



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

GRADO EN MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

**Aplicación de la nueva tecnología de ecocardiografía
portátil en la docencia médica universitaria**

**Application of new portable echocardiographic technology to
medical university teaching**

Autora: Claudia Bernardo García

**Directores: Dr. José Antonio Vázquez de Prada
Dra. Andrea Teira Calderón**

Santander, Junio 2021

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo pone punto final a una etapa vital que inicié con ilusión y que, a pesar de haber conllevado esfuerzo y dedicación, termino rodeada de personas que han sido capaces de acompañarme en el camino, y ayudarme a convertirme en quien soy hoy en día.

En primer lugar, me gustaría expresar mi gratitud a los profesores que han contribuido a mi formación, y a los médicos de mis rotatorios. No solo me han aportado conocimientos teóricos, sino que también me han transmitido su pasión por la medicina, y me han ayudado a descubrir qué tipo de profesional quiero ser el día de mañana.

En especial, dar las gracias al Dr. Vázquez de Prada, por confiar en todo momento en el proyecto que ha supuesto este TFG, al Dr. González Vilchez por su supervisión en la parte estadística, y a la Dra. Teira, por su paciencia, colaboración y eficiencia en la elaboración de esta memoria.

En lo personal, quisiera agradecer a mi familia que me brindara la oportunidad de conseguir mi sueño, convertirme en médico. A mi madre, Aurora, por creer en mí cuando yo no lo hacía, apoyarme en los momentos duros, y enseñarme que la constancia y el trabajo siempre se ven recompensados. Estoy segura de que sin ti no lo habría conseguido. A mi padre, Luis, por relativizar los contratiempos y ponerles una nota de humor, e intentar que siempre vea las cosas desde otra perspectiva. Sois mi inspiración, y espero haceros sentir orgullosos de mí el día de mañana.

Finalmente, no puedo dejar de mencionar a mis amigos de la infancia, que han sido un pilar fundamental para mí y han sabido entender, por difícil que haya sido en algunas ocasiones, lo complicado que se vuelve a veces compaginar esta carrera con la vida fuera de la facultad; y por supuesto, a mis compañeros de promoción, en muchos de los cuales he encontrado a lo largo de estos 6 años a verdaderos amigos, casi familia, y con los que he tenido la suerte de compartir experiencias irrepetibles que nos han unido para siempre. Gracias por valorarme tanto y confiar en mí, y, sobre todo, por la complicidad y las risas, que nunca han faltado y han hecho mucho más llevaderas las jornadas de estudio. Sé que nos quedan muchas más aventuras por vivir juntos, porque formamos un gran equipo.

ÍNDICE.

1.	TABLA DE ABREVIATURAS.....	8
2.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.1.	Ultrasonografía y desarrollo de la imagen cardiaca.....	10
2.2.	Limitaciones de la ecocardiografía convencional.....	11
2.2.1.	Limitaciones relacionadas con el paciente.....	11
2.2.2.	Limitaciones relacionadas con el operador.....	12
2.2.3.	Limitaciones relacionadas con la tecnología.....	13
2.3.	POINT-OF- CARE ULTRASOUND (POCUS).....	13
2.4.	POCUS y ecocardiografía de bolsillo en docencia médica universitaria.....	14
3.	OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	17
3.1.	Objetivo del trabajo.....	18
3.2.	Justificación del trabajo.....	18
4.	MÉTODOS.....	19
4.1.	Recogida de los datos.....	20
4.1.1.	Operadores.....	20
4.1.2.	Tecnología.....	20
4.1.3.	Estudios ecocardiográficos.....	20
4.2.	Interpretación de los datos.....	21
4.3.	Análisis de los datos.....	22
5.	RESULTADOS.....	24
6.	DISCUSIÓN.....	33
7.	CONCLUSIONES.....	38
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	40

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

La implementación del POCUS (Point-Of-Care Ultrasound) como extensión de la exploración física en la práctica clínica habitual hace pensar en la necesidad de iniciar su entrenamiento durante la formación universitaria.

OBJETIVO

Evaluar la utilidad del POCUS en la docencia médica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se compararon las imágenes de ecocardiografía 2D obtenidas mediante el empleo de un dispositivo de ecografía de bolsillo por un estudiante de medicina y un operador de nivel superior (II). Se comprobó el grado de acuerdo haciendo uso del software Stata 16.

RESULTADOS

Se realizaron 39 estudios sobre pacientes hospitalizados. La concordancia fue buena en la estimación de la FEVI ($\kappa=0.67$; IC95% 0.49-0.85), la valoración del ventrículo derecho ($\kappa=0.65$; IC95% 0.34-0.96), y la evaluación de la vena cava inferior ($\kappa=1.00$). La peor concordancia fue para la estimación del diámetro aórtico ($\kappa=0.54$; IC95% 0.09-0.98) y auricular izquierdo ($\kappa=0.54$; IC95% 0.27-0.80). No hubo diferencias significativas en la detección de derrame pericárdico ($\kappa=0.37$; IC95% 0.19-0.93).

CONCLUSIONES

Con la tecnología actual de ecografía de bolsillo, un operador no experto con una formación breve es capaz de detectar patológicas básicas del corazón.

PALABRAS CLAVE

Point Of Care Ultrasound, ecocardiografía, formación.

ABSTRACT

BACKGROUND

The implementation of POCUS (Point-Of-Care Ultrasound) as an extension of physical examination in clinical practice suggests the convenience of initiating its training during university education.

TARGET

The evaluation of the use of POCUS in medical students training.

MATERIAL AND METHODS

Using a pocket-size transducer, a sixth-year medical student and a superior level operator (II) acquired images of 2D echocardiography. Subsequently, the level of agreement was tested between observers by a statistical analysis for categorical variables, using Stata 16 software.

RESULTS

A total of 39 studies were performed. The agreement between the superior level operator and the student was good in the estimation of LVEF ($\kappa= 0.67$; CI95% 0.49 to 0.85), level of dilatation of right ventricle ($\kappa= 0.65$; CI95% 0.34 to 0.96), and inferior vena cava ($\kappa= 1,00$). The results with the worst agreement occurred in the estimation of aortic diameter ($\kappa= 0.54$; CI95% 0.09 to 0.98) and left atrium ($\kappa= 0.54$; CI95% 0.27 to 0.80). The results were not statistically significant for the detection of pericardial effusion ($\kappa= 0.37$; CI95% - 0.19 a 0.93).

CONCLUSIONS

With the current pocket-size echocardiography technology, a non-expert operator with a brief period of training is capable of detecting basic heart disruptions.

KEY WORDS

Point of Care Ultrasound (POCUS), echocardiography, education.

1. TABLA DE ABREVIATURAS.

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
POCUS	Point Of Care UltraSound
ETT	Ecocardiograma Transtorácico
TAC	Tomografía Axial Computarizada
RMN	Resonancia Magnética
FEVI	Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo

Tabla 1. Abreviaturas empleadas en el documento.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. Concepto de ultrasonografía y desarrollo en la imagen cardiaca.

La ecografía es una técnica de imagen basada en el uso de ultrasonidos, ondas que se mueven a una frecuencia por encima del umbral perceptible por el oído humano (20.000 Herzios). Para ello, se emplean cristales de cuarzo u otro material piezoeléctrico, los cuales son capaces de generar una onda de sonido cuando se aplica una corriente eléctrica sobre ellos. Cuando la onda de sonido generada vuelve a ellos al rebotar contra las estructuras, pueden transformarla en corriente eléctrica. A esta transformación de energía mecánica en energía eléctrica se la llama transducción, y a los elementos piezoeléctricos, transductores¹.

Durante la Primera Guerra Mundial se trabajó con la idea de utilizar ondas de ultrasonido para la detección de submarinos enemigos. Con este fin, Langevin y Chilowsky en 1917, fabricaron el primer generador piezoeléctrico de ultrasonidos para estudiar el fondo marino, el SONAR (Sound Navigation And Ranging)². En el campo de la medicina, desde principios de la década de 1940 científicos como Gohr y Wedekind³ o Denier⁴ plantearon la posibilidad de emplear ultrasonidos en la detección de tumores, abscesos, y otras imágenes del interior del cuerpo humano. Sin embargo, no fue hasta 1947 cuando se publicaron las primeras imágenes de un cerebro y sus ventrículos por el neurólogo austriaco Dussik⁵

El origen de la ecocardiografía se remonta a los 1950s, cuando el físico Hellmuth Hertz y el cardiólogo Inge Edler de la Universidad de Lund en Suecia, se plantearon el uso de los ultrasonidos para la valoración de la válvula mitral⁶. Desde entonces, el desarrollo de la ecocardiografía ha sido continuo y exponencial: han aumentado el número de modalidades (bidimensional, Doppler pulsado, Doppler continuo, ecografía transesofágica, 3D...), ha mejorado la calidad de las imágenes, se ha conseguido la digitalización de los estudios, y se han sofisticado los equipos.

Hoy en día la ecocardiografía es, después del electrocardiograma, la prueba complementaria más utilizada en el diagnóstico de patología cardiaca. Según los datos recogidos entre el año 2011 y el año 2017 por la Agency for Healthcare Research and Quality de Estados Unidos, cada año se realizó un ecocardiograma hasta en un 20% del total de los usuarios del FFS (Fee-For-Service System). Dentro de ese subgrupo de pacientes, en el 30% se realizó más de un estudio⁷. En otro trabajo centrado en el análisis de la tendencia en la práctica de ecocardiografía entre 2001 y 2009⁸, se evidenció que el 4% de la población de Ontario se realizó un ecocardiograma en este periodo, con una tasa de crecimiento del número de esta prueba ajustada por edad y sexo del 5.5% anual.

Son muchas las razones que justifican esta tendencia. Por un lado, el crecimiento de la población y su envejecimiento han supuesto el aumento general del consumo de recursos. Además, el hecho de que la ecocardiografía sea una técnica rápida, no invasiva, con una alta disponibilidad y un coste relativamente

bajo, ha hecho que se imponga frente a otras. Finalmente, algunos de los nuevos tratamientos en cardiología, como la resincronización o el bloqueo neurohormonal, requieren cuantificar de manera precisa parámetros como la fracción de eyección y realizar un seguimiento de los valores determinados para valorar la eficacia de las terapias.

Una revisión acerca de la evolución de la imagen cardíaca a través de las publicaciones existentes en revistas médicas⁹ reportó que, de un total de 53.864 trabajos publicados acerca de técnicas de imagen en cardiología, el 79% estaban dedicados a la ecocardiografía; y limitando la búsqueda a las seis revistas de mayor relevancia en cardiología, este número ascendía al 85%. Esto pone en evidencia, desde otra perspectiva, el peso relativo de la ecocardiografía frente a otras técnicas de imagen.

2.2. Limitaciones de la ecocardiografía convencional.

Aunque la ecocardiografía es una prueba fundamental para el estudio de la anatomía y función cardíacas, tiene limitaciones. Estas son, fundamentalmente, las dependientes del paciente, las dependientes del operador, y las dependientes del aparato con que se realiza.

2.2.1. Limitaciones relacionadas con el paciente.

Una de las principales limitaciones de la ecocardiografía está relacionada con la ventana acústica.

Existen determinadas condiciones en los pacientes que limitan la capacidad de los ultrasonidos de llegar a las estructuras cardíacas, reflejarse y volver al transductor para generar la imagen.

Puesto que medios como el metal, el hueso, el aire y la grasa provocan la atenuación de los ultrasonidos, la presencia de prótesis valvulares u otros dispositivos intracardiacos; pacientes con enfermedades pulmonares o con hábito tabáquico; y la delgadez extrema o la obesidad, suponen una dificultad añadida a la hora de obtener imágenes óptimas. Además de lo mencionado, los antecedentes de cirugía torácica reciente interfieren en la calidad de los estudios.

Existen también otros factores que pueden limitar la capacidad de sacar conclusiones a partir de las imágenes. Entre estos destacan la presencia de arritmias como las taquiarritmias o la extrasistolia, que alteran la contractilidad normal del corazón.

2.2.2. Limitaciones relacionadas con el operador.

La ecocardiografía es una técnica operador dependiente. Esto quiere decir que requiere un alto grado de experiencia y entrenamiento para una adquisición e interpretación apropiada de los estudios.

Según las guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología, en ecocardiografía se distinguen 3 niveles de formación:¹⁰

- **Nivel básico (I):**
 - Implica la permanencia mínima de 3 meses en un laboratorio de ecocardiografía con capacidad docente, durante los cuales el ecografista debe analizar e interpretar bajo supervisión, al menos 150 estudios de eco-Doppler.
 - No es suficiente para la realización e interpretación de estudios en la clínica diaria de manera independiente.
- **Nivel superior (II):**
 - Implica la permanencia mínima de 3 meses adicionales (6 en total), con otros 150 estudios (300 en total), también supervisados.
 - La experiencia es suficiente para la realización e interpretación independiente de estudios ecocardiográficos.
- **Nivel especializado (III):**
 - Requiere la experiencia mínima de 6 meses adicionales (total 12 meses), con realización de 450 estudios adicionales (750 en total).
 - Debe complementarse con experiencia en investigación ecocardiográfica y asistencia a cursos de manera asidua.
 - Este nivel de formación permite la dirección de un laboratorio de ecocardiografía de un centro hospitalario.

2.2.3. Limitaciones relacionadas con la tecnología.

El gran desarrollo tecnológico de los últimos años ha llevado a la miniaturización progresiva de los aparatos de ecocardiografía, lo que ha disminuido el problema de la portabilidad al permitir llevar los ecógrafos a la cabecera del paciente. Distinguimos dos tipos de ecógrafos en función del nivel de miniaturización:

- Los aparatos portátiles: son equipos completos de ecocardiografía que pueden trasladarse de un lado a otro y que disponen de todas las modalidades de un aparato de ecocardiografía convencional (modo M,

ecografía bidimensional, Doppler color, Doppler pulsado, Doppler continuo, Doppler tisular, deformación miocárdica e incluso capacidad de realización de ecocardiografía transesofágica).

- Los aparatos de bolsillo: son de más reciente aparición; de hecho, el concepto de ecocardiografía de bolsillo (“hand carried personal ultrasound device”), se introduce por primera vez en 1980 en un trabajo de Roelandt y Cols para la valoración de la fracción de eyección¹¹. Son de menor tamaño y disponen de menos modalidades de estudio (ecografía bidimensional y Doppler color). Sin embargo, recientemente se ha presentado el primer dispositivo de ecografía de bolsillo con tecnología Doppler continuo, aunque aún no está comercializado en nuestro país.

2.3. POINT-OF-CARE ULTRASOUND (POCUS).

La ecocardiografía en el punto de atención o POCUS (Point-Of-Care Ultrasound) consiste en el uso de la ecocardiografía como una extensión de la exploración física. Se realiza en la cabecera del paciente y se interpreta mientras se efectúa. El POCUS integra los hallazgos de la imagen con el contexto clínico y con el resto de los datos disponibles, buscando hallazgos que puedan ser determinantes en el diagnóstico y manejo de los pacientes.

El hecho de que sea una técnica rápida, con gran disponibilidad y no invasiva explica el interés que ha suscitado en los últimos años.

Es fundamental diferenciar el concepto POCUS de la ecocardiografía transtorácica convencional. Debemos tener presentes que tienen objetivos diferentes, las limitaciones de los aparatos con que se realizan, y las diferencias entre los operadores que las ejecutan, para que el uso del POCUS sea útil y seguro.

- En cuanto al objetivo, el ETT es una prueba de imagen con un protocolo de realización normalizado y que requiere de un análisis riguroso de acuerdo con unos estándares de adquisición y reporte, y que se realiza por un operador de nivel experto entrenado. El POCUS, por otro lado, busca evaluar de manera dirigida a pacientes con un contexto clínico determinado para identificar o descartar situaciones que puedan comprometer la toma de decisiones y el curso clínico. Así, la ecocardiografía transtorácica convencional es una prueba de imagen definitiva que explica síntomas y reporta hallazgos negativos e incidentales; mientras que el POCUS tiene como objetivo identificar la presencia o ausencia de determinados hallazgos sin pretender sustituir a la primera.
- En relación al tamaño del ecógrafo, el término POCUS no hace referencia a las dimensiones del aparato, si bien es cierto que la progresiva miniaturización de los dispositivos ha facilitado su desarrollo.

- En lo que respecta al operador, el concepto del POCUS no está ligado a una especialidad médica concreta ni a un determinado nivel de formación en la técnica. En cualquier caso, es importante tener en cuenta que el POCUS es realizado en muchas ocasiones por clínicos con menor entrenamiento que los expertos en ecocardiografía.

Las diferencias entre los aparatos y entre los operadores que realizan el ETT convencional frente al POCUS son importantes porque, sumadas a las limitaciones propias de la ventana de los pacientes, pueden llevar a la interpretación errónea de los exámenes realizados.

De todo lo dicho se entiende que existan, desde el nacimiento del concepto del POCUS, diferentes trabajos que buscan evaluar la utilidad real de la ecocardiografía de bolsillo para el examen a pie de cama de los pacientes.

2.4 POCUS y ecocardiografía de bolsillo en la docencia médica universitaria

Aunque instituciones como la American Society of Echocardiography (ASE) o la European Association of Echocardiography (EAE) consideran que el POCUS no sustituye a la exploración física ni a la ecocardiografía transtorácica convencional, es admitido su valor como complemento a la exploración física. Por ello, el entrenamiento en POCUS durante el periodo de formación en la facultad de medicina puede ser de interés, y muchas universidades están incorporando la formación en Point-Of-Care Ultrasound como una parte más de la exploración física¹².

Siendo esto algo novedoso, el papel del POCUS en los planes de estudio de las universidades es muy variable. Cuando aparece, los objetivos de aprendizaje van desde la introducción a la técnica y familiarización con las imágenes, hasta el entrenamiento en la adquisición de imágenes o el reconocimiento de imágenes normales e identificación de patología básica.

A nivel internacional, universidades como el Imperial College de Londres, la Universidad de Oslo, o la Universidad de Queens en Kingston (Canadá), con más experiencia en la integración del POCUS durante la formación en medicina, han llegado a varias conclusiones al respecto¹³:

- Es importante la formación previa en fisiología y patología básica cardiológica; por ello, aunque el POCUS en cardiología se puede introducir en cualquier curso, es más rentable en cursos más avanzados.
- No se conoce cuál es el tiempo idóneo de formación, aunque sí se incide en la necesidad de continuar la práctica supervisada durante el posgrado para mantener las aptitudes aprendidas.

-
- No existe un método de aprendizaje estandarizado. Es de interés el uso de programas interactivos multimedia, que son, además, una alternativa en situaciones de falta de recursos.
 - No están descritas las competencias mínimas a adquirir.
 - Las principales limitaciones para la formación en POCUS son la falta de conocimientos de los alumnos y la limitación de personal y de recursos.

En el plano nacional, la Universidad Complutense de Madrid es la única universidad con Cátedra de Imagen cardiaca¹⁴ en la que se imparten dos asignaturas optativas centradas en ecocardiografía.

- Imagen cardiovascular: la duración total de esta asignatura es de 16 horas. Cuatro horas se dedican a la ecocardiografía transtorácica (fundamentos, patología básica e investigación cardiovascular), y el resto al estudio de otras técnicas de imagen cardiaca (ecocardiografía transesofágica, TAC y RMN cardiaca).
- Exploración clínica cardiaca con ultrasonidos: esta asignatura está dirigida a estudiantes de Cuarto, Quinto y Sexto de Medicina. Se busca la adquisición de conocimientos básicos, teóricos y prácticos, de planos ecocardiográficos y flujos intracardiacos evaluados mediante Doppler. Además, se estudian los hallazgos ecocardiográficos más importantes de las principales patologías cardiovasculares.

En el resto de las universidades españolas no aparece el POCUS a lo largo del grado, aun existiendo formación en ecocardiografía. De igual modo, el POCUS no está contemplado en el plan de estudios de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria¹⁵. En este último sí se incluye la aproximación e iniciación a la ecografía y la ecocardiografía, principalmente en el plano teórico:

- En primero de carrera, se introducen los principios básicos de las ondas sonoras en la asignatura “Física Médica”.
 - En tercero, en la asignatura “Radiología y Medicina Física General”, se imparten nociones teóricas sobre los ultrasonidos, la ecografía y su funcionamiento, y se visita un laboratorio de ecografía, en el que se practica el visionado de imágenes ecográficas y la identificación de estructuras y patología básica.
 - En cuarto curso aparece por primera vez la ecocardiografía en el apartado de Cardiología de la asignatura de Patología Médica I. Se incluye como parte del temario centrado en técnicas diagnósticas en cardiología: “Ecocardiografía y sus modalidades: eco transtorácico y transesofágico. Técnicas Doppler. Eco de estrés. Eco de contraste. Eco tridimensional. Speckle-tracking y strain. Otras técnicas de imagen: TAC y RMN”.
-

-
- En quinto curso, se refuerzan los conocimientos de ecografía en la asignatura “Radiología Clínica”, dirigida a la identificación de patología básica.
 - Finalmente, en sexto curso, un porcentaje de los alumnos tiene la oportunidad de rotar durante 2 meses en el Servicio de Cardiología del hospital de referencia, donde se afianzan los conocimientos ecocardiográficos adquiridos durante la carrera mediante el contacto con pacientes reales.

En definitiva, en la Universidad de Cantabria la formación en la ecografía es eminentemente teórica y el POCUS no forma parte del plan docente actual. De ahí el interés de este trabajo en evaluar el eventual papel de la ecocardiografía portátil en la práctica clínica diaria tanto de la mano de un operador de nivel superior como de la de un estudiante de medicina.

3. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1. Objetivo del trabajo.

En este Trabajo de Fin de Grado vamos a evaluar la utilidad del POCUS en la docencia médica.

Para ello, se compararán los resultados obtenidos por un estudiante de 6º de medicina tras un periodo de formación, con los hallazgos reportados por un operador de nivel superior en ecocardiografía, que realizará los mismos estudios de manera secuencial. Ambos emplearán un aparato de ecocardiografía de bolsillo.

3.2. Justificación del trabajo.

El interés de este estudio se deriva del exponencial desarrollo y del aumento de la disponibilidad de la tecnología de Point of Care Ultrasound en los últimos años. Se ha convertido en una herramienta cada vez más accesible no sólo al personal médico especializado, sino a colectivos con menor formación, como los estudiantes. Dado lo novedoso de esta tecnología, hacen falta trabajos que evalúen la capacidad del estudiante de medicina de realizar e interpretar POCUS para valorar el interés que puede tener incluir esta técnica en su formación.

4. MÉTODOS.

4.1. Recogida de los datos.

4.1.1. Operadores.

- Estudiante de 6º de medicina: su formación resulta del estudio teórico individual de las bases de la ecocardiografía transtorácica convencional y el POCUS mediante bibliografía y material multimedia; y de un entrenamiento práctico de 5 horas con el dispositivo y con pacientes reales.
- Operador de nivel superior (II) según la Sociedad Española de Cardiología.

4.1.2. Tecnología

Se empleará un transductor sectorial de banda ancha apto para la exploración abdominal, cardíaca, FAST, pulmonar y ginecológica. En concreto, se empleará el modelo Lumify S4-1 de Philips Healthcare, © Koninklijke Philips N.V.

4.1.3. Estudios ecocardiográficos

Se recogerán imágenes con ecocardiografía 2D de la aorta ascendente, aurícula izquierda, ventrículo izquierdo, ventrículo derecho, espacio pericárdico y vena cava inferior, haciendo uso de las ventanas de estudio ecocardiográfico convencionales (paraesternal, apical y subcostal). No se obtendrán imágenes en modo Doppler color.

Se considerarán parámetros de evaluación ecocardiográfica cualitativa, semicuantitativa y cuantitativa.

Se recogerá la fecha de realización de cada examen y se especificará el tiempo empleado en la realización de cada examen.

El estudiante de medicina y el operador de nivel superior realizarán los exámenes de forma secuencial el mismo día, de manera ciega.

Adquisición de las imágenes:

- Aorta ascendente: El diámetro de la aorta ascendente se determinará desde la ventana paraesternal en el eje largo. Se medirá el diámetro máximo observado, perpendicular al eje largo de la aorta y en telediástole. Se medirá de la primera señal ecocardiográfica de la pared anterior de la aorta, a la primera señal ecocardiográfica de la pared posterior de la aorta (de borde externo a borde interno).
- Aurícula izquierda: El diámetro de la aurícula izquierda se medirá en la ventana paraesternal en el eje largo y en telediástole. Se medirá perpendicular al eje largo de la pared posterior auricular del borde interno al borde interno de la misma.

- Ventrículo izquierdo: Evaluaremos la función ventricular a través del análisis por la ventana paraesternal en el eje largo y en el eje corto a nivel basal, medio y apical; obtendremos también los planos 4 cámaras, 2 cámaras y 3 cámaras por ventana apical.
- Ventrículo derecho: Evaluaremos el ventrículo derecho a través del análisis global de los distintos planos y ventanas ecocardiográficas.
- Derrame pericárdico: Se explorará la presencia o ausencia de derrame pericárdico desde los diferentes planos ecocardiográficos.
- Vena cava inferior: Se medirá por ventana subcostal con el paciente en decúbito supino, realizando la medida perpendicular al eje largo de la vena cava inferior.

Se recogerán los factores sociodemográficos que pueden influir en la calidad de la ventana ecocardiográfica y de las imágenes (índice de masa corporal (IMC), tensión arterial, frecuencia cardiaca, hábito tabáquico, patología pulmonar, alteraciones del ritmo, intervenciones quirúrgicas previas torácicas, y presencia de marcapasos, desfibrilador automático implantable, u otros dispositivos).

4.2. Interpretación de los datos.

Para determinar la normalidad o no de los hallazgos, se emplearán las últimas recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía¹⁶. Utilizaremos límites que tengan implicaciones en el diagnóstico o tratamiento.

Evaluaremos imágenes de ecografía 2D. No evaluaremos en este trabajo las modalidades de ecografía Doppler color ni modo M.

- Aorta ascendente:
 - Registraremos el valor medido.
 - Consideraremos ausencia de dilatación valores < 40 mm y dilatación a valores >40 mm.
- Aurícula izquierda:
 - Registraremos el valor medido.
 - Consideraremos ausencia de dilatación valores < 40 mm y dilatación a valores >40 mm.
- Ventrículo izquierdo:
 - Realizaremos una estimación visual de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) mediante el análisis global de los distintos planos ecocardiográficos. Para ello, evaluaremos individualmente el grado de engrosamiento de cada segmento de la pared miocárdica para realizar una estimación global que dividiremos en:

-
- Función ventricular izquierda normal (FEVI 50-55%).
 - Disfunción ventricular izquierda ligera (FEVI 45-50%).
 - Disfunción ventricular izquierda moderada (FEVI 35-45%).
 - Disfunción ventricular izquierda severa (FEVI <35%).
- Ventrículo derecho:
 - Consideraremos normal un ventrículo derecho de menor tamaño que el ventrículo izquierdo, y dilatado un ventrículo derecho de mayor o igual tamaño que el ventrículo izquierdo.
 - Derrame pericárdico:
 - Diferenciaremos la presencia o ausencia de derrame pericárdico.
 - Cuantificaremos el derrame como:
 - Ligero si el diámetro mayor es < 0.5 cm.
 - Moderado si está entre 0.5 y 1.5 cm.
 - Severo si es > 2.5 cm.
 - Vena cava inferior:
 - Clasificaremos la vena cava inferior en no dilatada si es menor de 21 mm, y dilatada si es mayor de 21 mm.
 - Recogeremos la presencia o ausencia de colapso inspiratorio de la vena cava inferior.

4.3. Análisis de los datos.

El análisis estadístico se realizó con el software estadístico Stata 16 (StataCorp LLC).

Se evaluaron las características sociodemográficas de la muestra del estudio.

Para el análisis del acuerdo entre observadores, dado que se trataba de medidas cualitativas, se realizó un análisis de la concordancia para medidas categóricas.

Se calculó el acuerdo específico positivo, el acuerdo específico negativo y el índice de acuerdo global. Este último no tiene en cuenta la posibilidad del azar como causa del acuerdo, y para superar esta limitación se completó el análisis mediante el cálculo del índice kappa¹⁷, que elimina el grado de acuerdo esperable por azar¹⁸. Se empleó el índice kappa para el diámetro de la aurícula izquierda, el diámetro de la aorta y la función del ventrículo derecho. Se calculó el índice kappa ponderado en aquellas variables que incluían categorías ordenadas, es decir, la fracción de eyección ventricular izquierda, el derrame pericárdico y la vena cava inferior. En este trabajo se consideró que un valor de kappa superior a 0.6 equivalía a una buena concordancia. Finalmente, se evaluó

el índice de PABAK, que realiza un ajuste del kappa por prevalencia y sesgo para tablas de 2x2, y tiene en cuenta el grado de desacuerdo y las diferencias entre las proporciones de resultado positivo y negativo que afectan negativamente al coeficiente *kappa*¹⁹.

5. RESULTADOS.

Se realizaron un total de 39 estudios.

La media de tiempo empleado por el estudiante para la realización de cada estudio fue de 15.87 minutos (Desviación Estándar 2.71), mientras que el tiempo medio empleado por el operador de nivel superior fue de 6.69 minutos (Desviación Estándar 1.75).

Las características demográficas de los pacientes incluidos se recogen en la tabla 1.

El 69.23% de los pacientes eran varones y el 30.77% eran mujeres. La media de edad era de 64 años (20 - 89 años) con un IMC medio de 26.58 (20.31 - 35.74 kg/m²).

Más del 50% de los pacientes eran fumadores o exfumadores.

Aproximadamente la mitad de los pacientes presentaba alteraciones en el ritmo cardíaco.

Un 15.38% de los pacientes tenía historia previa de intervenciones quirúrgicas que implicaban la realización de una esternotomía, aunque en todos los casos la cirugía se había realizado hacía más de un año.

Dos pacientes presentaban alteraciones anatómicas en el tórax. Un paciente tenía antecedentes de radioterapia y otro una deformidad secundaria a un queloide.

Edad (Años) IMC (peso [kg]/ estatura [m²])	Media 64.14 (20 - 89). Media 26.58 (20.31 - 35.74).
Sexo	Masculino 27 (69.23%). Femenino 12 (30.77%).
Tabaco	No fumador 17 (43.59%). Fumador 9 (23.08%). Exfumador 13 (33.33%).
EPOC	No 35 (89.74%). Si 4 (10.26%).
Ritmo/Conducción	Ritmo sinusal 22 (56.41%). FA/Flutter 7 (17.95%). Bloqueo de rama 6 (15.38%). Marcapasos 4 (10.26%).
Intervenciones quirúrgicas en tórax	No 33 (85.72%). Si 6 (15.38%).
TAVI (transcatheter aortic valve implantation)	No 39 (100%)
Otras alteraciones torácicas	No 37 (94.87%). Si 2 (5.13%).
Marcapasos	No 3 (82.05%). Si 7 (17.95%).

Tabla 1. Características demográficas de la población incluida en el estudio.

Los resultados del análisis estadístico se recogen en las tablas 2 a 7.

Aorta medida por Estudiante	Aorta medida por Operador de Nivel Superior		Total
	Normal	Dilatado	
Normal	34	3	37
Dilatado	0	2	2
Total	34	5	39
Índice Kappa		Valor de p	Intervalo de confianza al 95%
0.5375		0.0002	0.0918 - 0.9833
		Estimado	Intervalo de confianza al 95%
Acuerdo específico (+)		57.1%	25.0% - 84.2%
Acuerdo específico (-)		95.8%	88.3% - 98.6%
Acuerdo global (+)		92.3%	79.7% - 97.3%
Desacuerdo observado		Índice de sesgo	Kappa ajustado por sesgo (BAK)
X-Y+	X+Y-		
0%	7.69%	-7.69%	0.5292
Acuerdo observado		Índice de prevalencia	Kappa ajustado por prevalencia y sesgo (PABAK)
(+)	(-)		
8.97%	91.0%		

Tabla 2. Evaluación de la aorta ascendente: concordancia entre estudiante y operador. Índice kappa. Acuerdo específico (+), (-) y global. Índice PABAK.

Aurícula izquierda medida por Estudiante	Aurícula Izquierda medida por Operador de Nivel Superior		Total
	Normal	Dilatado	
Normal	14	5	19
Dilatado	4	16	20
Total	18	21	39
Índice Kappa		Valor de p	Intervalo de confianza al 95%
0.5375		0.0008	0.2730 - 0.8021
		Estimado	Intervalo de confianza al 95%
Acuerdo específico (+)		78.0%	63.3% - 88.0%
Acuerdo específico (-)		75.7%	59.9% - 86.6%
Acuerdo global (+)		76.9%	61.7% - 87.4%
Desacuerdo observado		Índice de sesgo	Kappa ajustado por sesgo (BAK)
X-Y+	X+Y-		
10.3%	12.8%	-2.56%	0.5372
Acuerdo observado		Índice de prevalencia	Kappa ajustado por prevalencia y sesgo (PABAK)
(+)	(-)		
52.6%	47.4%		

Tabla 3. Evaluación de la aurícula izquierda: concordancia entre estudiante y operador. Índice kappa. Acuerdo específico (+), (-) y global. Índice PABAK.

FEVI medida por Estudiante	FEVI medida por Operador de Nivel Superior				Total
	FEVI Normal	Disfunción ligera	Disfunción moderada	Disfunción severa	
FEVI Normal	11	2	0	0	13
Disfunción ligera	3	3	0	0	6
Disfunción moderada	0	0	3	3	6
Disfunción severa	0	0	1	13	14
Total	14	5	4	16	39
	Acuerdo observado	Índice Kappa	Valor de p	Intervalo de confianza al 95%	
No ponderado	76.9%	0.6692	0.0000	0.4877 – 0.8506	
Ponderado	92.3%	0.8383	0.0000	0.7434 – 0.9332	

Tabla 4. Evaluación de la FEVI: concordancia entre estudiante y operador. Índice kappa ponderado y no ponderado.

Ventrículo derecho medido por Estudiante	Ventrículo Derecho medido por Operador de Nivel Superior		Total
	Normal	Dilatado	
Normal	30	3	33
Dilatado	1	5	6
Total	31	8	39
Índice Kappa		Valor de p	Intervalo de confianza al 95%
0.6533		0.0000	0.3431 - 0.9635
		Estimado	Intervalo de confianza al 95%
Acuerdo específico (+)		71.4%	45.4% - 88.3%
Acuerdo específico (-)		93.8%	85.0% - 97.5%
Acuerdo global (+)		89.7%	76.4% - 95.9%
Desacuerdo observado		Índice de sesgo	Kappa ajustado por sesgo (PABAK)
X-Y+	X+Y-		
2.56%	7.69%	-5.13%	0.6518
Acuerdo observado		Índice de prevalencia	Kappa ajustado por prevalencia y sesgo (PABAK)
(+)	(-)		
17.9%	82.1%	-64.1%	0.7949

Tabla 5. Evaluación del ventrículo derecho: concordancia entre estudiante y operador. Índice kappa. Acuerdo específico (+), (-) y global. Índice PABAK.

Derrame pericárdico medido por Estudiante	Derrame pericárdico medido por Operador de Nivel Superior			Total
	Ausencia	Ligero	Severo	
Ausencia	35	2	0	37
Ligero	1	0	0	1
Severo	0	0	1	1
Total	36	2	1	39
	Acuerdo observado	Índice Kappa	Valor de p	Intervalo de confianza al 95%
No ponderado	92.3%	0.3710	0.0025	-0.1905 – 0.9324
Ponderado	96.2%	0.5483	0.0001	-0.0265 – 1.1231

Tabla 6. Evaluación del derrame pericárdico: concordancia entre estudiante y operador. Índice kappa ponderado y no ponderado.

VCI medida por Estudiante	VCI medida por Operador de Nivel Superior			Total
	No dilatada	Dilatada con colapso	Dilatada sin colapso	
No dilatada	22	0	0	22
Dilatada con colapso	0	3	0	3
Dilatada sin colapso	0	0	8	8
Total	22	3	8	33
	Acuerdo observado	Índice Kappa	Valor de p	Intervalo de confianza al 95%
No ponderado	100.0%	1.0000	0.0000	1.000 – 1.000
Ponderado	100.0%	1.0000	0.0000	1.000 – 1.000

Tabla 7. Evaluación de la vena cava inferior: concordancia entre estudiante y operador. Índice kappa ponderado y no ponderado.

En el análisis de la concordancia entre estudiante y operador de nivel superior para **diámetro aórtico** (Tabla 2) se obtuvieron 36 acuerdos, de los cuales 34 correspondieron a diámetro normal y 2 a diámetro dilatado; y 3 desacuerdos. El acuerdo específico positivo fue del 57.1% (IC95% 25.0% a 84.2%), el acuerdo específico negativo fue del 95.8% (IC95% 88.3% a 98.6%), y el acuerdo global del 92.3% (IC 95% 79.7% a 97.3%). Se calculó un índice kappa de 0.5375 ($p = 0.0002$; IC95% 0.0918 a 0.9833), y un índice PABAK de 0.8462.

En el caso de la **aurícula izquierda** (Tabla 3) se obtuvieron 30 acuerdos y 9 desacuerdos. El acuerdo específico positivo fue del 78.0% (IC9% 63.3% a 88.0%), y el acuerdo específico negativo fue del 75.7% (IC95% 59.9% a 86.6%), muy similares. El acuerdo global en este caso fue del 76.9% (IC95% 61.7% a 87.4%). Con esto, se obtuvo un índice kappa de 0.5375 ($p = 0.0008$; IC95% 0.2730 a 0.8021), y un índice PABAK de 0.5385.

Para la **estimación de la fracción de eyección ventricular izquierda** (Tabla 4) se diferenciaron cuatro categorías (normal, disfunción ligera, disfunción moderada y disfunción severa). Se obtuvieron un total de 30 acuerdos frente a 9 desacuerdos. En este caso se calculó un índice de kappa convencional y posteriormente se realizó un ajuste mediante la obtención del índice kappa ponderado. El valor del primero fue de 0.6692 ($p = 0.0000$; IC95% 0.4877 a 0.8506), con un acuerdo del 76.9%, mientras que el kappa ponderado es de 0.8383 ($p = 0.0000$; IC95% 0.7434 a 0.9332) con un porcentaje de acuerdo que asciende al 92.3%.

Para la diferenciación del **ventrículo derecho** (Tabla 5) en normal y dilatado se obtuvieron un total de 35 acuerdos y 4 desacuerdos. El acuerdo específico positivo fue del 71.4% (IC95% 45.4% a 88.3%), el acuerdo específico negativo fue del 93.8% (IC95% 85.0% a 97.5%), y el acuerdo global fue del 89.7% (IC 95% 76.4% a 95.9%). Con esto se calculó un índice kappa de 0.6533 ($p = 0.0000$; IC95% 0.3431 a 0.9635) y un índice PABAK de 0.7949.

Para la valoración **del derrame pericárdico** (Tabla 6) se diferenciaron cuatro categorías (ausencia, ligero, moderado y severo). Se obtuvieron un total de 36 acuerdos frente a 3 desacuerdos. El índice kappa convencional fue de 0.3710 ($p = 0.0025$; IC95% -0.1905 a 0.9324), mientras que el índice kappa ponderado fue de 0.5483 ($p = 0.0001$; IC95% -0.0265 a 1.1231) con un acuerdo observado del 96.2%.

Para la **vena cava inferior** (Tabla 7) se diferenciaron tres categorías (no dilatación, dilatación con colapso inspiratorio y dilatación sin colapso), con lo que se reportaron un total de 33 acuerdos, y 6 casos en los que no pudo visualizarse la vena cava inferior ni por el estudiante ni por el operador de nivel superior. Con esto, se obtuvo un valor de kappa de 1.000 ($p = 0.0000$; IC95% 1.000 a 1.000), con un 100% de acuerdo tanto en el valor bruto como ponderado.

6. DISCUSIÓN.

La población del estudio es acústicamente complicada, en consonancia con los pacientes que encontramos en la práctica clínica habitual. Se trata predominantemente de varones de mediana edad y con tendencia a la obesidad, con un IMC medio de 26.58 kg/m². La prevalencia de tabaquismo era elevada, siendo más de la mitad de los pacientes fumadores activos o exfumadores. Esto es relevante porque está bien documentado que el elevado índice de masa corporal y el hábito tabáquico son factores que limitan la obtención de una buena imagen ecocardiográfica. Los seis casos con antecedente de cirugía torácica eran antiguas, con más de un año de evolución, y no repercutió en la calidad de la imagen obtenida.

En lo referente al diámetro aórtico, existe un acuerdo global del 92.3%, diferenciándose un acuerdo específico positivo del 57.1% frente a un acuerdo específico negativo del 95.8%. Esto puede explicarse por una baja prevalencia de dilatación aórtica en la muestra que desequilibra las evaluaciones positivas y negativas hacia las segundas. Por otro lado, en la tabla 2 podemos observar la existencia de una asimetría en los pares discordantes que traduce la existencia de sesgo en la evaluación de este parámetro. Esto explica que hayamos obtenido un valor de kappa de 0.5375 (IC95% 0.0918 a 0.9833), que revela una correlación baja, pero que ajustado por sesgo y prevalencia mediante el índice PABAK, el acuerdo mejora hasta un 0.8462. Con todo esto, podemos concluir que el estudiante sí es capaz de identificar con éxito la dilatación o no de la aorta ascendente.

En el caso del diámetro de la aurícula izquierda, tanto el acuerdo global como los acuerdos específicos positivo y negativo están en torno al 75-80%. Además, si nos remitimos a la tabla 3 vemos que los pares discordantes se reparten de manera equitativa. De este modo, encontramos un índice Kappa y un índice PABAK muy similares y ambos menores de 0.6 de manera estadísticamente significativa en ambos casos. El hecho de obtener peores resultados de concordancia para la determinación del diámetro auricular frente al diámetro de la aorta ascendente, se deriva de la mayor dificultad para determinar los límites para medir el diámetro de la aurícula y su mayor variación en tamaño a lo largo del ciclo cardíaco.

En cuanto a la estimación de la FEVI, se observa valor kappa (0.6692) y un valor kappa ponderado (0.8383), siendo los dos estadísticamente significativos y superando los dos el límite establecido de 0.6. El hecho de que el kappa ponderado sea superior traduce que, cuando se tiene en cuenta que el desacuerdo se produce entre medidas próximas, la concordancia aumenta. Esto es relevante, dado que la falta de acuerdo es más frecuente entre categorías adyacentes que extremas, y en la práctica clínica habitual tiene menos implicaciones clínicas confundirse entre categorizar la disfunción ventricular severa como ligera o moderada, que como ligera o severa.

En la detección de la dilatación del ventrículo derecho encontramos un acuerdo global del 89.7%, diferenciando un acuerdo específico positivo del 71.4% frente a un acuerdo específico negativo del 93.8%, en probable relación a la escasa proporción de casos de dilatación ventricular derecha en la muestra. Además, existe un desequilibrio en la proporción de desacuerdos en la muestra sugestivo de sesgo. Así, si bien el índice kappa es de 0.6533, lo que indica buena correlación, mejora hasta el 0.7949 ajustando por sesgo y prevalencia. En ambos casos se alcanza la significación estadística. El hecho de obtener una mayor correlación para la estimación de este parámetro con respecto al diámetro de la aurícula izquierda se puede explicar por la mayor facilidad para comparar cualitativamente el tamaño entre los dos ventrículos en las distintas ventanas frente a tener que realizar mediciones.

En cuanto al derrame pericárdico, se calcula un kappa ponderado de 0.5483. En este caso, si bien la correlación está por debajo del límite acordado, sólo se reportaron tres casos de derrame pericárdico, y de ellos sólo uno era severo. Como hemos comentado, el objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad del estudiante de realizar POCUS en la práctica clínica diaria y, por tanto, de identificar alteraciones con implicaciones diagnósticas y terapéuticas. Por ello, si bien la concordancia es menor de 0.6 y no se alcanza la significación estadística, esto parece estar en relación al pequeño tamaño de la muestra y a la baja prevalencia de derrame pericárdico, de manera que sí resulta relevante destacar que el estudiante fue capaz de reconocer de manera correcta el único derrame pericárdico severo presente en la serie.

La vena cava inferior cuenta con las mejores cifras de concordancia, con un kappa ponderado de 1, es decir, un acuerdo del 100%, que alcanza la significación estadística. Esto está en probable relación con la mayor facilidad de obtención de imágenes por ventana subcostal, y con las propias características de esta estructura venosa, que al ser tubular y con paredes bien definidas, facilita su medición. Además, hubo seis casos en los que ni el operador ni el estudiante fueron capaces de localizar esta estructura, por lo que la ausencia de ventana subcostal parece depender más del paciente y menos del grado de entrenamiento del operador. Este resultado es relevante no solo por ser la mayor de las concordancias obtenidas en este trabajo, sino porque la ventana subcostal es fundamental en la evaluación del paciente inestable, y el hecho de que un operador con un periodo corto de formación sea capaz de obtener e interpretar imágenes en esta ventana implica que puede disponer de manera rápida de gran cantidad de información decisiva para el manejo de este tipo de patologías (evaluación de la volemia mediante el estudio de la vena cava inferior, detección de derrame pericárdico significativo como hemos visto previamente, disfunción ventricular significativa...).

Formación en POCUS para el estudiante de medicina

No existe en la literatura médica un consenso sobre cuál es el número de horas adecuado para la formación de estudiantes de medicina en POCUS. Los trabajos publicados proponen programas que van desde las 2 horas²⁰ hasta las 25 horas²¹. No obstante, la mayoría están de acuerdo en que, a partir de las 5 horas de formación, el estudiante es capaz de realizar los estudios con más destreza y mejora su capacidad de realizar diagnósticos ecocardiográficos sencillos²¹⁻²³. Además, en la mayoría de los trabajos se hacía uso de bibliografía y material multimedia complementario.

Si bien el estudio teórico es importante y costo-efectivo, la práctica con pacientes reales permite al alumno adquirir habilidades técnicas y conocer las verdaderas limitaciones y dificultades de la prueba, puesto que el estudiante se enfrenta a problemas habituales de la ecocardiografía como son el tiempo o la calidad de la ventana.

La literatura disponible actualmente sugiere mejores resultados en cuanto a calidad de los estudios realizados y capacidad diagnóstica cuanto más avanzados son los estudiantes de Medicina¹³. En este trabajo, el estudiante estaba en el sexto y último año de formación y, por tanto, era conocedor de toda la fisiopatología cardiovascular y de las principales patologías cardiológicas, lo cual facilitó la adquisición de los conocimientos prácticos y teóricos y la posterior ejecución de los estudios y detección de los hallazgos normales y de las desviaciones de la normalidad.

En referencia al tiempo dedicado a la realización de los estudios (15 minutos de media el estudiante y 6.7 el operador de nivel superior), se dispone de poca evidencia en la literatura acerca del tiempo óptimo para la realización del POCUS, aunque en el estudio de Khan HA y cols.²⁴ en el que este era realizado por cardiólogos, la duración media fue de 6.3 minutos, similar al empleado en nuestro trabajo. El mayor tiempo utilizado por el estudiante se entiende como consecuencia de la menor experiencia.

Fortalezas del trabajo

Entre los aspectos que ponen en valor los resultados de este estudio, destaca el hecho de que se haya realizado en unas condiciones de comparación muy uniformes: el estudiante y el operador de nivel superior han utilizado el mismo aparato, han evaluado a los mismos pacientes, y han realizado las exploraciones sin intervalo temporal entre ambos. Además, los operadores han sido siempre los mismos, lo cual le da especial validez a la comparación.

Limitaciones del trabajo

Este trabajo se ha centrado en la modalidad 2D del dispositivo de bolsillo Lumify, por lo que no se han recogido imágenes en Doppler color ni en modo M. Por ello, no se dispone de datos sobre estas modalidades, y no se ha evaluado la capacidad del estudiante en el reconocimiento de valvulopatías.

Debe tenerse en cuenta que nuestra muestra a estudio es limitada, por lo que los resultados obtenidos en algunas variables podrían no ser muy representativos.

Además, dado que el trabajo se ha centrado en la capacidad de realización e interpretación de hallazgos de un operador no experto frente a uno de nivel superior haciendo ambos uso del dispositivo de bolsillo Lumify, no se dispone de los datos que habría reportado el patrón de referencia (aparato de ecocardiografía transtorácica convencional). Sería interesante disponer de esta información para comparar ambos aparatos con independencia del operador.

7. CONCLUSIONES

-
- 1) Con la tecnología actual de ecocardiografía de bolsillo, un operador no experto con un periodo de formación breve es capaz de detectar mediante ecocardiografía 2D las alteraciones patológicas básicas del corazón.
 - 2) Se obtuvieron excelentes valores de correlación para la evaluación de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, la dilatación del ventrículo derecho y la evaluación de la vena cava inferior.
 - 3) La inclusión del Point-Of-Care Ultrasound en la formación en Medicina es una realidad en muchos países y debería incorporarse en los planes docentes del grado en Medicina de España en los próximos años. Son necesarios más trabajos que determinen el método de formación más adecuado para implantar esta herramienta en las universidades.

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. Otto, C. M., Schwaegler, R. G. & Freeman, R. v. Principles of Echocardiographic Image Acquisition and Doppler Analysis. *Echocardiography Review Guide: Companion to the Textbook of Clinical Echocardiography* 1–19 (2011)
2. Edler, I. & Lindström, K. The history of echocardiography. *Ultrasound in Medicine and Biology* **30**, 1565–1644 (2004).
3. Gohr T. Wedekind, H. Ultrasound in medicine, *Klin Woch.* 1940.
4. Denier, A. Ultrasonoscope in medicine. *CR Acad Sci Paris* **92**, 785–786 (1946).
5. Medicina, D. E. L. A. & Dios, J. de. Historia del diagnóstico por ultrasonido: Aplicaciones en el Hospital San Juan de Dios. *Revista de la Facultad de Medicina* **43**, 204–206 (1995).
6. Edler, I. & Hertz, C. H. The use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of the movements of heart walls. *Clinical Physiology and Functional Imaging* **24**, 118–136 (2004).
7. Virnig, B. A., Shippee, N. D., O'Donnell, B., Zeglin, J. & Parashuram, S. Trends in the use of echocardiography, 2007 to 2011: Data Points #20. *Data Points Publication Series* 1–21 (2011).
8. Miller, T. D. & Askew, J. W. The first decade of appropriate use criteria: Is the glass half empty or half full? *Journal of the American College of Cardiology* **65**, 774–776 (2015).
9. Generales, C., Ecocardiograf, D. E. L. A. & Normal, E. L. E. Capítulo del libro: Ecocardiografía Básica. M.A. García Fernández y col.
10. Evangelista, A. *et al.* Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en ecocardiografía.
11. Roelandt, J., Wladimiroff, J. W. & Baars, A. M. Ultrasonic real time imaging with a hand-held-scanner Part II-Initial clinical experience. *Ultrasound in Medicine and Biology* **4**, 93–96 (1978).
12. Rao, S. *et al.* A pilot study of comprehensive ultrasound education at the Wayne State University School of Medicine. 745–749 (2007).
13. Johri, A. M. *et al.* Cardiac Point-of-Care Ultrasound: State-of-the-Art in Medical School Education. *Journal of the American Society of Echocardiography* **31**, 749–760 (2018).

-
14. Plan de estudios UCM, asignatura de formación en imagen cardiovascular. <https://www.ucm.es>
 15. Plan de estudios Universidad de Cantabria. <https://web.unican.es>
 16. Lang, R. M. *et al.* Recomendaciones para la Cuantificación de las Cavidades Cardíacas por Ecocardiografía en Adultos: Actualización de la Sociedad Americana de Ecocardiografía y de la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular. *J Am Soc Echocardiogr* **28**, 1–39 (2015).
 17. Borrego, R. & González, R. Fundamentos básicos de ecografía. *Manual de ecografía SECIP* 1–16 (2014).
 18. Latour, J., Abraira, V., Cabello, J. B. & López Sánchez, J. Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Revista Española de Cardiología* **50**, 117–128 (1997).
 19. Feinstein, A. R. & Cicchetti, D. v. High Agreement but Low Kappa. *Journal of Clinical Epidemiology* **43**, 551–585 (1990).
 20. Panoulas, V. F. *et al.* Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging* **14**, 323–330 (2013).
 21. Filipiak-Strzecka, D., John, B., Kasprzak, J., Michalski, B. & Lipiec, P. Pocket-size echocardiograph-a valuable tool for nonexperts or just a portable device for echocardiographers. *Advances in Medical Sciences* **58**, 67–72 (2013).
 22. Shmueli, H. *et al.* Briefly trained medical students can effectively identify rheumatic mitral valve injury using a hand-carried ultrasound. *Echocardiography* **30**, 621–626 (2013).
 23. Cawthorn, T. R. *et al.* Development and evaluation of methodologies for teaching focused cardiac ultrasound skills to medical students. *Journal of the American Society of Echocardiography* **27**, 302–309 (2014).
 24. Khan, H. A. *et al.* Can hospital rounds with pocket ultrasound by cardiologists reduce standard echocardiography? *American Journal of Medicine* **127**, 669.e1-669.e7 (2014).
-