C, Loubieres Y, Schmit C, Hayon J, Ricome J-L, Jardin F, et al. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. Intensive Care Med. 2004 [citado: 23/01/2018];30(9):1740-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15034650>
23. 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 [citado: 24/03/2018];27(2):155-62. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.echo.2013.09.002>
24. Taneja K, Kumar V, Anand R, Pemde HK. Normative Data for IVC Diameter and its Correlation with the Somatic Parameters in Healthy Indian Children. Indian J Pediatr. 2018 [citado: 24/04/2018];85(2):108-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2440-z>
25. 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. Journal of Ultrasound in Medicine. 2015 [citado: 22/02/2018];34(6):1091-6. Disponible en: <https://doi.org/10.7863/ultra.34.6.1091>
26. Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. Ultrasound Med Biol. 2014 [citado: 24/07/2017];40(5):845-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.010>
27. Huang H, Shen Q, Liu Y, Xu H, Fang Y. Value of variation index of inferior vena cava diameter in predicting fluid responsiveness in patients with circulatory shock receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. Crit Care. 2018 [citado: 31/08/2018];22. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13054-018-2063-4>
28. 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 [citado: 23/11/2017];30(2):310-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24772133>
29. Bortolotti P, Colling D, Colas V, Voisin B, Dewavrin F, Poissy J, et al. Respiratory changes of the inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in spontaneously

breathing patients with cardiac arrhythmias. *Ann Intensive Care*. 2018 [citado: 20/08/2018];8(1):79. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13613-018-0427-1>

30. 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 [citado: 21/02/2018];84(10):757-62. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2433-y>

31. 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 [citado: 24/03/2018];84(10):751-6. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2382-5>

32. Sahu PK, Pal SR, Das AK. *Estimation and Inferential Statistics*. 1.^a ed. India: Springer; 2015 [citado 21 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://www.springer.com/us/book/9788132225133>

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los autores

Alfredo Carlos Rodríguez Portelles. Concepción y diseño de la investigación, recogida de datos, análisis estadístico, redacción y edición de informe final.

Alberto Rubén Piriz Assa. Revisión bibliográfica y recogida de datos.

Héctor Regino Díaz Águila. Revisión bibliográfica y redacción del artículo.

Arianna Maité Céspedes Rómulo. Revisión bibliográfica y tabulación de la información.

Raisa Rivas Carralero. Análisis estadístico.