

# El ultrasonido, de la cabecera del paciente al aula

*José Manuel Vázquez Reyes<sup>a</sup>, Manuel Millán-Hernández<sup>b</sup>, Oscar Andrés Ramírez Terán<sup>a</sup>, Fabián Fernández Saldívar<sup>c</sup>, Alfredo Cortés Algara<sup>d</sup>, Pedro Alberto González Ramírez<sup>e</sup>, Víctor Manuel Rodríguez Molina<sup>a,\*</sup>*

*“La parte más importante de un arte es poder observar adecuadamente”.*

—RENÉ LAËNNEC, *DE L'AUSCULTATION MÉDIALE*



Foto: Peoplecreations / Freepik

## Resumen

En los últimos años la ecografía a la cabecera del paciente ha crecido exponencialmente. Su aplicación es observada en el quirófano, en las unidades de cuidados intensivos, en urgencias, en la atención de primer nivel e incluso en el trabajo de campo. Es tan versátil que facilita el diagnóstico, mejora la monitorización de los pacientes y apoya en los procedimientos invasivos, todo esto de forma segura y eficaz. En el área de la educación médica ha permeado hasta el pregrado, donde ya se le propone como una herramienta

didáctica que permite la vinculación entre el conocimiento de las ciencias básicas y la aplicación clínica. La ecografía corresponde a uno de los instrumentos más versátiles en la medicina contemporánea, por lo que se hace obligada y prioritaria una mayor capacitación e investigación en el tema.

**Palabras clave:** Ecografía a la cabecera del paciente; insonación; educación médica; anatomía; fisiología.

## Ultrasound, from the Patient's Bedside to the Classroom

### Abstract

In recent years, ultrasound at the patient's bedside has exponentially grown. Its application has been observed in the operating room, intensive care units, emergency rooms, first-level care and even in field work. It is so versatile that it facilitates diagnosis, improves patient monitoring and supports invasive procedures, all in a safe and effective manner. It has been used as a didactic tool in medical education that helps create a link between basic sciences and clinical application. Ultrasound is one of the most versatile instruments in contemporary medicine, hence, more training and research in the subject is a must and a priority.

**Key words:** Point-of-care ultrasonography; insonation; medical education; anatomy; physiology.

<sup>a</sup>Departamento de Fisiología. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>b</sup>Departamento de Investigación en Educación Médica. Secretaría de Educación Médica. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>c</sup>Departamento de Informática Biomédica. Facultad de Medicina. UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>d</sup>Servicio de Endoscopia y Robótica Ginecológica. Centro Médico Nacional 20 de Noviembre ISSSTE. Ciudad de México, México.

<sup>e</sup>Servicio de Anestesiología. Hospital San Ángel Inn Chapultepec. Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia: Víctor Manuel Rodríguez Molina.

Correo electrónico: [victor.rodriguez@unam.mx](mailto:victor.rodriguez@unam.mx)

Recibido: 05-03-2019. Aceptado: 07-08-2019

## INTRODUCCIÓN

Ya han transcurrido décadas desde que René Laënnec (1781-1826) propuso la “mediación de auscultación o auscultación indirecta” utilizando el estetoscopio (1821), lo que en su tiempo le ganó gran escepticismo del gremio médico<sup>1</sup>. Hoy día, el estetoscopio es una herramienta tradicional de la exploración física al grado que representa un símbolo con el que se identifica al médico. El desarrollo científico en medicina ha permitido la generación de nuevas técnicas diagnósticas por imagen como el ultrasonido. Se propone que el ultrasonido puede ser una herramienta más de la exploración clínica, como sucedió con el estetoscopio. En distintos países ya se investiga su pertinencia e impacto con la finalidad de obtener diagnósticos de mayor precisión. Las áreas que han mostrado mayor interés en su incorporación son: la medicina crítica, los procedimientos médico quirúrgicos, la formación médica de residentes especialistas y en la medicina general. Por último, en distintas escuelas de medicina también se le sitúa como una herramienta didáctica de gran interés para la enseñanza de las ciencias básicas.

El objetivo de esta revisión es poner a la mano del lector una perspectiva de lo que se está investigando y promoviendo con respecto al uso del ultrasonido.

### Avance histórico

La historia del ultrasonido en medicina se remonta a 1954 cuando se obtuvo la primera imagen de un tejido, pero no es hasta 1981 que se utilizó por primera vez de forma intraoperatoria. Un avance importante se dio en 1990, cuando fue posible registrar las ondas de velocidad del flujo sanguíneo mediante el doppler continuo<sup>2</sup>. Hoy día su uso en medicina es cotidiano y confiable. La evolución tecnológica ha permitido crear dispositivos de gran portabilidad, con mejor definición de imagen y costos más accesibles; lo que ha favorecido su disponibilidad entre el personal de salud, incluyendo médicos generales, especialistas, enfermeras, fisioterapeutas e inclusive, personal de atención extrahospitalaria.

Los equipos de ultrasonido se han categorizado en tres grupos: computadoras portátiles que alcanzan un peso entre 4 y 6 kg; sistemas portátiles de mano con un peso entre 2 a 3 kg; y dispositivos con-

El ultrasonido permite monitorizar variables fisiológicas en tiempo real que posibiliten ajustar tratamientos. Su uso es muy amplio y de gran relevancia en casos como la reanimación hemodinámica, politraumatizados, detección no invasiva de hipertensión intracranal por medición de vaina de nervio óptico, la monitorización del flujo arterial cerebral por Doppler transcraneal o la evaluación de la disfunción gastrointestinal en el paciente crítico. También es una guía útil para mejorar la seguridad en los procedimientos invasivos. Fuera de las áreas críticas en pacientes hospitalizados, también es de gran utilidad para el diagnóstico diferencial, ofreciendo una pronta atención, que favorece la recuperación y el egreso oportuno.

siderados de bolsillo, cuyo peso es menor a medio kilogramo y pueden adaptarse a dispositivos móviles<sup>3,4</sup>. Cada equipo cuenta con características específicas que lo hacen útil en condiciones y escenarios clínicos particulares. La selección siempre debe guiarse bajo la premisa de: ¿cuál es el objetivo principal de uso?, ¿qué estructuras se desean explorar?, y por supuesto, ¿desde qué área laboral se utilizará?

Es claro que el experto en el diagnóstico por imagen es el especialista en Imagenología diagnóstica y terapéutica, cuya evolución como especialidad ha sido particularmente rápida y al unísono de la tecnología, ellos son sin duda los expertos en la ultrasonografía. En el área cardiovascular, la ecocardiografía es una subespecialidad de la cardiología. Entonces, ¿solo estos dos especialistas médicos pueden obtener beneficios por el uso del ultrasonido? En los últimos años han surgido propuestas que intentan diversificar el uso del ultrasonido, dentro de las cuales encontramos a la ecoscopia cardíaca, la insonación y la ecografía enfocada.

### Ecoscopia cardíaca

Con el objetivo de mejorar la valoración diagnóstica, pronóstica y terapéutica en la exploración física

cardíaca, se propuso utilizar el ultrasonido por un médico no cardiólogo, mediante dispositivos de bolsillo; su uso se limita a una extensión de la exploración física.

La ecoscopia cardíaca o la ecocardioscopia tiene las siguientes características: a) Es un método primordialmente cualitativo. b) No se realiza un reporte formal, solo un comentario en la historia clínica. c) No implica un costo adicional para el paciente. d) Su incorporación debe entenderse como una exploración cardíaca extendida. Dentro de los límites que marca la ecocardioscopia está que no proporciona un diagnóstico ecocardiográfico completo, y en caso de existir dudas sobre lo observado siempre referir a un ecocardiografista<sup>5</sup>.

### Insonación

Con la finalidad de aumentar la información recauda en la exploración física general, recientemente se ha propuesto la adición de un quinto pilar en la exploración física: inspección, palpación, percusión, auscultación e “insonación”<sup>6</sup>. Gracias a la inclusión de la insonación podría generarse mayor calidad diagnóstica desde la primera consulta. Por ejemplo, en pacientes con estertores crepitantes se estudió la sensibilidad para detectar edema pulmonar mediante la insonación, su sensibilidad fue de 19-64% y la especificidad de 82-94%<sup>7</sup>. En otro estudio se comparó el diagnóstico de disfunción ventricular, dilatación de cavidades cardíacas, hipertrofia ventricular y lesión valvular, realizado por un médico apoyado por ultrasonido contra cardiólogos que solo realizaron la exploración física habitual. El resultado mostró que los médicos que utilizaron el ultrasonido fueron más certeros en el diagnóstico que los cardiólogos que solo realizaron la exploración física<sup>8</sup>.

La insonación es una propuesta provocativa que invita a actualizar la exploración física que por muchos años se ha mantenido intacta. La intención siempre será mejorar el diagnóstico a la cabecera del paciente, sin perder los pilares de la exploración física tradicional y guiado por un buen interrogatorio médico. Una metodología que se ha propuesto para utilizar el ultrasonido de manera dirigida y protocolizada es la “ecografía enfocada”, “ecografía a la

cabecera del paciente” o “POCUS”, por sus siglas en inglés (*point-of-care ultrasonography*).

### Ecografía a la cabecera del paciente

La ecografía a la cabecera del paciente o ecografía enfocada no pretende sustituir la ultrasonografía diagnóstica realizada por el especialista en imagen, sino que busca un apoyo a la exploración física del paciente respondiendo a preguntas específicas bimodales (sí o no), que orienten un diagnóstico inmediato. La ecografía enfocada brinda una evaluación oportuna que apoya con rapidez decisiones terapéuticas. Su uso se basa en breves protocolos que brindan una adecuada precisión, confiabilidad y pueden realizarse cuantas veces se requiera<sup>9</sup>. Actualmente, se utiliza en diversas especialidades, en pacientes críticos o crónicos, hospitalizados o en consulta, en accidentes o en zonas rurales. La ecografía enfocada (POCUS) marca una tendencia de la práctica médica actual que busca mejorar la capacidad diagnóstica al momento.

## ULTRASONIDO EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

### Uso del ultrasonido en el primer nivel de atención

En el primer nivel de atención y en la medicina familiar, el uso de la ecografía enfocada favorece el abordaje de las enfermedades más frecuentes, por ejemplo, enfermedades pulmonares, de tejido subcutáneo, cardiovascular, abdominal, obstétrico, urogenital, vascular periférico, músculo esquelético, linfático y ocular. En este sentido, su uso mejora la referencia del paciente al segundo o tercer nivel de atención. Uno de los objetivos en esta área es investigar su impacto como herramienta de tamizaje. En publicaciones recientes de medicina preventiva se ha utilizado como un método de identificación en población de riesgo. Es el caso de un grupo de enfermeras en Fiyi que fueron capacitadas para realizar ecografía cardíaca enfocada a identificar posibles cardiopatías reumáticas en niños de 5 a 15 años. Estas experiencias muestran que en un futuro y bajo los estándares adecuados, puede usarse como una herramienta de tamizaje en población vulnerable, realizado por personal no experto en imagen y fuera del ámbito hospitalario<sup>10</sup>.

### Uso en medicina crítica y hospitalización

El ultrasonido permite monitorizar variables fisiológicas en tiempo real que den la posibilidad de ajustar tratamientos médicos. Su uso es muy amplio y de gran relevancia en casos como la reanimación hemodinámica, politraumatizados, detección no invasiva de hipertensión intracranal por medición de vaina de nervio óptico, la monitorización del flujo arterial cerebral por Doppler transcraneal o la evaluación de la disfunción gastrointestinal en el paciente crítico<sup>11-16</sup>. También es una guía útil y eficiente para mejorar la seguridad con la que se realizan los pro-

cedimientos invasivos como la colocación de catéteres centrales, los bloqueos regionales, los bloqueos neuroaxiales o las infiltraciones locales<sup>17-19</sup>. Fuera de las áreas críticas en pacientes hospitalizados, también es de gran utilidad para el diagnóstico diferencial, ofreciendo una pronta atención, que favorece la recuperación y el egreso oportuno<sup>7</sup>.

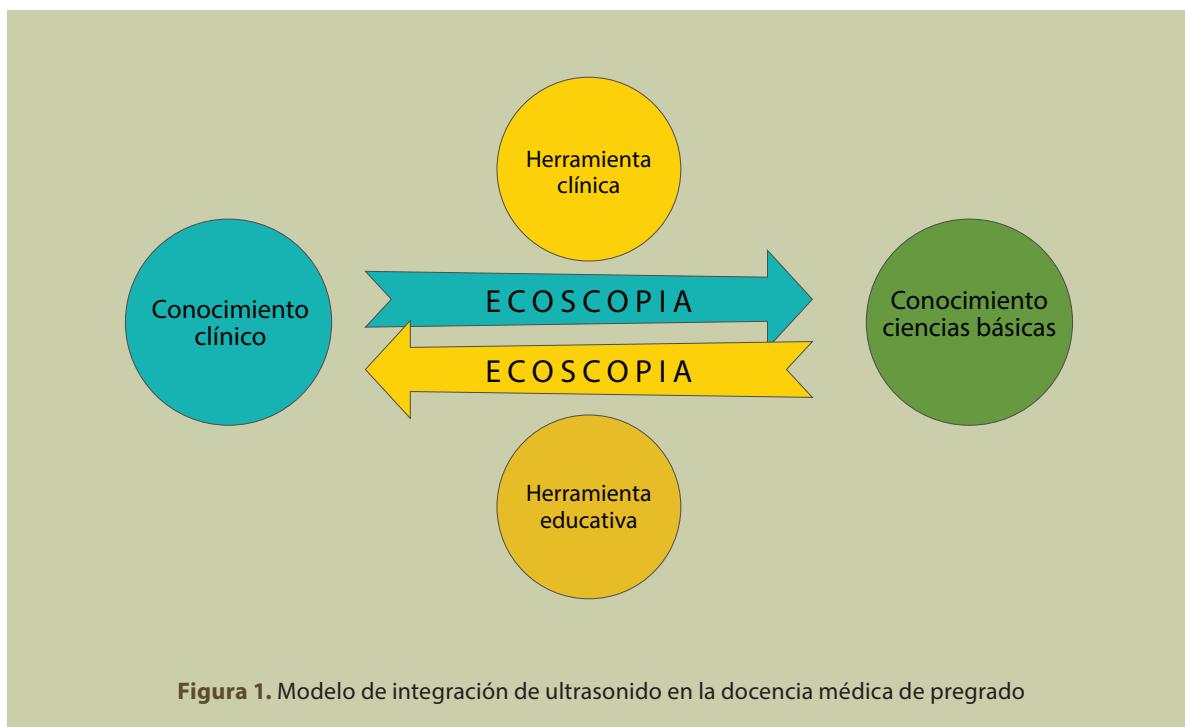
La aplicación de la ecografía enfocada es muy amplia y solo la creatividad de nuevas investigaciones permitirá construir más métodos eficaces y seguros. En la **tabla 1** se describe el uso del ultrasonido en diferentes especialidades médicas.

**Tabla 1.** Usos de la ecografía a la cabecera del paciente en distintas especialidades

Especialidades	Aplicación
Anestesiología	Acceso vascular, bloqueo regional de nervios, bloqueo neuroaxial, monitoreo intraoperatorio (hemodinámico pulmonar)
Cardiología	Ecoscopia cardíaca, evaluación cardíaca, guía de procedimientos
Medicina crítica	Guía de procedimientos, monitoreo pulmonar, monitoreo hemodinámico, ecocardioscopia enfocada
Dermatología	Evaluación de lesiones y tumores de piel
Urgencias	Monitoreo de paciente politraumatizado, monitoreo de paciente crítico, guía de procedimientos
Endocrinología	Evaluación de tiroides y paratiroides, guía de procedimientos
Cirugía General	Guía de procedimientos, evaluación intraoperatoria
Gastroenterología	Evaluación de hígado, guía de procedimientos
Medicina interna	Evaluación de órganos y sistemas, guía de procedimientos y accesos vasculares
Medicina familiar	Evaluación de órganos y sistemas, tamizaje.
Infectología	Evaluación de sitio de infección, guía de procedimientos.
Ginecología y obstetricia	Evaluación cérvix, útero y anexos, guía de procedimientos, evaluación de la paciente embarazada, evaluación del feto
Neonatología	Evaluación craneal y pulmonar.
Nefrología	Evaluación renal, guía de procedimientos, evaluación general de órganos y sistemas
Neurología	Doppler transcraneal, evaluación de nervios periféricos
Oftalmología	Evaluación de córnea y retina
Ortopedia	Evaluación musculoesquelética
Otorrinolaringología	Evaluación de tiroides, paratiroides, masas en cuello, guía de procedimientos
Pediatría	Guía de procedimientos, evaluación general, evaluación de paciente crítico
Cirugía plástica	Evaluación intraoperatoria
Neumología	Evaluación pulmonar y pleural, evaluación endobronquial, guía de procedimiento
Reumatología	Monitoreo de sinovitis, guía de procedimientos
Cirugía de trauma	Monitoreo de paciente politraumatizado, guía de procedimientos.
Urología	Evaluación renal, vejiga, próstata, guía de procedimientos, evaluación de tracto urinario
Cirugía vascular	Evaluación carotídea, arterial y venosa, guía de procedimientos

Modificado de: So S, Patel RM, Orebaugh SL. Ultrasound Imaging in Medical Student Education:

Impact on Learning Anatomy and Physical Diagnosis. Anat Sci Educ. 2017;10:176-89.



## ULTRASONIDO EN LA DOCENCIA

### Posgrado

En la enseñanza del posgrado diversas sociedades médicas internacionales, ya han dado a conocer sus lineamientos con respecto a los temas que deben de incorporarse al currículo de la especialidad<sup>20</sup>. Por otro lado, se encuentran iniciativas internacionales como WINFOCUS que se dirige a la capacitación educativa en medicina del área crítica<sup>21</sup>. Otro ejemplo es el taller realizado por *UltraDissection*, que se distingue por su innovación en el método de enseñanza-aprendizaje, en el que se incluye la enseñanza de anatomía, la insonación, la disección de cadáveres, y que está dirigido al posgrado, pero es incluyente con el pregrado y la medicina general<sup>22</sup>.

### Pregrado

Con respecto al pregrado, encontramos casos como el de la Universidad de Carolina del Sur, EE. UU., donde se ha estructurado un programa institucional que se centra en el uso de imágenes de ultrasonido con fines de aprendizaje anatómico y fisiológico en el primer año de la carrera. En niveles más

avanzados, también se capacita a los alumnos para la identificación de algunos datos patológicos. Por último, en la medida que el estudiante avanza de nivel, se le instruye en diferentes aspectos de la eco-grafía enfocada y se proponen rotaciones en especialidades que ya usen el ultrasonido a la cabecera del paciente. La incorporación del ultrasonido en el pregrado fortalece el modelo educativo basado en competencias, acompañado de la estrategia del aprendizaje basado en problemas<sup>23</sup>. Este tipo de experiencias docentes han mostrado que el ultrasonido es una herramienta de aprendizaje activo y una plataforma de integración curricular con impacto en el desarrollo de habilidades clínicas.

En la Universidad de Harvard, EE. UU., se realizó un estudio piloto sobre la incorporación del ultrasonido como método para la enseñanza de la anatomía y la fisiología en el primer año de medicina. Se incorporaron prácticas de anatomía general guiadas por ultrasonido, y en el segundo año se incluyó dentro de la enseñanza de la exploración física<sup>24</sup>. Los resultados son alentadores, el 91% de los estudiantes estuvieron de acuerdo con la inclu-

sión del ultrasonido<sup>25</sup>. Actualmente se plantea su incorporación en los cuatro años de la carrera de medicina.

La Sociedad Americana de Ecocardiografía propone la incorporación de un programa vertical durante los primeros cuatro años de la carrera de medicina, llevando al estudiante de forma gradual a la adquisición de conocimientos y habilidades. La exposición constante del uso del ultrasonido disminuye la pérdida gradual de las destrezas adquiridas y podría favorecer su uso en la práctica médica del futuro egresado<sup>26</sup>.

### **El ultrasonido como herramienta para la enseñanza de las ciencias básicas**

Anatomía es una materia compleja para la mayoría de los estudiantes de medicina. Se han creado numerosos recursos para facilitar su aprendizaje, entre los que se encuentran la disección de cadáveres, modelos anatómicos, modelos virtuales, modelos en computadora, etc. El uso del ultrasonido para la enseñanza de la anatomía no es algo reciente, las primeras investigaciones se realizaron en los años noventa, y a partir de entonces se ha evaluado su impacto y pertinencia. Una de sus grandes ventajas reside en la capacidad para mostrar estructuras bidimensionales en tiempo real y sin exposición a radiación. Ya se cuenta con experiencia en el uso del ultrasonido para reforzar el conocimiento de la anatomía del abdomen, pelvis, cuello y sistema muscular<sup>27-30</sup>. Distintos estudios reportan una satisfacción de hasta el 90% entre los estudiantes de anatomía<sup>31,32</sup>. Otra ventaja reportada fue que existía una adecuada identificación de las estructuras mediante las imágenes<sup>33</sup>. Como primera conclusión se encontró que los estudiantes no experimentados, después de un periodo de capacitación, pueden obtener habilidades técnicas comparables a expertos<sup>34</sup>. El objetivo primordial es la formación de un vínculo entre el conocimiento anatómico, la identificación por ultrasonido y el impacto en la identificación de patologías en un ambiente clínico<sup>35,36</sup>.

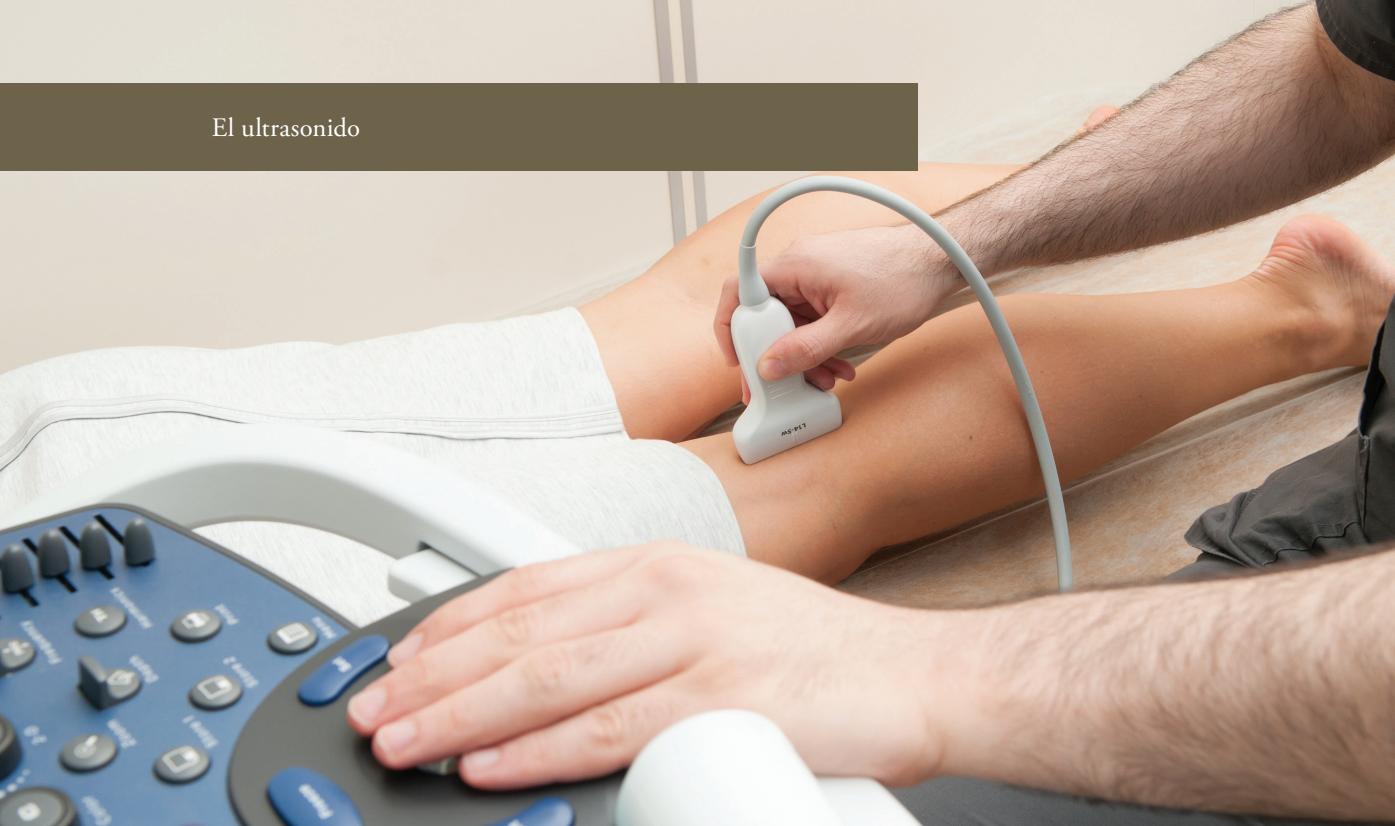
En el caso de la fisiología, aún hace falta desarrollar más experiencia; sin embargo, destaca su uso en la enseñanza del sistema cardiovascular en donde su incorporación como herramienta integradora

entre la ecocardiografía y la fisiología cardíaca ha contado con una opinión positiva por parte de los estudiantes<sup>37</sup>. También se ha estructurado el uso del ultrasonido como una herramienta didáctica para el estudio del ciclo cardíaco en fisiología buscando un aprendizaje situado, reflexivo y experiencial (**figura 1**). En este sentido, el ultrasonido constituye una herramienta de integración que permite al estudiante conjuntar conceptos básicos dentro de un marco clínico<sup>40</sup>. Otros estudios también destacan su utilidad en la fisiología pulmonar<sup>38,39</sup>, o como reforzador del aprendizaje permitiendo mejorar las calificaciones en evaluaciones de los temas revisados<sup>40</sup>.

### **La tecnología, el ultrasonido y las ciencias básicas**

Todo médico en su labor clínica tiene la necesidad de recabar la mayor cantidad de información que permita apoyar con precisión un diagnóstico o una toma de decisiones<sup>41</sup>. El uso de la tecnología para la obtención de información disminuye la incertidumbre. Ya desde hace algunos años se encuentra en crecimiento la propuesta de que el médico debe de trabajar más estrechamente con la informática, que le brinda la oportunidad de tener a su disposición múltiples fuentes de información que apoyen sus diagnósticos y tratamientos. Se plantea que una persona que trabaja en conjunto con múltiples fuentes de información, siempre obtendrá mejores resultados que quien no se apoya en ellas<sup>42</sup>. En este sentido, Friedman (2009) propuso la integración racional y adecuada de la tecnología para potenciar las capacidades de los usuarios<sup>43</sup>. La inversión prudente en la integración de tecnología puede hacer una gran diferencia en la gestión de la salud y la enfermedad<sup>44</sup>. La práctica de la medicina moderna requiere tecnologías que ayuden a gestionar la información del paciente, planificar procedimientos, interpretar resultados de laboratorio y realizar investigaciones<sup>45</sup>.

En la medicina actual, cuando se trata de procedimientos invasivos que comprometen la integridad del paciente, cada vez es menos aceptable la premisa de “aprender haciendo”, por lo que es necesario que los educadores médicos integren nuevos métodos para enseñar y adquirir experiencia<sup>46</sup>. El ultrasonido es una herramienta de gran apoyo en las ciencias



médicas y es necesario que el estudiante de pregrado se familiarice con él y conozca su impacto en el cuidado de la salud, así como sus usos, ventajas, desventajas y áreas de oportunidad.

## CONCLUSIONES

En el ultrasonido tenemos a una herramienta clínica de adecuada portabilidad, inocua, segura, a la cabecera del paciente, que puede mejorar la atención en los diferentes ámbitos de la salud. Pero además es una herramienta educativa que permite al estudiante de medicina la adquisición de conceptos básicos, le ofrece un conocimiento situado, y promueve el desarrollo de competencias médicas. La ecografía a la cabecera del paciente marca una tendencia en la práctica médica actual al mejorar la capacidad diagnóstica al momento. Es necesaria mayor investigación para definir el alcance del ultrasonido en la enseñanza médica, en la atención clínica y en el pronóstico del paciente. ●

## REFERENCIAS

1. García M. The Stethoscope has Passed Away. Long Live Handheld Echocardiography! *Rev Argent Cardiol.* 2016; 84:301-304.
2. Foster E, Schiller NB. Introduction to transesophageal echocardiography (TEE) with a historical perspective. *Cardiol Clin.* 2000;18:675-9.
3. Choi B, Mukherjee M, Dala P, et al. Interpretation of Remotely Downloaded Pocket-Size Cardiac Ultrasound Images on a Web-Enabled Smartphone: Validation Against Workstation Evaluation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011; 24(12):1325-30.
4. Chamsi-Pasha MA, Sengupta PP, Zoghbi WA. Handheld Echocardiography: Current State and Future Perspectives. *Circulation.* 2017;136(22):2178-2188.
5. Pérez L, Díaz S, Pagola J, et al. Documento de consenso de SEMI, semFYC, SEN y SEC sobre ecocardioscopia en España *Rev Esp Cardiol.* 2018;71(11):935-40.
6. Narula J, Chandrashekhar 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.
7. Bhagra A, Tierney DM, Sekiguchi H, Soni NJ. Point-of-Care Ultrasonography for Primary Care Physicians and General Internists. *Mayo Clin Proc.* 2016;91(12):1811-27.
8. Kobil SL, Trento L, Bahrami S, et al. Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. *Am J Cardiol.* 2005;96: 1002-6.
9. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med.* 2011;364(8):749-57.
10. Engelman D, Kado JH, Reményi B, et al. Screening for rheumatic heart disease: quality and agreement of focused cardiac ultrasound by briefly trained health workers. *BMC Cardiovasc Disord.* 2016;16:30.
11. Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. The RUSH exam: rapid ultrasound in shock in the evaluation of the critically ill. *Emerg Med Clin North Am.* 2010;28:29-56.
12. Bahner D, Et al. AIUM practice guideline for the per-

- formance of the focused assessment with sonography for trauma (FAST) examination. *J Ultrasound Med.* 2008;27: 313-18.
13. Lichtenstein D. Lung ultrasound in acute respiratory failure: an introduction to The BLUE protocol. *Minerva Anestesiol.* 2009;75:313-17.
  14. Seif D, Perera P, Mailhot T, et al. Bedside ultrasound in resuscitation and the rapid ultrasound in shock protocol. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:503254.
  15. Amini A, Kariman H, Arhami Dolatabadi A, et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure. *Am J Emerg Med.* 2013;31(1):236-9.
  16. Perez A, Carrillo R, Anica E, et al. Point-of-care gastrointestinal and urinary tract sonography in daily evaluation of gastrointestinal dysfunction in critically ill patients (GUTS Protocol). *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2018;50(1):40-48.
  17. Brass P, Hellmich M, Kolodziej L, et al. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;1:CD006962.
  18. Salinas FV, Hanson NA. Evidence-based medicine for ultrasound-guided regional anesthesia. *Anesthesiol Clin.* 2014;32(4):771-87.
  19. Almeida J. Ultrasound-Facilitated Epidurals and Spinals in Obstetrics. *Anesthesiology Clin.* 2008;26:145-58.
  20. Ma IWY, Arishenkov S, Wiseman J, et al. Internal Medicine Point-of-Care Ultrasound Curriculum: Consensus Recommendations from the Canadian Internal Medicine Ultrasound (CIMUS) Group. *J Gen Intern Med.* 2017; 32(9):1052-7.
  21. WINFOCUS-World Interactive Network Focused On Critical Ultrasound. Recuperado de: <http://winfoCUS.org/>
  22. UltraDissection (Spain Echo Training School). Recuperado de: <http://www.ultradissection.com/>
  23. Hoppmann RA, Rao VV, Bell F, et al. The evolution of an integrated ultrasound curriculum (iUSC) for medical students: 9-year experience. *Crit Ultrasound J.* 2015;7(1):18.
  24. Rempell J, Saldana F, DiSalvo D. Pilot Point-of-Care Ultrasound Curriculum at Harvard Medical School: Early Experience. *West J Emerg Med.* 2016 Nov;17(6):734-40.
  25. Scott TM. How we teach anatomy efficiently and effectively. *Med Teach.* 1993;15:67-5.
  26. Johri AM, Durbin J, Newbigging J, et al. Cardiac Point-of-Care Ultrasound: State-of-the-Art in Medical School Education. *J Am Soc Echocardiogr.* 2018;31(7):749-60.
  27. Stringer MD, Duncan LJ, Samalia L. Using real-time ultrasound to teach living anatomy: An alternative model for large classes. 2012; *N Z Med J* 125:37-45.
  28. Heilo A, Hansen AB, Holck P, Laerum F. Ultrasound "electronic vivisection" in the teaching of human anatomy for medical students. *Eur J Ultrasound.* 1997;5:203-7.
  29. Fox J, Chiem A, Rooney K, Maldonado G. Web-based lectures, peer instruction and ultrasound-integrated medical education. *Med Educ.* 2012;45:1099-136.
  30. Kondrashov P, Johnson JC, Boehm K, Rice D, Kondrashova T. Impact of the clinical ultrasound elective course on retention of anatomical knowledge by second-year medical students in preparation for board exams. *Clin Anat.* 2015;28:156-63.
  31. Moscova M, Bryce DA, Sindhusake D, Young N. Integration of medical imaging including ultrasound into a new clinical anatomy curriculum. *Anat Sci Educ.* 2015;8:205-20.
  32. Bell FE III, Wilson LB, Hoppmann RA. Using ultrasound to teach medical students cardiac physiology. *Adv Physiol Educ.* 2015;39:392-396.
  33. Brown B, Adhikari S, Marx J, et al. Introduction of ultrasound into gross anatomy curriculum: Perceptions of medical students. *J Emerg Med.* 2012;43:1098-102.
  34. Wong I, Jayatilleke T, Kendall R, Atkinson P. Feasibility of focused ultrasound training program for medical undergraduate students. *Clin Teach.* 2011;8:3-7.
  35. Shapiro RS, Ko PP, Jacobson S. A pilot project to study the use of ultrasonography for teaching physical examination to medical students. *Comp Biol Med.* 2002;32:403-9.
  36. Kobal SL, Trento L, Bahrami S, et al. Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. *Am J Cardiol.* 2005;96:1002-6.
  37. Brunner M, Moeslinger T, Spieckermann PG. Echocardiography for teaching cardiac physiology in practical student courses. *Am J Phys.* 1995; 268(6 Pt 3):S2-9.
  38. Paganini M, Rubini A. Chest ultrasound integrated teaching of respiratory system physiology to medical students: a first experience. *Adv Physiol Educ.* 2015;39(2):129-30.
  39. So S, Patel RM, Orebaugh SL. Ultrasound Imaging in Medical Student Education: Impact on Learning Anatomy and Physical Diagnosis. *Anat Sci Educ.* 2017;10:176-89
  40. Vázquez-Reyes J, Miguel-Martínez A, Rodríguez-Molina V. Ecografía cardíaca, una herramienta para la enseñanza del ciclo cardíaco en fisiología. Congreso de Educación Médica 2018. Facultad de Medicina, UNAM, Ciudad de México, México.
  41. Shortliffe EH. Biomedical informatics in the education of physicians. *JAMA.* 2010 Sep 15;304(11):1227-8.
  42. Friedman, C. P. A "Fundamental Theorem" of Biomedical Informatics. *J Am Med Inform Assoc.* 2009;16(2),169-70.
  43. Pate VL, Shortliffe EH, Stefanelli, et al. The coming of age of artificial intelligence in medicine. *Artif Intell Med.* 2009;46(1):5-17.
  44. Shortliffe EH. Strategic action in health information technology: Why the obvious has taken so long. *Health Aff (Millwood).* 2005;24(5):1222-33.
  45. Shortliffe EH, Cimino JJ. Biomedical informatics: Computer applications in health care and biomedicine. Springer London. 2014. Fourth Edition pp. 1-965.
  46. Vozenilek J, Huff JS, Reznek M, et al. See one, do one, teach one: advanced technology in medical education. *Acad Emerg Med.* 2004;11(11):1149-54.