



# Colombian Journal of Anesthesiology

## Revista Colombiana de Anestesiología

www.revcolanest.com.co

OPEN

Wolters Kluwer

## Ecocardiografía dirigida al paciente crítico: un entrenamiento para pediatras e intensivistas pediatras en una unidad de cuidado intensivo pediátrico

### Focused critical care echocardiography: training for pediatricians and paediatric intensivists in an intensive care unit

Carolina Puente-Reyes<sup>a,b</sup>, Hyalmar Plazas-Castro<sup>a,b</sup>,  
María Claudia Guzmán<sup>a,b</sup>, Oscar Javier León<sup>a,b</sup>,  
Ledys María Izquierdo<sup>a,b,d</sup>, Carlos Rodríguez<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Pediatría y Medicina Crítica-Cuidado Intensivo Pediátrico. Universidad el Bosque. Bogotá, Colombia

<sup>b</sup> Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico. Hospital Cardiovascular del Niño de Cundinamarca. Soacha, Colombia

<sup>c</sup> Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia

<sup>d</sup> Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico. Hospital Militar Central Bogotá, Colombia.

**Palabras clave:** Ecocardiografía, enfermedad crítica, pediatras, unidades de cuidados intensivos, médicos

**Keywords:** Echocardiography, Critical Illness, Pediatricians, Intensive Care Units, Physicians

#### Resumen

**Introducción:** La ecocardiografía, enfocada al cuidado crítico, se ha convertido hoy en día en una competencia necesaria del médico que labora en las unidades de cuidado intensivo pediátrico.

**Objetivo:** Evaluar un programa de entrenamiento teórico y práctico, diseñado para explorar la adquisición de habilidades en la obtención de imágenes y algunas medidas ecocardiográficas sugeridas para la ecocardiografía enfocada al cuidado crítico.

**Materiales y métodos:** Se realizó un entrenamiento teórico-práctico, de 26 horas de duración, por médicos pediatras y

pediatras intensivistas, bajo la tutoría de un cardiólogo pediatra. El programa incluyó análisis cualitativos de las variables pertenecientes a las ventanas básicas y cuantitativos de la ecocardiografía enfocada al cuidado crítico.

**Resultados:** Las diferencias significativas se presentaron entre tener conocimientos previos en ecocardiografía, que se asoció a un mejor puntaje en la ventana apical cuatro cámaras (media: 9,0 DE: 1,02 P=0,021), y mejor correlación con el cardiólogo pediatra en la medición de la funcionalidad del ventrículo izquierdo (media:92,2 DE:6,3 P=0,036).

**Conclusiones:** Este programa de entrenamiento fue útil para el entrenamiento en nivel básico de la ecocardiografía enfocada al

Cómo citar este artículo: Puente-Reyes C, Plazas-Castro H, Guzmán MC, León OJ, Izquierdo LM, Rodríguez C. Focused critical care echocardiography: training for pediatricians and paediatric intensivists in an intensive care unit. Colombian Journal of Anesthesiology. 2018;00:000-000.

Read the English version of this article on the journal website [www.revcolanest.com.co](http://www.revcolanest.com.co).

Copyright © 2018 Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (S.C.A.R.E.). Published by Wolters Kluwer. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Correspondencia: Hospital Cardiovascular del Niño de Cundinamarca. Carrera 1 Este No. 31-58. Soacha, Colombia. Correo electrónico: [ledysmai@gmail.com](mailto:ledysmai@gmail.com)

Colombian Journal of Anesthesiology (2018) Vol:No

<http://dx.doi.org/10.1097/CJ9.0000000000000087>

cuidado crítico, con un nivel óptimo en la adquisición de las principales ventanas ecocardiográficas, y para la toma de algunas medidas ecocardiográficas.

## Abstract

**Introduction:** Focused critical care echocardiography (FCCE) has become a necessary competency for physicians working in paediatric intensive care units.

**Objective:** To assess a theoretical and practical training program designed to explore skills acquisition for obtaining views and some echocardiographic measurements suggested for FCCE.

**Materials and methods:** A 26-hour long theoretical and practical training for paediatricians and paediatric intensivists under the guidance of a paediatric cardiologist. The program included qualitative analysis of the variables pertaining to basic echocardiographic windows, and quantitative analysis of FCCE.

**Results:** There were significant differences between having prior echocardiography knowledge, associated with a higher score in the four-chamber apical window (mean: 9.0; SD: 1.02;  $p=0.021$ ), and better correlation with the paediatric cardiologist regarding left ventricular function measurements (mean: 92.02; SD: 6.3;  $p=0.036$ ).

**Conclusions:** This program was useful for basic level training in FCCE with an optimal level of acquisition of the main echocardiographic windows and some echocardiographic measurements.

## Introducción

El propósito de la Ecocardiografía Enfocada al Cuidado Crítico (EECC)<sup>1,2</sup> con respecto a la ecocardiografía convencional, realizada por cardiólogos expertos, es la identificación temprana de cambios hemodinámicos que ayuden en el diagnóstico y toma de decisiones clínicas y terapéuticas.<sup>3,4</sup> Esta información crucial ha venido documentándose en los últimos 15 años, a través de múltiples estudios en adultos y niños.<sup>1,3-6</sup> Recomendaciones de la American Society of Echocardiography (ASE) refieren que no es necesario la toma de medidas cuantitativas en EECC<sup>7</sup> y hasta ahora no se ha probado su utilidad, con fines de investigación, dentro del escenario del cuidado intensivo.

En Colombia no hay programas de entrenamiento formal en EECC para pediatras que laboran en Unidades de Cuidado Intensivo Pediátrico (UCIP) y pediatras intensivistas, como tampoco estudios que documenten el rendimiento de estos. El objetivo de este estudio fue evaluar un programa de entrenamiento, limitado en tiempo de 26 horas teórico-prácticas de duración, "EECC" dirigido a pediatras e intensivistas pediatras que laboran en una UCIP. Además, pretende lograr y documentar la adquisición de habilidades, a través de medir la correlación entre los profesionales en entrenamiento y el cardiólogo pediatra que actuaría como Gold Standard, no

solo en la adquisición de imágenes que exige el nivel básico, sino también en la obtención de algunas medidas cuantitativas que sirvan en el escenario clínico y de investigación del cuidado crítico pediátrico.

## Metodología

### Diseño

Estudio analítico de corte transversal.

### Población

Las sesiones del entrenamiento práctico se llevaron a cabo con los pacientes que se encontraban en la unidad de cuidados intensivos del Hospital Cardiovascular del Niño de Cundinamarca (Soacha, Colombia), exceptuando los niños con malformaciones cardíacas o que se encontraban hemodinámicamente inestables, menores de 18 años. También se incluyeron niños sanos, de familias de funcionarios del hospital, que se citaron para este fin. Participaron cinco médicos pediatras y seis pediatras intensivistas, bajo la tutoría de un cardiólogo pediatra.

Se obtuvo la firma de consentimiento informado por parte de los padres de todos los niños a quienes se les realizó ecocardiogramas. También, fue aprobado por el comité institucional de ética e investigaciones del Hospital Cardiovascular del Niño de Cundinamarca mediante el Acta No. 024 del 23 de diciembre del 2017.

### Modelo de Capacitación y Contenido Curricular

**Fase 1.** Apertura: 15 días antes del desarrollo de curso se entregó el material bibliográfico de referencia sobre ecocardiografía básica, EECC y guías.<sup>4,8-10</sup> Se adjuntó un documento creado por los autores del programa de entrenamiento que contenía: principios del ultrasonido cardiovascular; formatos imagenológicos comunes; planos ecocardiográficos básicos: paraesternal, apical, subcostal y supraesternal; y una tabla con las mediciones básicas del ecocardiograma, enfocado en cuidado crítico, su ecuación y ventana para realizarla. Se requirió de cinco horas de autoaprendizaje.

**Fase 2.** Teórico-práctico dirigido por cardiólogo-intensivista pediatra, en dos sesiones presenciales, así:

Seis horas teóricas (Tabla 1). Se basó según las recomendaciones de las sociedades de ecocardiografía y cuidado crítico.<sup>11,7,12</sup>

Seis horas de práctica, supervisada por cardiólogo pediatra experto, en ecocardiografía y con la ayuda de tres equipos portátiles de ecocardiografía: Siemens Acuson CV70, GE Vivid 7 Ultrasound System y Phillips Sonos 5500. Los estudiantes completaron un total de tres EECC y se finalizó con la realización de un ecocardiograma completo por parte del cardiólogo pediatra experto (Tabla 2).

**Tabla 1. Contenido teórico de programa de entrenamiento.**

Principios básicos de ultrasonografía y ecocardiografía
Manejo general de los ecocardiógrafos portátiles
Anatomía cardíaca básica
Imágenes, ventanas y vistas ecocardiográficas
Generalidades sobre las modalidades a color y Doppler de los equipos de ecocardiografía
Evaluación subjetiva y objetiva de la función ventricular izquierda
Evaluación subjetiva y objetiva de la función ventricular derecha
Evaluación del estado de volumen intravascular, con cálculo de presión venosa central e índice de distensibilidad/colapsabilidad de la vena cava inferior
Evaluación general del pericardio y válvulas cardíacas, signos de taponamiento cardíaco
Signos indirectos de hipertensión pulmonar

Fuente: Autores.

**Fase 3.** Realización de al menos 20 ecocardiogramas (por parte de los estudiantes del programa) no supervisados, en pacientes hospitalizados en la UCIP; este número ha sido establecido en estudios previos.<sup>13,14</sup> Al final de esta fase se debió presentar una hoja de registro de los ecocardiogramas de practica realizados, la cual fue entregada al inicio del programa de entrenamiento (Anexo 1). Además, el examen se podía repetir en un paciente, pero en tiempos diferentes. Para esta fase se tuvo estipulado un total máximo de 4 semanas.

**Fase 4.** Presentación de un examen práctico presencial, bajo la supervisión y evaluación de un cardiólogo pediatra experto. Los criterios de elegibilidad para el examen final fueron haber cumplido el plan de estudios de capacitación, que corresponden a las 3 fases anteriormente descritas. En esta prueba se realizó EECC completa, con las 4 ventanas ecocardiográficas principales, y se solicitó la obtención de las siguientes medidas: inferencia de presión venosa central (PVC) por diámetro de la vena cava inferior (VCI) y variabilidad de este; índice de distensibilidad o colaps-

**Tabla 2. Programa práctico del entrenamiento.****Modo M:**

- Diámetro sistólico y diastólico del VI: ventana paraesternal eje largo
- Cálculo de fracción de acortamiento del VI: ventana paraesternal eje largo o eje corto en vista de músculos papilares
- Cálculo de la Fracción de Eyección (FeVI): ventana paraesternal eje largo o eje corto en vista de músculos papilares, ampliamente utilizado en pediatría<sup>15</sup>
- Cálculo de índice de distensibilidad/colapsabilidad de la VCI: ventana subcostal, vista VCI
- Calculo de TAPSE: ventana apical cuatro cámaras

**Modo 2D**

- Evaluación cualitativa de la función del VI: normal, o disfunción leve, moderada o severa
- Evaluación cualitativa de la función del VD: normal o disfunción leve, moderada o severa.
- Evaluación de signos indirectos de hipertensión pulmonar, en especial en ventana paraesternal eje corto y cuatro cámaras
- Evaluación de la presencia y severidad del derrame pericárdico y signos de taponamiento cardíaco
- Evaluación de la anatomía cardíaca normal y detección de anomalías incluyendo de manera global las cardiopatías congénitas
- Situs solitus

**Modo a color**

- Presencia y severidad de insuficiencia mitral o tricúspidea: leve, moderada o severa
- Presencia y permeabilidad de ductus arterioso persistente y fístula sistémico pulmonar

TAPSE: excursión sistólica del anillo tricuspideo, VI=ventrículo izquierdo, VD=ventrículo derecho, VCI=vena cava inferior.

Fuente: Autores.

Tabla 3. Descripción de la toma de las variables ecocardiográficas PVC, TAPSE, dVCI, FEVI en el modo M.

Nombre	Definición	Indicador
FEVI	La FEVI se realizó por el modo M o modo bidimensional. <sup>15</sup> El cálculo se deriva de la medición de la fracción de acortamiento (FA). Se debe medir del diámetro del VI al final de la sístole (ESD) y el final de la diástole (EDD) justo debajo de las valvas de la válvula mitral en las ventanas paraesternal de eje corto o largo y se calcula usando la fórmula $FA = EDD - ESD / EDD \times 100$	-Normal (FE $\geq$ 55%) -Ligeramente reducido (FE 41% –55%) -Moderadamente reducido (FE 31% –40%) -Marcadamente reducido (FE $\leq$ 30%)
dVCI	$dVCI = (D_{max} - D_{min}) / D_{min} \times 100$ , para paciente en ventilación mecánica invasiva  Índice de colapsabilidad de la VCI para pacientes extubados $(D_{max} - D_{min}) / D_{max} \times 100$	(dVCI > 18%) para respondedores a volumen y para no respondedores a volumen (dVIC <18%)  (dVCI > 36%) para respondedores a volumen y para no respondedores a volumen (dVIC <36%)
TAPSE	Vista apical de cuatro cámaras y valora la distancia de la excursión sistólica del segmento anular del VD, a lo largo de su plano longitudinal	Indica disfunción sistólica del VD cuando es menor a 16 mm en adultos y menor de 12 en niños <sup>15</sup>
PVC	La primera forma de evaluar la precarga y la capacidad de respuesta de los fluidos -por ecocardiografía- es mediante el análisis del diámetro de la vena cava inferior (VCI) y su variabilidad con inferencia de la presión venosa central (PVC)	-Diámetro de VCI menor de 1.5 y colapsa más del 50%: PVC entre 3 - 5 -Diámetro entre 1.5 y 2.1 y colapsa más del 50%: PVC entre 5 - 10 -Diámetro entre 1.5 y 2.1 y colapsa menos del 50%: PVC entre 10 - 15 -Diámetro mayor de 2.1 y colapsa menos del 50%: PVC entre 15 - 20 -VCI dilatada (mayor de 2.1) sin colapso: PVC mayor de 20

dVCI=Índice de distensibilidad de la VCI, Dmax=diámetro máximo, Dmin=diámetro mínimo, FE=fracción de eyección, FEVI=Fracción de eyección de ventrículo izquierdo, PVC=Presión venosa central, TAPSE=Desplazamiento Sistólico del Anillo Tricúspideo, VD=ventrículo derecho, VI: ventrículo izquierdo.

Fuente: Autores.

abilidad de la VCI (dVCI), teniendo en cuenta si el paciente se encontrara ventilado o no; excursión sistólica del anillo tricúspideo (TAPSE); y fracción de eyección del ventrículo izquierdo en modo M (FEVI) -que es el más ampliamente utilizado en la práctica clínica, especialmente en pacientes pediátricos-<sup>15</sup> (Tabla 3).

Se implementó la escala que desarrollo Gaudet y cols<sup>14</sup> para la evaluación de la calidad de las imágenes obtenidas; la cual consta de dos componentes:

En la primera sección, cada ventana ecocardiográfica de la EECC tenía una lista de chequeo de las principales estructuras a visualizar, la cual se evalúa con un puntaje que va desde 0 (imagen no obtenida o inadecuada para evaluación) hasta 2 (imagen óptima). Al final de la lista de chequeo se evaluaba la calidad de la ventana ecocardiográfica, lograda en términos de ganancia, profundidad y centralización de la imagen.

El segundo componente de evaluación de la escala fue la estimación de la calidad diagnóstica de las imágenes para revisar: función sistólica y tamaño del ventrículo izquierdo,

función sistólica y tamaño del ventrículo derecho, estado de volumen intravascular y presencia de derrame pericárdico. Cada ítem permitía una puntuación de 0 para imágenes inadecuadas que no permitían la realización de la evaluación diagnóstica, 1 para imágenes con calidad "borderline" en la evaluación diagnóstica, y 2 para imágenes que permiten la adecuada evaluación diagnóstica.<sup>14</sup> El rendimiento de cada estudiante, en la escala de evaluación en la adquisición de imágenes de Gaudet y cols, se calculó dividiendo el puntaje obtenido en cada ítem, sobre el puntaje máximo posible y expresado en porcentaje.

En cada uno de los pacientes, en quienes los estudiantes realizaron su examen final práctico, el cardiólogo pediatra experto realizó un ecocardiograma completo con la medición de las variables cuantitativas solicitadas, 15 minutos antes del examen del estudiante. Las medidas cuantitativas calculadas por los estudiantes se correlacionaban con las obtenidas por el cardiólogo pediatra experto, y se expresaron como porcentaje. Se tomó, como buen nivel de correlación, los valores por encima de 80%.

### Recolección de la información

Se recolectó en una hoja de Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA) las características de los estudiantes en entrenamiento tales como: edad, género, nivel educativo, entrenamiento previo en ecocardiograma, número de ecocardiogramas realizados previo al examen práctico, grado de satisfacción con el curso luego de la realización de entrenamiento en EECC sobre la utilidad y aplicabilidad del mismo en su quehacer profesional. Este último tenía una calificación de: no útil, poco útil o muy beneficioso.

Se registraron las variables ecocardiográficas<sup>14</sup> así: puntaje y rendimiento en ventana paraesternal eje largo (mínimo 0 puntos, máximo 12 puntos); ventana paraesternal eje corto (mínimo 0 puntos, máximo 18 puntos); puntaje y rendimiento en ventana ecocardiográfica apical 4 cámaras (mínimo 0 puntos, máximo 10 puntos); puntaje y rendimiento en ventana ecocardiográfica subcostal eje largo (mínimo 0 puntos, máximo 8 puntos); puntaje y rendimiento en ventana ecocardiográfica subcostal para vena cava inferior (mínimo 0 puntos, máximo 8 puntos); puntaje y rendimiento en calidad de imágenes para diagnóstica (mínimo 0 puntos, máximo 12 puntos); puntaje y rendimiento total obtenido en la escala evaluación de adquisición de imágenes diagnósticas de Gaudet y cols (mínimo 0 puntos, máximo 68 puntos); porcentaje de rendimiento total en la escala de evaluación para imágenes de Gaudet (mínimo 0%, Máximo 100%). El rendimiento se expresó en porcentaje así: puntaje estudiante x 100/ puntaje máximo).

Se registró la correlación del estudiante Vs. Cardiólogo pediatra en la realización de las mediciones,<sup>14</sup> así: TAPSE; FEVI; cálculo de PVC por inferencia por evaluación de diámetro de cava y variación de diámetro en ciclo respiratorio; dVCI (Valor mínimo: 0% Valor máximo: 100%).

### Análisis estadístico

Se realizó una prueba de normalidad Shapiro Wilk observando una distribución simétrica de los datos. Se realizó una estadística descriptiva usando estimaciones de proporciones y frecuencias relativas para las variables categóricas; y para las variables continuas se usaron medidas de tendencia central. La comparación entre las variables continuas se hizo mediante la prueba t de student para muestras independientes. Como variables predictoras se tomaron: tener conocimientos previos en ecocardiografía, nivel educativo y número de ecocardiogramas de entrenamiento realizados antes del examen práctico. Como variables de control se emplearon: los puntajes obtenidos en cada ventana ecocardiográfica (ventana paraesternal eje largo y corto, ventana apical cuatro cámaras y ventana subcostal eje largo y para VCI) y el porcentaje de correlación obtenido en cada medida ecocardiográfica con respecto al cardiólogo intensivista

experto (inferencia de PVC, dVCI, TAPSE y FEVI). Todos los análisis fueron realizados usando el Paquete Stata 8.0 (Stata Corporation, College Station, TX) y SPSS Statistics 23.

### Resultados

Participaron 11 estudiantes en el entrenamiento para EECC, de los cuales cinco (45.5%) fueron pediatras y seis (54.5%) pediatras intensivistas. La edad promedio fue de 39 años, con un rango entre 28 y 50 años. De la población de estudio, 45.5% tenían conocimientos previos en ecocardiografía (generalidades y realización de ecocardiografía en pediatría) y corresponden a la totalidad de los médicos pediatras intensivistas que participaron (Tabla 4).

El curso tuvo un total de 26 horas de duración. El total de EECC realizados durante el proceso de entrenamiento fue de 198 en pacientes internos en la UCIP, con una media de 18 exámenes ecocardiográficos por estudiante. No todos los estudiantes alcanzaron a realizar los 20 ecocardiogramas, debido al tiempo del estudio. Al finalizar el programa de entrenamiento, el 100% de los participantes lo catalogaron como muy útil para su quehacer profesional (Tabla 4). El programa de entrenamiento logró en general un rendimiento alto en la escala de evaluación de imágenes de Gaudet y cols, con una media de 94.5% y un promedio de nivel de correlación en las medidas realizadas también alto: 77.25% con respecto a cardiólogo pediatra experto (Tabla 5).

Tabla 4. Características de los estudiantes del programa de entrenamiento.

	n = 11 n (%)
Edad media x (mín.-máx.)	39 (28-50)
Género masculino n (%)	6 (54,5)
Nivel educativo n (%)	
Pediatra	5 (45,5)
Pediatras intensivistas	6 (54,5)
Conocimientos previos en ecocardiografía n (%)	
SI	5 (45,5)
Número ecocardiogramas realizados previo al examen x media (DE)	18 (3,5)
Grado satisfacción del estudiante n (%)	
Muy beneficioso	11 (100)

DE= desviación estándar, mín.=mínimo, máx.=máximo.  
Fuente: Autores.

Tabla 5. Puntajes y rendimientos de los estudiantes en la obtención de imágenes ecocardiográficas.

Ventana ecocardiográfica	Promedio de puntaje en la escala de evaluación de obtención de imágenes media (DE)	Rendimiento en la escala de evaluación de obtención de imágenes (%)
Promedio puntaje eje paraesternal largo × puntaje 0–12 puntos	11,4 (0,735)	95
Promedio puntaje eje paraesternal corto × puntaje 0–18 puntos	17,18 (0,815)	95,4
Promedio puntaje eje cuatro cámaras × puntaje 0–10 puntos	8,18 (1,0)	81,8
Promedio puntaje eje subcostal largo × puntaje 0–8 puntos	8 (0,0)	100
Promedio puntaje eje subcostal VCI × puntaje 0–8 puntos	7,9 (0,3)	98,3
Promedio calidad imagen × puntaje 0–12 puntos	11,8 (0,4)	98,3
Promedio puntaje de todas las vistas × puntaje 0–68 puntos	64,5 (2,2)	94,5

DE=desviación standard, VCI=vena cava inferior.  
Fuente: Autores.

Las ventanas ecocardiográficas con mejor puntuación promedio entre los estudiantes fue la ventana subcostal eje largo y ventana subcostal para VCI con un rendimiento en la escala de 100% y 98.3% respectivamente. La ventana con menor puntuación promedio y rendimiento (81.8%) fue la apical cuatro cámaras (Tabla 5).

La medida ecocardiográfica con la más alta correlación promedio, entre los estudiantes con cardiólogo pediatra experto, y con una correlación buena (mayor del 80%) fue la inferencia de PVC (100% de los estudiantes) seguida dVCI (81.8% de los estudiantes), TAPSE (72.7% de los estudiantes) y FEVI (54.5% de los estudiantes) (Tabla 6).

En la comparación de las variables continuas, mediante la prueba prueba t de student, solo se observaron diferencias significativas entre el tener conocimientos previos en ecocardiografía y la obtención de un mejor puntaje en la ventana apical cuatro cámaras (media: 9,0 DE: 1,02 P=0,021). Este conocimiento previo se asoció

Tabla 6. Correlación de los estudiantes en cada medida ecocardiográfica con respecto a cardiólogo pediatra.

Medida ecocardiográfica	Si n (%) n=11
Inferencia de PVC	11 (100)
Índice de distensibilidad de VCI	9 (81.8)
TAPSE	8 (72.7)
FEVI	6 (54.5)

Nota: Correlación positiva definida como un nivel de correlación mayor de 80% en cada medida ecocardiográfica con respecto a cardiólogo pediatra intensivista. PVC=Presión venosa central, VCI=vena cava inferior, TAPSE =Excursión sistólica del anillo tricúspideo, FEVI=fracción de eyección del ventrículo izquierdo, %=porcentaje, n=número.  
Fuente: Autores.

también a una mejor correlación con el cardiólogo pediatra en la medición de FEVI (media:92,2 DE:6,3 P=0,036). Además, se documentó que el realizar un mayor número de ecocardiogramas de entrenamiento (previo a la realización del examen práctico del curso, con una media de 18 exámenes ecocardiográficos por estudiantes) se asoció a un mejor puntaje obtenido en la sumatoria de todas las vistas (media:65,3 DE 1,9 P=0,038). Igualmente, fue suficiente para la obtención de algunas medidas de evaluación de volumen intravascular y función cardiaca, con un nivel de correlación mayor del 80% con cardiólogo intensivista pediatra experto (Tabla 5).

## Discusión

En general, el programa de entrenamiento EECC, de 26 horas de duración, logró un muy buen promedio de rendimiento en la escala de evaluación de imágenes de Gaudet y col<sup>14</sup> y un nivel de correlación muy alto para las mediciones con respecto a cardiólogo pediatra experto.

Estudios de los últimos años, incluyendo algunos pocos en pediatría, Gaspar y col<sup>15</sup> han documentado que un promedio entre 16 a 30 ecocardiogramas en programas de entrenamiento pueden ser suficientes para lograr una adecuada y óptima realización de EECC.<sup>7,13,15,16</sup> Sin embargo, en este nivel propuesto por la ASE y que equivale al nivel básico del American College of Chest Physicians/ La Societe de Reanimation de Langue Francaise,<sup>7</sup> solo se persigue la capacitación en obtención de imágenes ecocardiográficas y valoración cualitativa de la función cardiaca;<sup>7</sup> pero algunos estudios,<sup>15,17,18</sup> incluyendo éste, han encontrado que este número de ecocardiogramas también ha sido suficiente para la obtención de algunas medidas de evaluación de volumen intravascular y función cardiaca con un nivel de correlación mayor del 70% con cardiólogo y/o ecografista experto.

La anterior observación es de gran valor en el campo clínico -y de investigación- en cuidado intensivo, por lo que se propone la extensión de los objetivos del nivel básico de la American College of Chest Physicians/La Societe de Reanimation de Langue Francaise o del nivel I de la ASE, hacia el cálculo de estas medidas ecocardiográficas permitiendo además, optimizar y objetivar aún más las respuestas y diagnóstico que puede ofrecer la EECC a la cabecera del paciente.

Para las personas con experiencia previa probablemente este tipo de programas aporte más experticia y ayude en el mantenimiento de su nivel de entrenamiento. En comparación, este estudio documentó que 9 horas de tiempo real realizando ecocardiogramas, centrados en cuidado crítico por pediatras e intensivistas pediatras, permitieron un muy buen nivel de entrenamiento en el nivel básico de EECC y en la obtención de algunas medidas que evalúan de manera global la función del corazón.

La ventana ecocardiográfica con mejor rendimiento fue la ventana subcostal eje largo (98.75%) y con un menor rendimiento del 80% (81.8%) fue la ventana apical cuatro cámaras (Tabla 5). Se puede concluir que las vistas subcostales y paraesternales son las de más fácil obtención y que la curva de aprendizaje, para la obtención de una adecuada imagen cuatro cámaras, exige mayor entrenamiento y, por ende, mayor número de ecocardiogramas prácticos y mayor tiempo de aprendizaje a los utilizados en el presente estudio (18 exámenes y 26 horas respectivamente). La vista apical ha sido reconocida por la ASE como una de las ventanas ecocardiográficas de más difícil consecución incluso para cardiólogos en proceso de entrenamiento.<sup>7</sup>

En cuanto a las medidas ecocardiográficas que lograron una correlación mayor del 80%, en relación al cardiólogo pediatra, fueron la inferencia de PVC, dVCI y TAPSE, considerándolas como las de más fácil aprendizaje. La de más difícil aprendizaje -y que exige mayor entrenamiento- fue FEVI. Lo anterior documenta que la curva de aprendizaje y habilidad en EECC mejora al realizar un mayor número de exámenes ecocardiográficos, lo que supone una mayor experiencia, necesaria para mejorar el rendimiento en la ventana cuatro cámaras y nivel de correlación en FEVI con cardiólogo pediatra experto.

La disfunción y falla ventricular derecha se viene reconociendo y estudiando cada vez más en el ámbito del cuidado crítico; se ubica como un factor de morbilidad y mortalidad importante en los pacientes críticamente enfermos, no solo con patologías cardiovasculares, sino en las de más frecuente presentación en UCI: síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), sepsis y embolismo pulmonar.<sup>18,19</sup>

El estándar de oro para la medición de la función ventricular derecha, por su compleja geometría, es la resonancia nuclear magnética (RNM); nada útil en el escenario del cuidado crítico y menos si se quiere monitoría del VD a la cabecera del paciente y en tiempo

real, para guiar una terapia por objetivos dirigida a optimizar y mejorar la función ventricular derecha.<sup>20</sup>

El TAPSE, junto con la fracción de cambio de área del VD, parecen que han validado estas características en los últimos años.<sup>20,21</sup> La ASE<sup>7,8</sup> considera que el TAPSE se obtiene fácilmente y es una medida de la función longitudinal del VD. A pesar de que solo mide la función longitudinal, ha mostrado buena correlación con técnicas que estiman la función sistólica global del VD y debe ser parte de la evaluación sistemática de las cavidades derechas.<sup>8</sup>

El presente estudio exploró, por primera vez, la posibilidad de entrenamiento en la medición de TAPSE dentro del currículo de nivel básico en EECC para evaluar la función del VD en el escenario crítico. Fue, en promedio, la segunda medida con mejor correlación con cardiólogo experto y la tercera con mayor número de estudiantes logrando un nivel de correlación por encima del 80% (8 de 11 estudiantes). Estos hallazgos sugieren que el TAPSE puede ser introducido dentro de la realización de EECC como una herramienta útil y poderosa para la evaluación cuantitativa de la función sistólica del VD.

### Fortalezas

El presente estudio exploró, por primera vez, la posibilidad de entrenamiento en la medición de TAPSE dentro del currículo de nivel básico en EECC para evaluar la función del VD en el escenario crítico. Este estudio es el primero en Colombia en establecer la curva de aprendizaje, durante todo el entrenamiento de los pediatras e intensivistas pediatras. Demuestra que son capaces de realizar EECC en niños críticamente enfermos y enfatiza que cada vez que haya dudas sobre la presencia de anatómica o anomalías funcionales, el caso siempre debe ser discutido y reevaluado por un cardiólogo pediatra.

### Limitaciones

Dentro de las principales limitaciones se encontró el número pequeño de estudiantes que participaron en él, para hacer otro tipo de análisis. La mayoría de los estudiantes del programa de entrenamiento laboran en una UCIP, con énfasis cardiovascular y aunque no tengan conocimientos previos en ecocardiografía, sí han estado expuestos a ella.

### Conclusiones

Este programa de entrenamiento fue útil para lograr el nivel básico en EECC, con un nivel de rendimiento óptimo en la adquisición de las principales ventanas y la toma de algunas medidas ecocardiografías que evalúan el estado de la volemia, la respuesta a líquidos y la función del ventrículo izquierdo y derecho; luego de un currículo de

26 horas y la realización de 18 ecocardiogramas en la fase práctica del programa.

Un aporte importante fue documentar que el TAPSE, dentro del nivel básico de EECC, puede lograr muy buenos niveles de correlación y así lograr una medida más objetiva de la función del VD y una monitorización a la cabecera del paciente del VD. Este tipo de capacitación es el inicio de la exploración de la EECC pediátrico en Colombia con fines académicos, clínicos y de investigación a la cabecera del paciente.

### Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

### Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este artículo.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### Referencias

- Oren-Grinberg A, Talmor D, Brown SM. Concise Definitive Review: Focused Critical Care Echocardiography in the ICU. *Crit Care Med* 2013;41 11:2618–2626.
- Beaulieu Y. Specific skill set and goals of focused echocardiography for critical care clinicians. *Crit Care Med* 2007;35 (5 Suppl): S144–S149.
- Singh Y. Echocardiographic Evaluation of Hemodynamics in Neonates and Children. *Front Pediatr* 2017;15 5:201.
- Amaral Gaspar H, Saady Morhy S. The Role of Focused Echocardiography in Pediatric Intensive Care: A Critical Appraisal. *BioMed Research International* 2015;2015:1–7.
- Manasia AR, Nagaraj HM, Kodali RB, Croft LB, Oropello JM, Kohli-Seth R, et al. Feasibility and potential clinical utility of goal-directed transthoracic echocardiography performed by noncardiologist intensivists using a small handcarried device (SonoHeart) in critically ill patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2005;19 2:155–159.
- Noritomi DT, Vieira MLC, Mohovic T, Bastos JF, Cordioli RL, Akamine N, et al. Echocardiography for Hemodynamic Evaluation In The Intensive Care Unit. *Shock* 2010;34 7:59–62.
- Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, Pellikka PA, Rahko PS, Siegel RJ. Focused Cardiac Ultrasound: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26 6:567–581.
- Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines and standards. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685–713.
- Harjola V-P, Mebazaa A, Melutkienė J, Bettex D, Bueno H, Chioncel O, et al. Contemporary management of acute right ventricular failure: a statement from the Heart Failure Association and the Working Group on Pulmonary Circulation and Right Ventricular Function of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail* 2016;18 3:226–241.
- 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 12:1413–1430.
- Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A, et al. American College of Chest Physicians/La Société de Réanimation de Langue Française Statement on Competence in Critical Care Ultrasonography. *CHEST* 2009;135 4:1050–1060.
- Price S, Via G, Sloth E, Guarracino F, Breittkreutz R, Catena E, et al. Echocardiography practice, training and accreditation in the intensive care: document for the World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS). *Cardiovasc Ultrasound* 2008;6 6:49.
- Millington SJ, Hewak M, Arntfield RT, Beaulieu Y, Hibbert B, Koenig S, et al. Outcomes from extensive training in critical care echocardiography: Identifying the optimal number of practice studies required to achieve competency. *J Crit Care* 2017;40:99–102.
- Gaudet J, Waechter J, McLaughlin K, Ferland A, Godinez T, Bands C, et al. Focused Critical Care Echocardiography: Development and Evaluation of an Image Acquisition Assessment Tool. *Crit Care Med* 2016;44 6:e329–e335.
- Gaspar HA, Morhy SS, Lianza AC, de Carvalho WB, Andrade JL, do Prado RR, et al. Focused cardiac ultrasound: a training course for pediatric intensivists and emergency physicians. *BMC Med Educ* 2014;14:25.
- See KC, Ong V, Ng J, Tan RA, Phua J. Basic Critical Care Echocardiography by Pulmonary Fellows: Learning Trajectory and Prognostic Impact Using a Minimally Resourced Training Model. *Crit Care Med* 2014;42 10:2169–2177.
- Croft LB, Duvall WL, Goldman ME. A Pilot Study of the Clinical Impact of HandCarried Cardiac Ultrasound in the Medical Clinic. *Echocardiography* 2006;23 6:439–446.
- Longjohn M, Wan J, Joshi V, Pershad J. Point-of-care Echocardiography by Pediatric Emergency Physicians. *Pediatr Emerg Care* 2011;27 8:693–696.
- Guzmán MC, Izquierdo LM, Carvajal D, Duque B, Rodriguez C. Clinical Outcomes of Pulmonary Hypertension in Children with Pneumonia and Respiratory Failure. *J Respir Disord* 2017;2 1:1–6.
- Krishnan S, Schmidt GA. Acute Right Ventricular Dysfunction: Real-Time Management With Echocardiography. *CHEST* 2015;147 3:835–846.
- Ventetuolo CE, Klinger JR. Management of Acute Right Ventricular Failure in the Intensive Care Unit. *Ann Am Thorac Soc* 2014;11 5:811–822.



### Anexo 1. Ecocardiogramas realizados como entrenamiento previos a la evaluación escrita.

ECOCARDIOGRAMAS PREVIOS A EVALUACION ESCRITA																				
NOMBRE ESTUDIANTE:																				
DIAGNOSTICO:															Edad(m):					
Vista subcostal	I	A	MB	Paraesternal largo	I	A	MB	Paraesternal corto	I	A	MB									
Vista 4 camaras	I	A	MB	Vista 5 camaras	I	A	MB	Eje Supraesternal	I	A	MB									
FEVI	%	S	N	PSAP	mmHg	S	N	TAPSE	cm	S	N	VCI	%	S	N					
Area fraccional	%	S	N	Otros																
DIAGNOSTICO:																				
DIAGNOSTICO:															Edad(m):					
Vista subcostal	I	A	MB	Paraesternal largo	I	A	MB	Paraesternal corto	I	A	MB									
Vista 4 camaras	I	A	MB	Vista 5 camaras	I	A	MB	Eje Supraesternal	I	A	MB									
FEVI	%	S	N	PSAP	mmHg	S	N	TAPSE	cm	S	N	VCI	%	S	N					
Area fraccional	%	S	N	Otros																
DIAGNOSTICO:																				
DIAGNOSTICO:															Edad(m):					
Vista subcostal	I	A	MB	Paraesternal largo	I	A	MB	Paraesternal corto	I	A	MB									
Vista 4 camaras	I	A	MB	Vista 5 camaras	I	A	MB	Eje Supraesternal	I	A	MB									
FEVI	%	S	N	PSAP	mmHg	S	N	TAPSE	cm	S	N	VCI	%	S	N					
Area fraccional	%	S	N	Otros																
DIAGNOSTICO:																				
DIAGNOSTICO:															Edad(m):					
Vista subcostal	I	A	MB	Paraesternal largo	I	A	MB	Paraesternal corto	I	A	MB									
Vista 4 camaras	I	A	MB	Vista 5 camaras	I	A	MB	Eje Supraesternal	I	A	MB									
FEVI	%	S	N	PSAP	mmHg	S	N	TAPSE	cm	S	N	VCI	%	S	N					
Area fraccional	%	S	N	Otros																
DIAGNOSTICO:																				
DIAGNOSTICO:															Edad(m):					
Vista subcostal	I	A	MB	Paraesternal largo	I	A	MB	Paraesternal corto	I	A	MB									
Vista 4 camaras	I	A	MB	Vista 5 camaras	I	A	MB	Eje Supraesternal	I	A	MB									
FEVI	%	S	N	PSAP	mmHg	S	N	TAPSE	cm	S	N	VCI	%	S	N					
Area fraccional	%	S	N	Otros																

Fuente: Autores.