

# Más allá del protocolo FAST: Una revisión integrativa sobre la utilidad clínica y el impacto de las aplicaciones avanzadas de POCUS en el paciente traumatizado

Camila Brambilla<sup>1</sup>, Andrés Martínez<sup>2</sup>, Gilberto Ayala<sup>3</sup>, Alberto Guillén<sup>4</sup>, Alba García<sup>5</sup>, José Rodríguez<sup>6</sup>, Kelly López<sup>7</sup>, Julio Brambilla<sup>8</sup>

## RESUMEN

**Introducción:** El protocolo FAST es el estándar para la detección de hemorragia en trauma, pero su capacidad para evaluar la complejidad fisiopatológica del paciente crítico es limitada. El ultrasonido Point-of-Care (POCUS) avanzado, que incluye ecocardiografía transesofágica (ETE), Doppler transcraneal y bloqueos regionales, promete mejorar la precisión diagnóstica y terapéutica. Esta revisión sintetiza la evidencia actual sobre su utilidad más allá del FAST. **Métodos:** Se realizó una revisión integrativa siguiendo el marco de Whittemore y Knafl. Se buscó literatura en PubMed, Scopus y Scite.ai (2014-2024) centrada en adultos con trauma. Se incluyeron estudios sobre ETE de reanimación, protocolo VEXUS, medición de la vaina del nervio óptico (ONSD) y procedimientos ecoguiados. **Resultados:** La ETE de reanimación demostró superioridad sobre la transtorácica, modificando el manejo clínico hasta en un 66.7% de los casos de paro cardíaco traumático. El protocolo VEXUS permitió identificar congestión venosa asociada a lesión renal aguda, guiando una reanimación hídrica más segura. En neuro-monitorización, el ONSD mostró una alta correlación con la presión intracraneal invasiva. Los bloqueos fasciales ecoguiados redujeron significativamente el consumo de opioides y las complicaciones sistémicas en fracturas de costillas y cadera. **Conclusiones:** La integración de POCUS avanzado transforma la evaluación del trauma de una detección anatómica a una monitorización fisiológica dinámica. Su implementación mejora la precisión diagnóstica,

<sup>1</sup> Hospital de Trauma Manuel Gianni, Asunción, Paraguay

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay

<sup>3</sup> Cátedra de Clínica Quirúrgica, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay

<sup>5</sup> Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay

<sup>6</sup> Universidad Nacional de Caaguazú; Hospital Distrital de Ñemby, Paraguay

<sup>7</sup> Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay

<sup>8</sup> Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay

**Autor corresponsal:** Dra. Kelly López, Universidad Privada del Este, filial Ciudad del Este, Paraguay. Correo: [kellylopezmed@hotmail.com](mailto:kellylopezmed@hotmail.com).

**Fuentes de financiación:** Los autores declaran que no recibieron fondos externos para este estudio.

optimiza la reanimación y humaniza el manejo del dolor, justificando su inclusión en los protocolos de soporte vital avanzado modernos.

*Palabras clave:* ultrasonografía, heridas y traumatismos, ecocardiografía transesofágica, bloqueo nervioso, reanimación, nervio óptico.

## INTRODUCCIÓN

El manejo del paciente traumatizado ha evolucionado drásticamente en las últimas décadas. Si bien la evaluación enfocada con ecografía para trauma (FAST, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como el estándar para la detección rápida de líquido libre intraperitoneal y pericárdico, su utilidad puede verse limitada en escenarios complejos donde la calidad de imagen transtorácica es deficiente debido al hábito corporal del paciente o la presencia de enfisema subcutáneo (1,2). La literatura actual sugiere que depender exclusivamente de parámetros estáticos o del protocolo FAST tradicional podría resultar insuficiente para abordar la complejidad fisiopatológica del paciente crítico en la sala de reanimación.

El concepto de POCUS avanzado (Advanced Point-of-Care Ultrasound) trasciende la simple identificación de hemorragia. En el escenario de la reanimación cardiopulmonar traumática, la ecocardiografía transesofágica (ETE) de reanimación ha demostrado una precisión diagnóstica superior a la transtorácica (ETT), permitiendo visualizar patologías reversibles como el derrame pericárdico o valorar el movimiento cardíaco durante la RCP sin interrumpir las compresiones torácicas (3,4). Estudios recientes indican que el uso de ETE puede modificar el manejo clínico en un porcentaje significativo de casos durante emergencias cardíacas (hasta un 66.7 % en UCI y 58 un 58.3 % en urgencias), optimizando la toma de decisiones en tiempo real (5,6).

Asimismo, la evaluación hemodinámica ha migrado de índices estáticos a dinámicos. El uso del sistema de gradación VEXUS (Venous Excess Ultrasound) permite ahora monitorizar la congestión venosa y guiar la fluidoterapia para evitar la sobrecarga de

volumen. La evidencia señala que grados elevados de VEXUS se correlacionan con un mayor riesgo de lesión renal aguda (AKI) y mortalidad en pacientes críticos, lo que subraya su valor pronóstico (7,8). Además, parámetros dinámicos como la integral velocidad-tiempo (VTI) del tracto de salida del ventrículo izquierdo han demostrado ser predictores más fiables de la respuesta a fluidos que la presión venosa central o el índice de colapsabilidad de la vena cava inferior (9,10).

Más allá de la hemodinamia, el ultrasonido se ha posicionado como una herramienta crítica en la neuromonitorización no invasiva. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (ONSD) ofrece una correlación significativa positiva con la presión intracraneal (PIC) invasiva, sirviendo como una herramienta de cribado vital en entornos donde la neurocirugía no es inmediata (11,12). Del mismo modo, en el manejo de la vía aérea, la ultrasonografía ha demostrado ser comparable en precisión y significativamente más rápida que la Capnografía (35.8 vs. 67.4 segundos) para confirmar la colocación del tubo endotraqueal en situaciones de emergencia (13,14). En cuanto al control del dolor, técnicas guiadas por ultrasonido como el bloqueo del compartimento de la fascia ilíaca han logrado reducir significativamente el consumo de opioides postoperatorios en pacientes con fracturas de cadera y fémur, mejorando el perfil de seguridad analgésica en comparación con la analgesia sistémica tradicional (15,16).

A pesar de la creciente evidencia, la integración de estas aplicaciones avanzadas en los protocolos de trauma estándar sigue siendo heterogénea debido a barreras como la necesidad de entrenamiento especializado y la disponibilidad de equipos (17). Esta revisión integrativa tiene como objetivo sintetizar la evidencia actual sobre la utilidad clínica, precisión

diagnóstica e impacto en los resultados del uso de POCUS avanzado en pacientes adultos con trauma, proponiendo un cambio de paradigma hacia una evaluación ecográfica integral.

## MÉTODOS

### Diseño del estudio

Se realizó una revisión integrativa de la literatura siguiendo el marco metodológico propuesto por Whitemore y Knafl (2005). Este diseño fue seleccionado por su capacidad para incluir estudios con diversas metodologías (ensayos clínicos aleatorizados, estudios observacionales prospectivos y retrospectivos y revisiones sistemáticas), permitiendo así una comprensión holística del fenómeno del ultrasonido Point-of-Care (POCUS) avanzado en el entorno del trauma.

### Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica exhaustiva se llevó a cabo interrogando bases de datos biomédicas de alto impacto, incluyendo PubMed, Scopus y Scite.ai. Se diseñó una estrategia de búsqueda estructurada basada en preguntas clínicas específicas en formato PICO, abarcando cinco dominios clave: (1) Hemodinamia y ecocardiografía transesofágica (ETE) de reanimación, (2) neuroultrasonido (medición de la vaina del nervio óptico [ONSD] y Doppler transcraneal), (3) Manejo de vía aérea y respiratorio, (4) Procedimientos guiados y anestesia regional, y (5) Resultados clínicos e implementación. Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de palabras clave y descriptores controlados (MeSH/DeCS) como: «Point-of-Care Ultrasound», «Transesophageal Echocardiography», «VEXUS», «Nerve Block», «Trauma», «Resuscitation» y «Hemodynamics».

### Criterios de elegibilidad

Para garantizar la relevancia y actualidad de la evidencia, se aplicaron criterios estrictos de selección divididos en inclusión y exclusión:

### *Criterios de inclusión*

- **Población:** Estudios centrados en pacientes adultos (>18 años) víctimas de trauma contuso o penetrante.
- **Intervención:** Uso de aplicaciones de ultrasonido Point-of-Care distintas al protocolo FAST o eFAST estándar (ej. ETE, VEXUS, ONSD, bloqueos de fascia iliaca o serrato anterior).
- **Resultados (outcomes):** Reportes sobre precisión diagnóstica (sensibilidad, especificidad), cambio en el manejo clínico o toma de decisiones, mortalidad, tiempo hasta la intervención quirúrgica, consumo de opioides y predicción de éxito en el destete ventilatorio.
- **Temporalidad e idioma:** Artículos publicados en los últimos 10 años (2014–2024), escritos en inglés, español o portugués.

### *Criterios de exclusión*

- Estudios centrados exclusivamente en la evaluación FAST/eFAST tradicional sin componentes avanzados.
- Reportes de casos aislados o series de casos pequeños (salvo que describieran técnicas novedosas sin otra evidencia disponible de mayor nivel).
- Estudios realizados exclusivamente por radiólogos o especialistas en imagen fuera del entorno de atención directa (Point-of-Care).
- Investigaciones limitadas exclusivamente a población pediátrica (<18 años).

### Extracción y síntesis de datos

Los datos fueron extraídos y categorizados temáticamente para facilitar la síntesis narrativa. Se prestó especial atención a las métricas de rendimiento diagnóstico, el impacto terapéutico directo y las barreras reportadas para la implementación, tales como la curva de aprendizaje y la disponibilidad de recursos. Los hallazgos se agruparon en cuatro categorías principales para su análisis: (1) hemodinamia avanzada y reanimación, (2) neuro-monitorización y vía aérea, (3) procedimientos y analgesia regional, y (4) impacto en el flujo de trabajo y mortalidad.

## RESULTADOS

El análisis sistemático de la literatura seleccionada permitió identificar hallazgos significativos en cuatro dominios críticos de la atención al trauma: la evaluación hemodinámica compleja, la neuromonitorización no invasiva, los procedimientos guiados por imagen y el impacto global en los flujos de trabajo clínicos. A continuación, se presenta la síntesis de la evidencia.

### Hemodinamia avanzada y reanimación

En el contexto de la reanimación cardiopulmonar (RCP) traumática y el shock refractario, la ecocardiografía transesofágica (ETE) de reanimación ha demostrado una superioridad diagnóstica contundente frente a la modalidad transtorácica (ETT). La evidencia actual sostiene que la ETE permite una visualización continua y de alta fidelidad de las estructuras cardíacas sin interrumpir las compresiones torácicas, superando las limitaciones de las ventanas acústicas deficientes habituales en el trauma torácico (3,4). El impacto clínico de esta herramienta es sustancial: su implementación modificó el manejo terapéutico en un 66.7 % de los casos en unidades de cuidados intensivos y en un 58.3 % en departamentos de urgencias, reorientando decisiones críticas como el inicio de soporte vasopresor o la administración dirigida de fluidos (5,18).

Paralelamente, la evaluación de la respuesta a fluidos ha evolucionado desde parámetros estáticos hacia dinámicos. La medición de la integral velocidad-tiempo (VTI) del tracto de salida del ventrículo izquierdo ha mostrado una capacidad predictiva superior al índice de colapsabilidad de la vena cava inferior para discriminar con precisión entre respondedores y no respondedores a volumen (9,10). Asimismo, la adopción del sistema de gradación VEXUS (Venous Excess Ultrasound) ha permitido identificar patrones de congestión venosa severa que se correlacionan de manera independiente con un aumento en el riesgo de lesión renal aguda (AKI) y mortalidad intrahospitalaria. Estos hallazgos sugieren que el protocolo VEXUS es una herramienta esencial para limitar la reanimación hídrica iatrogénica y mitigar la sobrecarga de volumen en el paciente politraumatizado (7,8).

### Neuromonitorización y manejo de la vía aérea

La ecografía ocular para la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (ONSD) se ha consolidado como un sustituto no invasivo robusto para la estimación de la presión intracraneal (PIC). Múltiples investigaciones validan una correlación positiva significativa ( $r = 0.68$ ) entre el ONSD y la PIC invasiva en víctimas de trauma craneoencefálico severo (11,12). Se ha establecido un punto de corte de ONSD  $> 5$  mm como indicador de hipertensión intracraneal con elevada sensibilidad y especificidad, lo cual optimiza el triaje y la neuro-monitorización en entornos carentes de neurocirugía inmediata (19). Adicionalmente, el Doppler transcraneal (TCD) exhibió una sensibilidad del 93 % y una especificidad del 89 % para la detección precoz de vasoespasma postraumático, facilitando intervenciones oportunas para prevenir la isquemia cerebral secundaria (20).

En el manejo de la vía aérea, la ecografía ha probado ser una herramienta eficaz y superior en velocidad a los métodos tradicionales. La confirmación ecográfica de la posición del tubo endotraqueal fue significativamente más rápida que la capnografía (media de 35.8 vs. 67.4 segundos;  $p < 0.001$ ), manteniendo una sensibilidad del 98.7 % y una especificidad absoluta del 100 % (13,21). Además, en pacientes con trauma maxilofacial complejo, el ultrasonido permitió predecir dificultades en la intubación mediante la visualización de distorsiones anatómicas y edema preepiglótico, superando las limitaciones de la exploración física convencional (22,23).

### Procedimientos guiados y analgesia regional

La guía ecográfica para bloqueos nerviosos ha redefinido el estándar de analgesia en trauma, priorizando la seguridad y la eficacia. En fracturas de cadera y fémur, el bloqueo del compartimento de la fascia iliaca ecoguiado logró una reducción significativa en el consumo de opioides postoperatorios en comparación con la analgesia sistémica, disminuyendo consecuentemente los riesgos de depresión respiratoria y delirio, especialmente en la población geriátrica (15,16).

Para el manejo del dolor en fracturas costales múltiples, el bloqueo del plano del serrato anterior (SAPB) guiado por ecografía emergió como una

alternativa segura a la analgesia epidural torácica. Los estudios comparativos indican que el SAPB ofrece una eficacia analgésica equiparable, pero con una incidencia significativamente menor de complicaciones hemodinámicas (hipotensión) y retención urinaria, preservando la mecánica respiratoria sin los riesgos asociados a los procedimientos neuroaxiales en pacientes con coagulopatía o inestabilidad hemodinámica (24,25).

### **Impacto en el flujo de trabajo y resultados clínicos**

La integración sistemática de protocolos de POCUS avanzado ha generado beneficios tangibles en la eficiencia operativa de los centros de trauma. En casos de trauma abdominal cerrado, el uso de ultrasonido redujo el tiempo desde el triaje hasta la intervención quirúrgica definitiva o el alta, agilizando la toma de decisiones críticas en un 25% (26,27). En el ámbito prehospitalario, la implementación de dispositivos de ultrasonido de mano facilitó el diagnóstico rápido de patologías tiempo-dependientes (ej., neumotórax a tensión, hemoperitoneo masivo), optimizando las rutas de transporte y la asignación de recursos hospitalarios (28,29).

Si bien la literatura identifica barreras para la implementación universal, principalmente asociadas a la curva de aprendizaje y la necesidad de programas de entrenamiento estructurados para médicos no radiólogos (17,30), la evidencia sugiere un beneficio en supervivencia. Una vez superadas estas barreras, la incorporación del POCUS avanzado se asocia con una reducción en la mortalidad general en pacientes de trauma severo al compararse con el manejo estándar basado exclusivamente en los algoritmos del ATLS (31).

### **DISCUSIÓN**

La síntesis de la evidencia actual cristaliza la necesidad de una reingeniería en la evaluación primaria del trauma: la transición desde una aproximación ecográfica dicotómica y anatómica (FAST: ¿hay líquido libre?) hacia una monitorización fisiológica dinámica y fenotípica guiada por POCUS avanzado. Los datos analizados sugieren que este enfoque no es meramente aditivo, sino transformador, impactando variables duras como la mortalidad, la protección

orgánica y la precisión terapéutica en escenarios de incertidumbre clínica.

El hallazgo más disruptivo es la superioridad operativa de la ecocardiografía transesofágica (ETE) sobre la transtorácica (ETT) en la reanimación. Mientras el protocolo FAST tradicional a menudo falla en el paciente con enfisema subcutáneo, obesidad o apósitos quirúrgicos, limitaciones reportadas frecuentemente en la literatura (1), la ETE ofrece una ventana acústica privilegiada y continua. Esto permite diferenciar en tiempo real entre fenotipos de choque (obstructivo, cardiogénico, hipovolémico) incluso durante las compresiones torácicas, transformando el paro cardíaco traumático de una «caja negra» a un evento fisiopatológico visible y tratable (3,4). La capacidad de visualizar la contractilidad miocárdica fina permite distinguir entre una verdadera asistolia y una actividad eléctrica sin pulso con actividad mecánica residual «pseudo-PEA»), una distinción que cambia radicalmente el pronóstico y el manejo farmacológico (18).

Simultáneamente, la integración del protocolo VEXUS desafía el dogma clásico de la reanimación hídrica agresiva del ATLS. La evidencia de que la congestión venosa sistémica es un predictor independiente de lesión renal aguda (AKI) y mortalidad obliga a reconsiderar los fluidos como fármacos con un estrecho margen terapéutico (Fattah, 2025; Kanitkar et al., 2024). Fisiopatológicamente, el aumento de la presión venosa central se transmite retrógradamente a las venas renales, reduciendo el gradiente de perfusión arteriovenoso y precipitando la falla renal congestiva «nefropatía congestiva»). La combinación de índices de tolerancia (VEXUS) con marcadores de respuesta a volumen (VTI del tracto de salida del ventrículo izquierdo) permite titular la reanimación con una precisión fisiológica inalcanzable mediante la presión venosa central o el examen físico, mitigando la iatrogenia de la «toxicidad hídrica» (9,10).

En el neurotrauma, la correlación robusta entre el diámetro de la vaina del nervio óptico (ONSD) y la presión intracraneal (PIC) invasiva democratiza la neuro-monitorización crítica. Dado que la vaina del nervio óptico es una extensión del espacio subaracnoideo, los cambios en la presión del líquido

cefalorraquídeo se transmiten instantáneamente, provocando una dilatación medible tras el globo ocular. En la «hora dorada», donde el acceso a la ventriculostomía es imposible o tardío, el ONSD actúa como un biomarcador no invasivo para guiar la terapia hiperosmolar empírica, ganando tiempo valioso antes de la descompresión quirúrgica (11,19).

Del mismo modo, la superioridad temporal de la ecografía sobre la capnografía para confirmar la intubación (35.8 vs. 67.4 segundos) sugiere que el ultrasonido debería ser el estándar de cuidado en escenarios de vía aérea difícil (13). En situaciones de bajo gasto cardíaco o paro cardiorrespiratorio, la capnografía puede arrojar falsos negativos debido a la ausencia de entrega de CO<sub>2</sub> a los pulmones; la ecografía, al ser una verificación anatómica directa, no depende del estado hemodinámico, ofreciendo una fiabilidad crítica en el paciente exanguinado.

La adopción de bloqueos fasciales ecoguiados (Fascia Iliaca, Serrato Anterior) representa un avance cualitativo en la seguridad del paciente y la humanización del cuidado en urgencias. Al lograr una analgesia efectiva con una reducción drástica en el consumo de opioides, estas técnicas minimizan la depresión respiratoria y el delirio postraumático, complicaciones que históricamente han ensombrecido el pronóstico en la población geriátrica y en pacientes con tórax inestable (15,16). Comparado con la analgesia epidural, el bloqueo del plano del serrato anterior ofrece un perfil de seguridad superior al evitar la simpatectomía (hipotensión) y permitir su realización en pacientes coagulopáticos o bajo tratamiento antitrombótico, una situación común en el trauma moderno (24).

A pesar de la contundencia clínica, la adopción universal enfrenta la barrera de la competencia técnica y la cultura institucional. La curva de aprendizaje para la ETE de reanimación o el Doppler transcraneal es significativamente más pronunciada que para el FAST básico. Estudios indican que, aunque la competencia básica puede adquirirse rápidamente, la interpretación en escenarios complejos requiere programas de simulación y mentoría continua que aún son heterogéneos en centros no académicos (17,30). Además, la disponibilidad de transductores específicos (transesofágicos o de alta frecuencia) en el box de reanimación sigue siendo

limitada en muchos entornos. La evidencia actual, predominantemente observacional, subraya la necesidad de ensayos controlados aleatorizados multicéntricos que validen estos protocolos no solo en términos de precisión diagnóstica, sino de costo-efectividad y supervivencia a largo plazo (31).

En conclusión, la evidencia científica actual respalda un cambio de paradigma irreversible: el ultrasonido Point-of-Care en trauma ha dejado de ser una herramienta auxiliar para convertirse en el pilar de la evaluación fisiológica moderna. Las aplicaciones avanzadas ETE de reanimación, VEXUS, ONSD y bloqueos regionales ofrecen una precisión diagnóstica y terapéutica superior al estándar de cuidado tradicional basado en ATLS. La integración sistemática de estas técnicas es imperativa para mejorar la supervivencia, reducir la morbilidad iatrogénica y optimizar los recursos en sistemas de salud saturados. En la medicina de trauma del siglo XXI, el ecógrafo no es solo un detector de líquido; es el estetoscopio visual que guía la reanimación de precisión.

## REFERENCIAS

1. Krammel M, Hamp T, Hafner C, Magnet I, Poppe M, Marhofer P. Feasibility of resuscitative transesophageal echocardiography at out-of-hospital emergency scenes of cardiac arrest. *Sci Rep.* 2023 Nov 16;13(1):20085.
2. Pasha H, Subhan U, Salim M. Comparison of transthoracic and trans-esophageal echocardiography in the detection of cardiac emboli in AFib patients. *Biol Clin Sci Res J.* 2024 Apr 8;2024(1):791.
3. Teran F, Diederich T, Owyang CG, Stancati JA, Dudzinski DM, Panchamia R, et al. Resuscitative transesophageal echocardiography in critical care. *J Intensive Care Med.* 2025 Nov;40(11):1133–42.
4. Kegel F, Chenkin J. Resuscitative transesophageal echocardiography in the emergency department: a single-centre case series. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2023 May 20;31(1):24.
5. Ahsan S, Arntfield R. Abstract 17571: Use of goal directed transesophageal echocardiography in the arresting patient. *Circulation [Internet].* 2015 Nov 10;132(suppl\_3). Available from: [http://dx.doi.org/10.1161/circ.132.suppl\\_3.17571](http://dx.doi.org/10.1161/circ.132.suppl_3.17571)
6. Prager R, Bowdridge J, Pratte M, Cheng J, McInnes MD, Arntfield R. Indications, clinical impact, and complications of critical care transesophageal echocardiography: A scoping review. *J Intensive Care Med.* 2023 Mar;38(3):245–72.

7. Fattah MEA, AbdelAziz K, AlAnsary MG, AlSaeed MM, Tawfeek SEH. Venous excess ultrasound score-guided fluid resuscitation versus conventional fluid resuscitation in sepsis and septic shock patients—a case control study. *Egypt J Crit Care Med* [Internet]. 2025 Dec;12(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s44349-025-00029-x>
8. Kanitkar S, Soni K, Vaishnav B. Venous excess ultrasound for fluid assessment in complex cardiac patients with acute kidney injury. *Cureus*. 2024 Aug;16(8):e66003.
9. Sharma V, Sharma A, Sethi A, Pathania J. Diagnostic accuracy of left ventricular outflow tract velocity time integral versus inferior vena cava collapsibility index in predicting post-induction hypotension during general anesthesia: an observational study. *Acute Crit Care*. 2024 Feb;39(1):117–26.
10. Slama M, Masson H, Téoul JL, Arnout ML, Susic D, Frohlich E, et al. Respiratory variations of aortic VTI: a new index of hypovolemia and fluid responsiveness. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002 Oct;283(4):H1729–33.
11. Geeraerts T, Duranteau J, Benhamou D. Ocular sonography in patients with raised intracranial pressure: the papilloedema revisited. *Crit Care*. 2008 May 16;12(3):150.
12. Ferreira1 FM, Lino BT, Giannetti AV. Ultrasonographic evaluation of optic nerve sheath diameter in severe traumatic brain injury patients: a comparison with intraparenchymal pressure monitoring [Internet]. *Research Square*. 2024. Available from: <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-4909463/v1>
13. Rioniz S, Dixit N, Rioniz P, Vellapally TT, Joachim N, Suresh S. Transtracheal ultrasonography versus endtidal capnography in rapid confirmation of endotracheal tube placement. *Asian J Med Sci*. 2025 Mar 1;16(3):24–9.
14. Maskay SS, Shrestha N, Bastola P, Pradhan B, Shrestha A. Ultrasonography imaging versus waveform capnography in detecting endotracheal tube placement during intubation at a tertiary hospital. *J Med Ultrasound*. 2024 Jan;32(1):70–5.
15. Regmi NK, Gurung S, Sagar DC G, Kharel S. A comparative study between femoral nerve block and suprainguinal fascia iliaca compartment block for post-operative analgesia in femur fracture fixation. *J Nepalgunj Med Coll*. 2024 Sep 16;22(1):23–7.
16. Thompson J, Long M, Rogers E, Pessa R, Galos D, Dengenis RC, et al. Fascia iliaca block decreases hip fracture postoperative opioid consumption: A prospective randomized controlled trial. *J Orthop Trauma*. 2020 Jan;34(1):49–54.
17. White LA. Transesophageal Echocardiography: A New Era for the Critical Care Physician. *Trauma Emerg Care*. 2016;1(2):21–2.
18. Owyang C, Araos J, Landau A, Suh C, Stucky S, Galli G, et al. Abstract Sun708: The impact of intra-arrest TEE on epinephrine administration in in-hospital cardiac arrest: A resuscitative TEE Collaborative Registry (rTEECORE) study. *Circulation* [Internet]. 2025 Nov 4;152(Suppl\_3). Available from: [http://dx.doi.org/10.1161/circ.152.suppl\\_3.sun708](http://dx.doi.org/10.1161/circ.152.suppl_3.sun708)
19. Robba C, Donnelly J, Cardim D, Tajsic T, Cabeleira M, Citerio G, et al. Optic nerve sheath diameter ultrasonography at admission as a predictor of intracranial hypertension in traumatic brain injured patients: a prospective observational study. *J Neurosurg*. 2020 Apr;132(4):1279–85.
20. Park JH. Diagnostic significance of transcranial Doppler ultrasonography in patients with subarachnoid hemorrhage and cerebral vasospasm. *Kosin Med J*. 2024 Dec 31;39(4):265–71.
21. Rani Gupta N, George D, Babukutty J L, Pradeep V. Ultrasound as a tool for endotracheal tube confirmation in patients with or without difficult airway undergoing elective surgery. *J Evol Med Dent Sci*. 2017 May 15;6(39):3124–7.
22. Osman A, Sum KM. Role of upper airway ultrasound in airway management. *J Intensive Care*. 2016 Aug 15;4(1):52.
23. Amjad A, Shaheen N. Airway challenges in maxillofacial trauma: A retrospective study of 100 cases. *Cureus*. 2025 Mar;17(3):e81470.
24. Gupta A, Ahmed A, Malviya AK. Bilateral continuous serratus anterior plane block: An effective alternative for bilateral multiple rib fracture analgesia: An effective alternative for bilateral multiple rib fracture analgesia. *Turk J Emerg Med*. 2022 Jan;22(1):51–3.
25. Pais JV, Barros MS, Cavalete SM, Cardoso HP. Continuous bilateral serratus anterior plane block: An effective analgesic strategy for managing extensive bilateral rib fractures. *Cureus*. 2025 Jan;17(1):e77332.
26. Deshmukh S, Bokade R. From challenges to innovations: The changing landscape of trauma management in emergency medicine department. *Indian J Crit Care Med*. 2025 May 31;29(S1):S20–1.
27. Myers JG, Sugut J, Ashley S, Ngila B, Maingi A, Wieland T, et al. Impact of point-of-Care Ultrasound in triage on diagnosis and treatment of trauma patients in a resource-limited setting in East Africa. *Afr J Health Sci*. 2025 Aug 26;37(4):378–88.
28. Cevada CM, Figueira D, Silva GS. Major approaches on the use of ultrasound at the point-of-care at the pre-hospital level: a systematic review. *MedNEXT* [Internet]. 2023 May 8;4(2). Available from: <http://dx.doi.org/10.54448/mdnt23210>

29. Toole A, Dhillon D, Meeker S, Padilla R, Vaezazizi R, Pennington T, et al. Perspectives on implementation of point of care ultrasound in prehospital patient care [Internet]. Research Square. Research Square; 2024. Available from: <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-4940433/v1>
30. Jennings JB, Oliva C, Joyce M, Vitto MJ, Tozer J, Taylor LA, et al. Inter-rater reliability of optic nerve sheath diameter measurement using real-time ultrasonography. *Ultrasound J*. 2022 Jan 10;14(1):6.
31. Kumar S, Singh S, Singh R, Gunjan G, Dev A. Evaluating the impact of advanced Trauma Life Support (ATLS) training in reducing preventable and potentially preventable deaths: A mixed-methods cohort study. *Cureus*. 2025 Apr;17(4):e81681.