

Revisión Narrativa

El Quinto Elemento del Examen Físico Moderno: Ecografía Crítica Pediátrica

The Fifth Element of the Modern Physical Examination: Critical Pediatric Ultrasound

Javier Ponce ¹, Reynaldo Carvajal Choque ², David Pascual Rojas Flores ³, Joaquín Martínez Rivero ⁴, Edwin Mauricio Cantillano Quintero ⁵, María Lellis Figueroa Russo ⁶, Patrick Danny Caqui Vilca ⁷, Eduardo Tomás Alvarado ⁸, Daniela Vallejos ⁹, Cecilia Judith Taboada Palomino ¹⁰.

¹ Hospital Dr. Guillermo Rawson, San Juan, Argentina. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

² Hospital Petrolero La Paz, Bolivia. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

³ Hospital General Regional No. 1 del Instituto Mexicano del Seguro Social, Querétaro, México. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

⁴ Asociación Venezolana de Ultrasonido en Medicina (AVUM). Venezuela. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

⁵ Hospital Regional del Norte, Instituto Hondureño Seguridad Social, San Pedro Sula, Honduras. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

⁶ Hospital Dr. Guillermo Rawson, San Juan, Argentina. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

⁷ Instituto Nacional de Salud del Niño San Borja, Perú. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

⁸ Hospital General Regional 17, Instituto Mexicano del Seguro Social, Quintana Roo, México. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

⁹ Hospital General de Niños Pedro Elizalde, Hospital Garrahan, Argentina. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

¹⁰ Hospital Regional Docente de Trujillo. Perú. Miembro fundador USPed Latinoamérica.

Miembros fundadores USPed Latinoamérica.

Editor

Diego Escarraman Martínez , Jorge M Antolinez-Motta .

Chair

Gerardo Alberto Solís Pérez .

Abstract

The use of bedside ultrasound (POCUS) has generated a paradigm shift in pediatric medical care, allowing immediate visualization and interpretation of images. This tool has gained widespread acceptance among pediatricians, improving the accuracy and safety of various assessments and procedures. Recent guidelines from the American Heart Association and the European Society of Pediatric and Neonatal Intensive Care have defined recommendations and training standards for pediatric and neonatal POCUS, including cardiac, pulmonary, vascular, cerebral, and abdominal applications. These guidelines constitute a framework for its clinical application and the development of training programs for physicians and other healthcare professionals, and it has become the fifth element of the physical examination. This narrative review summarizes and describes the current application

and prospects of this tool with regard to artificial intelligence and new technologies related to critical ultrasound.

Keywords

Point-of-Care Ultrasound, Pediatric Intensive Care Units, patient safety.

Resumen

La utilización del modelo de ecografía en la cama del niño enfermo, POCUS por sus siglas en inglés (Point of Care Ultrasound) ha generado un cambio de paradigma en la atención médica pediátrica, permitiendo una visualización e Interpretación inmediata de imágenes. Esta herramienta, se ha posicionado con buena aceptación entre los pediatras, mejorando la precisión y seguridad en la ejecución de diferentes valoraciones

y procedimientos. Guías recientes de la American Heart Association y la Sociedad Europea de Terapia Intensiva Pediátrica y Neonatal han definido recomendaciones y estándares de entrenamiento en POCUS pediátrico y neonatal, incluyendo aplicaciones cardíacas, pulmonares, vasculares, cerebrales y abdominales. Estas pautas constituyen un marco para su aplicación clínica y desarrollo de programas de formación para médicos y otros profesionales de la salud y se ha convertido en el quinto elemento de el examen físico. En esta revisión narrativa se resume y describe la aplicación actual y perspectivas de esta herramienta en lo que respecta a inteligencia artificial y nuevas tecnologías relacionadas con la ecografía crítica.

Palabras clave

Ultrasonido en el punto de atención, paciente crítico pediátrico, seguridad del paciente.

Abreviaturas

BAUS	Bioadhesive Ultrasound
DTC	Ecografía Doppler Transcraneal
DTCC	Ecografía Doppler Dúplex Transcraneal Codificada por Color
DVNO	Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico
DVNO/DTO	Relación del diámetro de la vaina del nervio óptico con el diámetro transversal ocular
DVNO/DVO	Relación del diámetro de la vaina del nervio óptico con el diámetro vertical ocular
FA	Fracción de acortamiento
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
FEVI	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo
IA	Inteligencia Artificial
LCT	Lesión Cerebral Traumática
LCTG	Lesión Cerebral Traumática Grave
PIC	Presión Intracraneal
PL	Punción Lumbar
POCUS	Point-of-Care Ultrasound
RCP	Reanimación Cardiopulmonar
SVI	Volumen sistólico
SVRI	Índice de resistencias vasculares sistémicas
TAPSE	Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion
TC	Tomografía Computarizada
TET	Tubo endotraqueal
US	Ultrasonido
VCI	Vena Cava Inferior
VExUS	Venous Excess Ultrasound Score

Introducción

En la última década, la ecografía al pie de la cama o Point-of-Care Ultrasound ha experimentado un crecimiento notable en pediatría, con aplicaciones y publicaciones que respaldan su utilidad y confiabilidad. Esta técnica se define como la adquisición, interpretación e integración clínica inmediata de imágenes ecográficas realizadas por el propio clínico, sin restringirse a especialidad, protocolo o sistema anatómico¹. El ultrasonido es energía mecánica (16 kHz-100 MHz) generada por cristales piezoeléctricos que convierten la corriente eléctrica en ondas y viceversa. Según la frecuencia, el transductor puede priorizar resolución o profundidad, con sondas convexas, microconvexas, lineales o sectoriales. Las imágenes se clasifican como hiperecoicas (blancas), isoecoicas (grises) o anecoicas (negras)². La ecografía crítica ofrece ventajas como evitar movilizar al paciente, carecer de radiación y permitir repeticiones según necesidad, guiando procedimientos y evaluando la respuesta terapéutica. Estudios muestran que confirma el diagnóstico en hasta el 50% de los casos y lo modifica en un 23%³.

Guías recientes de la American Heart Association y la Sociedad Europea de Terapia Intensiva Pediátrica y Neonatal han definido recomendaciones y estándares de entrenamiento en POCUS pediátrico y neonatal, incluyendo aplicaciones cardíacas, pulmonares, vasculares, cerebrales y abdominales⁴. En 2023, la American Heart Association publicó una guía con el objetivo de optimizar el uso de la ecografía cardíaca de punto de atención (POCUS) en pacientes pediátricos. Este documento ofrece recomendaciones detalladas sobre los requisitos de infraestructura, la capacitación y la calidad del entrenamiento necesarios para su correcta aplicación, la guía subraya que su propósito es orientar a los clínicos, no limitar el uso del POCUS a los cardiólogos, y establece claramente los escenarios clínicos en los que el POCUS es una herramienta adecuada en comparación con una ecocardiografía completa realizada por un especialista⁵. Estas pautas constituyen un marco para su aplicación clínica y desarrollo de programas de formación para médicos y otros profesionales de la salud.

La experiencia acumulada demuestra que la ecografía a pie de cama es una extensión del examen físico, mejorando su precisión y facilitando diagnósticos tempranos, por eso se lo considera actualmente el quinto elemento del examen físico de este siglo⁶. En varios países y regiones de Latinoamérica ya se la incorpora como competencia obligatoria en la formación de especialistas en terapia intensiva pediátrica y emergencias pediátricas.

En esta revisión narrativa se resume la aplicación actual y perspectivas de esta herramienta. Objetivos: Describir las actuales aplicaciones del POCUS en el contexto del paciente pediátrico crítico. Relatar las perspectivas en lo que respecta a inteligencia artificial y nuevas tecnologías relacionadas con

la ecografía crítica. Esta revisión narrativa se basa en una búsqueda bibliográfica en MEDLINE, PubMed y Google Académico, donde se buscó la evidencia disponible de reportes de casos, metaanálisis, y revisiones bibliográficas y sistemáticas. La búsqueda se limitó a la literatura publicada en inglés y en español hasta marzo de 2025. Los estudios relevantes se identificaron mediante la revisión de títulos y resúmenes. Se eliminaron los duplicados.

POCUS pulmonar

Los pulmones sanos no pueden visualizarse directamente con ultrasonografía, debido a la gran diferencia entre la impedancia acústica de los tejidos blandos y el aire. Además, se genera reflexión del eco en la línea pleural. La ecografía crítica pulmonar se basa en la interpretación de los artefactos generados por el pulmón enfermo y con niveles variables de aireación. La misma semiología ecográfica se observa en adultos y neonatos críticos⁶, cambiando en el número de lugares a insonar en caso de realizarse una evaluación cuantitativa (< 1 año y neonatos > 48 h siendo en 5 zonas; ≥ 1 año siendo 6 zonas de insonación)⁷.

La ecografía crítica pulmonar debe utilizarse ajustado a los contextos clínicos y tratando de responder preguntas específicas. Debemos tener en cuenta algunas limitaciones, como las siguientes: no puede determinar el tamaño del neumotórax, su utilidad es limitada para detectar la hiperinsuflación pulmonar, no puede evaluar zonas parahiliares y mediastinales así como la visualización de la zona subescapular, dificultad en la visualización pulmonar en pacientes obesos, no poder observar pleura y pulmón ante la presencia de enfisema subcutáneo (líneas E) o el tener vendajes torácicos puede limitar la visualización torácica y pulmonar (siendo en ocasiones imposible).

A la fecha, la radiografía de tórax es considerada el estudio de elección para la visualización de la posición del tubo endotraqueal posterior a la intubación⁸, aunque el uso del US actualmente es junto a la Capnografía la mejor manera de corroborar inmediatamente la intubación, así como evitar la ventilación selectiva (ver en procedimientos) al observarse deslizamiento pleural y líneas A en ambos pulmones. En presencia de un neumotórax se observarán las llamadas líneas A (líneas horizontales equidistantes de la piel a la pleura repitiéndose hasta la profundidad de insonación), pero con ausencia de desplazamiento pleural en el sitio donde se encuentre el neumotórax y ausencia de líneas B, que en el contexto de clínica concomitante avala fuertemente el diagnóstico, siendo el punto pulmonar (lugar donde coincide el deslizamiento pleural con la ausencia de este) el signo con mayor especificidad para neumotórax. Si se coloca el Modo M en el sitio del neumotórax, se observará el signo

de la estratósfera o código de barras, que reemplaza al signo normal de la playa. (Video 1)

Al presentarse una afectación del parénquima pulmonar, se visualizarán las llamadas líneas B pulmonares (líneas verticales que siguen el movimiento del deslizamiento pleural borrando las líneas A), que incluso pueden ser coalescentes, traduciendo una mayor gravedad. La insonación pulmonar nos sirve para valorar efectos adversos de exceso del aporte de fluidos o detectar datos de falla cardíaca al presentarse congestión y observarse líneas B bilaterales de predominio en sitios posteriores por efecto de gravedad. En caso de contusión pulmonar, dichas líneas se observarán en los sitios de contusión. En caso de neumonía, las líneas B puede ser asimétricas (focales) o bilaterales. La presencia de broncograma aéreo dinámico (móvil con los movimientos de inspiración y espiración) y la presencia de coloración dentro de la consolidación al colocar el Modo Doppler Color, son sugestivas de neumonía.

En presencia de derrame pleural se observa una imagen negra que en ultrasonido se conoce como anecoica, siendo esta una imagen real y no un artefacto. Al colocar el Modo M, observaremos el signo de la sinusoide, al variar la altura del líquido pleural con la inspiración y espiración. (Imagen 1) En caso de atelectasias, se observará el broncograma aéreo estático (fijo) y al colocar el Modo Doppler Color este se verá negativo (ausencia de flujo), orientando a la detección de tejido pulmonar sin ventilación activa. Existe un patrón pulmonar llamado de consolidación o patrón C, cuando la pérdida de aireación es mayor y llegando a afectar incluso la línea pleural y observándose incluso el tejido pulmonar similar a tejido hepático. Este patrón C se observa en neumonías, síndrome de dificultad respiratoria aguda y contusiones pulmonares. Siendo importante el contexto del paciente para poder llegar al diagnóstico que ocasiona dichas líneas B.

En el caso de la neumonía en pediatría, el ultrasonido no otorga información acerca de la etiología viral, bacteriana, micótica, etc., por lo que debemos complementar con laboratorio y estudios microbiológicos para poder lograr la mayor identificación causal⁹. Sin embargo, la ecografía pulmonar tiene una alta sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de neumonía, superando incluso a la radiografía torácica. Se debe tomar en cuenta, que el 28% de las lesiones en una neumonía identificadas por US pulmonar no son visibles en la radiografía. Aunque el diafragma no forma parte del parénquima pulmonar, está ligado al funcionamiento del sistema respiratorio y es el músculo principal de la respiración. Su evaluación por ultrasonido permite evaluar parálisis diafrágica unilateral o bilateral, afectaciones en su movimiento caudal y cefálico (excursión diafrágica), repercusiones en su grosor (reflejando disfunción muscular). Incluso, se está evaluando su aplicabilidad en asincronías en pediatría, bron-

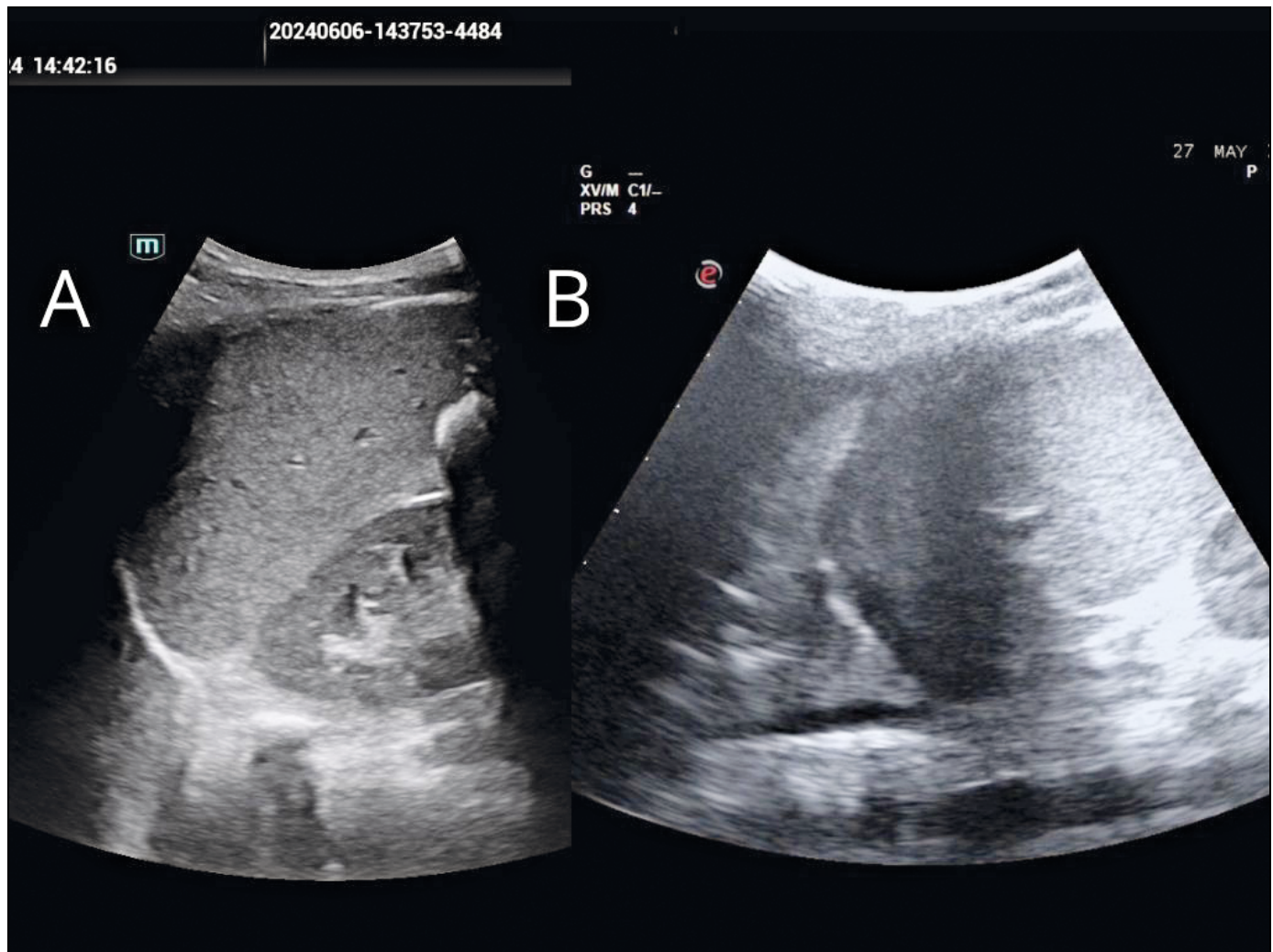


Imagen 1. Punto “Posterolateral Alveolar and/or Pleural Syndrome” (PLAP por sus siglas en inglés) Normal vs derrame con atelectasia. A: Punto PLAP izquierdo normal. B: Derrame con broncogramas y patrón de consolidación.

quiolitis, uso de presión positiva la final de la espiración y en el retiro de la ventilación mecánica¹⁰.

POCUS y hemodinámica

El POCUS cardiaco es una herramienta de primera línea en el paciente con inestabilidad hemodinámica ya que aporta datos cuantificables, fiables y no invasivos¹¹. Su aplicación no se limita a la evaluación estática en la etiología del shock inicial, también permite guiar la elección del tratamiento efectivo y la monitorización dinámica y continua de su evolución.

Podemos diferenciar 3 momentos para la evaluación:

- Evaluación inicial: La realizamos en el primer contacto con el paciente y nos orientara acerca de la etiología de shock.
Shock obstructivo con visualización de taponamiento cardíaco.

Shock cardiogénico, observamos caída de la contractilidad mediante la evaluación cualitativa o la medición de la fracción de acortamiento (FA) y de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI). (Video 2)

Shock hipovolémico con alta contractilidad de ventrículo izquierdo y colapso inspiratorio de la vena cava inferior (VCI) en la respiración sin presión positiva.

- Monitoreo hemodinámico: El monitoreo hemodinámico es esencial para el diagnóstico y tratamiento en cuidados críticos, permite la medición de variables hemodinámicas clave en tiempo real, previo y posterior a realizar las terapéuticas necesarias (infusión de líquidos, hemoderivados, vasoactivos, etc.). El mismo se basa en la evaluación de perfusión y congestión para optimizar el tratamiento. Lo realizamos mediante las medidas específicas de evaluación de función ventricular derecha (TAPSE), función sistólica (FEVI) y disfunción diastólica del ventrículo izquierdo. Además, en una evaluación eco-

cardiográfica avanzada del paciente grave, se mide gasto cardíaco con índice cardíaco, volumen sistólico (SVI); índice de resistencias vasculares sistémicas (SVRI), resistencias vasculares (sistémicas, pulmonares), entre otras. La monitorización incluye análisis volumétricos y de presión para optimizar la perfusión tisular¹².

Post estabilización: con la evaluación posterior podremos diagnosticar estados de sobrecarga hídrica visualizando líneas B pulmonares y colapsabilidad de VCI, los cuales nos sirven de herramienta para predecir intolerancia a fluidos. (Imagen 2) Otra herramienta útil es el Doppler venoso o VExUS que nos aporta información de congestión venosa hepática, portal y renal. Una congestión no tratada o mal evaluada se asocia con mayor riesgo de eventos adversos, hospitalizaciones y empeoramiento de la función renal en el paciente crítico con una especificidad del 80-85%.¹³.

Uno de los puntos con mayor evidencia es que la ecografía crítica no debe utilizarse para el diagnóstico de defectos

cardíacos congénitos, a menos que los pediatras y neonatólogos hayan realizado una especialización para ese fin⁴.

Durante la reanimación cardiopulmonar (RCP), el ultrasonido a pie de cama (POCUS) ha sido propuesto como herramienta para identificar causas reversibles como taponamiento cardíaco, tromboembolismo pulmonar masivo, neumotórax a tensión o hipovolemia severa. Las guías internacionales relacionadas a RCP, coinciden en que su uso no debe ser rutinario ni emplearse como criterio aislado de pronóstico¹⁴⁻¹⁶. Señalan que puede considerarse únicamente si lo realiza personal entrenado, dentro de pausas ≤ 10 segundos y bajo protocolos preestablecidos, ya que la principal limitación reportada es la prolongación de interrupciones en las compresiones torácicas¹⁷. La evidencia en adultos muestra que la ausencia de actividad cardíaca ("cardiac standstill") se asocia con baja probabilidad de retorno de circulación espontánea, aunque este hallazgo no justifica la suspensión de maniobras por riesgo de sesgo de profecía autocumplida¹⁸. En pediatría, la literatura es escasa y se limita a estudios de factibilidad y reportes de caso, sin demostrar impacto en la supervivencia ni

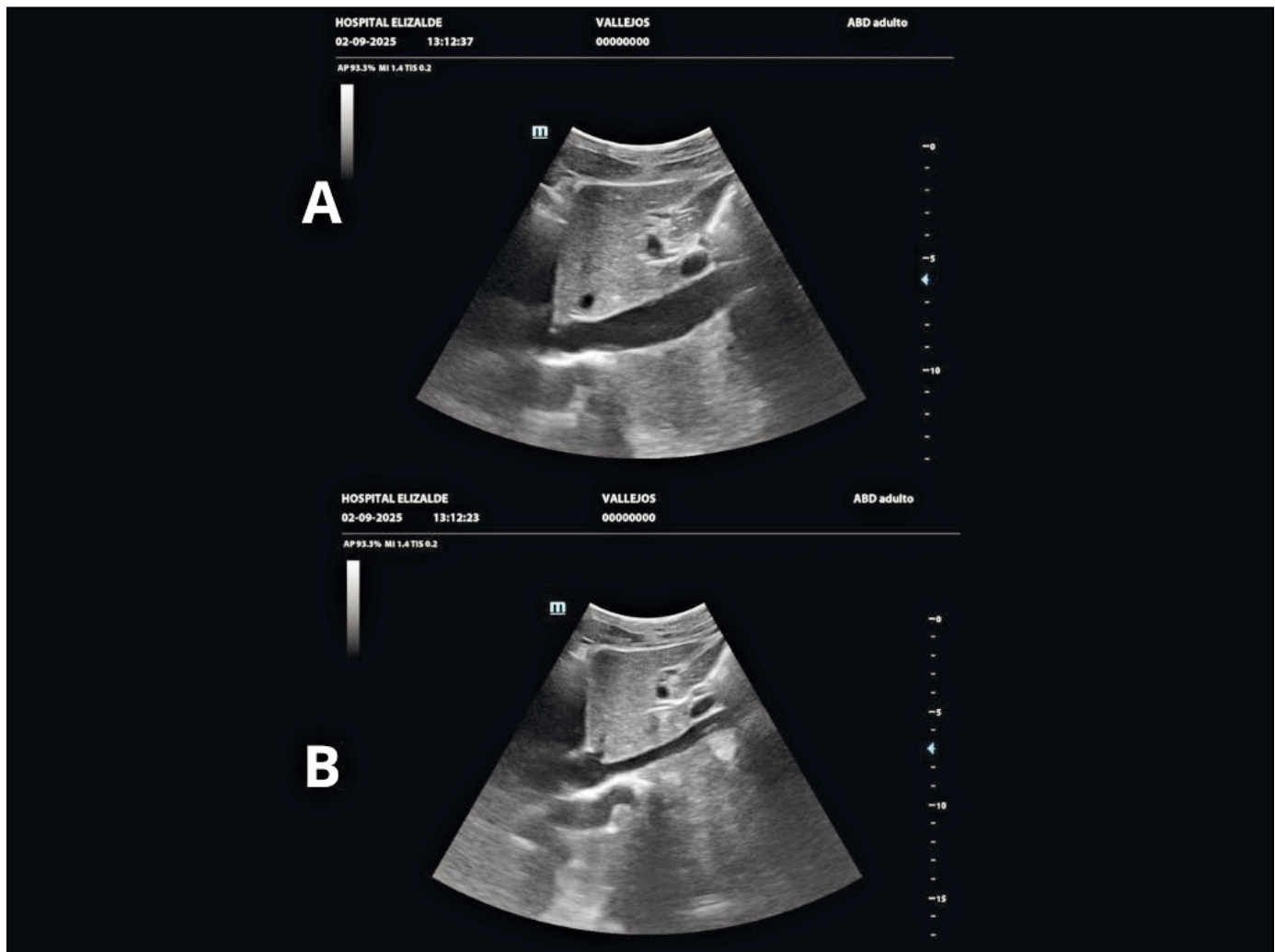


Imagen 2. Vena Cava Inferior. A: Diámetro máximo. B: Diámetro mínimo.

en los desenlaces neurológicos. Los trabajos disponibles confirman que es posible obtener imágenes interpretables en menos de 10 segundos, aunque existe alta variabilidad en la capacidad de diferenciar actividad cardíaca residual de "standstill"¹⁹. Por ello, las recomendaciones actuales sugieren aplicar los mismos principios que en adultos: limitar la ecografía a operadores entrenados, emplearla como complemento diagnóstico y evitar su uso como herramienta pronóstica exclusiva. El potencial del POCUS pediátrico radica en guiar intervenciones dirigidas a causas tratables durante la RCP, siempre priorizando la continuidad y calidad de las compresiones.

POCUS abdominal

El ultrasonido es una herramienta versátil e indispensable en el diagnóstico y manejo de patología abdominal en Pediatría tanto en la emergencia como en la consulta clínica, compren-

diendo hasta casi un 10% de los motivos de atención médica de acuerdo con la Asociación Americana de Pediatría²⁰. Trauma de abdomen cerrado: La ecografía focalizada en trauma (FAST) es un estudio enfocado en la detección rápida de líquido libre intraabdominal, pericárdico o pleural en pacientes pediátricos con trauma abdominal cerrado. Sus principales ventajas son la ausencia de radiación y la posibilidad de realizarse de manera inmediata durante la evaluación inicial o la reanimación. En población pediátrica, el FAST muestra limitaciones diagnósticas: su sensibilidad para identificar lesiones intraabdominales es baja (27-35%), mientras que la especificidad es alta (91-96%). Esto significa que un estudio positivo tiene un elevado valor predictivo para hemoperitoneo, pero un resultado negativo no descarta lesión, por lo que no debe considerarse un método único para excluir daño abdominal. Así, su mayor utilidad radica en pacientes inestables, donde puede acelerar decisiones quirúrgicas, mientras que en pacientes estables debe complementarse con observación

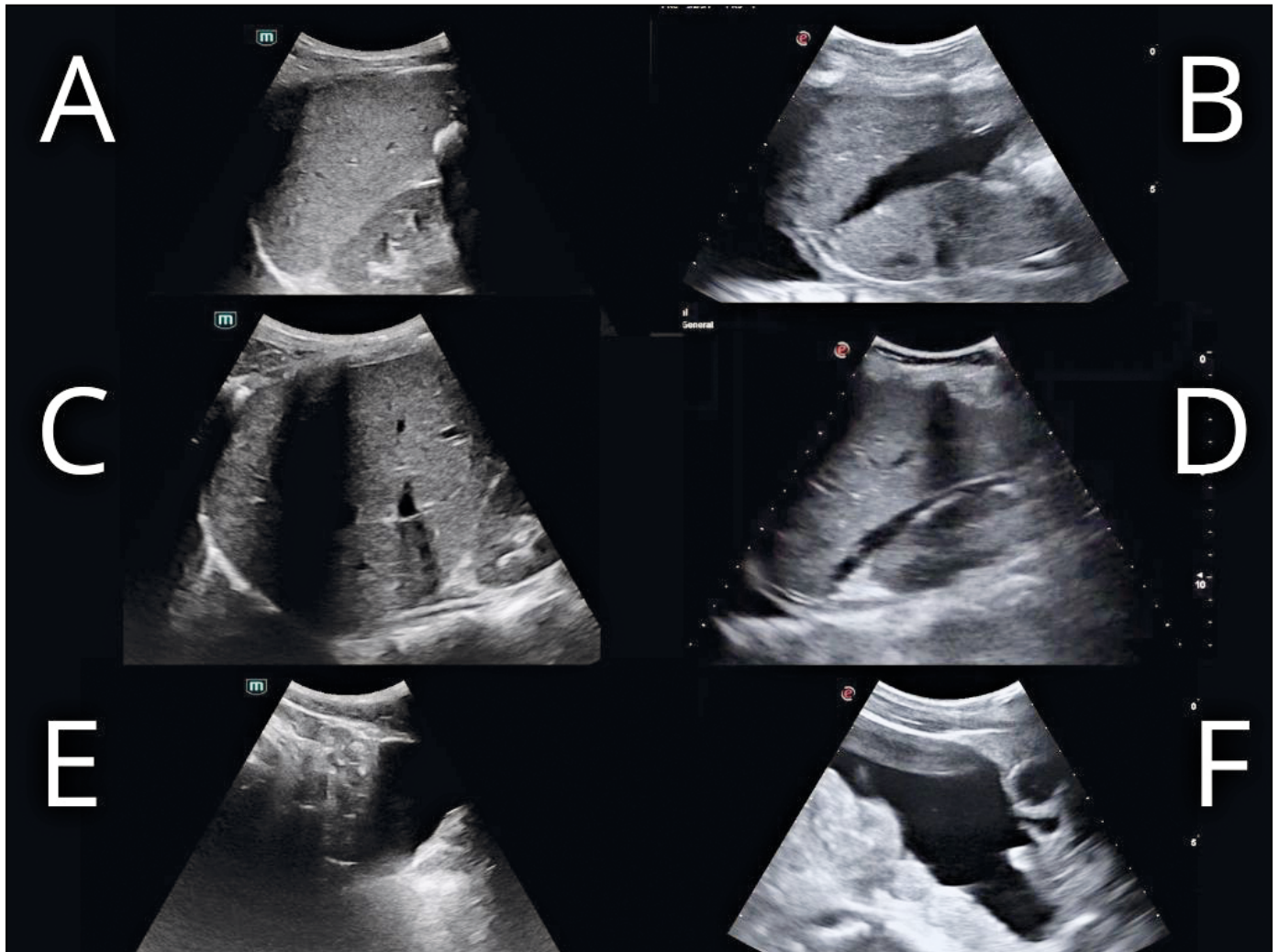


Imagen 3. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST por sus siglas en inglés). A: Vista esplenorrenal sin líquido. B: Vista esplenorrenal con líquido libre. C: Vista hepatorrenal sin líquido. D: Vista hepatorrenal con líquido libre. E: Vista suprapúbica eje largo sin líquido libre (líquido libre en vejiga). F: Vista suprapúbica eje largo con líquido retrovesical.

clínica y otros estudios²¹⁻²³. La combinación de FAST con la exploración física incrementa su rendimiento diagnóstico. Estudios recientes demuestran que esta estrategia mejora la sensibilidad y el valor predictivo negativo respecto al uso aislado de cada herramienta, lo que permite refinar reglas de predicción clínica y disminuir la indicación de tomografía computarizada (TC). No obstante, la evidencia disponible indica que la aplicación rutinaria de FAST en todos los casos de trauma abdominal cerrado pediátrico no reduce el uso de TC, la estancia en urgencias ni los costos hospitalarios, y tampoco disminuye el riesgo de lesiones omitidas. Por ello, su utilización debe ser selectiva y contextualizada^{24, 25}. La calidad y la interpretación de FAST en niños dependen en gran medida de la experiencia del operador y de la estandarización de la técnica, aspectos que aún presentan gran variabilidad entre centros²⁶. La falta de protocolos pediátricos unificados y la heterogeneidad en la adquisición e interpretación de imágenes explican parte de sus resultados dispares. (Imagen 3)

Abdomen agudo

El dolor abdominal agudo en pediatría representa un reto diagnóstico, debiendo determinarse si su resolución es quirúrgica. En este contexto, el ultrasonido complementa y optimiza el diagnóstico de una forma rápida, eficaz, y sin radiación.

En apendicitis, nos permite observar los cambios inflamatorios y vasculares (hiperemia) apendiculares (aumento del diámetro AP mayor a 6 mm, desestructuración parietal, apendicolito intraluminal) y periapendiculares (edema de grasa periapendicular, adenopatías periapendiculares) con gran precisión, así como también establecer su estadio (simple vs complicada) al identificar colecciones periapendiculares²⁷, con una sensibilidad y especificidad por encima del 96%²⁸.

En invaginación intestinal, se logra evidenciar claramente la telescopización en el segmento de intestino afectado, el cual se expresa con un patrón multilaminar intraluminal, conocido como signos de "diana", "sándwich" o "pseudo-riñón", con sensibilidad y especificidad por encima del 90%²⁹.

En estenosis hipertrófica del píloro, se puede acceder a la totalidad del mismo, catalogando la entidad con espesor del músculo pilórico mayor a 4 mm y longitud pilórica mayor a 16 mm como marcadores, con sensibilidad del 94% y especificidad de caso un 92%³⁰.

En obstrucción intestinal, también el ultrasonido nos brinda criterios de identificación, con asas con distensión luminal mayor a 3 cm, hiperperistalsis y reflujo intraluminal en segmento proximal, esto en el contexto de pacientes con antecedentes quirúrgicos previos (adherencias), bezoares, hernias atascadas o estranguladas, e invaginación³¹.

Patología Inflamatoria: El ultrasonido también permite obtener datos de biometría y volumetría de vísceras macizas en el contexto de cuadros infecciosos para documentar mega-

lias (hígado, bazo) y abscesos intraparenquimatosos asociados, y monitorizando regresión por misma vía. En enterocolitis necrotizante, en primera instancia podemos ver engrosamiento parietal de asas (2,5-3 mm), focos de gas en pared intestinal (neumatosis), alteración de la cinesia intestinal, gas en vasos venosos intraabdominales (venas porta y cava inferior), y colecciones líquidas intracavitarias, siendo en todos estos parámetros mucho más sensible a la radiografía abdominal³², con sensibilidad de un 75% y especificidad de hasta un 97%³³. Sumado a esto, nos permite valorar cambios inflamatorios intestinales y peri-asa (engrosamiento parietal, estructuración, colecciones peri-asa) en procesos infecciosos gastrointestinales, pudiendo incluso segmentar las áreas de intestino afectado y valorar a su vez presencia de compromiso linfático (adenitis mesentérica) y omento³⁴. Es por todo lo mencionado y más, que el ultrasonido abdominal en sus diversas aplicaciones, entre ellas el POCUS, es de invaluable colaboración en la evaluación del dolor abdominal en el paciente pediátrico, permitiendo establecer diagnóstico y valorar la evolución en tiempo real, no invasivo, de bajo costo, y sin radiación ionizante.

POCUS neurológico

Los recientes avances técnicos en neurosonología continúan ampliando la utilidad diagnóstica, la sensibilidad y la especificidad de la ecografía para detectar anomalías intracraneales en la cama del paciente, incluyendo valoraciones funcionales hemodinámicas cerebrales.

Las aplicaciones clínicas y funcionales de la neurosonología se han expandido significativamente desde la década de 1980, cuando la ecografía Doppler transcraneal permitió por primera vez la delineación anatómica y hemodinámica de los vasos intracraneales a través de la ventana temporal del cráneo³⁵. Existen dos tipos de evaluación de la ultrasonografía cerebral: la ecografía Doppler transcraneal tradicional (DTC), que proporciona información sobre la velocidad del flujo sanguíneo cerebral de los vasos principales, generalmente realizada con una sonda de 2 a 2,5 MHz. y la ecografía Doppler dúplex transcraneal codificada por color (DTCC), que combina imágenes: modo B, Doppler color, Doppler pulsado; se realiza habitualmente con una sonda sectorial de 2-2,5 MHz³⁶. Empleando transductores de alta frecuencia (5-14 MHz) se puede medir el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO), relación del diámetro de la vaina del nervio óptico con el diámetro transversal ocular (DVNO/DTO), relación del diámetro de la vaina del nervio óptico con el diámetro vertical ocular (DVNO/DVO), pupilometría, medición de la elevación del disco óptico^{37, 38}. Los niños son especialmente susceptibles a la ecografía craneal, ya que sus cráneos aún no están osificados y sus fontanelas están abiertas^{39, 40}. (Imagen 4)

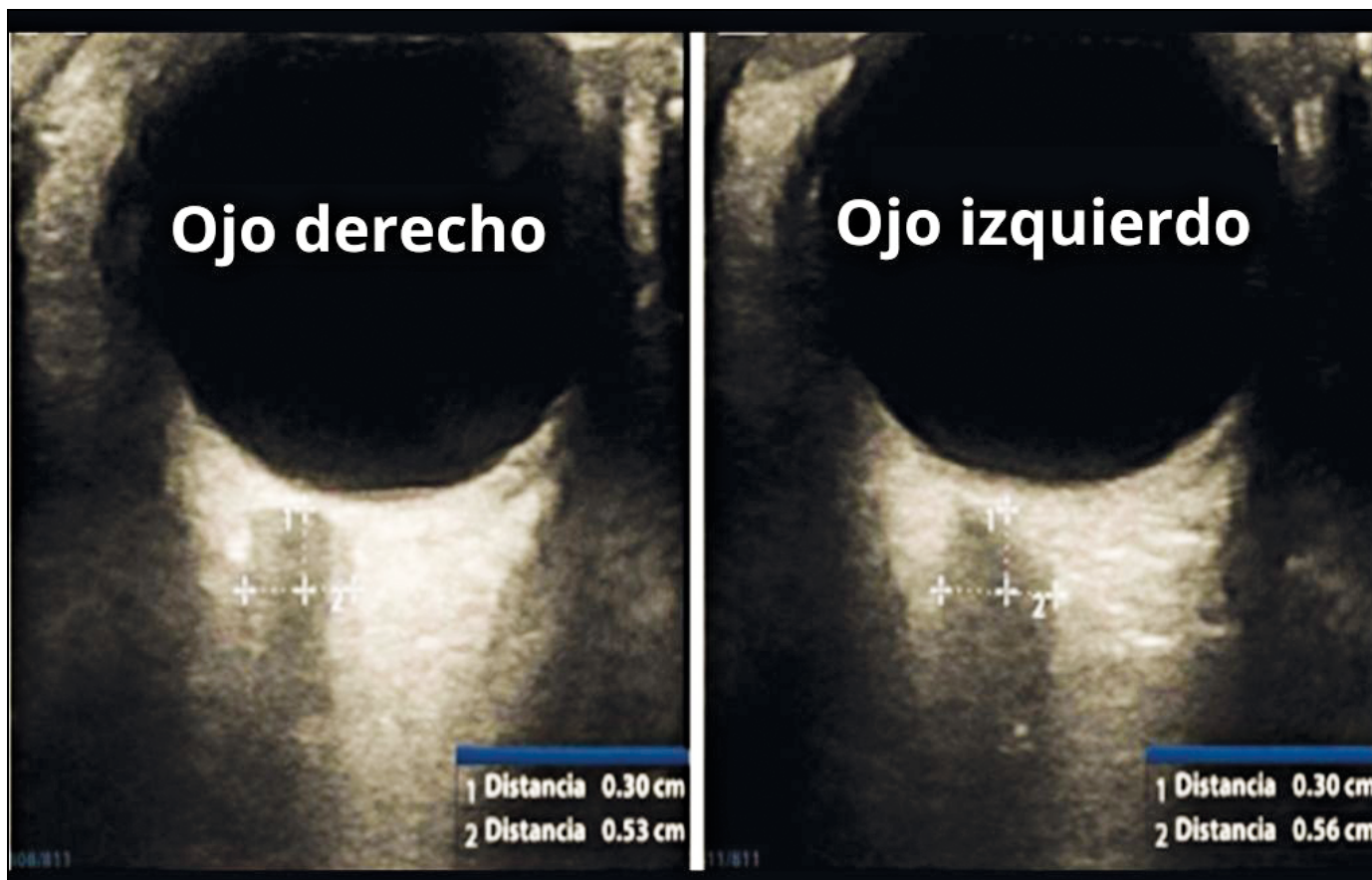


Imagen 4. Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico. Ojo izquierdo con diámetro patológico.

En el consenso de expertos para DTC pediátrico publicado en 2020 informan que el DTC es útil en cualquier paciente crítico con afectación de la hemodinamia cerebral. También en dicho documento se detalla la técnica de exploración y de registro del estudio. En la interpretación e informe se deben consignar presión arterial, CO₂ arterial, presión intracraneana, el hematocrito y la sedación que recibe el paciente al momento del estudio ya que estos datos influyen en la circulación cerebral y sus patrones sonográficos⁴¹. Los parámetros del DTC en niños con lesión cerebral traumática grave (LCTG) se utilizaron para evaluar la autorregulación, la presión intracraneal y el vasoespasmo, y para predecir el resultado neurológico. La incidencia de autorregulación alterada varió en la LCTG del 25% al 80%. Los flujos alterados del DTC y el índice de pulsatilidad predijeron de forma variable la hipertensión intracraneal en los estudios. (Imagen 5) El vasoespasmo ecográfico en la arteria cerebral media ocurrió en el 34% de 69 niños con LCT grave. Los resultados parecen estar relacionados con la alteración de las velocidades de flujo derivadas del DTC durante la estancia en la UCI⁴².

El DVNO sirve como screening de la PIC en LCTG, hemorragia subaracnoidea y otras condiciones neurocríticas. Sirve como un marcador sustituto para el monitoreo no invasivo cuando las técnicas invasivas (p. ej., catéter intraventricular)

están contraindicadas³⁷. La pupilometría ecográfica en niños es un procedimiento que utiliza ultrasonido para evaluar el tamaño y la respuesta de la pupila a la luz, especialmente útil cuando la exploración visual directa es difícil, como en casos de lesiones en los párpados o edema. Esta técnica permite monitorizar cambios en la presión intracraneal y evaluar afecciones neurológicas, siendo segura y no invasiva⁴³.

POCUS en procedimientos invasivos

Beneficios de los procedimientos guiados por POCUS⁴⁴:

- Mayor precisión: la guía ecográfica permite una colocación precisa de la aguja, evitando estructuras vitales y mejorando la tasa de éxito de los procedimientos, especialmente en casos difíciles.
- Reducción de Complicaciones.
- Procedimientos más rápidos.
- Información en tiempo real: la ecografía proporciona información inmediata, lo que permite a los médicos tomar decisiones informadas durante el procedimiento.

Las técnicas guiadas por ecografía se pueden clasificar en dos categorías: estáticas y dinámicas. La técnica estática

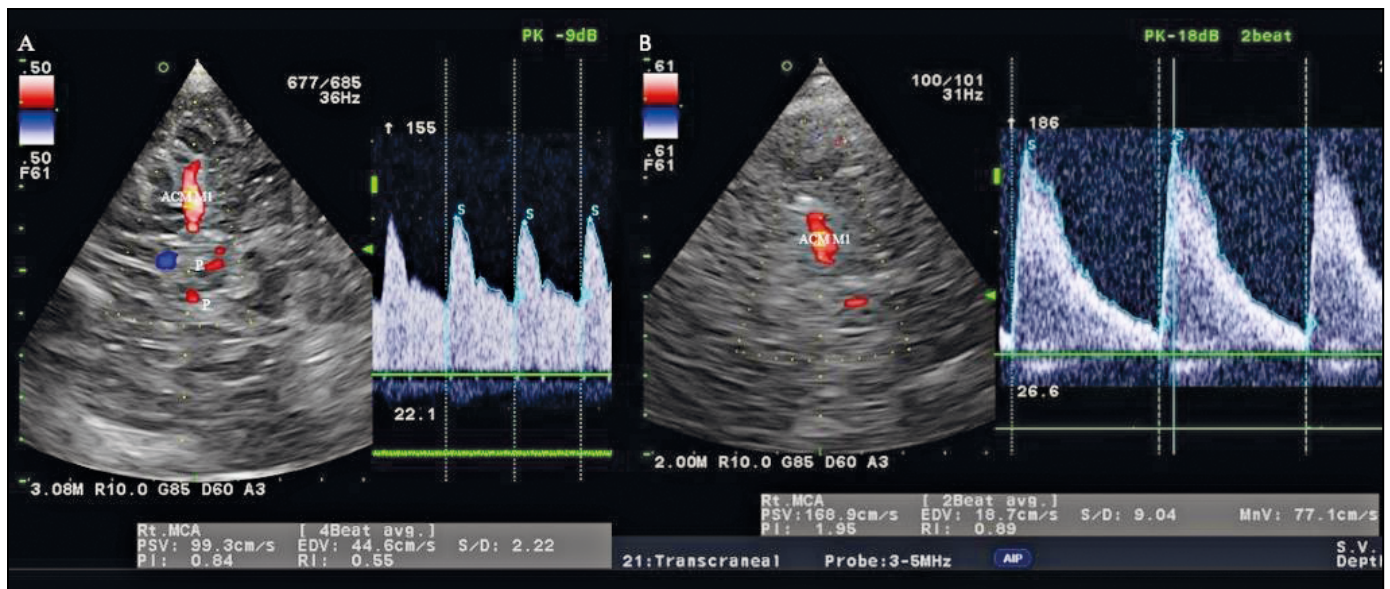


Imagen 5. Arteria Cerebral Media. A: Ventana temporal derecha-plano mesencefálico, insonación con transductor sectorial a la ACM, espectro normal para la edad. B: Ventana acústica temporal derecha-plano mesencefálico, insonación con transductor sectorial a la ACM izquierda, espectro con MnV disminuida (77.1) e Índice de Pulsatilidad aumentado (1.95), compatible con hipertensión endocraneana. (ACM M1: Arteria cerebral media segmento M1, ACM P: Pedúnculo cerebral).

implica el uso de ultrasonido para localizar una estructura objetivo y fijar el instrumento médico, mientras que la técnica dinámica permite la visualización continua de la aguja o instrumento a medida que avanza hacia el objetivo. Ambos enfoques presentan ventajas y desventajas⁴⁵.

Las sondas de ultrasonido se pueden colocar en tres ejes: corto (perpendicular al eje largo de la estructura), largo (paralelo al eje largo de la estructura) y oblicuo (en ángulo con el eje largo). Cada eje proporciona una vista diferente para la visualización, y los ejes corto, largo y oblicuo ofrecen perspectivas transversales, longitudinales y angulares, respectivamente³. Tras posicionar la sonda en un eje, se utilizan comúnmente dos técnicas: en el plano y fuera del plano. La técnica en el plano alinea la aguja o el instrumento con la sonda de ultrasonido, lo que permite la visualización directa tanto del instrumento como de la estructura objetivo en la misma imagen de ultrasonido. Si bien se considera precisa y segura, esta técnica requiere un posicionamiento preciso de la aguja. La técnica fuera del plano coloca la aguja o el instrumento en un plano diferente al de la sonda, lo que permite una visualización separada de la aguja y la estructura objetivo^{44, 46}.

La elección de la técnica podría depender de situaciones específicas y de las preferencias del profesional. Sin embargo, es necesario que los profesionales dominen todas las técnicas para garantizar resultados óptimos. Las agujas de micropunción (calibre 21) se han popularizado en urgencias y cuidados intensivos debido a su menor tamaño, menor riesgo de sangrado y mejor tolerancia a las punciones en múltiples paredes vasculares⁴⁶.

• Accesos Vasculares Centrales (CVC)⁴⁴:

El US es preferido para guiar la colocación de catéteres en venas yugulares, femorales y subclavias, reduciendo complicaciones como punciones arteriales.

Se utilizan sondas lineales de alta frecuencia (5-15 MHz) para visualizar estructuras superficiales. (Imagen 6)

Accesos venosos periféricos: aunque no se recomiendan de rutina, puede ser útil en los casos donde la vena no se palpe o no se visualice.

Accesos arteriales: la evidencia es suficientemente clara sobre la tasa de éxito y el beneficio de su acceso ecoguiado, más rápido y menos complicaciones.

• Punción Lumbar: PL

La incapacidad para obtener líquido cefalorraquídeo por PL puede ser hasta del 50%, sobre todo en menores de 6 meses y la ecografía puede ayudar a guiar la aguja⁴⁷.

• Pericardiocentesis:

Se selecciona el sitio de punción según la localización del líquido y estructuras anatómicas cercanas.

La sonda sectorial es ideal para identificar el derrame y evitar estructuras como la arteria mamaria interna.

• Toracocentesis⁴⁶:

Utilizada para evacuar derrames pleurales o neumotórax, el US es más sensible que las radiografías.

Se recomienda una sonda de alta frecuencia en niños pequeños y convexa o sectorial en mayores.

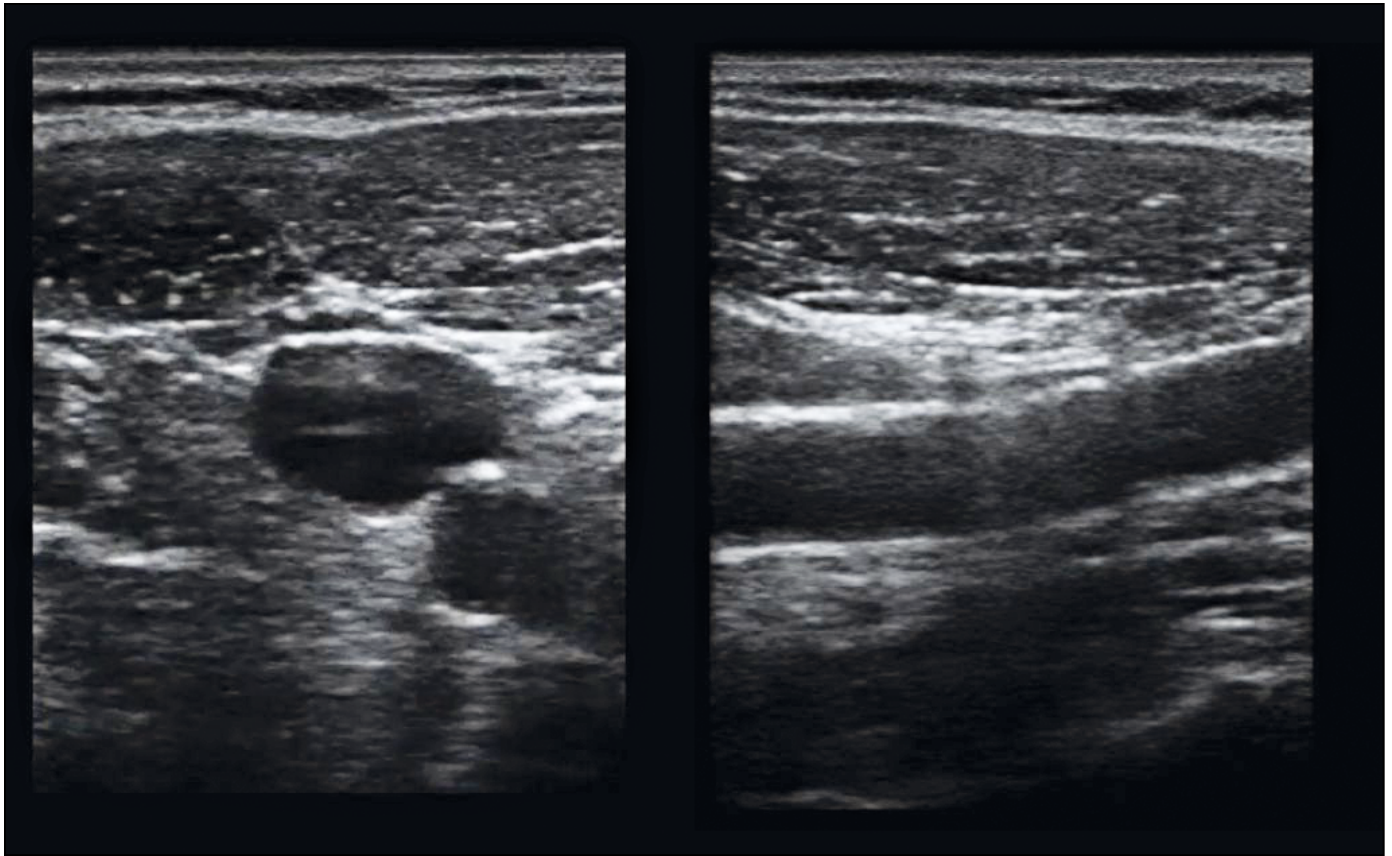


Imagen 6. Vena yugular en eje corto y eje largo.

La punción se realiza en un sitio con al menos 10 mm de líquido pleural, guiada por US para minimizar riesgos.

- Intubación⁴⁸:

El US ayuda a confirmar la correcta colocación del tubo traqueal mediante el "signo de la doble tráquea" y la visualización del esófago vacío.

En adultos existen protocolos que pueden diagnosticar vías aéreas dificultosas, y otros que guían la intubación endotraqueal de manera dinámica. En pediatría, la ecografía ha demostrado utilidad a la hora de elegir el calibre externo del tubo endotraqueal (TET) a través de la medición del diámetro subglótico en el cartílago cricoides: se toma el diámetro interno de la luz de la vía aérea en mm y luego este se correlaciona con el diámetro externo de los TET. (Video 3)

- Paracentesis⁴⁶:

Procedimiento para drenar líquido abdominal, guiado por US para identificar el sitio más seguro y evitar vasos o tejido adiposo.

El drenaje de líquido intracavitario o de colecciones, infecciosas o no, guiado por ecografía reduce las compli-

caciones, comparado con los procedimientos realizados sin guía ecográfica. Siempre que sea posible, es de elección la técnica dinámica, en la cual se observa la progresión de la aguja en el momento de la punción.

- Sonda Vesical: Akca Caglar ha publicado la eficacia de la ecografía crítica para el sondaje vesical en pacientes de 0 a 24 meses al comprobar la presencia de orina en la vejiga a través de la ecografía previo al procedimiento también mejora la tasa de éxito^{44, 48}.

- Colocación de Sonda Nasogástrica y naso duodenal: Constituye un método válido para que el personal de enfermería de cuidados intensivos verifique su correcta colocación e incluso podría convertirse en un método alternativo a los rayos X. Sin embargo, la baja sensibilidad obtenida con la visualización directa sugiere la necesidad de una mejor formación en ecografía⁴⁹.

Inteligencia artificial

La inteligencia Artificial (IA) optimiza procesos a través de la automatización y el análisis de grandes cantidades de datos,

imitando las capacidades humanas, sobre todo en tareas que pueden resultar repetitivas o que requieren de la interpretación sistemática de patrones o hallazgos característicos⁵⁰. El desarrollo de herramientas basadas en IA ha permitido que el ámbito médico y en especial el diagnóstico por imagen alcancen capacidades y resultados cada vez más precisos, incluso en un menor tiempo. El POCUS también se ha beneficiado con el desarrollo y aplicación de nuevos modelos basados en IA, permitiendo grandes avances incluso en sitios de bajos recursos⁵¹.

Las áreas en el campo de la ecografía que más se han beneficiado son el proceso de adquisición de las imágenes, la interpretación y obtención de medidas de forma automática y la clasificación e identificación de patrones o diagnósticos específicos. Además, las nuevas herramientas permiten la aplicación y entrenamiento de ecografía a pie de cama en áreas rurales, remotas o en contextos de emergencia. El entrenamiento y práctica de POCUS se ha visto potenciada por la implementación de IA en equipos ultraportátiles, portátiles e incluso tradicionales, que permiten la toma de decisiones de forma rápida, dirigida y confiable⁵².

Los tipos de algoritmo más utilizados en POCUS son los basados en aprendizaje profundo (Deep Learning), especialmente las redes neuronales convolucionales, destacando como el estándar para el análisis automático de imágenes, permitiendo la detección de patrones, la segmentación de estructuras y la clasificación de hallazgos anormales⁵³. Otros modelos de aprendizaje automático (Machine Learning) apoyan la toma de decisiones clínicas, aunque su uso es menos frecuente en imágenes médicas, además sistemas de procesamiento de lenguaje natural, son utilizados en contextos más amplios para extraer información relevante de reportes, registros clínicos y expedientes que complementen el análisis simple de las imágenes⁵⁴.

A continuación, se enlistan los principales usos clínicos de la IA en POCUS:

- Obtención y mejora de calidad en imágenes por usuarios no expertos.
- Interpretación de imágenes facilitada por IA.
- Entrenamiento supervisado por IA.
- Medición y ajuste de parámetros automático.
- Segmentación anatómica de estructuras.
- Diagnóstico asistido por IA.
- Identificación de patologías complejas con alta precisión.
- Seguimiento ambulatorio de patologías cardíacas, pulmonares o renales⁵⁵.
- Búsqueda de mediciones, estudios previos o anomalías en expedientes digitalizados⁵⁴.

En la figura 1 se esquematiza el proceso de implementación de IA para su utilización en POCUS desde un enfoque clínico.

Bioadhesive Ultrasound: una nueva frontera en la monitorización continua por ultrasonido.

El ultrasonido bioadhesivo (Bioadhesive Ultrasound, BAUS) es una nueva tecnología en la obtención de imágenes médicas, que combina alta resolución de imágenes, a través de sensores ultrafinos adheridos a la piel, y la posibilidad de monitorización continua sin la necesidad de la presencia del operador. Con aplicaciones potenciales en cuidados críticos y pediatría esta tecnología se proyecta como complemento disruptivo a la ecografía tradicional^{56, 57}.

Desde su presentación en Revista Science, BAUS ha demostrado estabilidad y fidelidad en la obtención de imágenes ultrasonográficas dinámicas durante más de 48 horas.

- Science 2022 (Massachusetts Institute of Technology): primer prototipo, imágenes continuas de corazón, pulmones y vasos durante 48h⁵⁶.
- Science Advances 2024 (Massachusetts Institute of Technology): BAUS con elastografía, detección temprana de rigidez hepática en modelos animales⁵⁸.
- Nature Communications 2025: adhesión prolongada más de 30 días en estudios experimentales⁵⁹.
- Desarrollos paralelos: versiones inalámbricas y transductores ultrafinos⁶⁰.

Aplicaciones clínicas

- Cuidados intensivos adultos: monitorización continua de función cardíaca, diafragma, perfusión renal /hepática y dinámica pulmonar⁶¹.
- Pediatría/neonatología: seguimiento de choque séptico, ecografía cerebral a través de fontanelas, control de edema pulmonar y respuesta ventilatoria⁶¹.
- Cobertura y seguimiento a pacientes en postoperatorio y trasplantados: detección temprana de sangrado, colecciones líquidas y rechazo de injertos⁶¹.

El BAUS constituye un avance acertado en imagen médica, posicionándose como un puente entre la ultrasonografía portátil tradicional y la monitorización continua. Pero la real reliquia de este método es que tiene un sensor dinámico adhesivo, con acciones claras para el uso en la UCI pediátrica y neonatal⁶¹. El desafío actual es la transición del laboratorio técnico a la práctica clínica. Se requieren mejoras en autonomía energética por lo que aún requiere conectividad, el próximo paso sería a una fuente inalámbrica, también ahí se bajarían los costos, integración con inteligencia artificial y validaciones en poblaciones vulnerables (niños, neonatos, pacientes críticos).

El ultrasonido bioadhesivo (BAUS) es una innovación tecnológica que promete transformar la ecografía crítica y pediátrica al ofrecer monitorización continua, autónoma y segura de órganos vitales. Aunque aún en fase experimental, su rápida evolución sugiere una inminente integración clínica. El futuro del BAUS depende de validar su eficacia diagnóstica en estudios multicéntricos, optimizar su diseño inalámbrico y garantizar su accesibilidad. En la próxima década podría con-

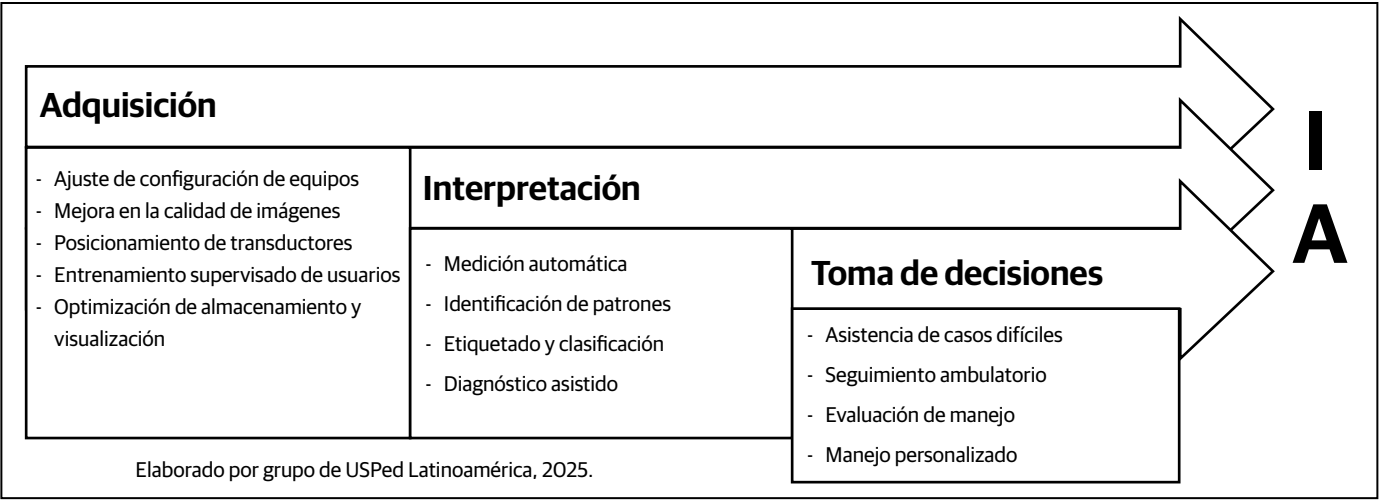


Figura 1. Implementación de la Inteligencia Artificial en POCUS desde un enfoque clínico.

vertirse en un estándar de monitorización en cuidados críticos y de lleno por sus ventajas en pediatría.

Conclusiones

El POCUS se ha establecido como una extensión indispensable del examen físico tradicional en la medicina moderna, en especial en el ámbito pediátrico y de cuidados críticos. La capacidad de esta técnica para proporcionar información diagnóstica inmediata y en tiempo real sin la necesidad de movilizar al paciente o exponerlo a radiación, la posiciona como un “quinto elemento” esencial, complementando los cuatro pilares clásicos: inspección, palpación, percusión y auscultación. Su crecimiento exponencial en la última década, respaldado por numerosas publicaciones y guías de práctica clínica, demuestra su utilidad y fiabilidad para mejorar la precisión diagnóstica y facilitar el manejo dinámico de pacientes críticamente enfermos.

El valor del POCUS radica en su aplicabilidad multisistémica, abordando desafíos clínicos complejos con gran eficacia. Desde la evaluación pulmonar, donde supera a la radiografía de tórax en la detección de neumonías, hasta el manejo del shock, donde guía el tratamiento hemodinámico de forma precisa. Además, el POCUS facilita el diagnóstico de patologías abdominales agudas y provee información crucial sobre la hemodinamia cerebral en pacientes pediátricos con fontanelas abiertas, demostrando su versatilidad y alto valor clínico. La capacidad de esta herramienta para guiar procedimientos invasivos, como la colocación de catéteres y la intubación, reduce significativamente las complicaciones y aumenta la tasa de éxito, solidificando su papel fundamental en el entorno de cuidados intensivos.

Mirando hacia el futuro, la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA) y el ultrasonido

bioadhesivo (BAUS) promete expandir aún más las capacidades del POCUS. La IA optimiza la adquisición e interpretación de imágenes, mientras que el BAUS, con sus sensores ultrafinos, ofrece el potencial de una monitorización continua y segura de los órganos vitales, lo cual es invaluable en poblaciones vulnerables como los niños y neonatos. La adopción sistemática, la capacitación adecuada y la estandarización de protocolos serán claves para maximizar el impacto de esta tecnología, que está destinada a convertirse en un estándar de monitorización en los cuidados críticos, redefiniendo el examen físico tradicional para las próximas décadas.

Autor de correspondencia

Javier Ponce 
Hospital Dr. Guillermo Rawson, San Juan, Argentina. Miembro fundador USPed Latinoamérica.
rjavierponce1976@gmail.com

Conflicto de interés

Los autores declaran no presentar conflictos de interés.

Financiamiento

Ausencia de financiación externa.

Agradecimientos

A la comunidad de USPed Latinoamérica por permitir el crecimiento permanente de la disciplina, al Licenciado Cristian Benay por el material multimedia compartido.

Como citar este artículo:

[1] Javier Ponce, Reynaldo Carvajal Choque, David Pascual Rojas Flores, Joaquín Martínez Rivero, Edwin Mauricio Cantillano Quintero, María Lellis Figueroa Russo, Patrick Danny Caqui Vilca, Eduardo Tomás Alvarado, Daniela Vallejos, and Cecilia Judith Ta-
boada Palomino. 2026. El quinto elemento del examen físico moderno: ecografía crítica pediátrica. CRITICAL CARE & EMERGENCY MEDICINE 5, (January 2026), 18–32.

Referencias

- Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011;364(8):749–57. doi.org/10.1056/NEJMra0909487
- Baker DE, Nolting L, Brown HA. Impact of point-of-care ultrasound on the diagnosis and treatment of patients in rural Uganda. *Trop Doct*. 2021;51(3):291–6. doi.org/10.1177/0049475520986425
- Lu JC, Riley A, Conlon T, Levine JC, Kwan C, Miller-Hance WC, et al. Recommendations for cardiac point-of-care ultrasound in children: A report from the American Society of echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(3):265–77. doi.org/10.1016/j.echo.2022.11.010
- Singh Y, Tissot C, Fraga MV, Yousef N, Cortes RG, Lopez J, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Crit Care*. 2020;24(1):65. doi.org/10.1186/s13054-020-2787-9
- Narula J, Chandrashekar Y, Braunwald E. Time to add a fifth pillar to bedside physical examination: Inspection, palpation, percussion, auscultation, and insonation. *JAMA Cardiol*. 2018;3(4):346–50. doi.org/10.1001/jamacardio.2018.0001
- Weber MD, Lim JKB, Ginsburg S, Conlon T, Nishisaki A. Translating guidelines into practical practice: Point-of-care ultrasound for pediatric critical care clinicians. *Crit Care Clin*. 2023;39(2):385–406. doi.org/10.1016/j.ccc.2022.09.012
- Mongodi S, Cortegiani A, Alonso-Ojembarrena A, Biasucci DG, Bos LDJ, Bouhemad B, et al. ESICM-ESPNIC international expert consensus on quantitative lung ultrasound in intensive care. *Intensive Care Med*. 2025;51(6):1022–49. doi.org/10.1007/s00134-025-07932-y
- Ponce, J. y Rojas Flores, D (2023). Ecografía en emergencias y terapia intensiva. En Arias López MP, Campos-Miño S, Fernández-Sarmiento J. Tratado de cuidados intensivos pediátricos, p. 800-856, 1a ed. Bogotá (Colombia): Distribuna Editorial Médica. ISBN: 9786287673083
- Musolino AM, Tomà P, De Rose C, Pitaro E, Boccuzzi E, De Santis R, et al. Ten years of pediatric lung ultrasound: A narrative review. *Front Physiol*. 2021;12:721951. doi.org/10.3389/fphys.2021.721951
- Weber MD, Lim JKB, Glau C, Conlon T, James R, Lee JH. A narrative review of diaphragmatic ultrasound in pediatric critical care. *Pediatr Pulmonol*. 2021;56(8):2471–83. doi.org/10.1002/ppul.25518
- Chelikam N, Vyas A, Desai R, Khan N, Raol K, Kavarthapu A, et al. Past and present of point-of-care ultrasound (PoCUS): A narrative review. *Cureus*. 2023;15(12):e50155. doi.org/10.7759/cureus.50155
- Ranjit S, Aram G, Kissoon N, Ali MK, Natraj R, Shresti S, et al. Multimodal monitoring for hemodynamic categorization and management of pediatric septic shock: a pilot observational study: A pilot observational study. *Pediatr Crit Care Med*. 2014;15(1):e17–26. doi.org/10.1097/PCC.0b013e3182a5589c
- Rajeswari N, Suchitra R. BESTFIT-T3: A Tiered Monitoring Approach to persistent/Recurrent Paediatric Septic Shock - A Pilot Conceptual Report. *Indian J Crit Care Med*. 2022;26(7):863–70. doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24246
- Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, Cheng A, Aziz K, Berg KM, et al. Part 1: Executive summary: 2020 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2020;142(16_suppl_2):S337–57. doi.org/10.1161/CIR.0000000000000918
- Leviter JI, Feick M, Riera A, White LJ. A protocol for using point-of-care ultrasound as an adjunct in pediatric cardiac arrest: Pediatric Ultrasound for Life-Supporting Efforts: Pediatric Ultrasound for Life-Supporting Efforts. *Pediatr Emerg Care*. 2024;40(11):835–8. doi.org/10.1097/PEC.0000000000003239
- Rajeswari N, Suchitra R. BESTFIT-T3: A Tiered Monitoring Approach to persistent/Recurrent Paediatric Septic Shock - A Pilot Conceptual Report. *Indian J Crit Care Med*. 2022;26(7):863–70. doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24246
- Goudie A, Blaivas M, Horn R, Lien WC, Michels G, Wastl D, et al. Ultrasound during Advanced Life Support-Help or Harm? *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(6):593. doi.org/10.3390/diagnostics14060593
- Reynolds JC, Nicholson T, O'Neil B, Drennan IR, Issa M, Welsford M, et al. Diagnostic test accuracy of point-of-care ultrasound during cardiopulmonary resuscitation to indicate the etiology of cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation*. 2022;172:54–63. doi.org/10.1016/j.resuscitation.2022.01.006
- Leviter JI, Chen L, O'Marr J, Riera A. The feasibility of using point-of-care ultrasound during cardiac arrest in children: Rapid apical contractility evaluation: Rapid apical contractility evaluation. *Pediatr Emerg Care*. 2023;39(5):347–50. doi.org/10.1097/PEC.0000000000002741
- Vermeijden NK, de Silva L, Manathunga S, Spoolder D, Korterink J, Vlieger A, et al. Epidemiology of pediatric functional abdominal pain disorders: A meta-analysis. *Pediatrics*. 2025;155(2). doi.org/10.1542/peds.2024-067677
- Liang T, Roseman E, Gao M, Sinert R. The utility of the Focused Assessment with Sonography in trauma examination in pediatric blunt abdominal trauma: A systematic review and meta-analysis: A systematic review and meta-analysis. *Pediatr Emerg Care*. 2021;37(2):108–18. doi.org/10.1097/PEC.0000000000001755
- Calder BW, Vogel AM, Zhang J, Mauldin PD, Huang EY, Savoie KB, et al. Focused assessment with sonography for trauma in children after blunt abdominal trauma: A multi-institutional analysis: A multi-institutional analysis. *J Trauma Acute Care Surg*. 2017;83(2):218–24. doi.org/10.1097/TA.0000000000001546
- Fornari MJ, Lawson SL. Pediatric blunt abdominal trauma and point-of-care ultrasound. *Pediatr Emerg Care*. 2021;37(12):624–9. doi.org/10.1097/PEC.0000000000002573
- Holmes JF, Kelley KM, Wootton-Gorges SL, Utter GH, Abramson LP, Rose JS, et al. Effect of abdominal ultrasound on clinical care, outcomes, and resource use among children with blunt torso

- trauma: A randomized clinical trial. *JAMA*. 2017;317(22):2290-6. doi.org/10.1001/jama.2017.6322
25. Kornblith AE, Graf J, Addo N, Newton C, Callcut R, Grupp-Phelan J, et al. The utility of focused assessment with sonography for trauma enhanced physical examination in children with blunt torso trauma. *Acad Emerg Med*. 2020;27(9):866-75. doi.org/10.1111/acem.13959
 26. Kornblith AE, Addo N, Plasencia M, Shaahinfar A, Lin-Martore M, Sabbineni N, et al. Development of a consensus-based definition of Focused Assessment With Sonography for trauma in children. *JAMA Netw Open*. 2022;5(3):e222922. doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.2922
 27. Tong L, Nataraja RM, VanHaltren K, Sulaksana TH, Vinycomb TI, Pacilli M. The utility of sonographic signs to diagnose simple and complicated appendicitis in children. *Pediatr Surg Int*. 2023;39(1):114. doi.org/10.1007/s00383-023-05397-y
 28. Roberts K, Moore H, Raju M, Gent R, Piotto L, Taranath A, et al. Diagnostic ultrasound for acute appendicitis: The gold standard. *J Pediatr Surg*. 2024;59(2):235-9. doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2023.10.028
 29. Li XZ, Wang H, Song J, Liu Y, Lin YQ, Sun ZX. Ultrasonographic diagnosis of intussusception in children: A systematic review and meta-analysis: A systematic review and meta-analysis. *J Ultrasound Med*. 2021;40(6):1077-84. doi.org/10.1002/jum.15504
 30. Van den Bunder FA, Derikx JP, Kiblawi R, van Rijn RR, Dingemans J. Diagnostic accuracy of palpation and ultrasonography for diagnosing infantile hypertrophic pyloric stenosis: a systematic review and meta-analysis. *Br J Radiol*. 2022;95(1139):20211251. doi.org/10.1259/bjr.20211251
 31. Hosale P, Solanki RS, Puri A, Agarwal S, Abbey P. Ultrasonographic evaluation of nontraumatic gastrointestinal emergencies in children. *Indographics*. 2023;02(02):062-78. doi.org/10.1055/s-0043-1771538
 32. Bhattacharjee I, Dolinger MT, Singh R, Singh Y. Ultrasound for the early detection and diagnosis of necrotizing enterocolitis: A scoping review of emerging evidence. *Diagnostics (Basel)*. 2025;15(15):1852. doi.org/10.3390/diagnostics15151852
 33. Ionov OV, Sharafutdinova DR, Sugak AB, Filippova EA, Balashova EN, Kirtbaya AR, et al. Efficacy of bowel ultrasound to diagnose necrotizing enterocolitis in extremely low birthweight infants. *J Neonatal Perinatal Med*. 2024;17(4):527-34. doi.org/10.3233/NPM-230201
 34. Aprile F, Vangeli M, Allocca M, Zilli A, Argollo MC, D'amico F, et al. Gastrointestinal ultrasound in infectious diseases: A comprehensive review. *Medicina (Kaunas)*. 2024;60(9):1402. doi.org/10.3390/medicina60091402
 35. Hwang M, Riggs BJ, Katz J, Seyfert D, Northington F, Shenandoah R, et al. Advanced pediatric neurosonography techniques: Contrast-enhanced ultrasonography, elastography, and beyond. *J Neuroimaging*. 2018;28(2):150-7. doi.org/10.1111/jon.12492
 36. Caldas J, Rynkowski CB, Robba C. POCUS, how can we include the brain? An overview. *J Anesth Analg Crit Care*. 2022;2(1):55. doi.org/10.1186/s44158-022-00082-3
 37. Caqui Vilca PD, Ponce J, Cantillano Quintero EM, Rojas Flores DP, Domínguez-Rojas JA. POCUS ocular en Emergencias y Medicina Crítica Pediátrica: Diámetro de la Vaina del Nervio Óptico, Pupíloetría y Reflejo Fotomotor. *CC&EM*. 2025;4:1-11. doi.org/10.58281/ccem25080104
 38. Tessaro MO, Friedman N, Al-Sani F, Gauthey M, Maguire B, Davis A. Pediatric point-of-care ultrasound of optic disc elevation for increased intracranial pressure: A pilot study. *Am J Emerg Med*. 2021;49:18-23. doi.org/10.1016/j.ajem.2021.05.051
 39. Kalanuria A, Nyquist PA, Armonda RA, Razumovsky A. Use of transcranial Doppler (TCD) ultrasound in the neurocritical care unit. *Neurosurg Clin N Am*. 2013;24(3):441-56. doi.org/10.1016/j.nec.2013.02.005
 40. Lau VI, Arntfield RT. Point-of-care transcranial Doppler by intensivists. *Crit Ultrasound J*. 2017;9(1):21. doi.org/10.1186/s13089-017-0077-9
 41. O'Brien NF, Reuter-Rice K, Wainwright MS, Kaplan SL, Appavu B, Erklauer JC, et al. Practice recommendations for transcranial Doppler ultrasonography in critically ill children in the pediatric intensive care unit: A multidisciplinary expert consensus statement. *J Pediatr Intensive Care*. 2021;10(2):133-42. doi.org/10.1055/s-0040-1715128
 42. LaRovere KL, O'Brien NF, Tasker RC. Current opinion and use of transcranial Doppler ultrasonography in traumatic brain injury in the pediatric intensive care unit. *J Neurotrauma*. 2016;33(23):2105-14. doi.org/10.1089/neu.2015.4344
 43. Liu GT, Volpe NJ, Galetta SL, editors. Pupillary disorders. In: Liu GT, Volpe NJ, Galetta SL, editors. *Liu, Volpe, and Galetta's Neuro-Ophthalmology*. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. p. 417-447. doi: 10.1016/B978-0-323-34044-1.00013-4
 44. Choi W, Cho YS, Ha YR, Oh JH, Lee H, Kang BS, et al. Role of point-of-care ultrasound in critical care and emergency medicine: update and future perspective. *Clin Exp Emerg Med*. 2023;10(4):363-81. doi.org/10.15441/ceem.23.101
 45. Persson JN, Kim JS, Good RJ. Diagnostic utility of point-of-care ultrasound in the pediatric cardiac intensive care unit. *Curr Treat Options Pediatr*. 2022;8(3):151-73. doi.org/10.1007/s40746-022-00250-1
 46. Gutiérrez Hernández A, Arellano Maldonado GG, Palma Pérez R. Procedimientos guiados por ultrasonido en el punto de atención (POCUS): desde la óptica pediátrica. *Acta Pediátrica De México*. 2025;46(1):51-61. doi.org/10.18233/apm.v46i1.2947
 47. Fraga MV, Stoller JZ, Glau CL, De Luca D, Rempell RG, Wenger JL, et al. Seeing is believing: Ultrasound in pediatric procedural performance. *Pediatrics*. 2019;144(5):e20191401. doi.org/10.1542/peds.2019-1401
 48. Su E, Dalesio N, Pustavoitau A. Point-of-care ultrasound in pediatric anesthesiology and critical care medicine. *Can J Anaesth*. 2018;65(4):485-98. doi.org/10.1007/s12630-018-1066-6
 49. Marron A, Wolf MS, Levine M, Boyd JS, Hernanz-Schulman M. The utilization of point of care ultrasound (POCUS) for the confirmation of gastric and post-pyloric feeding tube placement in a pediatric intensive care unit. *POCUS J*. 2025;10(1):164-74. doi.org/10.24908/pocusj.v10i01.17785
 50. Alowais SA, Alghamdi SS, Alsuhbany N, Alqahtani T, Alshaya AI, Almohareb SN, et al. Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Med Educ*. 2023;23(1):689. doi.org/10.1186/s12909-023-04698-z
 51. Kim S, Fischetti C, Guy M, Hsu E, Fox J, Young SD. Artificial intelligence (AI) applications for point of care ultrasound (POCUS)

- in low-resource settings: A scoping review. *Diagnostics* (Basel). 2024;14(15):1669. doi.org/10.3390/diagnostics14151669
52. Kim J, Maranna S, Watson C, Parange N. A scoping review on the integration of artificial intelligence in point-of-care ultrasound: Current clinical applications. *Am J Emerg Med*. 2025;92:172–81. doi.org/10.1016/j.ajem.2025.03.029
 53. Komatsu M, Sakai A, Dozen A, Shozu K, Yasutomi S, Machino H, et al. Towards clinical application of artificial intelligence in ultrasound imaging. *Biomedicines*. 2021;9(7):720. doi.org/10.3390/biomedicines9070720
 54. Liang H, Tsui BY, Ni H, Valentim CCS, Baxter SL, Liu G, et al. Evaluation and accurate diagnoses of pediatric diseases using artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(3):433–8. doi.org/10.1038/s41591-018-0335-9
 55. Kayarian F, Patel D, O'Brien JR, Schraft EK, Gottlieb M. Artificial intelligence and point-of-care ultrasound: Benefits, limitations, and implications for the future. *Am J Emerg Med*. 2024;80:119–22. doi.org/10.1016/j.ajem.2024.03.023
 56. Wang C, Chen X, Wang L, Makihata M, Liu HC, Zhou T, et al. Bioadhesive ultrasound for long-term continuous imaging of diverse organs. *Science*. 2022;377(6605):517–23. doi.org/10.1126/science.abo2542
 57. Lin M, Zhang Z, Gao X, Bian Y, Wu RS, Park G, et al. A fully integrated wearable ultrasound system to monitor deep tissues in moving subjects. *Nat Biotechnol*. 2024;42(3):448–57. doi.org/10.1038/s41587-023-01800-0
 58. Liu HC, Zeng Y, Gong C, Chen X, Kijanka P, Zhang J, et al. Wearable bioadhesive ultrasound shear wave elastography. *Sci Adv*. 2024;10(6):eadk8426. doi.org/10.1126/sciadv.adk8426
 59. Wang Z, et al. Long-term adhesion and imaging stability of hydrogel-based ultrasound patches. *Nat Commun*. 2025;16:1342. doi.org/10.1038/s41467-025-60181-x
 60. Huang H, Wu RS, Lin M, Xu S. Emerging wearable ultrasound technology. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*. 2024;71(7):713–29. doi.org/10.1109/TUFFC.2023.3327143
 61. Bellini V, Brambilla M, Bignami E. Wearable devices for postoperative monitoring in surgical ward and the chain of liability. *J Anesth Analg Crit Care*. 2024;4(1):19. doi.org/10.1186/s44158-024-00154-6

Anexos

Video 1. Pulmón normal vs Neumotórax. En el pulmón derecho se logra visualizar deslizamiento pleural e imagen de playa en modo M. En el pulmón izquierdo, pleura sin movimiento y código de barras en modo M.

Video 2. Ventrículo izquierdo. A: Fracción de acortamiento normal. B: Fracción de acortamiento disminuida.

Video 3. Intubación esofágica. Nótese la aparición de la doble bala de cañón (*) al ingresar el tubo endotraqueal al esófago.

