

VALIDACIÓN DE LA ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE EYECCIÓN VENTRICULAR IZQUIERDA.

AUTORA:

Andrea Teira Calderón

DIRECTOR:

Jose Antonio Vázquez de Prada Tiffe

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

DEDICATORIA.

A mi director de tesis, Jose Antonio, por su paciencia, apoyo, dedicación y conocimientos, sin los cuales este proyecto no habría sido posible. Me enorgullece decir que hoy eres tanto mi director como mi amigo.

A mi padre, Ramón, por enseñarme desde mi infancia lo que significan el trabajo, el esfuerzo y la constancia. De ti he aprendido que no existen horarios ni días festivos cuando se trata de alcanzar una meta, y tu ejemplo se refleja cada día en mi trabajo.

A mi madre, Josephine, por el apoyo incondicional que me brinda en cada problema al que me enfrente, ya sea grande o pequeño. Tú me conoces mejor que nadie, y sé que no estaría donde estoy sin tu aliento y comprensión.

A mis dos hermanos. A Ramón, porque eres el mayor ejemplo de autosuperación que conozco; y a Fernando, porque me has enseñado la importancia de saber parar.

A Maya por tantas horas estudiando en mi regazo.

A mis Goobys por estar a mi lado para celebrar los éxitos, pero sobre todo para superar los fracasos.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de tesis. Este logro no habría sido posible sin el respaldo de cada uno de vosotros.

Andrea.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Fracción de eyección ventricular izquierda. Definición e importancia clínica.	7
1.2 Principales técnicas de imagen para la estimación de la fracción de eyección ventricular izquierda.	12
1.3 ¿Por qué la ecocardiografía para la determinación de la fracción de eyección ventricular izquierda?	18
1.4 Métodos para la evaluación de la fracción de eyección ventricular izquierda con ecocardiografía.	21
1.5 Estimación visual de la fracción de eyección ventricular izquierda con ecocardiografía.	33
1.6 Ecocardiografía en el punto de atención al paciente.	36
1.7 Niveles de formación en ecocardiografía y estimación de la fracción de eyección ventricular izquierda por operadores no expertos	40
1.8 Tecnología actual en ecógrafos de bolsillo.....	43
1.8.1 PHILIPS LUMIFY™	46
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	50
3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	52
4. DISEÑO, MATERIAL Y MÉTODOS.....	57
4.1 Tipo de estudio y población de referencia.....	57
4.2 Recogida de los datos.	58
4.2.1 Operadores, tecnología y realización de los estudios de control.	58
4.2.2 Operadores, tecnología y realización de los estudios con ecografía de bolsillo.	59

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

4.3 Adquisición de las imágenes e interpretación de los hallazgos.....	62
4.4 Otros datos.....	64
4.5 Análisis estadístico.....	65
5. RESULTADOS.....	69
5.1 Análisis descriptivo de las características de la muestra.....	69
5.2 Reproducibilidad de los estudios.....	72
5.3 Análisis de la concordancia en la valoración de la FEVI.....	74
5.4 Análisis de la concordancia en la valoración de las alteraciones regionales de la contractilidad.....	83
5.5 Análisis de la concordancia en la valoración de la disincronía.....	85
5.6 Análisis de las medidas complementarias: Distancia E-Septo.....	86
6. DISCUSIÓN.....	89
7. LIMITACIONES.....	98
8. CONCLUSIONES.....	101
9. GLOSARIO.....	103
10. BIBLIOGRAFÍA.....	106
ANEXO 1. Análisis detallado de los estudios publicados evaluando la ecografía de bolsillo con fecha anterior al desarrollo de este trabajo.....	122
ANEXO 2. Análisis detallado de los estudios publicados con fecha anterior al desarrollo de este trabajo evaluando la ecografía de bolsillo en el contexto específico de operadores con formación limitada.....	140
ANEXO 3. Artículo completo publicado en revista de impacto, incluyendo los datos de este trabajo.....	145

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Fracción de eyección ventricular izquierda. Definición e importancia clínica.

La función ventricular izquierda es un parámetro fundamental en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con enfermedades cardiovasculares. Además, tiene un importante valor pronóstico en esta población. Por lo tanto, su adecuada determinación es esencial y requiere la integración de múltiples parámetros. Entre ellos, destaca la **fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI)**, que es la principal medida utilizada en la práctica clínica para evaluar la función ventricular izquierda.

La FEVI se define como el porcentaje de volumen sanguíneo que el corazón expulsa en cada contracción y se calcula como la diferencia porcentual entre el volumen al final de la diástole o volumen telediastólico del ventrículo izquierdo (VTDVI) y el volumen al final de la sístole o volumen telesistólico (VTSVI)(1).

$$FEVI = [(VTDVI - VTSVI) / VTDVI] \times 100$$

La FEVI se expresa en forma de porcentaje y se clasifica en rangos según valores definidos por la ASE (American Society of Echocardiography) y la EACI (European Association of Cardiovascular Imaging), diferenciando entre "normal", "ligeramente anormal", "moderadamente anormal" o "severamente anormal" en función del género, como se muestra en la **Tabla 1** (2,3).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

FEVI (%) /GÉNERO	VARÓN	MUJER
NORMAL	52- 72 %	54- 74 %
LIGERAMENTE ANORMAL	41-51 %	41-53 %
MODERADAMENTE ANORMAL	30-40 %	30-40 %
SEVERAMENTE ANORMAL	<30 %	<30 %

Tabla 1. FEVI categorizada según género y valor en % categorizada según la ASE/EACI. FEVI: Fracción de Eyección Ventricular Izquierda

La FEVI desempeña un papel crucial en el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de los pacientes cardiológicos, y es un parámetro de uso común en la práctica clínica en cardiología. A continuación, se describen sus principales aplicaciones clínicas:

- Es la medida **de referencia para clasificar a los pacientes con insuficiencia cardíaca** en la actualidad, principalmente en fracción de eyección reducida (FEV_{Ir} < 40%), ligeramente reducida (41-49%) y conservada (FEV_{Ic} > 50%) (4). Esta diferenciación, junto con la clase funcional, es determinante para la indicación de diferentes tratamientos e intervenciones disponibles. Esta clasificación, basada exclusivamente en la FEVI, no tiene únicamente relevancia diagnóstica, sino que tiene importantes consecuencias terapéuticas, puesto que el enfoque clínico y el tratamiento específico son radicalmente distintos. Aunque las recomendaciones para tratar la insuficiencia cardíaca con FEV_{Ic} ya se encuentran en las guías de práctica clínica de la AHA/ACC/HFSA de 2022 (5), aún no se han incorporado en las guías de la ESC de 2021 (European Society of Cardiology) (4).
- Es un **predictor independiente de mortalidad en pacientes con insuficiencia cardíaca y fracción de eyección deprimida**. Se ha observado una menor mortalidad a medida que aumenta el valor de la FEVI, hasta un 45% (6). Por lo

tanto, las guías de la ACC (American College of Cardiology) y la American Heart Association (AHA) recomiendan el cálculo rutinario de la FEVI para guiar el manejo de pacientes con insuficiencia cardíaca (7).

- Es el **principal criterio para la decisión de implantar de un Desfibrilador Automático Implantable (DAI) en prevención primaria**, según las guías de práctica clínica. Esto se debe a que se ha demostrado una reducción significativa de la tasa de muerte súbita y de la mortalidad por todas las causas después del implante de un DAI en pacientes con una FEVI por debajo del 35% (8).
- E un **criterio necesario para la indicación de la terapia de resincronización cardíaca (TRC)**, ya que se ha observado una mejor respuesta en pacientes con una FEVI por debajo del 25-30% (9).
- Desempeña un papel en la **decisión de la estrategia de revascularización en la cardiopatía isquémica**. El grado de disfunción puede influir en la elección de la estrategia de revascularización en pacientes con enfermedad del tronco coronario izquierdo, donde se ha observado que la revascularización percutánea, en comparación con la cirugía, se asocia con un mayor riesgo de muerte, infarto de miocardio o ictus en pacientes con disfunción moderada y grave, mientras que el pronóstico es similar en casos de FEVI normal o disfunción leve (10).
- Es uno de los principales criterios para la **indicación quirúrgica en pacientes asintomáticos con valvulopatías**. En primer lugar, en pacientes asintomáticos con estenosis aórtica severa, se recomienda el reemplazo valvular aórtico cuando la FEVI es inferior al 50%(11). Por otro lado, en pacientes asintomáticos con estenosis aórtica severa, la cirugía está recomendada en caso de diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo mayor de 50mm (o más de 25mm/m² de área de superficie corporal en pacientes de tamaño pequeño), o en caso de FEVI en reposo $\leq 50\%$. En pacientes con valvulopatía mitral, se considera la cirugía en casos de una FEVI $\leq 60\%$ (12) .

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

- Se utiliza para **evaluar la respuesta al tratamiento** en el seguimiento de diversas afecciones cardiológicas (13,14). Los principales escenarios en los que se recomienda la evaluación seriada de la FEVI se detallan en la **Tabla 2** (15).
- Permite **monitorizar la función ventricular izquierda durante la quimioterapia con potenciales efectos cardiotóxicos en pacientes oncológicos**. Esta información debe combinarse con otros datos, como el strain longitudinal global, para determinar la estrategia de abordaje de la patología oncológica y cardiológica en caso de que la función ventricular basal sea inferior a la normalidad. Además, permite derivar rápidamente a los pacientes a unidades especializadas en cardiología oncológica cuando se produce un deterioro de la función ventricular durante el tratamiento oncológico (16).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

SITUACIONES EN LAS QUE SE RECOMIENDA LA EVALUACIÓN PERIÓDICA DE LA FEVI.
Estudio del deterioro clínico sin precipitantes aparentes.
Evaluación de la respuesta al tratamiento
Determinación de la indicación de DAI.
Optimización y seguimiento de complicaciones de dispositivos implantados.
Valoración de la viabilidad para la decisión de revascularización.
Seguimiento de miocardiopatías reversibles.
Seguimiento de cardiotoxicidad por tratamiento oncológico
Determinación de la indicación de dispositivos de asistencia ventricular. Guía del implante, optimización durante el soporte y guía en la decisión retirada
Monitorización del rechazo en el trasplante cardiaco
Rutina de seguimiento de pacientes con miocardiopatías estables

Tabla 2 Situaciones en las que se recomienda la evaluación periódica de la FEVI mediante técnicas de imagen.

1.2 Principales técnicas de imagen para la estimación de la fracción de eyección ventricular izquierda.

La FEVI se puede determinar mediante diferentes técnicas de imagen. Estas se pueden diferenciar en invasivas y no invasivas (**Tabla 3**).

MÉTODOS NO INVASIVOS DE DETERMINACIÓN DE LA FEVI	MÉTODOS INVASIVOS DE DETERMINACIÓN DE LA FEVI
Resonancia magnética nuclear (RMN)	Ventriculografía
Tomografía computarizada (TC)	
Ecocardiografía (ECO)	
Ventriculografía isotópica (MUGA)	
Tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT)	
Tomografía por emisión de positrones (PET)	

Tabla 3. Métodos invasivos y no invasivos para la determinación de la FEVI.

Tomografía computarizada.

La estimación de la FEVI mediante TC se realiza mediante diversos métodos que aplican el método modificado de Simpson sobre áreas creadas con algoritmos de detección de bordes. Para ello, se requiere la adecuada visualización de los bordes endocárdicos, la cual se logra mediante la administración de contraste. Se ha demostrado una excelente correlación en el reporte de la FEVI entre la TC y la RMN (17).

Las principales limitaciones de la TC incluyen la necesidad de utilizar contrastes yodados y la exposición a radiación ionizante.

Técnicas de medicina nuclear (MUGA, gated-SPECT, gated-PET).

Las modalidades de imagen de medicina nuclear destinadas a la determinación de la FEVI incluyen la ventriculografía isotópica de primer paso, la ventriculografía isotópica de equilibrio y la tomografía computarizada por emisión de fotón único o por emisión de positrones.

- **Ventriculografía isotópica (MUGA):** La prueba MUGA (MUltiGated Acquisition) consiste en la marcación de los glóbulos rojos circulantes con un isótopo radiactivo. La estimación de la FEVI por ventriculografía isotópica se basa en que la actividad radiactiva detectada en cada ventrículo es proporcional a su volumen en cada momento de ciclo cardíaco y esto permite calcular la FEVI. La ventriculografía isotópica puede obtenerse mediante la técnica de primer paso (obtiene imágenes durante el primer paso del trazador a través de las cavidades cardíacas con unos pocos ciclos cardíaco) o mediante la técnica de equilibrio (obtiene las imágenes tras inyectar el trazador y alcanzar el equilibrio en las cavidades y que es más utilizada por obtener hasta 900 ciclos cardíacos y con ello mayor fiabilidad) (18). Las ventajas de la MUGA radican en su capacidad para realizarse en pacientes con

características corporales que limitan otras modalidades de imagen, así como en la determinación de la FEVI mediante métodos no geométricos, lo que la hace menos susceptible a errores derivados de suposiciones geométricas.

A. Tomografía computarizada de perfusión por emisión de fotón único (SPECT) o por emisión de positrones (PET). Son estudios que se realizan mediante el uso de radiotrazadores sincronizados con el ECG, lo que permite valorar tanto la función como la perfusión ventricular en el mismo estudio. La incorporación de la PET y de la SPECT a la ventriculografía permite realizar una reconstrucción tridimensional del corazón que facilita el estudio dinámico la movilidad cardíaca y del engrosamiento parietal, lo que a su vez permite el cálculo de la FEVI. La reproducibilidad de estas técnicas en el cálculo de la FEVI se ha demostrado elevada en múltiples estudios (19–21). Además, actualmente existe la posibilidad de realizar exploraciones híbridas que fusionan la tecnología TAC con SPECT o con PET, combinando la información anatómica y funcional. aunque se requiere una valoración cuidadosa de su impacto clínico, coste-beneficio y limitaciones (22).

A pesar de ser técnicas de medicina nuclear no invasivas, es importante señalar que implican el uso de radiación, lo que ha llevado a una disminución gradual de su utilización.

Ventriculografía.

Esta técnica consiste en la introducción de un catéter en el ventrículo izquierdo (VI) y la inyección de un agente de contraste que opacifica la cavidad. La evaluación generalmente se realiza utilizando fluoroscopia en una proyección oblicua derecha de 30 grados. Se han desarrollado métodos geométricos para estimar la FEVI a partir de esta proyección, siendo el método modificado de Simpson el más comúnmente empleado. Además, esta técnica permite el análisis de la motilidad regional al dividir el VI en cinco segmentos y clasificar la motilidad en función de criterios como normalidad, hipoquinesia, aquinesia, disquinesia

y dilatación aneurismática. El modelo de línea central es el más utilizado, construyendo una línea artificial paralela al borde ventricular tanto en diástole como en sístole, asumiendo que todos los puntos se mueven perpendicularmente a esta línea. Se analiza el movimiento de la pared con respecto a la línea central, lo que permite cuantificar el índice de contractilidad regional. Este modelo ha demostrado ser efectivo para identificar a pacientes con enfermedad coronaria y relacionar la severidad de la enfermedad con la FEVI (23).

Las limitaciones de esta prueba radican en que es invasiva y en la necesidad de utilizar radiación ionizante y agentes de contraste yodados.

Resonancia Magnética Nuclear.

La RMN se considera la técnica de referencia para la estimación de la FEVI debido a su excepcional resolución espacial y temporal, así como a su alta reproducibilidad en comparación con otras técnicas de imagen (24). Esta modalidad de imagen es no invasiva y no implica la exposición a radiación ni la utilización de agentes de contraste. La RMN permite realizar un análisis exhaustivo de la morfología, función, perfusión, viabilidad y caracterización tisular del corazón, todo en una misma exploración (25).

El cálculo de la FEVI mediante RMN se lleva a cabo mediante la adquisición de secuencias localizadoras en los tres planos del espacio. A partir de los dos ejes largos, se obtienen proyecciones equivalentes a las proyecciones en cuatro cámaras y dos cámaras utilizadas en la ecocardiografía. Asimismo, a partir del eje transversal del VI, se generan múltiples cortes paralelos que abarcan desde el anillo mitral hasta el ápex. Estas mediciones permiten cuantificar el VTDVI y el VTSVI y, por consiguiente, calcular la FEVI mediante el método modificado de Simpson. Además, es posible analizar el grosor ventricular y la motilidad regional mediante la medición del engrosamiento y acortamiento miocárdico.

La RMN presenta limitaciones, como la necesidad de infraestructuras específicas, su costo elevado, la imposibilidad de realizarla en la cabecera del paciente y su disponibilidad limitada. Además, no es adecuada para pacientes con claustrofobia, y se debe evaluar la compatibilidad en aquellos pacientes que llevan dispositivos electrónicos implantables cardíacos como marcapasos, DAI u otros dispositivos ferromagnéticos. Esto hace que en la práctica solamente se utilice para evaluar la FEVI en situaciones clínicas muy seleccionadas.

Ecocardiografía.

Aunque la RMN se considera la técnica de referencia para la estimación de la FEVI por su gran reproducibilidad, no está exenta de limitaciones, principalmente derivadas de su elevado coste y su disponibilidad limitada. Así, hoy en día la ECO se ha convertido en la **prueba complementaria más utilizada en el campo de la cardiología**, siendo generalmente la **primera opción para el estudio de la función cardíaca**. Esto se debe a que es una técnica no invasiva, ampliamente disponible, con posibilidad de realizarse en la cabecera del paciente y con un coste relativamente bajo. Su uso se extiende a todos los ámbitos de la cardiología, desde las consultas hasta el laboratorio de imagen, pasando por la unidad de cuidados críticos cardiológicos o el quirófano de cirugía cardíaca.

La ECO ofrece diversas modalidades para evaluar la FEVI, incluyendo parámetros lineales, parámetros volumétricos, el análisis de strain y métodos tridimensionales(26).

- Los **parámetros lineales o en Modo “M”** aunque poseen gran resolución temporal y escasa variabilidad, no se recomiendan en la actualidad por limitaciones técnicas.
- Los **parámetros volumétricos basados en la ecocardiografía bidimensional** ofrecen una mejor resolución espacial que permite definir razonablemente bien los bordes de la cavidad ventricular y minimizar los errores de medición de los diámetros y de los volúmenes ventriculares, lo que resulta en una estimación más

precisa de la FEVI. En la práctica clínica, la valoración visual de la FEVI visual es comúnmente utilizada y, en manos de operadores expertos, guarda una buena correlación con el método modificado de Simpson, que es el estándar ecocardiográfico para la estimación de la FEVI. Ambos métodos están sujetos a la subjetividad de los operadores, quienes deben definir los bordes endocárdicos y el ápex, lo que conlleva cierta variabilidad intra e inter observador.

- El **“speckle tracking” bidimensional** emplea marcadores acústicos únicos puntiformes (“speckles”) que aparecen al interactuar los ultrasonidos (US) con los tejidos. Estos “speckles” siguen el ciclo cardíaco y su desplazamiento con el movimiento del miocárdico representa la deformación o “strain miocárdico”. Por la ventana apical se determina el strain longitudinal; y con los ejes cortos el strain radial, el strain circunferencial y el movimiento de rotación. Aunque esta técnica no depende del ángulo y evita el error en la estimación de la FEVI debido al desplazamiento de segmentos vecinos, su uso no está estandarizado y se considera que requiere un alto nivel de experiencia y especialización. Los valores límite para la normalidad son del -18% para el strain longitudinal y del -44% para el strain radial.

- Por último, la **ECO tridimensional (3D)** permite evaluar la FEVI sin realizar asunciones geométricas lo que brinda mediciones muy precisas si las imágenes son de calidad. Esta técnica ha sido validada con resultados comparables con la RMN en términos de estimación de la FEVI (27). Sin embargo, es compleja, requiere de una amplia experiencia por parte del operador y está menos disponible en la práctica clínica diaria. Por ello, se recomienda para situaciones especiales, aunque en la mayoría de los casos la primera aproximación a la estimación de la FEVI se realiza mediante ECO bidimensional. La ECO 3D también presenta limitaciones ya que es una técnica dependiente del operador y la calidad del estudio puede verse afectada por factores dependientes del paciente como la obesidad, dispositivos intracardiacos, prótesis o patologías pulmonares, que limitan la ventana acústica.

1.3 ¿Por qué la ecocardiografía para la determinación de la fracción de eyección ventricular izquierda?

A pesar de la existencia de las diferentes modalidades de imagen comentadas previamente para estimar la FEVI, por las razones apuntadas la **ECO se ha consolidado en la práctica clínica habitual como la primera prueba y la más empleada** para el estudio de la función cardíaca.

Esto tiene importantes implicaciones en una población como la nuestra por diversos motivos.

- En primer lugar, el crecimiento a expensas de su envejecimiento conlleva un aumento del consumo recursos. En este contexto la ECO destaca como una técnica de imagen no invasiva, con alta disponibilidad y con un coste relativamente bajo, lo que la hace altamente accesible.
- Por otro lado, en cardiología, es frecuente la necesidad de monitorizar la respuesta tratamientos médicos e intervenciones requiriendo repetir pruebas a lo largo del tiempo. En este sentido, destaca de nuevo la capacidad de la ECO para realizar seguimientos seriados y evolutivos, no invasivos y con alta disponibilidad.

Existen numerosos datos que apoyan estas afirmaciones. Según los datos recogidos por la Agency for Healthcare Research and Quality de Estados Unidos entre 2011 y 2017, cada año durante ese periodo al menos el 20% de los usuarios del sistema Fee-For-Service se sometieron a al menos una ECO, y hasta el 30% de ellos se sometieron a más de un estudio en ese período (28). En España, una encuesta realizada entre miembros de la Sección de Ecocardiografía y otras Técnicas de Imagen de la Sociedad Española de Cardiología y laboratorios de imagen de hospitales con más de 300 camas reveló que el número de estudios realizados por equipo a la semana oscilaba entre 35 y 50, dependiendo del tipo de estudio y la enfermedad evaluada. Además, la mayoría de los ecocardiografistas

reconocieron realizar al menos 20 estudios a la semana, lo que demuestra la alta demanda y utilidad de esta técnica (29).

Otro enfoque que también confirma la predominancia de la ECO, lo aporta una revisión que evaluó la literatura médica existente sobre las diferentes técnicas de imagen. De 53.864 trabajos publicados en el periodo explorado, el 79% estaban dedicados a ECO (30). Limitando los trabajos a las seis revistas de mayor impacto, este número ascendía al 85% (**Figura 1**) Figura 1. Peso de cada una de las cuatro técnicas de imagen cardíaca en la literatura médica en los últimos 5 años. CRM: Cardio Resonancia Magnética; TC: tomografía computarizada (30). Estos datos subrayan, desde una perspectiva adicional, la importancia relativa de la ECO en comparación con otras pruebas de imagen

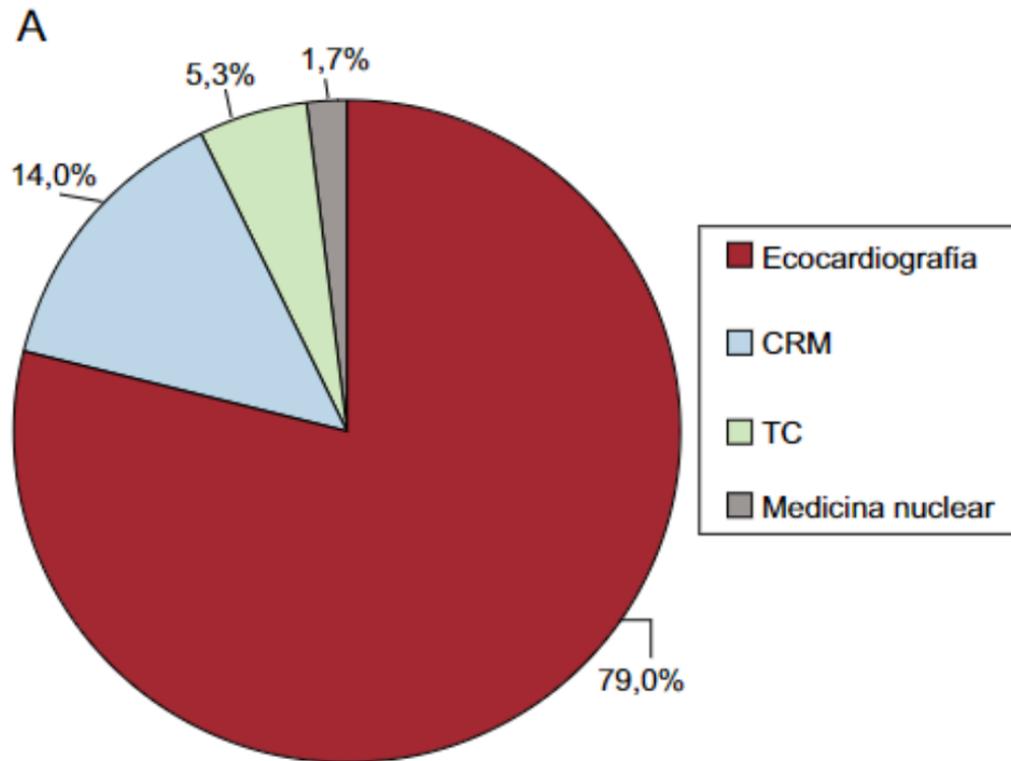


Figura 1. Peso de cada una de las cuatro técnicas de imagen cardiaca en la literatura médica en los últimos 5 años. CRM: Cardio Resonancia Magnética; TC: tomografía computarizada (30).

1.4 Métodos para la evaluación de la fracción de eyección ventricular izquierda con ecocardiografía.

La función sistólica mediante ECO puede determinarse de diferentes maneras en función de la modalidad de ECO empleada y la ecuación utilizada. En todos ellos se busca obtener una correlación con la FEVI, que es parámetro de referencia (26).

METODOS INDIRECTOS.

- **Parámetros con Modo M.** Esta modalidad fue una de las primeras disponibles. Ofrece una gran resolución temporal que permite una evaluación precisa del movimiento de las paredes ventriculares en el tiempo. Sin embargo, actualmente está en desuso.
 - **Distancia E-septo.** Se trata de un índice indirecto para evaluar la FEVI que se determina midiendo la separación entre el septo interventricular y la valva anterior de la válvula mitral en diástole (31). Se mide en la ventana paraesternal eje largo, orientando el haz de US perpendicular al eje largo del corazón (**Figura 2**). Una distancia E-septo mayor de 7 mm se correlaciona con una FEVI inferior al 50% (32,33). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, en patologías que condicionan restricción o movimiento anormal de la válvula mitral, como la estenosis mitral o la miocardiopatía hipertrófica obstructiva septal asimétrica, esta medida puede sobreestimarse o infraestimarse, lo que puede resultar en errores.

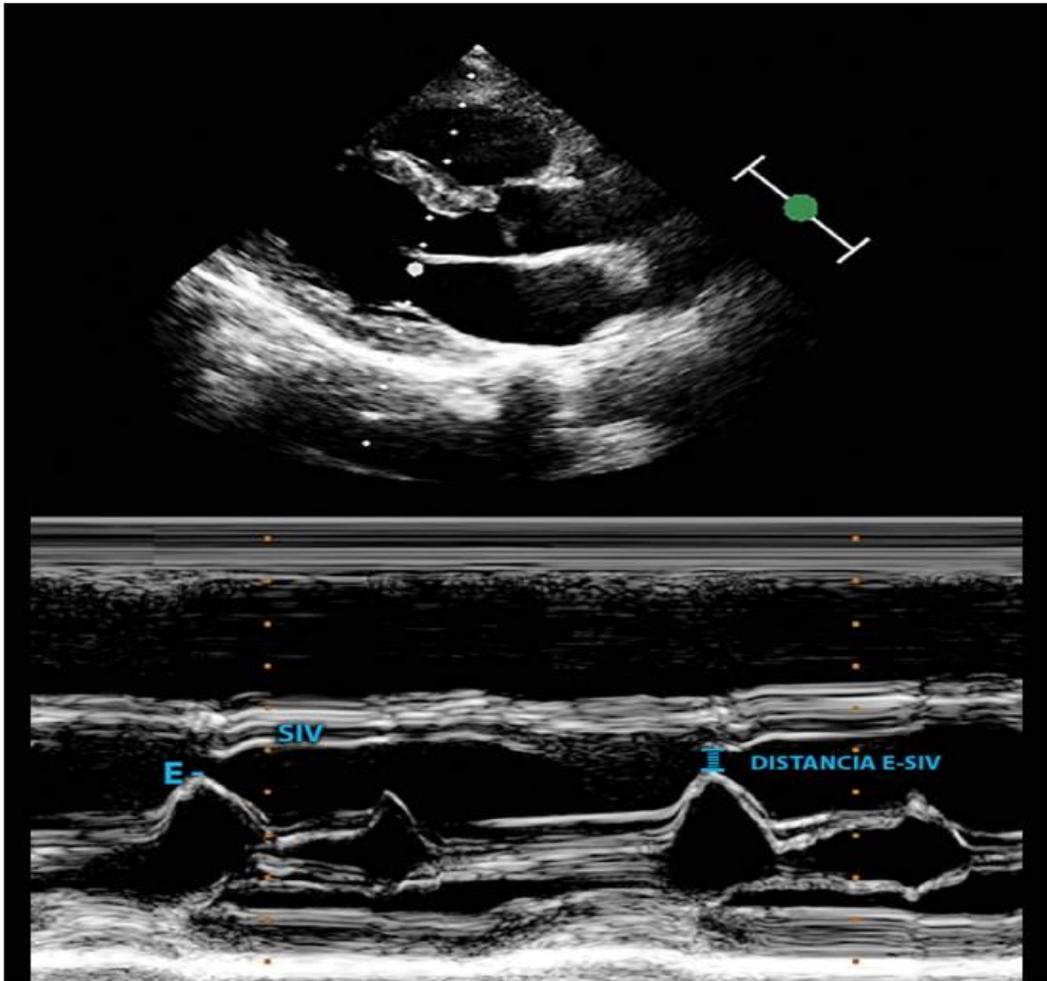


Figura 2. La distancia E-septo mide la distancia entre el punto “E” de la ECO mitral en Modo M y el septo interventricular. E: Onda E; SIV: Septo Inter Ventricular (26).

- **Excursión sistólica del plano del anillo mitral o Mitral Annular Plane Systolic Excursion (MAPSE):** Es una medida que evalúa el desplazamiento del anillo mitral durante la sístole. Se mide en la ventana apical cuatro cámaras, colocando el cursor en la parte lateral del anillo mitral y registrando el máximo movimiento detectado entre

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

la diástole y la sístole con el modo M (Figura 3; Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Excursiones de más de 8 mm se correlacionan con una FEVI mayor del 50%. Sin embargo, valores por debajo de 8 mm tienen una sensibilidad del 98% y una especificidad del 82% para detectar valores de FEVI por debajo 50% (34). Además, se ha observado que en pacientes con IC y un valor del MAPSE menor de 6 mm, la mortalidad anual puede aumentar hasta un 37% (35).

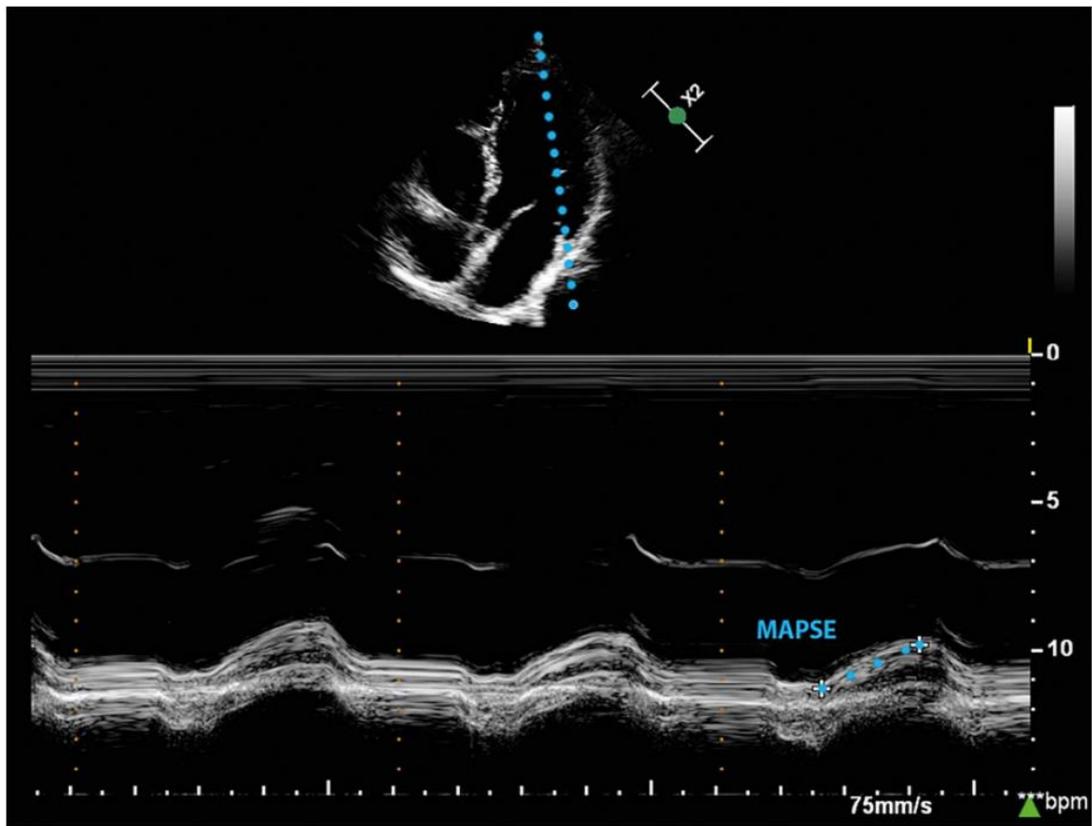


Figura 3. A) El MAPSE se obtiene desde la vista apical de cuatro cámaras y registrando en modo M el movimiento del anillo mitral. B) Excursiones > 8 mm tienen buena correlación con una FEVI > 50% (26).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

- **Doppler tisular.** Esta técnica evalúa la velocidad del anillo mitral y del miocardio basal con gran resolución temporal y sin necesidad de visualizar con detalle el endocardio. Con ello, cuantifica el acortamiento longitudinal, que se correlaciona con la función sistólica (**Figura 4**). Es menos dependiente a las condiciones de carga del corazón en comparación con otros métodos. El movimiento sistólico de aproximación al ápex se registra como una onda S y, cuando tiene una velocidad inferior a 8 cm/s presenta una sensibilidad del 94% y una especificidad del 93% para identificar una FEVI <40% (36).

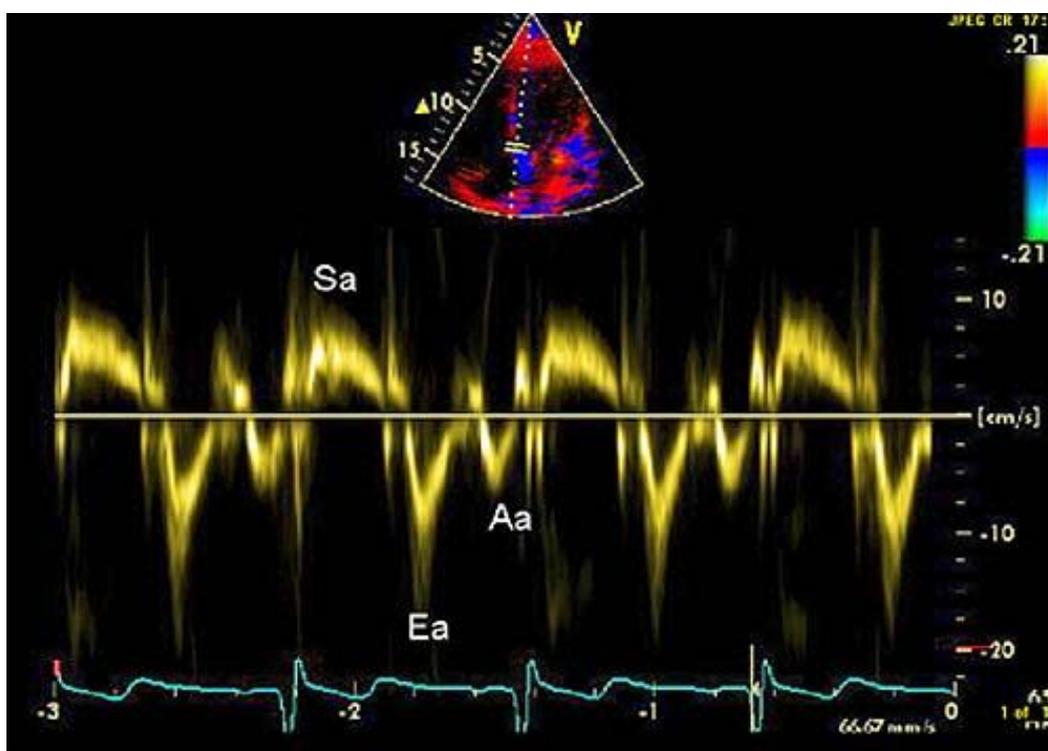


Figura 4. Patrón espectral en ondas de pulso de un ECO Doppler tisular obtenido en el margen septal del anillo de la válvula mitral. Sa = velocidad sistólica; Ea = velocidad proto diastólica; Aa = velocidad tele diastólica.

- **Doppler pulsado.** Este método calcula el volumen latido (VL) y el gasto cardiaco (GC) midiendo el área del tracto de salida ventricular izquierda (TSVI) en el plano para esternal eje largo con ECO bidimensional y calculando la integral velocidad-

tiempo (ITV) con ECO Doppler pulsado en el plano apical cinco cámaras. A partir de ahí, el VL se estima como:

$$\pi x (\text{TSVI}/2)^2 x \text{ITV} \text{ (con valor normal entre 60 y 100 ml).}$$

Con esto, y conociendo la Frecuencia Cardíaca (FC), se estima el GC como el producto de $VL \times FC$. (1,26).

La estimación de la FEVI con Doppler pulsado tiene limitaciones. Destaca la presencia de insuficiencia aórtica y mitral. En ambas condiciones, la presencia de flujo retrógrado puede afectar la capacidad del Doppler pulsado para estimar la FEVI, y se debe tener precaución al interpretar los resultados.

MÉTODOS DIRECTOS.

- **Fracción de acortamiento:** Se define como la diferencia porcentual entre el diámetro telediastólico y el diámetro telesistólico del VI. Se mide en la ventana para esternal eje largo, a nivel de los músculos papilares, orientando el haz de IS perpendicular al eje largo del corazón (26). Aunque en el pasado era una medida habitual para la estimación de la función VI, las guías actuales desaconsejan el cálculo de medidas volumétricas a partir de medidas lineales debido a los errores derivados de las suposiciones geométricas que implican (**Figura 5**).

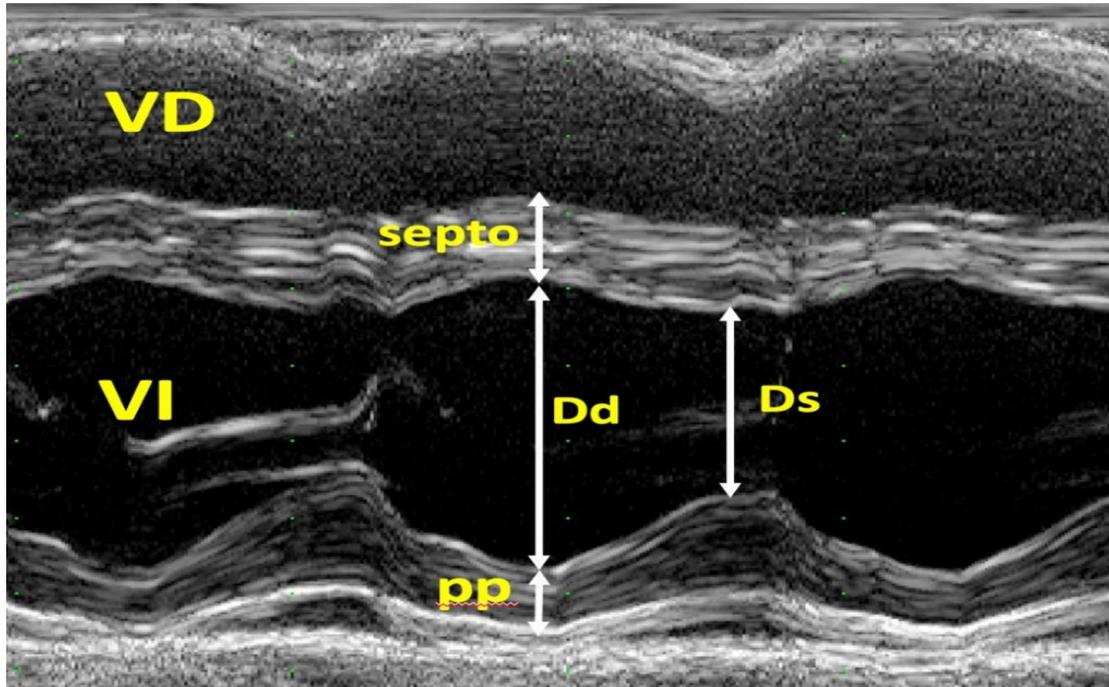


Figura 5. La fracción de acortamiento estima la FEVI mediante ECO Modo M como la diferencia porcentual entre el diámetro telediastólico y el diámetro telesistólico) del VI. VD: Ventriculo derecho; Dd: Diámetro diastólico; DS: Diámetro sistólico; pp: pared posterior; VI: Ventriculo izquierdo (1).

- **Fracción de eyección:** En la práctica clínica la determinación de la FEVI se lleva a cabo bien de manera cuantitativa por diversos métodos, o bien de forma cualitativa por estimación directa.
 - **Método de Simpson biplano:** Asume que la cavidad VI tiene una morfología parabólica y obtiene una serie de discos con grosor y radio conocidos desde la base hasta el ápex en las proyecciones apical cuatro cámaras y dos cámaras, tanto en telediástole como en telesístole. A partir de los volúmenes de estos discos, se estima el volumen VI y, mediante la diferencia porcentual entre el VTSVI y el VTDVI, se calcula la FEVI (**Figura 6**) (36). Aunque este método supera muchas de las limitaciones de otras formas de estimación, su

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

calidad depende de la adecuada visualización del borde endocárdico y no es capaz de identificar alteraciones no visibles en los planos apical cuatro cámaras y dos cámaras. La variabilidad en su reporte se sitúa en torno al 5-10% y está sujeta a la experiencia del operador y a la calidad de la ventana de imagen (1,26). Se considera el método de referencia para la estimación de la FEVI por ECO.

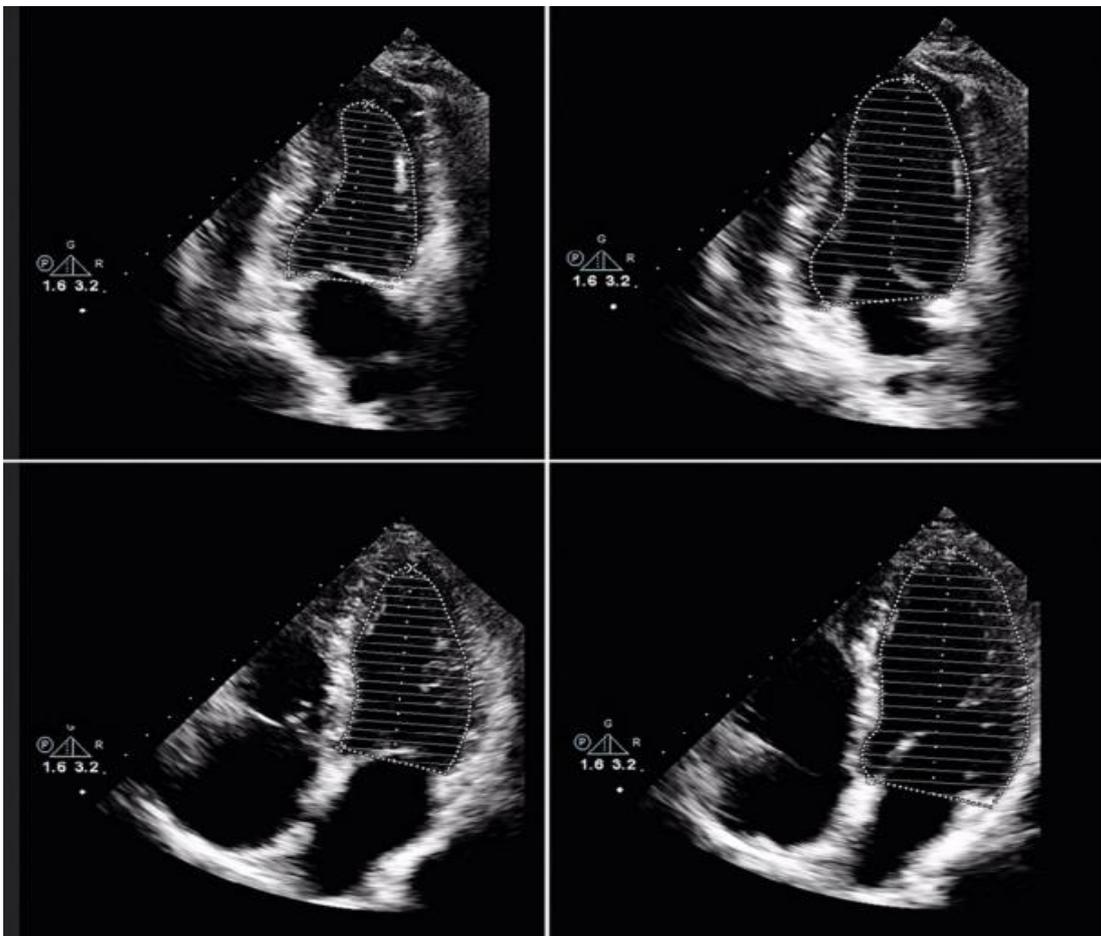
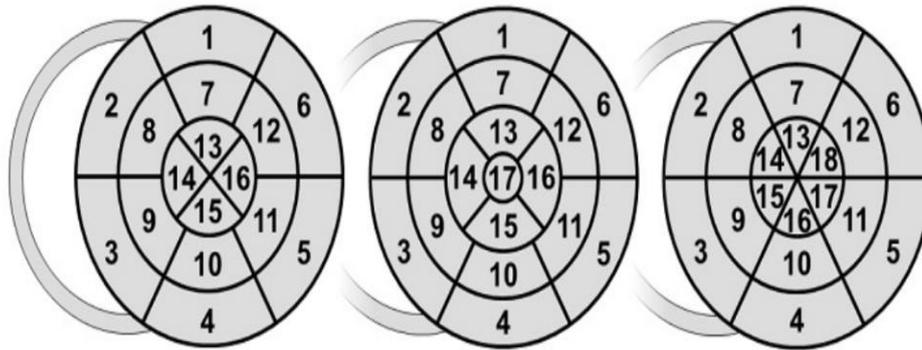


Figura 6. Método de Simpson biplano para la estimación de la FEVI mediante cálculos volumétricos desde las vistas apical cuatro cámaras y apical dos cámaras (26).

- **Estimación visual de la FEVI o “eyeball estimation of ejection fraction”.** Se basa en el análisis visual del engrosamiento y acortamiento muscular durante la contracción ventricular. A partir de ahí se realiza una evaluación visual directa para cuantificar la FEVI. La evaluación visual directa también se utiliza para la detección de alteraciones regionales de la contractilidad, típicas de cambios isquémicos.

El ventrículo se divide convencionalmente en dieciséis segmentos que surgen de dividir el VI en tres tercios (basal, medio y apical) y asignar seis segmentos de 60° a las porciones basal y media, y cuatro segmentos de 90° al tercio apical. En ocasiones se añaden uno o dos segmentos adicionales a nivel del ápex (**Figura 7**). Aunque la correlación no es exacta, existe relación entre los segmentos y el territorio de irrigación coronaria (**Figura 8**). Al final, se emite un juicio sobre las alteraciones regionales de la contractilidad observadas y la FEVI global. La principal limitación de este método es su dependencia del operador. Sin embargo, varios estudios han demostrado buena correlación entre observadores expertos. La correlación disminuye con la falta de experiencia, la presencia de alteraciones regionales de la contractilidad y la disincronía (1,3). Por su rapidez, sencillez y aceptable precisión, es utilizada en la mayoría de los laboratorios de ECO como el método principal para la evaluación de la FEVI.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.



Todos los modelos

- 1. anterior basal
- 2. anteroseptal basal
- 3. inferoseptal basal
- 4. inferior basal
- 5. inferolateral basal
- 6. anterolateral basal

- 7. anterior medio
- 8. anteroseptal medio
- 9. inferoseptal medio
- 10. inferior medio
- 11. inferolateral medio
- 12. anterolateral medio

Modelo de 16 y 17 segmentos

- 13. anterior apical
- 14. septal apical
- 15. inferior apical
- 16. lateral apical

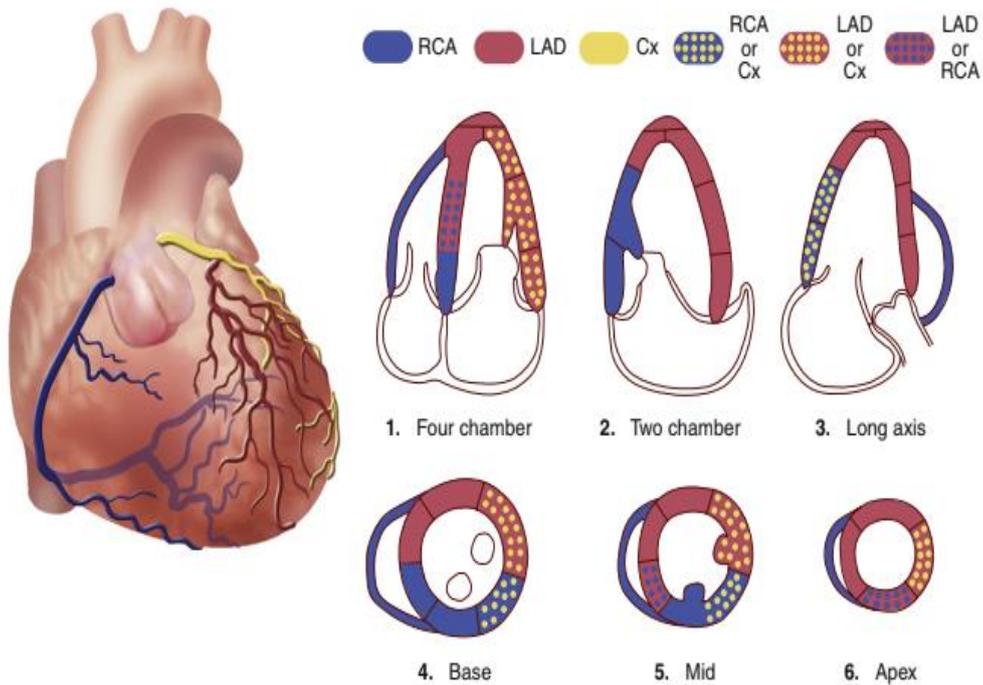
Modelo solo 17 segmentos

- 17. apex

Modelo solo 18 segmentos

- 13. anterior apical
- 14. anteroseptal apical
- 15. inferoseptal apical
- 16. inferior apical
- 17. inferolateral apical
- 18. anterolateral apical

Figura 7. Diferentes modelos de segmentación del VI: 16 segmentos (izquierda); 17 segmentos (centro), 18 segmentos (derecha). El anillo exterior representa los segmentos basales, el medio el nivel papilar y los interno el nivel distal.



ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Figura 8 Correspondencia entre los diferentes segmentos miocárdicos por ECO y su territorio de irrigación coronaria (1).

- **ECO 3D.** Esta modalidad de estimación de la FEVI se ha desarrollado exponencialmente en los últimos años permitiendo, hoy en día, conseguir datos volumétricos en tiempo real que superan las limitaciones de las asunciones geométricas de los otros métodos de cálculo de la FEVI (**Figura 9**). Varios estudios han validado la estimación de la FEVI por ECO 3D con la RMN que reportan una muy elevada correlación (37,38). De hecho, las guías de cuantificación recomiendan utilizar esta tecnología siempre que sea posible (39,40). Sin embargo, su penetrancia en la práctica clínica diaria en cardiología es baja por ser una técnica que requiere tiempo y entrenamiento para obtener mediciones precisas y reproducibles.

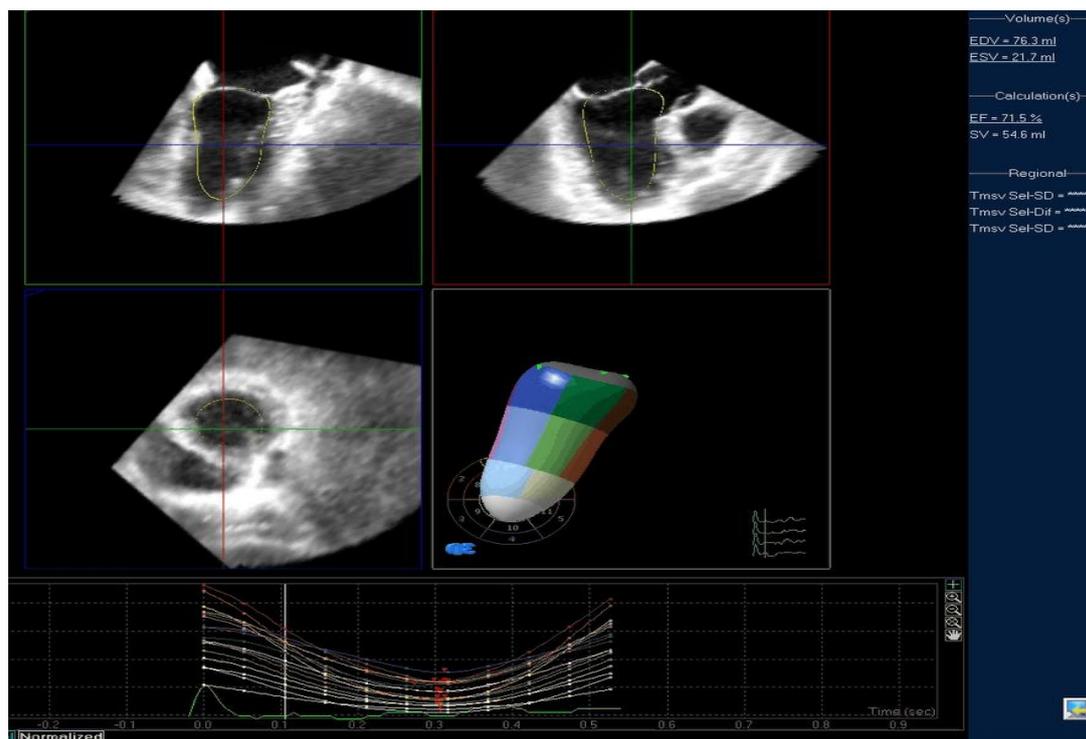


Figura 9, Ejemplo de estimación de la fracción de eyección ventricular izquierda mediante ecocardiografía 3D (26).

- **Modelo de algoritmo automatizado (Heart Model ®):** Se trata de un método de determinación de la FEVI que se basa en el uso de un software automatizado. Este realiza una cuantificación volumétrica del VI y de la aurícula izquierda a partir de imágenes en tres dimensiones. El sistema se apoya en información anatómica conocida y en datos recopilados mediante ECO de múltiples variantes anatómicas, generando un modelo genérico. Este se correlaciona con la información proporcionada por cada paciente creando un modelo cardíaco para cada individuo(26). El Heart Model ® se ha validado en pacientes en ritmo sinusal y en fibrilación auricular, comparándose con la ECO 3D manual y con la RMN, con buenos resultados en términos de correlación y reproducibilidad en cuantificación de volúmenes y FEVI (**Figura 10**)

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

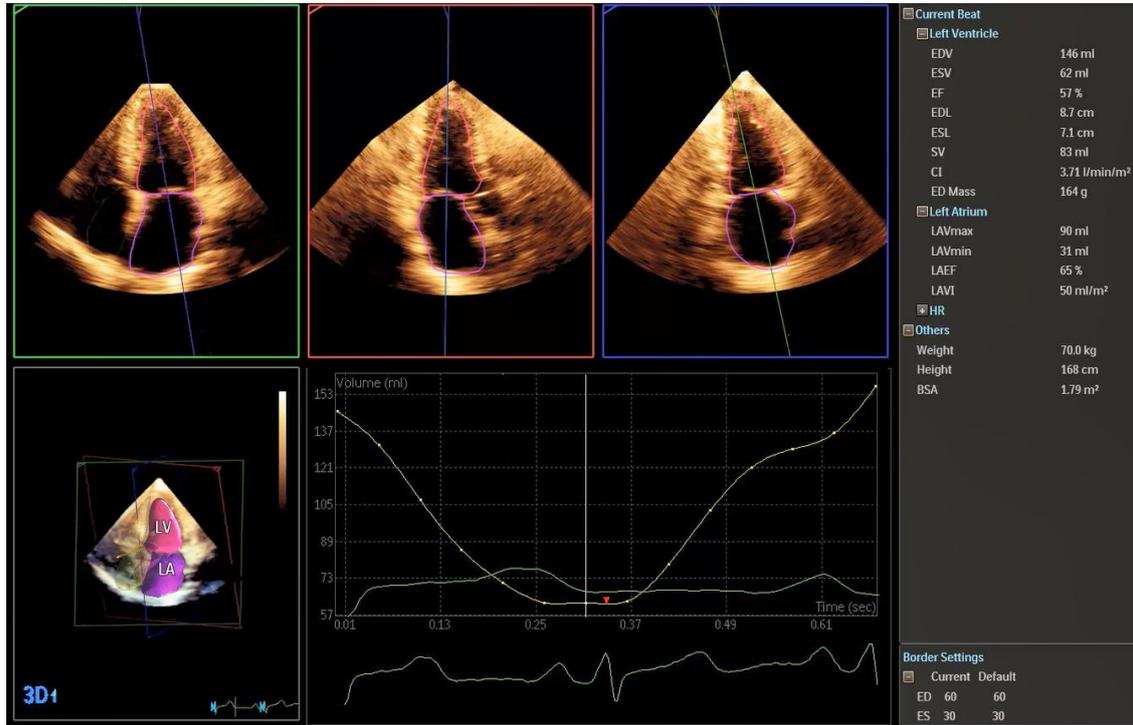


Figura 10. Estimación de la FEVI mediante el modelo de algoritmo automatizado (Heart Model ®) (26).

1.5 Estimación visual de la fracción de eyección ventricular izquierda con ecocardiografía.

A pesar de que las guías de práctica ecocardiográfica recomiendan el uso de la ECO 3D o del método modificado de Simpson para determinar la FEVI (3), es importante destacar que, en la práctica clínica, la FEVI visual es uno de los métodos de estimación más ampliamente utilizados. En este trabajo, hemos elegido considerarla como la modalidad principal por varias razones:

- A- Existen **contextos clínicos que requieren realizar los estudios en el lugar de atención del paciente** sin la posibilidad de un procesamiento posterior de datos, lo que convierte a la **FEVI visual en una herramienta imprescindible en estos contextos**. Estas situaciones suelen estar relacionadas con escenarios de emergencia donde la toma rápida de decisiones es importante. De hecho, las guías de la American Society of Intensive Care Medicine, recomiendan la determinación cualitativa de la función cardíaca en el ámbito de la medicina intensiva (41). Por ello, la capacidad de determinar la FEVI de manera visual no debería ser una herramienta opcional, sino una habilidad básica y esencial tanto para los expertos en ECO como para aquellos que realizan ECO en la cabecera del paciente de forma habitual.

- B- La FEVI visual ha demostrado una **elevada correlación con otros métodos disponibles para la determinación de la FEVI** (42–44). Esto incluye tanto la **ECO 3D**, tal y como se ve en la **Figura 11** del trabajo de Shahgaldi et al.(45) , como el **método modificado de Simpson** (46,47).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

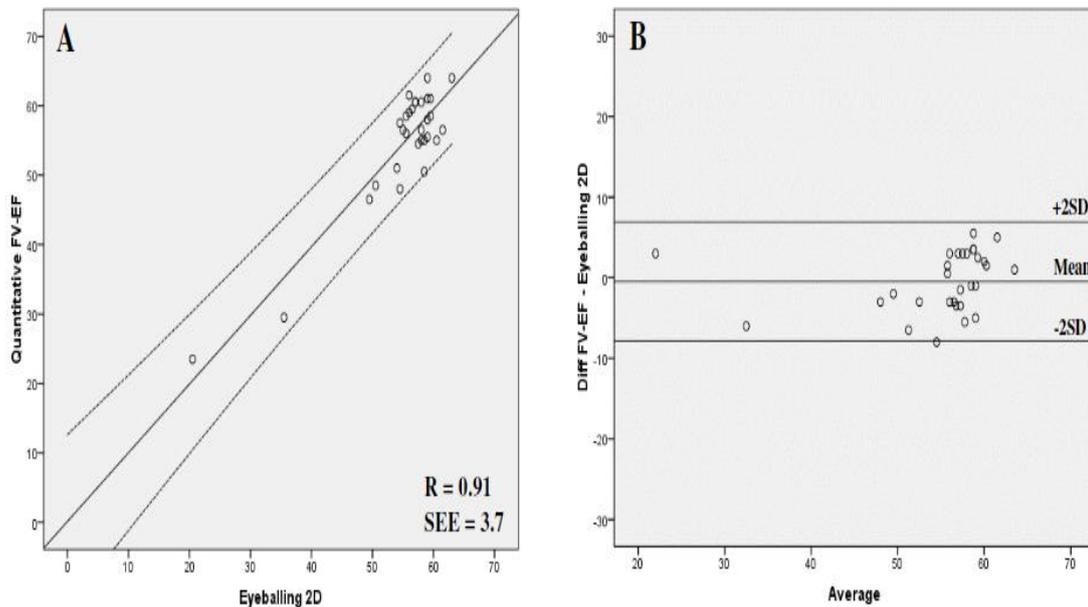


Figura 11. A) Gráfico representando la regresión lineal de la determinación de la FEVI de manera visual frente a la determinación cuantitativa mediante el uso de ecografía 3D. B) Gráfico de Bland-Altman comparando la determinación de la FEVI de manera visual frente a la determinación cuantitativa mediante el uso de ecografía 3D.

C- **Las principales limitaciones atribuidas a la estimación visual de la FEVI no son exclusivas de este método ni se apoyan en la evidencia.** Estas suelen incluir su subjetividad y su dependencia del nivel de formación de los operadores.

- Respecto a la **subjetividad** esta es inherente a cualquier modalidad de imagen que dependa del operador y no exclusiva de la FEVI visual. Esto incluye el método modificado de Simpson, que es la modalidad de referencia para la estimación de la FEVI por ECO. En este caso el proceso de trazado manual del borde endocárdico es en esencia subjetivo, y especialmente complicado en sístole. Además, método modificado de Simpson tiene la limitación adicional de emplear sólo dos planos ecocardiográficos lo que puede llevar a un falso acortamiento de los segmentos apicales (fore-shortening), limitando la información y aumentando el riesgo de

estimaciones incorrectas de la función ventricular. En contraste, la estimación visual de la FEVI, aunque conlleva una evaluación subjetiva de la fracción de eyección, integra información de todos los planos ecocardiográficos para emitir una conclusión. Además, numerosos estudios demuestran una excelente correlación entre la FEVI visual y el método modificado de Simpson (42–47).

- Con respecto a la dependencia del **nivel de formación**, varios trabajos han reportado una buena correlación en la estimación visual de la FEVI incluso entre operadores con formación limitada (48,49). Además, Akinboboye et al. reportó que la estimación visual de la FEVI es fácil de aprender para operadores sin experiencia si reciben retroalimentación inmediata por parte de un operador experto (50). Por ello, el nivel de formación no debería ser una limitación para emplear la FEVI visual en la práctica clínica habitual si los operadores han sido adecuadamente capacitados.

El método óptimo para determinar la fracción de eyección ventricular debería ser reproducible, ampliamente disponible, rápido y sencillo de realizar. Con datos favorables en todos estos aspectos, la FEVI visual se presenta como la modalidad de elección en la estimación de la función ventricular en la práctica clínica habitual en cardiología y más específicamente en el contexto de **la ecografía en el punto de atención o POCUS (Point-Of-Care Ultrasound) con dispositivos de bolsillo**, en el que se centra este trabajo de tesis doctoral.

1.6 Ecocardiografía en el punto de atención al paciente.

El **POCUS** se define como la utilización de la **tecnología de US** como una **extensión de la exploración física** del paciente para identificar la presencia o ausencia de alteraciones clínicamente significativas en el momento en que se realiza (51). El concepto POCUS en cardiología aparece en 2004 durante una conferencia del American Institute of Ultrasound in Medicine donde se mencionó por primera vez la idea de un “estetoscopio ultrasónico”. En 2018 se publicó una comunicación en el Journal of the American Medical Association en la que se le consideró el “quinto pilar” de la exploración física (52). Las razones que han impulsado su desarrollo y su integración en la práctica clínica en cardiología son varias. En primer lugar, el POCUS emplea una tecnología **no invasiva** y con **amplia disponibilidad**. Por otro lado, aunque el concepto de POCUS no está vinculado al tamaño del aparato de US, la progresiva miniaturización de los nuevos **aparatos de ECO portátil de bolsillo** permite acercarse más al paciente en comparación con los ecógrafos portátiles.

La **Tabla 4** resume las diferencias entre el POCUS realizado con aparatos de ECO portátiles convencionales frente al POCUS realizado con aparatos de ECO portátil de bolsillo.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

CARACTERÍSTICA	ECÓGRAFO ESTÁNDAR	ECÓGRAFO DE BOLSILLO
PORTABILIDAD	Alta: pequeño tamaño y poco peso.	Variable: pesados, más difíciles de trasladar
TIEMPO EN ENCENDERSE	Rápido	Lento
NECESIDAD DE CORRIENTE	No	Variable
CALIDAD DE IMAGEN	Suficiente para tomar decisiones	Mayor calidad
SINCRONIZACIÓN ECG	Generalmente no	Si
INTEGRACIÓN INALÁMBRICA	Variable	La mayoría
MODALIDADES DE IMAGEN	Variable	La mayoría
EJEMPLO		

Tabla 4. Diferencias entre el POCUS realizado con dispositivos portátiles de ecografía de bolsillo y aparatos de ecografía estándar. PACS: sistema de almacenamiento y comunicación de imágenes.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Es importante destacar que el POCUS en cardiología está reconocido y acreditado por la European Board for Accreditation in Cardiology (EBAC) y el Accreditation Council for Continuing Medical Education (ACCME) (53,54). En la actualidad, los requisitos para la acreditación en POCUS en cardiología del ACCME y la EBAC antes citados incluyen (55):

1. Reconocer la indicación del POCUS.
2. Conocer el funcionamiento del aparato de ECO y saber realizar un examen de US.

Integrar la información obtenida mediante el POCUS con el contexto clínico para confirmar o descartar de manera rápida hallazgos que puedan modificar las decisiones clínica.

El POCUS en cardiología no busca sustituir a la ECO estándar pues son técnicas con objetivos diferentes (**Tabla 5**).

	ECO estándar	POCUS
TIPO DE ESTUDIO	Protocolo de realización normalizado. Análisis según estándares de adquisición y reporte.	Protocolo de realización adaptado. “Identificar” o “descartar” situaciones determinantes en el manejo de pacientes.
OBJETIVO	Prueba definitiva.	Prueba dirigida.
OPERADOR	Profesionales de distintas especialidades con formación variable	Especialistas en cardiología. Expertos.
APARATOS	Ecógrafos portátiles	Ecógrafos portátiles/de bolsillo
ENTORNO	Laboratorio de imagen.	Preferiblemente a pie de cama.

Tabla 5 Principales diferencias entre la ecografía transtorácica estándar y el POCUS.

Las características distintivas del POCUS son (55):

1. Su realización e interpretación en la **cabecera del paciente**, integrando la información de los otros datos clínicos y pruebas complementarias disponibles.
2. Su objetivo de **identificar alteraciones clínicamente significativas**.
3. Su ejecución por operadores con diverso **nivel de formación** que, a menudo tienen menos experiencia que los operadores de ECO de los laboratorios de imagen convencionales.

1.7 Niveles de formación en ecocardiografía y estimación de la fracción de eyección ventricular izquierda por operadores no expertos

Como ya se ha comentado, la ECO es una técnica operador dependiente donde el nivel de experiencia y los conocimientos cardiológicos pueden afectar a la calidad de las imágenes, su interpretación y la información diagnóstica emitida a partir de ellas. Por ello, este aspecto ha sido abordado por las diferentes guías de práctica ecocardiográfica nacionales e internacionales. Así, tanto las Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en ecocardiografía como las guías conjuntas de práctica clínica de la American College of Cardiology, de la American Heart Association y de la American Society of Echocardiography (56–58), han establecido recomendaciones específicas sobre la formación requerida para los cardiólogos especializados en ECO diferenciando distintos niveles de formación. Estos se resumen en la **Tabla 6**.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

	NIVEL BÁSICO (I)	NIVEL SUPERIOR (II)	NIVEL EXPERTO (III)
TIEMPO EN UN LABORATORIO DE IMAGEN	3 meses	6 meses	9 meses según la ACC 12 meses según la SEC
NÚMERO DE ESTUDIOS REALIZADOS	150 según la SEIC 75 según la ACC/ASE	300 según la SEIC 150 según la ACC/ASE	750 según la SEIC 300 según la ACC/ASE
NÚMERO DE ESTUDIOS INTERPRETADOS	150 según la SEIC 150 según la ACC/ASE	300 según la SEIC 300 según la ACC/ASE	750 según la SEIC 750 según la ACC/ASE
COMPETENCIAS	ECO estándar. ETE. Procedimientos especiales.	ECO estándar. ETE. Procedimientos especiales.	ECO estándar. ETE. Procedimientos especiales. Investigación.
TUTORIZACIÓN	Requerida	No requerida	Acredita para dirigir un laboratorio de imagen

Tabla 6. Modificado de las guías de práctica clínica de la SEIC, ACC y ASE sobre los requisitos de los diferentes niveles de formación en ecocardiografía. ECO: Ecocardiografía Trans Torácica; ETE: Ecocardiografía Trans Esofágica.

Dado que el POCUS realizado con ECO portátil de bolsillo suele realizarse por personas que no cumplen con los requisitos de formación antes definidos (Tabla 6), resulta conveniente validar estos dispositivos en manos de operadores no expertos.

En consecuencia, hacen falta estudios para definir y validar las indicaciones del POCUS y de los aparatos de ECO portátil de bolsillo para garantizar su uso adecuado en la práctica clínica habitual de cardiología (59,60). Hasta que se disponga de datos adicionales, las recomendaciones emitidas por la European Association of Echocardiography (61) pueden resumirse en:

1. El POCUS no permite realizar una exploración de ECO completa y debería reportarse como parte de la exploración física.
2. Las imágenes obtenidas deberían almacenarse según las normas nacionales para exámenes complementarios.
3. A excepción del caso de cardiólogos acreditados, se recomienda entrenamiento específico y certificación en POCUS a los usuarios.
4. Los pacientes deberían estar informados del tipo de examen que se está realizando.

1.8 Tecnología actual en ecógrafos de bolsillo.

Aunque el concepto de POCUS no depende del aparato utilizado para realizar exploración, el continuo avance de la tecnología de US portátil de bolsillo ha facilitado su desarrollo. En el mercado existen numerosos dispositivos de ecografía de bolsillo. En la **Tabla 7** se recogen las características de los principales dispositivos disponibles. Estos han sido evaluados en un estudio reciente por operadores expertos en POCUS con el objetivo de identificar el mejor dispositivo considerando la calidad de imagen, facilidad de uso y satisfacción en general. Los resultados de esta evaluación concluyeron que los dos dispositivos mejor valorados fueron el Philips Lumify™ y el VSCAN Air™ (**Figura 12**) (62). Cuando se evaluaba de manera aislada la calidad de imagen, que además se destacó por todos los evaluadores como la característica más importante a considerar, el Philips Lumify™ obtuvo la mejor calificación (**Figura 13**). Basándonos en estos datos y de acuerdo con lo especificado en la sección de material y métodos, hemos seleccionado el Philips Lumify™ para este trabajo de tesis doctoral.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

	Butterfly IQ+™	VSCAN Air™	LUMIFY™	KOSMOS™
COMPAÑÍA	Butterfly Network	GE Healthcare	Philips Healthcare	Echonus
TAMAÑO (MM)	144 x 53 x 26	168 x 76 x 22		150x56x35
PESO (G)	313	321	96	227
TRANSDUCTOR (MHz)		1,7 – 3,8	1,0-4,0	5,0-6,0
PROFUNDIDAD (cm)		24	24	11
RES IMAGEN (PIXELES)		720 x 1280	-	1920 x 1200
ESCALA DE GRISES		Si	Si	Si
DOPPLER COLOR		Si	Si	Si
MODOS M		Si	Si	Si
DOPPLER PULSADO		No	No	Si
DOPPLER CONTINUO		No	No	Si

Tabla 7. Principales aparatos de ecografía portátil de bolsillo disponibles en el mercado. En azul se resaltan las características del Philips Lumify™ por ser el dispositivo empleado en este trabajo.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

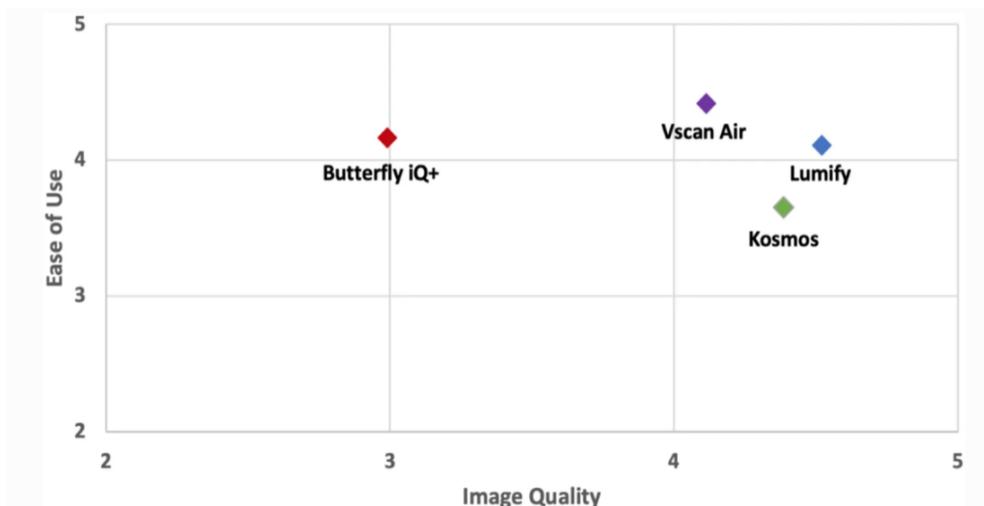


Figura 12. Puntuaciones medias de los dispositivos del 1 al 5 en función de su calidad de imagen y facilidad de uso(62)

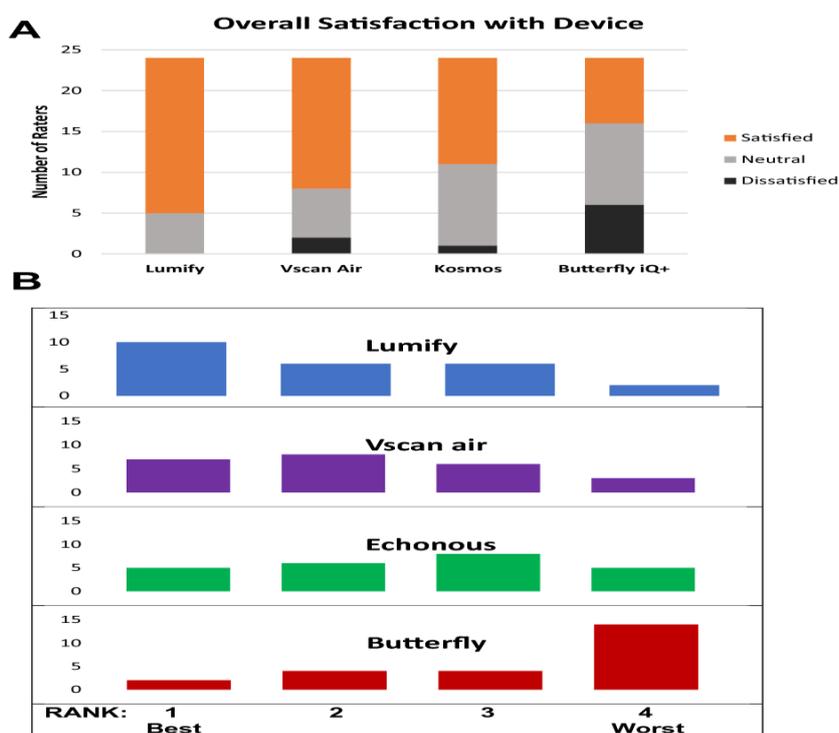


Figura 13. A Satisfacción en general con los diferentes dispositivos por expertos en ecografía en el punto de atención. B Clasificación de los diferentes dispositivos de bolsillo del “mejor” al “peor” por expertos en ecografía en el punto de atención (62)

1.8.1 PHILIPS LUMIFY™

El Philips Lumify™ es el sistema de US portátil de bolsillo de Philips Healthcare® (Philips Healthcare, Amsterdam, Países bajos).

Sus componentes se aprecian en la **Figura 14**. Existen diferentes transductores según el tipo de estudio ecocardiográfico. En el caso de la ECO, el transductor adecuado es el S4-1 que tiene un rango de frecuencia de funcionamiento extendido de 4 a 1 MHz.



Figura 14. Componentes del sistema del dispositivo de ecografía portátil de bolsillo Philips Lumify™: 1) Dispositivo electrónico de elección; 2) Transductores disponibles; 3) Cables para la conexión de la sonda al dispositivo Android.

Una ventaja de este equipo es que se puede conectar a dispositivos convencionales tipo ordenador portátil, tableta o incluso teléfono móvil. En nuestro caso utilizamos una tableta Samsung Galaxy Tab 7A (Samsung Electronics, Seúl, Corea del Sur), que presenta un buen equilibrio entre peso y tamaño de la pantalla (Figura 15).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.



Figura 15. Relación de tamaño entre la sonda del Philips Lumify™ y la tableta empleada en este trabajo.

En la **Figura 16** podemos ver el aspecto de la pantalla de inicio del software del Philips Lumify™ así como la pantalla del examen en curso con sus utilidades.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

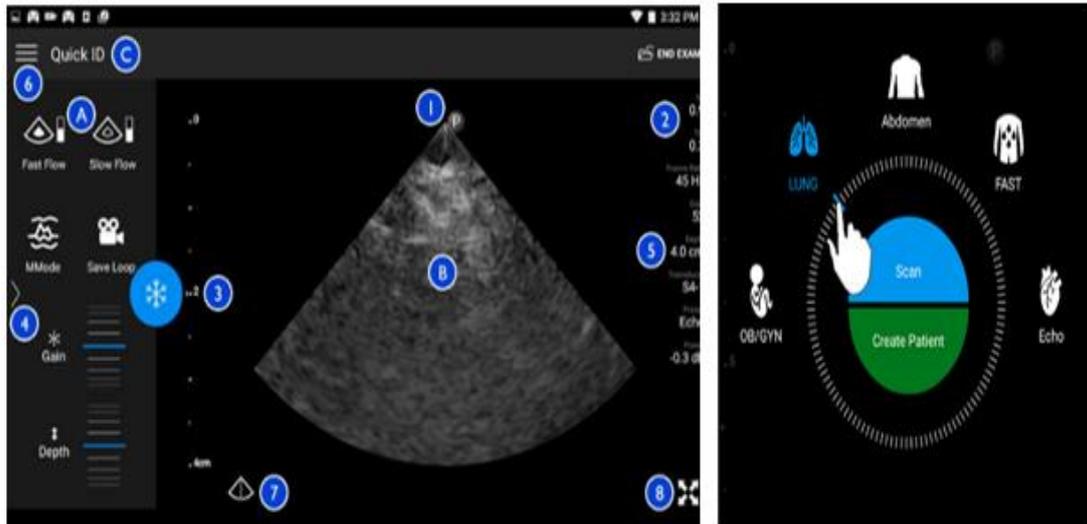


Figura 16. A la derecha la pantalla de inicio de examen. A la izquierda la pantalla durante un estudio en curso (A: área control; B: área imágenes; C: información del paciente; 1 Marcador de orientación del plano de exploración; 2 Valores de MI y TI; 3 Indicador focal; 4 Indicador de página: toque el indicador para pasar a la siguiente página de controles, o deslice el dedo para moverse entre las páginas; 5 Información de la imagen; 6 Menú de revisión y de ajustes; 7 Control de línea central; 8 Control de vista de pantalla completa).

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Dados los avances tecnológicos actuales en la ecocardiografía de bolsillo, nos planteamos la siguiente **hipótesis de trabajo**:

La estimación visual de la fracción de eyección ventricular izquierda obtenida mediante el uso de un ecógrafo de bolsillo podría ser comparable a la obtenida en el entorno rutinario de un laboratorio de imagen de un hospital de referencia.

El **objetivo de este estudio de validación** es reproducir el contexto clínico real en el que se realiza la estimación de la FEVI con un ecógrafo de bolsillo. Por tanto, el estudio ha sido diseñado específicamente para comparar la estimación visual de la FEVI con un ecógrafo de bolsillo, que es utilizado habitualmente en la práctica diaria por operadores con nivel medio de formación; con los resultados obtenidos en un laboratorio de ecocardiografía, donde la práctica habitual es la utilización de equipos de alta gama por parte de operadores expertos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

La pregunta de investigación se deriva de la aparición del concepto de ecografía en el punto de atención al paciente y del rápido desarrollo tecnológico de los aparatos de ecografía de bolsillo, que han facilitado su implementación en la práctica clínica habitual, convirtiéndose así en una herramienta accesible a médicos de distintas especialidades y con diferente nivel de formación en realización e interpretación de US.

Antes de iniciar este trabajo, realizamos una revisión exhaustiva de la literatura publicada hasta la fecha sobre la evaluación de la FEVI mediante ecografía de bolsillo en el punto de atención al paciente. Se identificaron un total de 42 artículos (63–106). La **Tabla 23 del ANEXO 1** muestra de manera detallada las características de los estudios publicados evaluando la ECO de bolsillo en diferentes contextos con fecha anterior al desarrollo de este trabajo; mientras que la **Tabla 24**. Población, operadores, aparatos, objetivo y análisis desglosado de los 6 estudios publicados hasta la fecha comparado ecografía de ECO de bolsillo ejecutada por operadores con formación limitada y ecografía estándar ejecutada por expertos en evaluación de la FEVI. ASC: Alteraciones Segmentarias de Contractilidad; ECO: Ecocardiograma; FEVI: Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo; POCUS: Ultrasonido en el Punto de Atención; Rho: Coeficiente de Correlación de Spearman. **del ANEXO 2** muestra de manera detallada las características de los estudios publicados evaluando la ECO de bolsillo en el contexto específico de operadores con formación limitada con fecha anterior al desarrollo de este trabajo.

La mayoría de estos estudios se enfocan en definir y validar las indicaciones de la ecografía de bolsillo en el punto de atención. Sin embargo, a pesar de que el primer trabajo dedicado a este propósito se publicó hace más de 20 años, y aunque la impresión global apoya la utilidad clínica de este método, no se han reportado conclusiones clínicamente significativas. Esto se debe en gran medida a la gran heterogeneidad en el diseño de estos trabajos y a una serie de limitaciones metodológicas importantes. Por tanto, la información actual no permite establecer con suficiente precisión el nivel de correlación entre la FEVI

determinada con ECO de bolsillo y el patrón de referencia, la FEVI obtenida en la rutina de un laboratorio de imagen.

Por ello, hemos orientado el diseño metodológico de este trabajo específicamente a tratar de superar las limitaciones de los estudios disponibles hasta la fecha. De esta manera esperamos aportar información suficiente y de calidad que permita determinar el nivel de precisión que aporta la ECO de bolsillo en la evaluación de la FEVI de manera visual y en las condiciones definidas.

Las limitaciones detectadas en los trabajos existentes y que intentaremos superar metodológicamente en el presente trabajo son las siguientes:

1. Con respecto a la **tecnología** empleada, debido al rápido desarrollo de la US de bolsillo, la mayoría de los trabajos utilizan dispositivos obsoletos (Tabla 23). En este trabajo, emplearemos el Philips Lumify™ que, es el dispositivo de bolsillo mejor valorado en la actualidad por expertos en POCUS (62). Además, en la comparación realizada en el laboratorio de ECO usaremos equipos Philips de alta gama.
2. La **población** analizada en los estudios previos es heterogénea, ya que existen trabajos que evalúan a pacientes ingresados tanto en plantas de hospitalización convencional como en unidades de cuidados críticos o en ámbitos ambulatorios. Asimismo, hay tanto trabajos que evalúan a pacientes con sospecha de patología como trabajos basados en pacientes sanos (Tabla 23). En este trabajo, buscaremos reproducir la práctica clínica habitual, incluyendo tanto a pacientes ingresados como a pacientes ambulatorios con indicación de ECO por las principales razones que requieren evaluación de la FEVI tal y como se recoge en la Tabla 2.
3. La **selección de operadores** en los estudios previos es heterogénea, y la definición del grado de formación varía considerablemente. El grupo denominado como

'expertos', en general, suele incluir operadores con un nivel III según la ASE; sin embargo, el grupo de 'no expertos' abarca estudiantes de medicina, residentes de distintos áreas y médicos adjuntos de diversas especialidades. Además, el número de horas y el tipo de formación recibida por este grupo varía ampliamente y a menudo no está bien definida (Tabla 23). En este estudio, con el objetivo de acercarnos al contexto real de uso de cada dispositivo y realizar una validación en la práctica clínica diaria, compararemos los hallazgos reportados por el tipo de operador que normalmente emplea cada uno. De esta manera, los estudios con ECO de bolsillo serán realizados por un operador con formación nivel II, mientras que los controles se llevarán a cabo en un laboratorio de ECO por operadores de nivel III.

4. El **objetivo** de los estudios publicados varía considerablemente. De hecho, aunque los 42 trabajos revisados evalúan la FEVI, pocos están diseñados específicamente para demostrar la utilidad de la ECO de bolsillo en el análisis de este parámetro. Además, la amplia variabilidad en el diseño de los estudios afecta a sus objetivos. Así, en aquellos donde tanto la ECO de bolsillo como la ECO estándar son realizadas por operadores expertos, el enfoque se centra en la validación del dispositivo (mismo operador, diferente dispositivo). En contraste, los estudios que evalúan la ECO de bolsillo realizada por operadores con diferentes niveles de formación, sin control con ECO estándar, se orientan hacia la validación de la capacidad de los operadores para detectar alteraciones (diferentes operadores, mismo dispositivo). Este trabajo de investigación tiene un objetivo específico, que es validar la capacidad de estimar la FEVI visualmente mediante ECO de bolsillo en el entorno clínico habitual, la cabecera del paciente, y llevada a cabo por un operador con formación moderada. Compararemos esta estimación con el 'patrón de referencia', que consiste en la ECO estándar realizada en un laboratorio de imagen por operadores expertos utilizando equipos de alta gama.

5. No todos los trabajos publicados aseguran la **reproducibilidad** en cuanto a las condiciones clínicas de los pacientes incluidos. En muchos de ellos, no se registra el tiempo transcurrido entre los estudios, y cuando se proporciona este dato, a menudo el intervalo de tiempo supera las 24 horas, lo que plantea la posibilidad de cambios en las condiciones hemodinámicas del paciente o en su evolución clínica que podrían afectar a la reproducibilidad en la estimación FEVI (Tabla 23). En este trabajo realizaremos las ECOS de bolsillo y las ECOS estándar de manera inmediatamente consecutiva. Además, buscaremos garantizar la igualdad en las condiciones hemodinámicas de cada paciente mediante la medición de la tensión arterial (TA) y la frecuencia cardíaca (FC) antes de llevar a cabo cada uno de los dos ECOS.

6. El **análisis de la FEVI** en la literatura es heterogéneo. En la mayoría, esta se evalúa de manera binaria (conservada o reducida), con una gran variabilidad en la selección de puntos de corte (55%, 50%, 40%...). En los casos en los que la FEVI se evalúa de manera graduada, los puntos de corte también son altamente variables (Tabla 23). Asimismo, hasta la fecha, no existen estudios donde se hayan definido los límites para el análisis de la FEVI basándose en las recomendaciones de las guías ni tampoco considerando las variaciones en función del género. En este trabajo reportaremos la FEVI estimada visualmente según las últimas recomendaciones de cuantificación y también en función del género (3).

7. En la mayoría de los trabajos no se analizan aspectos importantes que pueden afectar a la FEVI, como son la presencia de **alteraciones regionales de la contractilidad** y la **disincronía**. En este trabajo evaluaremos tanto la presencia y localización de alteraciones regionales de la contractilidad como la disincronía.

4. DISEÑO, MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1 Tipo de estudio y población de referencia.

Se trata de un estudio prospectivo de validación en el que incluimos pacientes tanto ingresados como ambulatorios referidos a un laboratorio de imagen de ecocardiografía de un hospital de tercer nivel (Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, HUMV, Santander, Cantabria) con el fin de realizar una ECO estándar.

El diseño del estudio incluyó un análisis por intención de tratar. Por tanto, incluimos todos los pacientes preseleccionados, independientemente de sus características clínicas o de las limitaciones encontradas durante el examen, principalmente la fibrilación auricular o una mala ventana ecocardiográfica. Llevamos a cabo la selección basándonos exclusivamente en la disponibilidad de tiempo para realizar los estudios por parte del operador de la ECO de bolsillo.

El periodo de estudio incluyó desde junio de 2021 hasta noviembre de 2022.

4.2 Recogida de los datos.

4.2.1 Operadores, tecnología y realización de los estudios de control.

Varios operadores expertos con nivel III de la ASE realizaron los **controles** con ECO estándar durante su rutina de trabajo en el laboratorio de imagen del HUMV. Este Hospital es el centro de referencia para la comunidad autónoma del territorio español de Cantabria, que tiene una población de 581641 habitantes. En él realizan más de 9500 estudios de imagen al año y más de 900 ECOS de estrés (**Figura 17**); todos los operadores cumplen criterios de la ASE para ser categorizados como nivel III; y el método habitualmente utilizado para determinar la función ventricular es la estimación visual, lo que garantiza un excelente nivel de entrenamiento en este aspecto.

La tecnología empleada fueron aparatos de ecografía de alta gama, el Philips EPIQ CVx™ (Philips Healthcare, Amsterdam, Países bajos), que cuenta con el máximo nivel tecnológico accesible comercialmente en la actualidad.

Para evitar la aparición de un posible sesgo de reactividad, aunque los operadores tenían el conocimiento genérico de que se estaba realizando un estudio con ECO de bolsillo en el laboratorio, estos no conocían en qué casos ni de qué manera las conclusiones de sus informes serían utilizadas como controles en un estudio de investigación. Por tanto, los operadores del laboratorio realizaron las ECOS asignados a su agenda de trabajo habitual y redactaron un informe completo siguiendo su rutina de trabajo personal. Para ello, contaron con la posibilidad de realizar post procesamiento de las imágenes y de revisar lado a lado múltiples imágenes o bien realizar comparaciones con estudios previos a través de un programa específico (Philips Excelera™).

En un segundo momento, un individuo independiente trasladó los datos sobre FEVI, alteraciones regionales de la contractilidad y disincronía desde el informe emitido por el operador experto a un cuestionario específicamente diseñado para este propósito.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

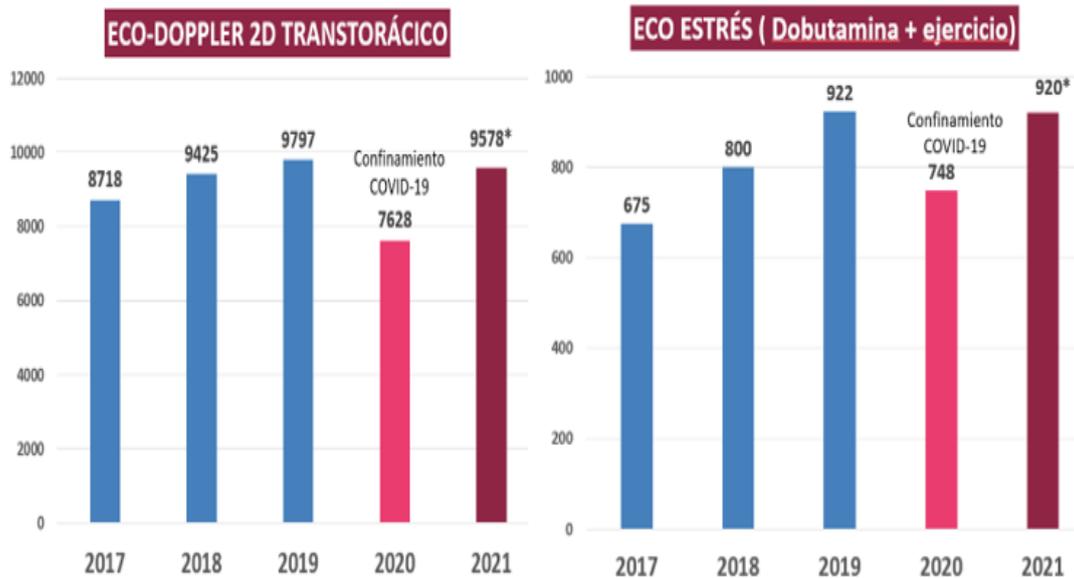


Figura 17. Representación del número de ecocardiogramas transtorácicos estándar y ecocardiogramas de estrés realizados en los últimos cinco años en el laboratorio de imagen del centro seleccionado como control para este trabajo.

4.2.2 Operadores, tecnología y realización de los estudios con ecografía de bolsillo.

Realizamos los **estudios en el punto de atención con la ECO de bolsillo** de manera inmediatamente consecutiva por un operador con formación moderada en ecocardiografía, siguiendo los criterios de nivel II de la ASE.

Con el fin de evitar la variabilidad inter observador, un mismo operador realizó todos los estudios.

Buscando utilizar la tecnología más avanzada en la actualidad empleamos el aparato de ecografía portátil de bolsillo Philips Lumify™ (Philips Healthcare, Amsterdam, Países bajos).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

El operador evaluaba la FEVI, las alteraciones segmentarias de la contractilidad y la disincronía durante la realización de la prueba, ya que no estaba prevista la posibilidad de realizar un procesamiento posterior de las imágenes.

El operador trasladaba las conclusiones inmediatamente después a un cuestionario diseñado específicamente para este propósito. De esta manera, replicamos el contexto real del POCUS donde la ecografía se realiza en la cabecera del paciente y los juicios se emiten en ese mismo momento.

Para evitar un sesgo de selección basado en la calidad de la imagen, llevamos a cabo un análisis por intención de tratar, lo que significa que incluimos todos los pacientes seleccionados para el estudio independientemente de la calidad de la imagen ecocardiográfica. Puntuamos la calidad de la ventana ecocardiográfica en una escala numérica del 1 al 10, donde 1 correspondía a la peor ventana y 10 a la mejor.

Con el objetivo de garantizar la igualdad de las condiciones clínicas entre los estudios ecocardiográficos, los realizamos de forma inmediatamente consecutiva. Además, registramos la TA y la FC antes de cada estudio para confirmar si la situación hemodinámica era reproducible.

Documentamos el tiempo empleado en la realización de los estudios de ECO de bolsillo.

Los detalles del diseño del estudio, incluyendo las diferencias entre las características de los operadores, la tecnología y la realización de los estudios, se resumen en la **Tabla 8**.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

	FEVI con ECO de bolsillo, contexto POCUS	FEVI por ECO estándar, contexto laboratorio imagen
OPERADOR	Un operador único nivel II (ASE)	Varios operadores nivel III (ASE) durante su rutina de trabajo en un laboratorio de imagen.
APARATO	Philips Lumify™ S4-1 Healthcare ©.	Philips EPIQ CVx
INTERVALO ENTRE ESTUDIOS	Estudios inmediatamente consecutivos. TA y la FC previo a cada estudio para garantizar la reproducibilidad	
TIEMPO DE REALIZACIÓN	Registrado	No registrado
EVALUACIÓN DE LAS IMÁGENES	No posibilidad de procesado	Procesado y comparación lado a lado de múltiples imágenes.



A



B



C



D



E



F

Tabla 8. Diseño del estudio. Operadores, tecnología, organización de los estudios y evaluación de las imágenes. En la parte inferior de la tabla se demuestra comparación de imágenes con eco portátil (A, B, C) y estándar (D, E, F)

4.3 Adquisición de las imágenes e interpretación de los hallazgos.

Realizamos las ECOS estándar en el laboratorio según el criterio personal del operador responsable.

Realizamos las ECOS de bolsillo de manera dirigida específicamente al análisis de la FEVI. Se evaluaron los 7 planos habituales para el estudio de la fracción de eyección: Paraesternal eje largo, para esternal eje corto a nivel basal, medio y apical; apical cuatro cámaras; apical dos cámaras; y apical tres cámaras. Se analizó la FEVI, las alteraciones regionales de la contractilidad y la disincronía tal como se describe a continuación.

- FEVI.

- Realizamos la estimación visual de la FEVI estimando un rango con un margen de +/- 5% y calculando su promedio.
- Posteriormente, la categorizamos como FEVI normal o FEVI deprimida.
- También graduamos la FEVI en normal, disfunción ventricular izquierda leve, disfunción VI moderada o disfunción VI severa, siguiendo las recomendaciones de la ASE/EACI (3). Además, consideramos las diferencias en los rangos de valores de acuerdo con el género.

- Análisis segmentario.

- Dividimos el VI en diecisiete segmentos siguiendo las últimas recomendaciones de la ASE (3), tal y como se muestra en la Figura 7.
- Informamos sobre la presencia o ausencia de alteraciones regionales de la contractilidad de manera global y binaria (sí o no) y registramos la presencia o ausencia de estas alteraciones en cada uno de los diecisiete segmentos mencionados.
- Posteriormente, agrupamos los segmentos según las principales arterias coronarias que los irrigan: arteria descendente anterior (que incluye los segmentos basal anterior, basal antero-septal, medio anterior, medio antero-

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

septal, apical anterior, apical antero-septal y apical), arteria coronaria derecha (que incluye los segmentos basal infero-septal, basal inferior, medio infero-septal, medio inferior y apical inferior), y arteria circunfleja (que abarca los segmentos basal infero-lateral, basal lateral, medio infero-lateral, medio lateral y apical lateral).

- **Disincronía.**

- Reportamos la presencia o ausencia de disincronía.

- **Distancia E-septo:**

- Estimamos la distancia E-septo como una medida complementaria para evaluar la FEVI.

4.4 Otros datos.

Recopilamos los motivos de solicitud de las ECOS y los agrupamos en las siguientes categorías:

1. Evaluación de enfermedad cardíaca en pacientes con dolor torácico o antecedentes de enfermedad cardíaca isquémica.
2. Evaluación de enfermedad cardíaca en pacientes con disnea u otros síntomas sugestivos de insuficiencia cardíaca.
3. Detección de soplos, evaluación de valvulopatías o seguimiento de pacientes después de someterse a cirugía de reemplazo valvular.
4. Investigación de fuentes de embolismo y evaluación de enfermedades cardíacas estructurales en pacientes con historia de accidente cerebrovascular o arritmias.
5. Otras indicaciones cardiológicas específicas, como enfermedades cardíacas congénitas, miocardiopatías, patología aórtica y derrame pericárdico.
6. Indicaciones protocolizadas, como estudios preoperatorios, evaluaciones reumatológicas, estudios previos al inicio de ciertos tratamientos y seguimiento de pacientes oncológicos.

Estudiamos los siguientes factores sociodemográficos de los pacientes consultando el Sistema de Historia Clínica Electrónica del Servicio Cántabro de Salud:

1. Peso y talla
2. Historia de hábito tabáquico;
3. Existencia enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).
4. Ritmo cardíaco (sinusal, fibrilación auricular, flutter auricular, extrasistolia significativa, bloqueos de rama, ritmo de marcapasos);
5. Antecedentes de cirugía con esternotomía;
6. Implante previo de válvulas protésicas o válvula aórtica transcatóter (TAVI).
7. Presencia de marcapasos o desfibrilador automático implantable.

4.5 Análisis estadístico.

Realizamos un análisis de las características basales de la población incluida en el estudio y de los motivos de petición de la ECO estándar. Presentamos las variables categóricas como frecuencia y porcentaje, mientras que describimos las variables cuantitativas mediante la media y la desviación estándar (DE) o la mediana.

Para evaluar el acuerdo entre los observadores, distinguimos entre medidas cualitativas y medidas cuantitativas.

Para el estudio de la concordancia de las medidas binarias, realizamos un análisis de la concordancia de medidas categóricas. Calculamos el acuerdo específico positivo, el acuerdo específico negativo y el índice de acuerdo global, sin tener en cuenta la posibilidad de acuerdo debido al azar. Para abordar esta limitación, estimamos el índice Kappa, que evalúa el grado de acuerdo ajustando por el acuerdo esperado por azar (107). En este trabajo interpretamos que un valor de kappa superior a 0.6 equivalía a una buena concordancia, de acuerdo con las referencias habituales (**Tabla 9**). Finalmente, calculamos el índice de PABAK, que corrige el índice Kappa por prevalencia y sesgo (108).

En el caso de la FEVI visual y de la disincronía evaluadas con más de dos categorías ordenadas (FEVI normal, disfunción VI ligera, disfunción VI moderada y disfunción VI severa; y disincronía ligera, moderada y severa) calculamos el índice Kappa ponderado.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

KAPPA	INTERPRETACIÓN
0 – 0,2	Ínfima Concordancia
0,2 – 0,4	Escasa Concordancia
0,4 – 0,6	Moderada concordancia
0,6 – 0,8	Buena o considerable concordancia
0,8 – 1,0	Muy buena concordancia, casi perfecta

Tabla 9. Escala utilizada con frecuencia para expresar cualitativamente la fuerza de la concordancia. A partir de 0.6 se considera una buena o considerable concordancia.

Analizamos el grado de asociación lineal entre las dos series de valores de FEVI visual mediante el coeficiente de correlación r de Pearson. Los posibles rangos de valores del coeficiente de correlación y sus respectivos diagramas de dispersión se presentan en la **Figura 18**. También calculamos el coeficiente de determinación (r cuadrado de Pearson), que indica el porcentaje de variación en una variable atribuible a la variación en la otra y viceversa, es decir, la proporción de la variación en una variable que se explica por la otra.

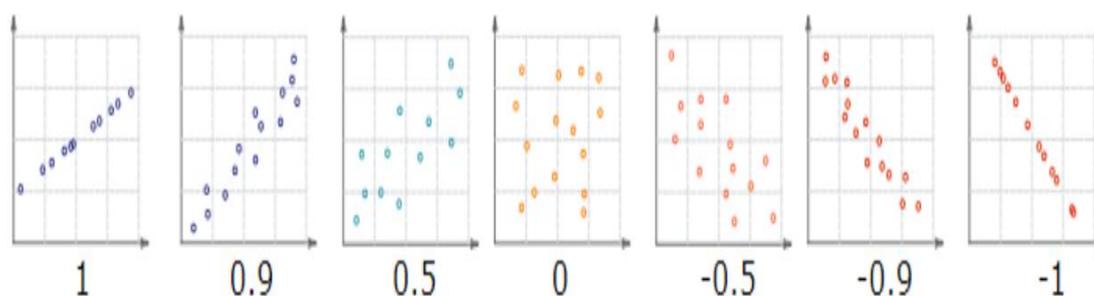


Figura 18. Diferentes valores del coeficiente de correlación y su correspondiente diagrama de dispersión. De izquierda a derecha: Correlación positiva perfecta (1), correlación positiva alta (0.9), correlación positiva baja (0.5), ausencia de correlación (0), correlación negativa baja (-0.5), correlación negativa alta (-0.9) y correlación negativa perfecta (-1).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

El coeficiente de correlación lineal de Pearson analiza la relación entre dos variables, pero no evalúa la concordancia, ya que no es sensible a las diferencias de tipo constante y proporcional. Por esta razón, calculamos el coeficiente de correlación intraclase (ICC, Intraclass Correlation Coefficient), que permite medir la concordancia entre dos o más mediciones cuantitativas. Concretamente, calculamos el ICC de acuerdo absoluto para valores individuales, que considera cualquier diferencia entre las mediciones como una falta de concordancia, independientemente de si son de tipo constante o proporcional. Esta es la forma más rigurosa de evaluar la concordancia. Además, realizamos un análisis de Bland-Altman para comparar la FEVI visual cuantitativa estimada mediante ECO y la ecografía de bolsillo. Este análisis se basa en el cálculo de la media de cada par de mediciones frente a su diferencia (109,110).

Verificamos la reproducibilidad de los estudios mediante un análisis de las diferencias en las medias de la TA y la FC utilizando una prueba de t de Student.

También evaluamos si las características basales de la población influían en el grado de concordancia. Llevamos a cabo las comparaciones entre grupos utilizando la prueba de chi-cuadrado para variables categóricas y la prueba de t de Student para variables cuantitativas

Además, examinamos la relación entre la distancia E-septo y la FEVI con el objetivo de identificar un valor que permitiera detectar pacientes con una FEVI al menos moderadamente reducida.

Informamos los resultados con un intervalo de confianza del 95% con un nivel de significación estadística establecido en $p < 0.05$ en todas las pruebas, considerando una distribución de dos colas.

Un estadístico independiente llevó a cabo la comparación entre los hallazgos reportados por los diferentes operadores y dispositivos de ecografía. El análisis estadístico se realizó con el software estadístico IBM® SPSS.

5. RESULTADOS.

5.1 Análisis descriptivo de las características de la muestra.

Llevamos a cabo los estudios ecocardiográficos entre junio de 2021 y diciembre de 2022. En este período incluimos un total de 120 pacientes. No llevamos a cabo una selección de pacientes, realizamos los estudios en función de la disponibilidad de tiempo por parte del operador de ecografía de bolsillo.

La edad promedio de los pacientes fue de 69,9 años, con predominancia del sexo masculino (60.8%) y un índice de masa corporal (IMC, kg/m^2) promedio de 27,9 kg/m^2 . Aproximadamente la mitad de los pacientes eran fumadores o exfumadores, aunque menos del 10% tenía antecedentes de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). La mayoría (77,5%) presentaba ritmo sinusal. Tres eran portadores de TAVI, nueve tenían dispositivos de estimulación cardíaca implantables y trece tenían antecedentes de cirugía con esternotomía. Las características basales de los pacientes incluidos se muestran en la **Tabla 10**.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

CARACTERÍSTICAS BASALES DE LA POBLACIÓN INCLUIDA	
Variables	n = 120
Sexo, n (%)	Varón 73 (60,8%) Mujer 47 (39,2%)
Edad (años) media ± DE, mediana (RIC)	69,9 ± 12,5 70,9 (62,5- 789)
IMC (kg/m²), media ± DE	27,9 ± 6,0
Tabaquismo, n (%)	No fumador 66 (55%) Fumador 14 (11,7%) Exfumador 40 (33,3%)
EPOC, n (%)	9 (7,5%)
Ritmo, n (%)	Sinusal 93 (77,5%) FA/Flutter 17 (14,2%) Bloqueo de rama 5 (4,2%) Estimulado 5 (4,2%)
Antecedente de cirugía torácica, n (%)	Total 13 (10,8%) Pontaje 1 (7,7%) Recambio valvular aórtico 5 (38,5%) Recambio valvular mitral 3 (23,1%) Otros 4 (30,8%)
TAVI, n (%)	3 (2,5%)
Portador de dispositivos electrónicos implantables cardíacos, n (%)	9 (7,5%)
Ingresados, n (%)	17 (14,2%)

Tabla 10. Características basales de la población incluida en el trabajo. DE: Desviación Estándar; IMC: Índice de Masa Corporal; EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica; RIC: Rango Inter Cuartilico; TAVI: Válvula Aórtica Transcatéter

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Realizamos el 14% de los estudios en pacientes hospitalizados, mientras que el resto de los estudios fueron en pacientes ambulatorios.

En la **Tabla 11** se detallan los motivos de solicitud de la ECO estándar. El motivo principal para realizar una ecocardiografía fue el seguimiento de valvulopatías o pacientes con antecedentes de recambio valvular, que representaron el 32% de los casos. Le siguieron para evaluar a pacientes con disnea u otros síntomas de insuficiencia cardíaca, con un 22%, y los estudios realizados en pacientes con dolor torácico o antecedentes de cardiopatía isquémica, que representaron el 15%.

MOTIVO DE LA PETICIÓN DEL ECO EN LA POBLACIÓN INCLUIDA	
Variables	n = 120
Dolor torácico o historia de cardiopatía isquémica, n (%)	18 (15%)
Disnea u otra clínica de insuficiencia cardíaca, n (%)	26 (21,7%)
Valvulopatías o historia de recambio valvular, n (%)	39 (32,5%)
Historia de embolismos o arritmias, n (%)	14 (11,7%)
Otros motivos cardiológicos, n (%)	13 (10,8%)
Otros motivos no cardiológicos, n (%)	10 (8,3%)

Tabla 11 Motivo de la petición de la ECO estándar en la población incluida en el trabajo.

5.2 Reproducibilidad de los estudios.

El tiempo medio empleado en la realización de los estudios de ECO de bolsillo fue de $5,0 \pm 2,1$ minutos. no encontramos diferencias significativas en las condiciones clínicas evaluadas como TA y FC entre los estudios (**Tabla 12**).

ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS DE LAS CONDICIONES HEMODINÁMICAS.					
	Media	DE	Diferencia de medias	DE	p
TAS ECO estándar	122,9	18,9	1,9	11,0	0,065
TAS ECO bolsillo	121,1	19,6			
TAD ECO estándar	68,9	11,6	-0,1	6,7	0,870
TAD ECO bolsillo	69,0	11,5			
FC ECO estándar	72,7	14,8	0,7	6,2	0,250
FC ECO bolsillo	72,0	14,8			

Tabla 12. Análisis de las diferencias en las condiciones hemodinámicas (TAS, TAD y FC) entre la ECO estándar y la ECO de bolsillo. DE: Desviación Estándar; FC: Frecuencia Cardíaca; p: Prueba de significación bilateral; TAD: Tensión Arterial Diastólica; TAS: Tensión Arterial Sistólica..

La puntuación de la calidad de la ventana ecocardiográfica, evaluada en una escala numérica del 1 al 10, tuvo un promedio de 6,99 (rango: 2 - 10; mediana: 7). La distribución de las puntuaciones se recoge en el Gráfico 1.

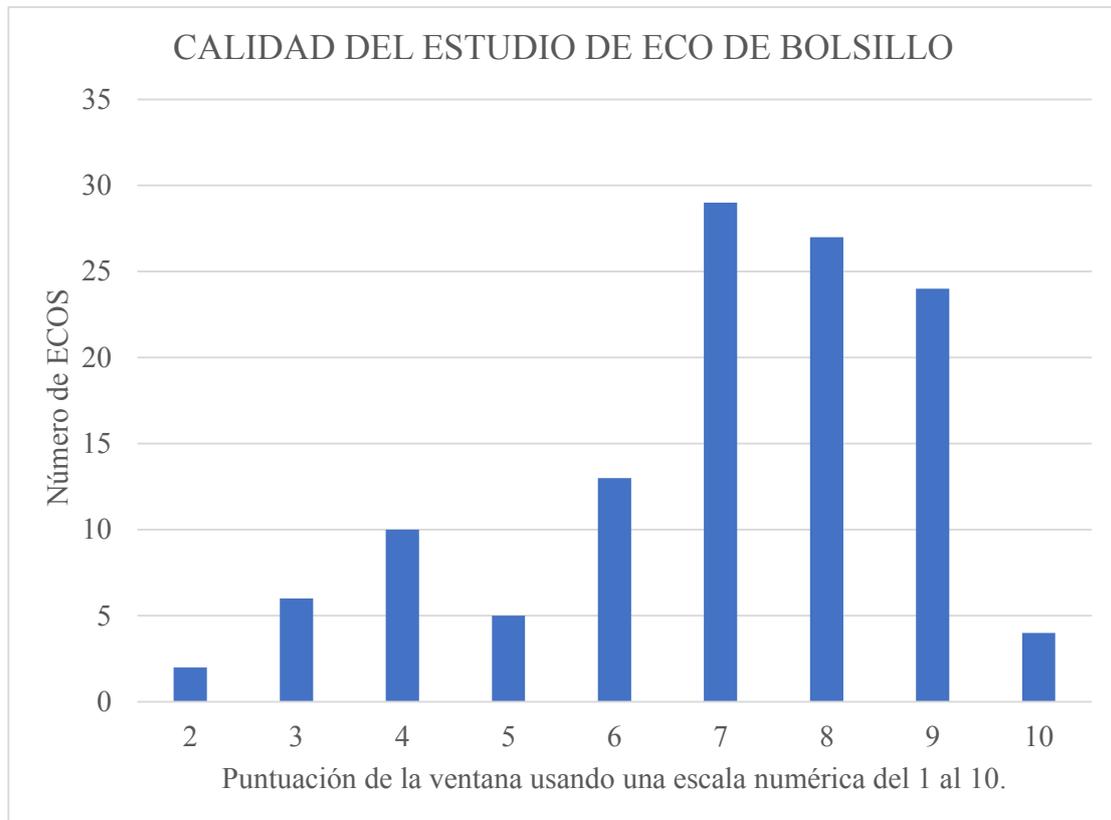


Gráfico 1 Distribución de las ECOS de bolsillo en función de la ventana ecocardiográfica evaluada haciendo uso de una escala subjetiva del 1 al 10 siendo 1 la peor puntuación y 10 la mejor.

5.3 Análisis de la concordancia en la valoración de la FEVI.

Evaluamos la concordancia entre el operador de nivel II con el ecógrafo de bolsillo y los operadores de nivel III en la estimación visual de la FEVI tanto de manera binaria como en múltiples categorías. Los resultados se encuentran detallados en la **Tabla 13** y en la **Tabla 14**. En el análisis binario, el Índice Kappa de resultó 0,770 y el Pabak de 0,783. Para el análisis por múltiples categorías el Índice Kappa ponderado resultó 0,765.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

		ECO ESTÁNDAR		
ECO DE BOLSILLO	FEVI conservada, n (%)	FEVI reducida, n (%)	Total, n (%)	
FEVI conservada, n (%)	68 (56,7%)	6 (5%)	74 (61,7%)	
FEVI reducida, n (%)	7 (5,8%)	39 (32,55)	46 (38,3%)	
Total, n (%)	75 (62,5%)	45 (37,5%)	120 (100%)	
INDICE DE ACUERDO				
% acuerdo para FEVI conservada	% acuerdo para FEVI reducida		% de acuerdo global	
91,3% (85,5 - 95,3%)	85,7% (76,8 - 92,2%)		89,2% (82,2 - 94,1%)	
MEDIDA DE LA CONCORDANCIA				
KAPPA	PABAK	Significación		
0,770	0,783	p< 0,0001		

Tabla 13 Análisis de la concordancia de la FEVI evaluada de manera cualitativa como variable binaria (FEVI conservada o FEVI reducida). FEVI: Fracción de Eyección Ventricular Izquierda; p: prueba de significación bilateral.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

ECO ESTÁNDAR					
ECO DE BOLSILLO	FEVI conservada, n (%)	Disfunción VI ligera, n (%)	Disfunción VI moderada, n (%)	Disfunción VI severa, n (%)	Total, n (%)
FEVI conservada, n (%)	68 (56,7%)	4 (3,3%)	2 (1,7%)	0 (0%)	74 (61.7%)
Disfunción VI ligera, n (%)	7 (5,8%)	9 (7,5%)	5 (4,2%)	1 (0.8%)	22 (18.3%)
Disfunción VI moderada, n (%)	0 (0%)	1 (0,8%)	10 (8,3%)	2 (1.7%)	13 (10.8%)
Disfunción VI severa, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (2,5%)	8 (6.7%)	11 (9.2%)
Total, n (%)	75 (62,5%)	14 (11,7%)	20 (16,7%)	11 (9.2%)	120 (100%)
MEDIDA DE LA CONCORDANCIA					
	Grado de acuerdo	Índice Kappa		p	
Análisis no ponderado	79,2%	0,632 (0,515-0,749)		0,0001	
Análisis ponderado	92,2%	0,765 (0,678-0,852)		0,0001	

Tabla 14. Análisis de la concordancia de la FEVI visual evaluada de manera cualitativa como variable categórica con múltiples categorías (FEVI conservada o disfunción VI ligera, moderada o severa). FEVI: Fracción de Eyección Ventricular Izquierda; p: Prueba de significación bilateral; VI: Ventriculo Izquierdo.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Realizamos un cálculo de la correlación de Pearson, obteniendo un valor de r de 0,935 ($p < 0,0001$) y un valor de R^2 de 0,874 (**Gráfico 2**).

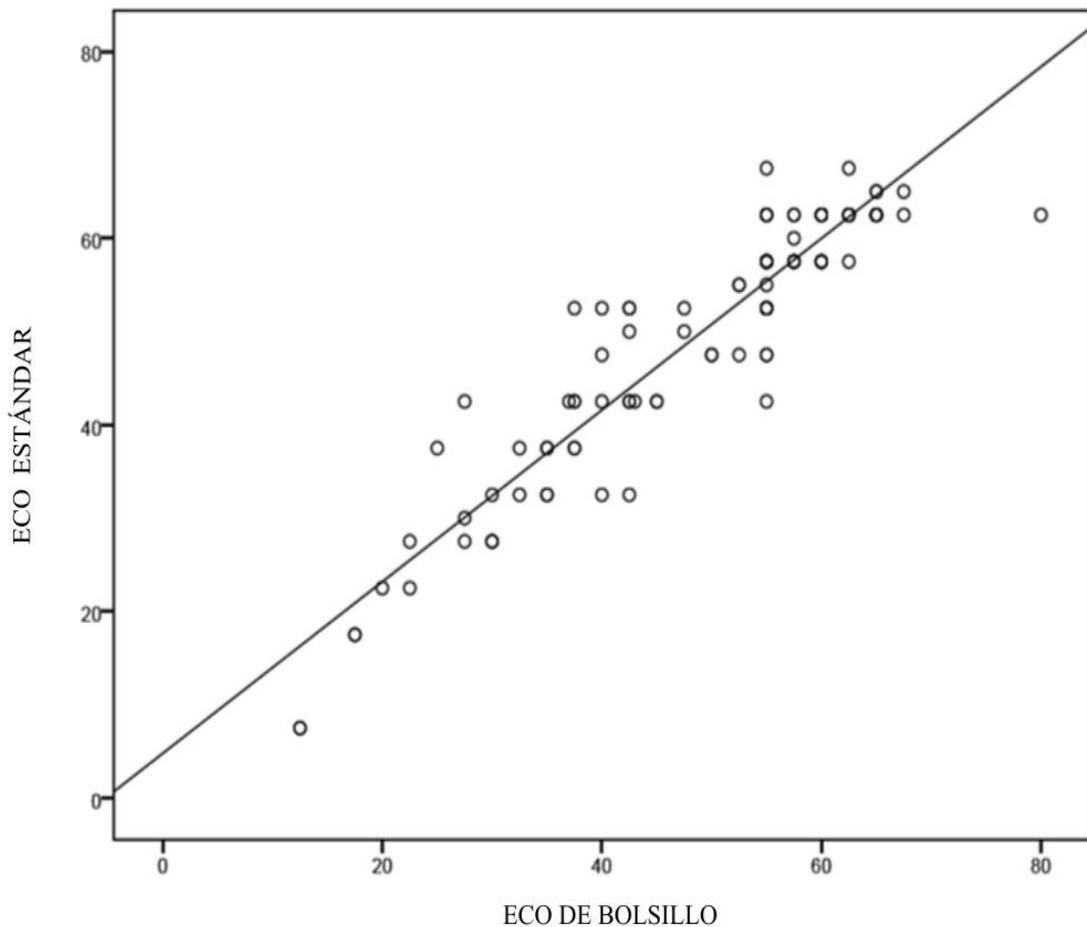


Gráfico 2. Correlación entre la FEVI visual estimada por ECO estándar y por ECO de bolsillo.

El cálculo del ICC de acuerdo absoluto para valores individuales (**Tabla 15**) resultó 0,9333, (0,905- 0,953, $p < 0,0001$).

CORRELACIÓN INTRACLASE	95% de intervalo de confianza		Prueba F
	Límite inferior	Límite superior	p
0,933	0,905	0,953	0,0001

Tabla 15 Coeficiente de correlación intraclase. Prueba F: Prueba de Fisher con valor verdadero 0; p: Prueba de significación bilateral.

El **Gráfico 3** muestra el análisis de Bland-Altman, donde se puede apreciar que las diferencias se distribuyen de manera simétrica alrededor del valor cero y que la dispersión es reducida, ya que la mayoría de los puntos se concentran dentro de una diferencia en la FEVI de ± 10 puntos. Además, la prueba T reveló una media de diferencias de 0,83 sin diferencias significativas (DE 4,89; intervalo de confianza: -0,508 a 1,7175; $p = 0,064$). La regresión lineal de las diferencias y las medias confirmó la ausencia de sesgo (Beta -0,040, $p = 0,661$).

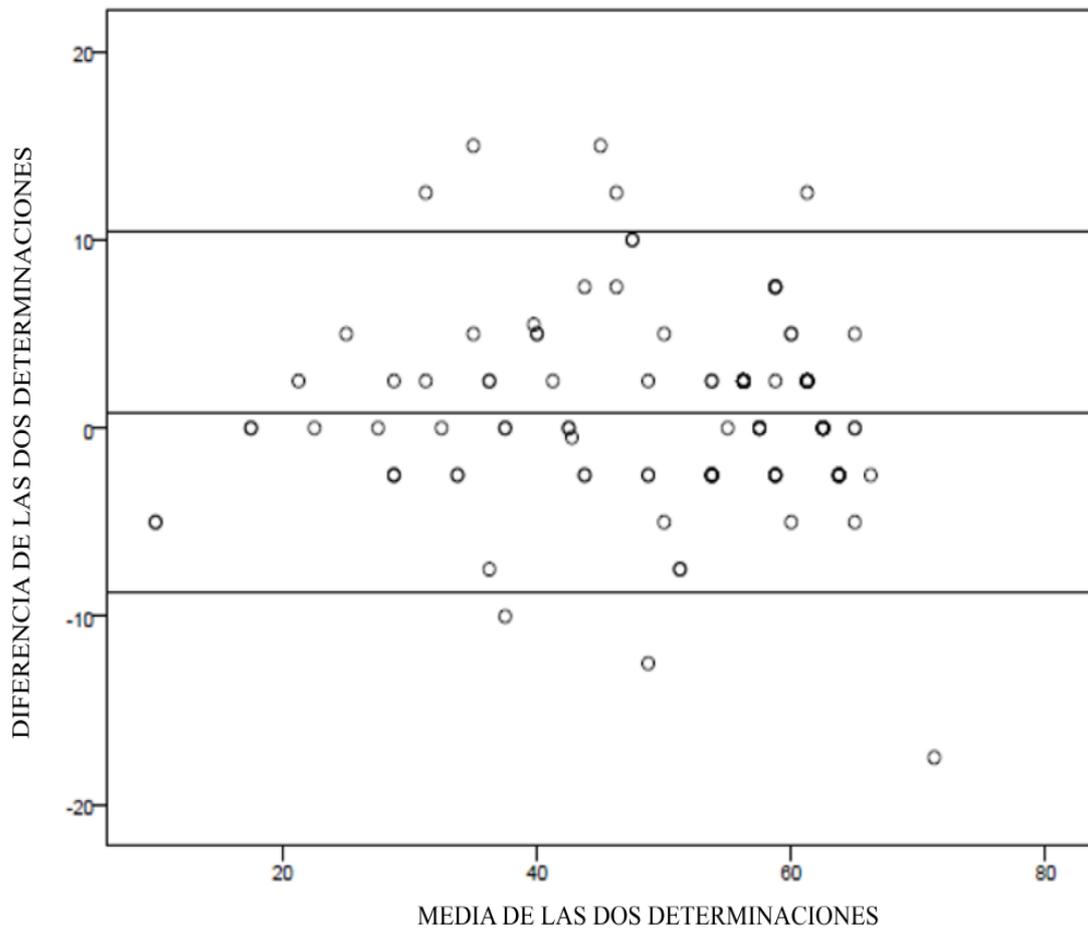


Gráfico 3. Gráfico de Bland-Altman para la comparación de la estimación de la FEVI visual por ECO estándar y por ECO de bolsillo.

En el análisis detallado de los estudios discrepantes, encontramos que cuando evaluamos la FEVI visual de manera binaria, solamente 13 de los 120 estudios (11%) no coincidían. Al realizar el análisis con múltiples categorías, identificamos que 25 de los 120 estudios (21%) mostraban discrepancias. Los detalles de estas discrepancias se pueden encontrar en la **Tabla 16**.

ANÁLISIS DE LAS DISCREPACIAS EN LA VALORACIÓN DE LA FEVI VISUAL CATEGÓRICA							
Media ± DE	5,7 ± 4,3						
Mediana (mínimo–máximo)	5 (2,5 – 15)						
Percentiles	5	10	25	50	75	90	95
	2,5	2,5	2,5	5	10	13,5	15
FRECUENCIA DE LA DISCREPANCIA EN LA EVALUACIÓN CATEGÓRICA DE LA FEVI							
Discrepancia en %	2,5	5	5,5	7,5	10	12,5	15
Estudios, n (%)	9 (36)	4 (16)	1 (4)	3 (12)	3(12)	3(12)	2(8)

Tabla 16. Análisis del grado de discrepancia de los no concordantes en la estimación de la FEVI visual categórica. DE: Desviación Estandar.

En el análisis de la relación entre la mayor discrepancia entre estudios y las características basales de la población, observamos que los pacientes con un índice de masa corporal más elevado y aquellos que portaban dispositivos electrónicos implantables cardíacos mostraron significativamente un mayor porcentaje de desacuerdo en la estimación visual de la FEVI (**Tabla 17**). Además, existieron significativamente más discrepancias en los estudios de los pacientes en los que la realización de la ECO bolsillo requirió más tiempo (**Tabla 18**).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

VARIABLES	ESTUDIOS DISCREPANTES	ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS
Sexo, n (%)	Mujer, 6 (12,8%) Varón, 19 (26,0%)	0,081
Edad, media ± DE	No coincidentes, 69,9 ± 11,7 Si coincidentes, 69,9 ± 12,8	0,976
IMC (kg/m²), media ± DE	No coincidentes, 28, ± 5,2 Si coincidentes, 27,7 ± 6,3	0,736
Peso (kg), media ± DE	No coincidentes, 83,6 ± 17,7 Si coincidentes, 75,6 ± 13,9	0,017
Tabaquismo, n (%)	No fumador, 12 (18,2%) Fumador, 5 (35,7%) Exfumador, 8 (20%)	0,337
EPOC, n (%)	Pacientes EPOC, 2 (22,2%) Pacientes no EPOC, 23 (20,7%)	1,000
Ritmo, n (%)	Sinusal, 16 (17,2%) FA/Flutter, 7 (41,2%) Bloqueo de rama, 1 (20%) Estimulado, 1 (20%)	0,171
Antecedente de cirugía torácica, n (%)	Historia de cirugía, 1 (7,7%) No historia de cirugía, 22 (21,6%)	0,285
TAVI, n (%)	Portadores de TAVI, 0 No portadores de TAVI, 25 (21,4%)	1,000
Portador de dispositivos implantables cardíacos, n (%)	Portadores, 5 (55,6%) No portadores, 18 (20%)	0,019

Tabla 17. Análisis de las discrepancias en el análisis de la FEVI visual (categórica con múltiples categorías) en función de las características basales de la población. DE: Desviación Estándar; EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica; FA: Fibrilación Auricular; IMC: Índice de Masa Corporal; TAVI: Válvula Aórtica Transcatéter

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

TIEMPO EMPLEADO EN ESTIMAR LA FEVI VISUAL BINARIA, (minutos) media ± DE	TIEMPO EMPLEADO EN ESTIMAR LA FEVI VISUAL CATEGÓRICA (minutos) media ± DE
ECOS discrepantes 5,8 ± 2,5 ECOS coincidentes 4,9 ± 2,0	ECOS discrepantes 5,9 ± 2,7 ECOS coincidentes 4,8 ± 1,9
P = 0,176	P = 0,037

Tabla 18. Estudio de la influencia del tiempo empleado en hacer el estudio con el aparato portátil de bolsillo en el acuerdo en el análisis de la FEVI con respecto al ECO estándar. DE: Desviación estándar; p: prueba de significación bilateral.

5.4 Análisis de la concordancia en la valoración de las alteraciones regionales de la contractilidad.

La **Tabla 19.** Análisis de la concordancia de las alteraciones regionales de la contractilidad analizadas de manera binaria. presenta el resultado análisis de la concordancia entre la ECO estándar y la ECO de bolsillo para la detección de alteraciones regionales de la contractilidad cuando se analizaron de manera binaria (presentes o ausentes). El Índice Kappa de resultó de 0,705, y el índice Pabak resultó de 0,767.

		ECO ESTÁNDAR		
		No ASC, n (%)	Si ASC, n (%)	Total, n (%)
ECO DE BOLSILLO	No ASC, n (%)	81 (65,7%)	1 (0,8%)	82 (68,3%)
	Si ASC, n (%)	10 (10,8%)	25 (20,8%)	38 (31,7%)
	Total, n (%)	94 (78,3%)	26 (21,7%)	120 (100%)
ACUERDO ESPECÍFICO				
% acuerdo para SI ASC		% acuerdo para NO ASC		% de acuerdo global
78,1% (87, – 95,6%)		92,1% (66,0 – 87,5%)		88,3% (81,2 – 93,5%)
MEDIDA DE ACUERDO				
KAPPA		PABAK		Significación
0,705 (0,566 – 0,845)		0,767		p<0,0001

Tabla 19. Análisis de la concordancia de las alteraciones regionales de la contractilidad analizadas de manera binaria. ASC: Alteraciones segmentarias de la contractilidad; ASC: Alteraciones segmentarias de la contractilidad; p: Prueba de significación bilateral.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

El del análisis de la concordancia en la evaluación de las alteraciones regionales de la contractilidad cuando las agrupamos en los principales territorios arteriales se presenta en la **Tabla 20**.

ECO ESTÁNDAR										
ECO DE BOLSILLO	TERRITORIO ADA, n (%)				TERRITORIO ACD, n (%)			TERRITORIO ACX, n (%)		
		No ASC	Si ASC	Total	No ASC	Si ASC	Total	No ASC	Si ASC	Total
	No ASC	103 (85,8%)	3 (2,5%)	106 (88,3%)	80 (66,7%)	1 (0,8%)	81 (67,5%)	85 (70,8%)	2 (1,7%)	87 (72,5%)
	Si ASC	1 (0,8%)	13 (10,8%)	14 (11,7%)	12 (10%)	27 (22,5%)	39 (32,5%)	5 (4,2%)	28 (23,3%)	33 (27,5%)
	Total	104 (86,7%)	16 (13,3%)	120 (100%)	92 (76,7%)	28 (23,3%)	120 (100%)	90 (75%)	30 (25%)	120 (100%)
MEDIDA DE ACUERDO										
	TERRITORIO ADA			TERRITORIO ACD			TERRITORIO ACX			
KAPPA	0,848 (0,702-0,993)	p<0,0001		0,734 (0,601-0,867)	p<0,0001		0,849 (0,742-0,957)	p<0,0001		
PABAK	0,933			0,783			0,883			

Tabla 20. Análisis de la concordancia de las alteraciones regionales de la contractilidad analizadas por territorios arteriales. ADA: Arteria Descendente Anterior; ACD: Arteria Coronaria Derecha; ACX: Arteria Circunfleja; ASC: Alteraciones segmentarias de la contractilidad; p: prueba de significación bilateral.

5.5 Análisis de la concordancia en la valoración de la disincronía.

En el análisis de la concordancia en la evaluación de la disincronía cuando la estudiamos de manera binaria (presente o ausente) encontramos un 64,5% de acuerdo positivo con un índice Kappa de 0,594 y un índice Pabak fue de 0,817. Los resultados detallados se recogen en la **Tabla 21**.

		ECO ESTÁNDAR		
		No, n (%)	Si, n (%)	Total, n (%)
ECO DE BOLSILLO	No, n (%)	99 (82,5%)	8 (6,7%)	107 (89,2%)
	Si, n (%)	3 (2,5%)	10 (8,3%)	13 (10,8%)
	Total, n (%)	102 (85%)	18 (15%)	120 (100%)
INDICE DE ACUERDO				
% acuerdo para disincronía		% acuerdo para NO disincronía		% de acuerdo global
64,5% (45,4 – 80,8%)		94,7% (90,8 – 97,3%)		90,8% (84,2 – 95,3%)
MEDIDA DE ACUERDO				
KAPPA		PABAK		Significación
0,594 (0,379 – 0,809)		0,817		p<0,0001

Tabla 21. Concordancia de la disincronía evaluada de manera cualitativa como variable binaria. P: prueba de significación bilateral.

5.6 Análisis de las medidas complementarias: Distancia E-Septo.

Para investigar la relación entre el valor de la distancia E-Septo y las estimaciones de la FEVI obtenidas mediante ECO de bolsillo, realizamos un análisis de correlación utilizando el coeficiente de Pearson que reveló una correlación negativa significativa ($r = -0,695$, $p < 0,001$). Además, llevamos a cabo un análisis mediante la curva ROC, que determinó que un valor de 7,5 era el óptimo para el diagnóstico de FEVI deprimida (definida como $< 40\%$). Este valor proporcionó una sensibilidad del 80,6% y una especificidad del 83,3%, con un área bajo la curva de 0,859 (IC 95%: 0,778 – 0,939; $p < 0,0001$) (**Gráfico 4**. Curva ROC para la detección del punto óptimo del E-Septo para la detección de una FEVI deprimida.).

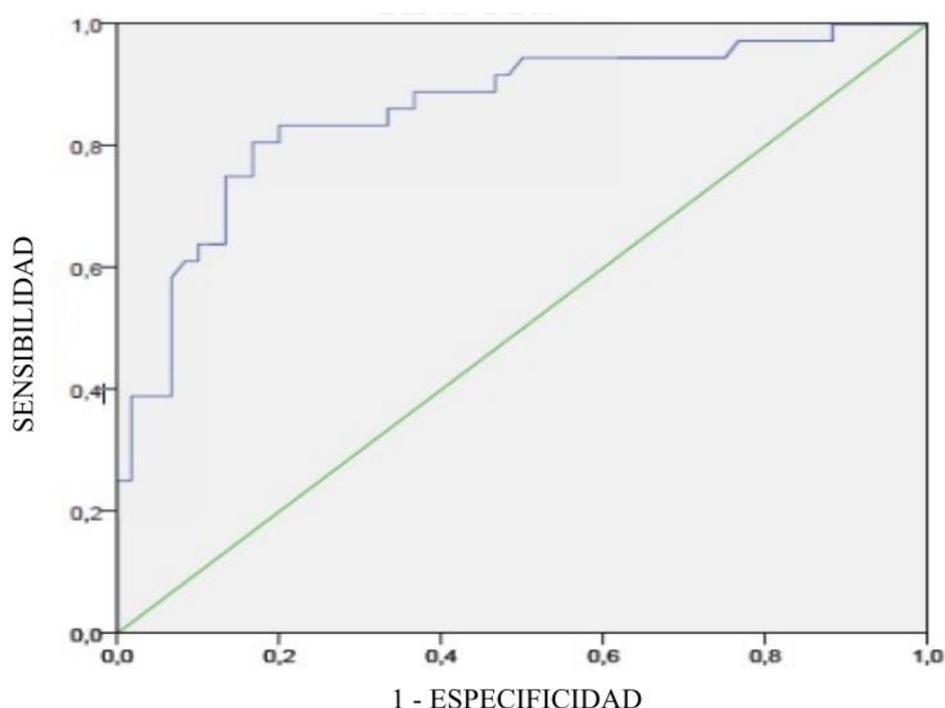


Gráfico 4. Curva ROC para la detección del punto óptimo del E-Septo para la detección de una FEVI deprimida.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Realizamos un análisis del acuerdo entre el E-Septo categorizado a partir del valor devuelto por el análisis por curva ROC (7,5) y la FEVI binaria evaluados ambos por ECO de bolsillo. El índice de Kappa fue 0,628 y se mantuvo tras el análisis ajustado (PABAK 0,636) de manera significativa (**Tabla 22**).

		FEVI		
		Normal	Deprimida	Total
Distancia E-Septo	Hasta 7,5	50 (52,1%)	7 (7,3%)	57 (59,4%)
	Más de 7,5	10 (10,4%)	29 (30,2%)	39 (40,6%)
	Total	60 (62,5%)	36 (37,5%)	96 (100%)
MEDIDA DE ACUERDO				
KAPPA		PABAK		Significación
0,628 (0,379 – 0,809)		0,646		p<0,0001

Tabla 22. Concordancia del E- Septal y de la FEVI visual en la detección de disfunción VI. FEVI: Fracción de Eyección Ventricular Izquierda; p: prueba de significación bilateral.

6. DISCUSIÓN.

Los principales hallazgos de este trabajo de tesis doctoral se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Un operador moderadamente experimentado utilizando un dispositivo de ECO de bolsillo fue capaz de evaluar la FEVI con un excelente nivel de concordancia con respecto a los resultados obtenidos en un laboratorio de ECO de referencia.
2. La concordancia en la evaluación de las alteraciones de la motilidad de las paredes regionales y de la disincronía también fue alta entre la ECO de bolsillo y el laboratorio de referencia.
3. La evaluación con ECO de bolsillo focalizada a determinar la FEVI se llevó a cabo de manera muy rápida (5 ± 2 minutos)

Desde la aparición del concepto de ecografía en el punto de atención y con el exponencial desarrollo en tecnología de ecografía portátil de bolsillo, estos dispositivos han incrementado su presencia en la práctica diaria de profesionales médicos de diferentes especialidades y con distintos niveles de experiencia en la realización e interpretación de ECO. Existen en la literatura médica numerosos trabajos destinados a evaluar la ecografía de bolsillo en diversos contextos (63–106).

La posibilidad de determinar la FEVI de forma rápida a la cabecera del enfermo representa un instrumento muy útil para la práctica clínica diaria, dado que se trata de un parámetro esencial en el diagnóstico, pronóstico y evolución de múltiples patologías. Sin embargo, pocos estudios se han centrado en evaluar específicamente la capacidad de la ECO de bolsillo para estimar la FEVI. Además, el número de datos publicados a este respecto se reduce aún más cuando acotamos la búsqueda en estudios realizados en el contexto clínico habitual, donde la ECO de bolsillo se lleva a cabo generalmente por operadores con experiencia limitada. Por otra parte, los aparatos de bolsillo evaluados hasta la fecha han quedado obsoletos en muchos casos. Finalmente, los artículos previamente publicados no son homogéneos, pues seleccionan de manera algo arbitraria los rangos para la FEVI y no consideran diferencias en cuanto al género.

Teniendo en cuenta las diversas limitaciones de los estudios previos realizados en este campo, nuestro trabajo fue diseñado de forma específica para poder responder la siguiente cuestión clínica: Con la tecnología de ECO de bolsillo actual y en un contexto de práctica clínica diaria ¿es posible determinar la FEVI con suficiente precisión? Los resultados de este trabajo parecen confirmar que la respuesta a esta pregunta es definitivamente positiva y que, además, se puede llevar a cabo de forma rápida en un tiempo de unos 5 minutos en la mayoría de los pacientes, incluso en aquellos con características acústicas subóptimas.

Estos resultados abren paso a la posibilidad de sustituir muchos de los estudios rutinarios que se llevan a cabo en los laboratorios centrales de Ecocardiografía y en los que el fin principal del estudio es la determinación de la FEVI por razones diagnósticas y/o

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

pronósticas. El excelente grado de concordancia entre la ECO de bolsillo y la ECO estándar obtenido en nuestro trabajo parece ser suficiente para poder tomar las decisiones clínicas y terapéuticas en la mayor parte de los casos. Entre las múltiples ventajas que presenta la evaluación precisa de la FEVI con ecografía de bolsillo, destacaríamos las siguientes.

1. Accesibilidad de la técnica, pudiéndose aplicar en cualquier situación o contexto clínico sin ninguna limitación.
2. Rapidez en la adquisición de la información (aproximadamente 5 minutos) Si lo comparamos con una ECO estándar, tenemos que considerar diversos factores de retraso en la información, como la lista de espera, los traslados al laboratorio y el tiempo de emisión del informe. Por tanto, la diferencia temporal en cuanto a la adquisición de la información puede ser enorme (a veces días).
3. Precio de la prueba muy inferior a la de la ECO estándar. Aunque no hemos realizado una comparación específica de costes, las diferencias son notables. Un aparato de bolsillo de alta calidad como el utilizado en nuestro estudio ronda los 9000€ de precio, solo precisa asociarse a un dispositivo electrónico de imagen no específico y puede ser realizado por un operador con experiencia moderada. Sin embargo, el precio de un equipo de alta gama es notablemente superior, y a esto debemos añadir el coste de las instalaciones y del personal del laboratorio.

Por tanto, la implementación de esta técnica en la práctica clínica diaria puede resultar en un manejo mucho más rápido, dinámico y eficiente de los pacientes desde el punto de vista de la FEVI como parámetro diagnóstico/pronóstico/terapéutico. Además, un beneficio adicional del uso de dispositivos de bolsillo sería un cierto efecto en la descongestión de los laboratorios de ecocardiografía.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

De todas formas, pensamos que los excelentes resultados encontrados en nuestro estudio tienen que ver con un contexto concreto de realización, que fue cuidadosamente diseñado.

Dentro de este diseño metodológico específico, consideramos importante destacar los siguientes puntos:

1. Entre las opciones tecnológicas actualmente disponibles, elegimos el que muchos consideran como el mejor aparato de ECO de bolsillo en la actualidad, como es el Philips Lumify™ (62).
2. Buscamos la reproducción de un contexto real de práctica clínica a la hora de realizar la ECO de bolsillo. Habitualmente, el clínico que evalúa pacientes a la cabecera del enfermo, bien en el Servicio de Urgencias, en la planta de hospitalización o en una consulta médica, no suele ser un especialista en ecocardiografía. Aunque el grado de formación suele ser variable, lo más habitual es que el nivel sea moderado. Por ello, diseñamos específicamente que fuera un único operador con formación media bien definida (nivel II de la ASE) el que realizara todos los estudios con ECO de bolsillo. De esta manera, la comparación con la ECO estándar realizado en el laboratorio (con operadores expertos de nivel III ASE) reproduce efectivamente la realidad en la práctica diaria,
3. El presente estudio es el primero en validar este dispositivo para la estimación visual de la FEVI por parte de un operador con experiencia moderada (ASE II) siguiendo las últimas recomendaciones de cuantificación y también en función del género (3).

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

En cuanto a la concordancia entre las técnicas, en nuestro estudio observamos una correlación excelente ($r = 0,96$, índice ICC = $0,93$) y una alta concordancia ($\text{kappa simple} = 0,77$, $\text{kappa ponderada} = ,077$) entre la ECO de bolsillo realizado por un operador nivel ASE II y la ECO estándar realizado por operadores nivel III. Estos resultados son ligeramente mejores que los reportados previamente. Un metaanálisis a nivel de pacientes, que incluyó doce estudios con un total de 1229 ecocardiogramas en 1131 pacientes, reveló un índice de kappa de $0,68$ y un índice de kappa ponderado de $0,70$ en cinco de estos estudios (111). Diversos factores pueden haber contribuido a la obtención de una mejor correlación y concordancia que la previamente reportada. En primer lugar, empleamos tecnología actualizada y de alta calidad (el dispositivo Philips Lumify™ es reconocido por su calidad de imagen superior)(63). Esto posiblemente favoreció una mejor visualización de las estructuras cardíacas y, por ende, a una interpretación más precisa de la FEVI. En segundo lugar, el cardiólogo encargado de realizar las ECOS de bolsillo contaba con una sólida formación de nivel II de ASE. Esto respalda la importancia de la competencia y experiencia del operador para obtener imágenes de calidad y realizar una adecuada interpretación de estas. Por último, la población del estudio consistió mayoritariamente en pacientes ambulatorios, y en su mayoría en ritmo sinusal. Estas condiciones podrían haber facilitado la ejecución e interpretación de las ECOS.

En los casos en los que hubo discrepancias entre la FEVI visual estimada con la ECO de bolsillo y la ECO estándar, la media absoluta de las diferencias expresadas como porcentaje fue reducida, con un valor medio en porcentaje de $5,7$ puntos. Es importante destacar, además, que más de la mitad de las mediciones discordantes mostraron diferencias del 5% o menos. Esto sugiere que las discrepancias que condujeron a una falta de concordancia estadísticamente significativa probablemente carecían de relevancia clínica. Por ello, y con el fin de identificar posibles factores que podrían haber tenido impacto en la concordancia reportada, llevamos a cabo un análisis detallado de los estudios discordantes. Se revisaron las características basales de los pacientes y, aunque no encontramos diferencias en función del IMC ($28,70 \text{ kg/m}^2$ para los no coincidentes vs $27,70 \text{ kg/m}^2$ para

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

los sí coincidentes, $p=0,736$), sí observamos diferencias estadísticamente significativas en el grado de concordancia en función del peso promedio de los pacientes (83,64 kg para los no coincidentes vs 75,59 para los sí coincidentes, $p = 0,017$), de manera que en los pacientes con mayor peso la concordancia fue peor. Este dato no resulta sorprendente y, de hecho, el peso ya ha sido reportado previamente como un factor que puede afectar negativamente la calidad de las ECOS resultando en un aumento en la incidencia de estudios no diagnósticos. En este contexto, Ellenberger et al. analizaron 1108 ECOS según el peso corporal para determinar si eran diagnósticos o no diagnósticos y si requerían de opacificación con contraste ecográfico (113). Del total de estudios no diagnósticos (12,9%), el 21% correspondía a población obesa ($IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$) frente al 78% en la no obesa ($p < 0,001$) siendo el IMC predictor de un estudio no diagnóstico (OR 1,09) y mostrando una fuerte asociación con estudios no diagnósticos (OR 3,22).

La precisión de la ECO de bolsillo en la detección de alteraciones segmentarias de la contractilidad también resulta clave para que este se incorpore en la práctica clínica diaria de cardiología. Existen datos publicados explorando esta característica cuando la ECO de bolsillo fue realizado por operadores con experiencia limitada. Así, Bruce et al. realizaron 394 estudios (232 realizados por 26 ecocardiografistas expertos nivel ASE III y 162 realizados por 25 operadores con experiencia limitada nivel ASE I). Se estratificaron las alteraciones regionales de la contractilidad en presentes o ausentes y en función de los principales territorios arteriales, informando una concordancia general del 86,3% (64). La mayoría de los 17 resultados discordantes provinieron de estudios realizados por los operadores con experiencia nivel ASE I en comparación con aquellos realizados por especialistas expertos (6%) ($p < 0,035$). Por otro lado, en el trabajo de Caner et al. se evaluó la capacidad de un grupo de médicos de emergencia entrenados en ecografía en el punto de atención para detectar alteraciones regionales de la contractilidad en pacientes con dolor de pecho y sospecha de infarto agudo de miocardio sin elevación del segmento ST obteniendo un valor de kappa de 0.69 entre al ECO de bolsillo y la ECO estándar (114). En nuestro trabajo, la concordancia en la evaluación de las alteraciones segmentarias de la

contractilidad resultó superior a los previamente reportados en el análisis binario (presencia o ausencia de alteraciones) con un porcentaje de acuerdo global del 88% y un índice Kappa de 0,705 (Pabak 0,767, $p < 0.0001$). En el subanálisis por territorios arteriales los resultados también fueron mejores, con un porcentaje de acuerdo positivo y un índice Kappa del 86% y de 0,848 (Pabak 0,933); del 80% y de 0,734 (Pabak 0,783); y del 88% y de 0,849 (Pabak 0,883) respectivamente para la ADA, la ACD y la ACx. Pensamos que probablemente los factores que pudieron influir en la obtención de una mejor correlación y concordancia en comparación a los datos previamente publicados fueran nuevamente el uso de la mejor tecnología disponible (63) unido a la mayor experiencia del operador que realizó las ECOs de bolsillo (ASE II) en contraposición a la experiencia limitada de los operadores en los trabajos comentados. En cualquier caso, es importante destacar la relativamente baja prevalencia global de alteraciones regionales de la contractilidad reportada con la ECO estándar, que en nuestro trabajo fue sólo del 21,7%. Por ello, si bien los resultados apuntan a una razonable capacidad de la ECO de bolsillo para identificar alteraciones regionales de la motilidad, sería conveniente evaluar este aspecto en muestras más amplias.

En cuanto a la concordancia en la estimación de la disincronía evaluada de manera binaria (presente o ausente), esta se aproximó al límite considerado como aceptable (índice Kappa 0,6) con un valor de 0,594 ($p < 0,0001$) alcanzando un valor de 0,817 tras el ajuste por sesgo y prevalencia. Este aspecto no ha sido estudiado con anterioridad por lo que no pueden realizarse comparaciones. Sin embargo, al igual que para el análisis de las alteraciones regionales de la contractilidad reportada con la ECO estándar, la prevalencia de disincronía en la muestra fue baja (15%) limitando la posibilidad de extraer conclusiones en este aspecto.

Entre los datos estudiados en este trabajo de tesis doctoral, evaluamos la capacidad de la distancia E-septo para detectar disfunción del VI, aunque en este caso solo obtuvimos datos con ECO de bolsillo, sin realizar una comparación con la ECO estándar, puesto que este parámetro no se suele evaluar en los estudios de rutina realizados en el laboratorio. Este parámetro ha sido ampliamente evaluado en la literatura médica con aparatos de

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

ecocardiografía convencional con resultados que apoyan la medición de un valor mayor o igual a 7 mm, para la predicción de una FEVI inferior al 50% (32,33). En este trabajo calculamos inicialmente un índice de Pearson que reveló una correlación negativa significativa entre la fracción de eyección ventricular y la distancia E-septo, ($r -0,695$, $p < 0,001$). Esto traduce que a medida que aumentó la distancia E-septo medida, menor fue el valor de FEVI reportado por el operador. Sucesivamente, realizamos un análisis de curva ROC que identificó el valor 7,5 mm como el punto de corte óptimo para distinguir entre FEVI conservada y reducida tomando el 40% como referencia (S 80,6%; E 83,3%; AUC 0,859, IC 95% 0,778-0,939, $p 0,0001$). Por lo tanto, los resultados obtenidos en este trabajo siguen la línea de los estudios previos. Este hallazgo es relevante, porque la medición de la distancia E-septo es un parámetro simple y rápido de obtener. Además, es muy reproducible y está ampliamente disponible por requerir únicamente de tecnología de ultrasonido modo M, la cual se encuentra en todos los dispositivos de ecografía portátil del mercado. Así, se plantea a nuestro juicio como un parámetro básico a considerar para discernir una fracción de eyección normal o deprimida en el caso de operadores con experiencia limitada o ventanas acústicas poco practicables.

7. LIMITACIONES

1. Seleccionamos los pacientes según la disponibilidad de tiempo del operador único que realizaba las ECOS de bolsillo. Esto implica que no se trataba de pacientes consecutivos, y que llevamos a cabo la inclusión en forma de muestreo de conveniencia o no probabilístico. Dado que los días en los que se incluían pacientes se enrolaban todos los pacientes programados en el laboratorio de ecocardiografía, y que realizamos el estudio a lo largo de diecisiete meses, consideramos como bajo el potencial riesgo de sesgo de selección.
2. El tamaño de la muestra fue relativamente pequeño. Además, algunos de los factores evaluados adicionales a la FEVI, como la presencia de alteraciones segmentarias o de disincronía, presentaban una prevalencia baja en la muestra. Esto puede limitar la validez de las conclusiones en ciertos aspectos y es posible que estos hallazgos deban replicarse en una población más grande.
3. Realizamos la validación en un entorno ideal, que podría no ser completamente reproducible en la práctica clínica habitual. En primer lugar, utilizamos los mejores equipos disponibles en el mercado, tanto para la ECO de bolsillo como para la ECO estándar. Además, aunque realizamos las ECOS de bolsillo por un operador con formación moderada según los criterios de la ASE, al tratarse de un operador único, este fue adquiriendo experiencia evolutiva a lo largo de los 17 meses de duración del estudio. Este aumento evolutivo en la experiencia era además específico a los objetivos del estudio, afectando positivamente tanto a la calidad de las imágenes obtenidas como a la estimación visual de la FEVI. Finalmente, la mayoría de los pacientes eran ambulatorios (85%) y estaban en ritmo sinusal (77%), lo que pudo influir en la buena calidad de las imágenes (7/9), aspecto que sin duda favorece la ejecución de la ECO de bolsillo.

4. En este estudio comparamos el juicio de un operador único (con formación moderada) con el de varios cardiólogos expertos en ecocardiografía que agrupamos como "control". Sin embargo, consideramos que el nivel de experiencia de los "expertos", siendo lógicamente variable, era elevado en todos los casos (nivel III ASE). Además, al trabajar con promedios, consideramos que la posible variabilidad inter observador de los controles se compensó en su conjunto. En cualquier caso, a pesar de la gran concordancia informada, esto puede afectar la validez del estudio.

5. Utilizamos la estimación visual como método para determinar la fracción de eyección a pesar de que las guías actuales recomiendan el cálculo de la FEVI mediante el método modificado de Simpson o bien ECO 3D. Sin embargo, seleccionamos este parámetro por los siguientes motivos:
 - El método de Simpson suele presentar problemas en la definición de los bordes, especialmente en sístole y además tiende a infraestimar volúmenes por el fenómeno de acortamiento apical; Por otra parte, la ECO 3D solo se puede aplicar en casos de excelente calidad acústica.
 - Por tanto, salvo en casos de muy buena calidad acústica, en la práctica clínica diaria de cardiología, la estimación visual de la FEVI es la forma más común de evaluación en los laboratorios de ecocardiografía, y su correlación con el método modificado de Simpson se ha demostrado alta
 - En el campo de la imagen avanzada, específicamente en la evaluación dinámica de la función global y segmentaria del ventrículo izquierdo mediante ecocardiografía de estrés, la evaluación visual de la FEVI es el método exclusivamente utilizado, y por tanto su validez no es desdeñable;
 - Finalmente, la estimación visual de la FEVI se considera el método idóneo en el contexto clínico real de realización de ECO de bolsillo, basado en la valoración inmediata de los datos en la cabecera del paciente.

8. CONCLUSIONES.

1. Utilizando la tecnología actual disponible de ecografía de bolsillo, un operador con experiencia intermedia (nivel ASE II) puede cuantificar la FEVI mediante evaluación visual de manera comparable a la obtenida en un laboratorio de ecocardiografía por cardiólogos expertos en imagen (nivel ASE III) y con equipos de alta gama.
2. Los estudios de ecografía de bolsillo focalizados en la estimación visual de la FEVI se llevaron a cabo de manera muy rápida (5+2 minutos).
3. El alto nivel de concordancia entre ambas técnicas sugiere que, usando la tecnología apropiada y asegurando un nivel medio de formación en el operador, es posible una estimación precisa de la FEVI en la mayor parte de los casos.
4. Esto implica que, aquellas decisiones clínicas basadas en la estimación de la FEVI se podrían tomar de forma inmediata con una ECO de bolsillo en la cabecera del paciente no siendo en muchos casos necesario realizar un estudio ecocardiográfico confirmatorio en el laboratorio de Ecocardiografía, salvo en el caso de la presencia de valvulopatías u otras alteraciones asociadas.
5. La implementación rutinaria de la ECO de bolsillo en la estimación visual de la FEVI se presenta como una herramienta prometedora, que podría integrarse en la práctica clínica diaria en cardiología facilitando una gestión más sencilla, dinámica y eficiente de los pacientes.

9. GLOSARIO.

FEVI, Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo	PET, Tomografía por Emisión de Positrones
VTDVI, Volumen Telediastólico del Ventrículo Izquierdo	VI, Ventrículo Izquierdo
VTSVI, Volumen Telesistólico del Ventrículo Izquierdo	ECO, Ecocardiografía Trans Torácica
DAI, Desfibrilador Automático Implantable	US, Ultra Sonidos
TRC, Terapia de Resincronización Cardíaca	MAPSE, Mitral Annular Plane Systolic Excursion
FEVI _r , Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo reducida	VL, Volumen Latido
FEVI _c , Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo conservada	GC, Gasto Cardíaco
RMN, Resonancia Magnética Nuclear	TSVI, Tracto de Salida del Ventrículo Izquierdo
TC, Tomografía Computarizada	ITV, Integra Velocidad Tiempo
ECO, ecocardiograma	TA, Tensión Arterial
MUGA, Ventriculografía isotópica	FC, Frecuencia Cardíaca
SPECT, Tomografía computarizada por emisión de fotón único	POCUS, Point-Of-Care Ultrasound
	FE, Fracción de Eyección
	ECO, Ecocardiografía Trans Torácica
	ETE, Ecocardiografía Trans Esofágica

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

TAVI, Válvula Aórtica Transcateter

ACx, Arteria Circunfleja

DE, Desviación Estándar

ACD, Arteria Coronaria Derecha

ADA, Arteria Descendente Anterior

3D, Tridimensional

10. BIBLIOGRAFÍA.

1. Otto CM, Schwaegler RG, Freeman RV. Principles of Echocardiographic Image Acquisition and Doppler Analysis. In: Echocardiography Review Guide: Companion to the Textbook of Clinical Echocardiography. Elsevier; 2011. p. 1–19.
2. Kosaraju A, Goyal A, Grigorova Y, Makaryus AN. Left Ventricular Ejection Fraction. [Updated 2023 Apr 24]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459131/>
3. Lang RM, Badano LP, Victor MA, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015 Jan;28(1):1-39.e14. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003
4. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. Guía ESC 2021 sobre el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardiaca aguda y crónica. *Rev Esp Cardiol.* 2022 Jun;75(6):523.e1-523.e114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.11.027>
5. Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, Allen LA, Byun JJ, Colvin MM, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: Executive Summary. *J Am Coll Cardiol.* 2022 May;79(17):1757–80. doi: 10.1016/j.jacc.2021.12.012
6. Curtis JP, Sokol SI, Wang Y, Rathore SS, Ko DT, Jadbabaie F, et al. The association of left ventricular ejection fraction, mortality, and cause of death in stable outpatients with heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2003 Aug;42(4):736–42. doi: 10.1016/s0735-1097(03)00789-7
7. Heidenreich PA, Bozkurt B, Aguilar D, Allen LA, Byun JJ, Colvin MM, et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on

- Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022 May 3;145(18):e895-e1032.. doi: 10.1161/CIR.0000000000001063
8. Moss AJ, Zareba W, Hall WJ, Klein H, Wilber DJ, Cannom DS, et al. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *N Engl J Med*. 2002 Mar 21;346(12):877-83. doi: 10.1056/NEJMoa013474.
 9. Zhang N, Cai M, Hua W, Hu Y, Niu H, Cai C, et al. Prognostic effects of longitudinal changes in left ventricular ejection fraction with cardiac resynchronization therapy. *ESC Heart Fail*. 2021 Feb;8(1):368-379. doi: 10.1002/ehf2.13082.
 10. Park S, Ahn JM, Kim TO, Park H, Kang DY, Lee PH, et al. Revascularization in Patients With Left Main Coronary Artery Disease and Left Ventricular Dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2020 Sep 22;76(12):1395-1406. doi: 10.1016/j.jacc.2020.07.047
 11. Bonow RO, Brown AS, Gillam LD, Kapadia SR, Kavinsky CJ, Lindman BR, et al. ACC/AATS/AHA/ASE/EACTS/HVS/SCA/SCAI/SCCT/SCMR/STS. 2017 Appropriate Use Criteria for the Treatment of Patients With Severe Aortic Stenosis: A Report of the American College of Cardiology Appropriate Use Criteria Task Force, American Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Echocardiography, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Heart Valve Society, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol*. 2017 Nov 14;70(20):2566-2598. doi: 10.1016/j.jacc.2017.09.018.
 12. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021 Feb 2;143(5):e72-e227. doi: 10.1161/CIR.0000000000000923.

13. Tubaro M. ESC 2017 STEMI Guidelines: a step forward for a better cure. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother.* 2018 Jul 1;4(3):133-135. doi: 10.1093/ehjcvp/pvy013.
14. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J.* 2018 Jan 7;39(2):119-177. doi: 10.1093/eurheartj/ehx393
15. Čelutkienė J, Spoletini I, Coats AJS, Chioncel O. Left ventricular function monitoring in heart failure. *Eur Heart J Suppl.* 2019 Dec;21(Suppl M):M17-M19. doi: 10.1093/eurheartj/suz218
16. Plana JC, Galderisi M, Barac A, Ewer MS, Ky B, Scherrer-Crosbie M, et al. Expert consensus for multimodality imaging evaluation of adult patients during and after cancer therapy: A report from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2014 Oct;15(10):1063-93. doi: 10.1093/ehjci/jeu192.
17. Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S, Toyoda H, Nishina T, Ohba M, et al. Cardiac Functional Analysis with Multi-Detector Row CT and Segmental Reconstruction Algorithm: Comparison with Echocardiography, SPECT, and MR Imaging. *Radiology.* 2005 Feb;234(2):381-90. doi: 10.1148/radiol.2342031271
18. Díaz-Expósito R. Valoración de la función ventricular en cardiología nuclear. 2011 [Internet]. [citado el 9 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/312044173_VALORACION_DE_LA_FUNCION_VENTRICULAR_EN_CARDIOLOGIA_NUCLEAR
19. Castell-Conesa J, Aguadé-Bruix S, García-Burillo A, González JM, Canela T, Oller G, et al. Reproducibilidad de la gated-SPECT de perfusión miocárdica en la valoración de la función ventricular y su comparación con la ventriculografía isotópica. *Rev Esp Cardiol.* 2004 Oct;57(10):931-8.
20. Hyun I, Kwan J, Park KS, Lee WH. Reproducibility of Tl-201 and Tc-99m sestamibi gated myocardial perfusion SPECT measurement of myocardial function. *J Nucl Cardiol.* 2001 Mar-Apr;8(2):182-7. doi: 10.1067/mnc.2001.112753

21. Miller TR, Wallis JW, Landy BR, Gropler RJ, Sabharwal CL. Measurement of global and regional left ventricular function by cardiac PET. *J Nucl Med.* 1994 Jun;35(6):999–1005.
22. Flotats A, Knuuti J, Gutberlet M, Marcassa C, Bengel FM, Kaufmann PA, et al. Hybrid cardiac imaging: SPECT/CT and PET/CT. A joint position statement by the European Association of Nuclear Medicine (EANM), the European Society of Cardiac Radiology (ESCR) and the European Council of Nuclear Cardiology (ECNC). *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2011 Jan;38(1):201-12. doi: 10.1007/s00259-010-1586-y
23. San Román JA, Candell-Riera J, Arnold R, Sánchez PL, Agudé-Bruix S, Bermejo J, et al. Quantitative Analysis of Left Ventricular Function as a Tool in Clinical Research. Theoretical Basis and Methodology. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2009 May;62(5):535–51. doi: 10.1016/s1885-5857(09)71836-5.
24. Kusunose K, Zheng R, Yamada H, Sata M. How to standardize the measurement of left ventricular ejection fraction. *J Med Ultrason.* 2022 Jan;49(1):35-43. doi: 10.1007/s10396-021-01116-z.
25. Chamsi-Pasha MA, Zhan Y, Debs D, Shah DJ. CMR in the Evaluation of Diastolic Dysfunction and Phenotyping of HFpEF: Current Role and Future Perspectives. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020;13:283–96. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.02.031
26. Navarrete Hurtado S, Navarrete Hurtado HA, Carvajal Rivera JJ. Métodos de valoración de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo. *Rev Ecocardiogr Pract Otras Tecnicas Imagen Card.* 2018 Dec 31;1(3):1–6.
27. Qin JX, Jones M, Shiota T, Greenberg NL, Tsujino H, Firstenberg MS, et al. Validation of real-time three-dimensional echocardiography for quantifying left ventricular volumes in the presence of a left ventricular aneurysm: in vitro and in vivo studies. *J Am Coll Cardiol.* 2000 Sep;36(3):900–7. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00793-2
28. Virnig BA, Shippee ND, O'Donnell B, Zeglin J, Parashuram S. Trends in the use of echocardiography, 2007 to 2011. 2014 May 13. In: *Data Points Publication Series*

- [Internet]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US); 2011-. Data Points #20. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK208663/c>
29. Evangelista A. La ecocardiografía en España. *Rev Esp Cardiol.* 2000; 53:1453–8.
 30. García-Fernandez MA. Evolución de la imagen cardíaca a través de las publicaciones científicas en revistas médicas: un largo y fecundo camino. *Rev Esp Cardiol.* 2014 Nov;67(11):920–4.
 31. Ahmadpour H, Shah AA, Allen JW, Edmiston WA, Kim SJ, Haywood LJ. Mitral E point septal separation: A reliable index of left ventricular performance in coronary artery disease. *Am Heart J.* 1983 Jul;106(1):21–8. doi: 10.1016/0002-8703(83)90433-7
 32. McKaigney CJ, Krantz MJ, la Rocque CL, Hurst ND, Buchanan MS, Kendall JL. E-point septal separation: a bedside tool for emergency physician assessment of left ventricular ejection fraction. *Am J Emerg Med.* 2014 Jun;32(6):493–7. doi: 10.1016/j.ajem.2014.01.045
 33. Joshi P, Borde D, Asegaonkar B, Daunde V, Joshi S, Jaspara A. Utility of E point septal separation as a screening tool for left ventricular ejection fraction in perioperative settings by anesthetists. *Ann Card Anaesth.* 2022;25(3):304. doi: 10.4103/aca.aca_128_21
 34. Pai RG, Bodenheimer MM, Pai SM, Koss JH, Adamick RD. Usefulness of systolic excursion of the mitral annulus as an index of left ventricular systolic function. *Am J Cardiol.* 1991 Jan;67(2):222–4. doi: 10.1016/0002-9149(91)90453-r
 35. Willenheimer R, Cline C, Erhardt L, Israelsson B. Left ventricular atrioventricular plane displacement: an echocardiographic technique for rapid assessment of prognosis in heart failure. *Heart.* 1997 Sep 1;78(3):230–6. doi: 10.1136/hrt.78.3.230
 36. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al. Current and Evolving Echocardiographic Techniques for the Quantitative Evaluation of Cardiac Mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology

- and Indications. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011 Mar;24(3):277–313. doi: 10.1016/j.echo.2011.01.015
37. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R, et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015 Jan 1;16(1):1–11. doi: 10.1093/ehjci/jeu184
38. Sugeng L, Mor-Avi V, Weinert L, Niel J, Ebner C, Steringer-Mascherbauer R, et al. Quantitative Assessment of Left Ventricular Size and Function. *Circulation.* 2006 Aug 15;114(7):654–61. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.626143
39. Jacobs LD, Salgo IS, Goonewardena S, Weinert L, Coon P, Bardo D, et al. Rapid online quantification of left ventricular volume from real-time three-dimensional echocardiographic data. *Eur Heart J.* 2006 Feb 1;27(4):460–8. doi: 10.1093/eurheartj/ehi666
40. Shampo MA, Kyle RA. Karl Theodore Dussik—Pioneer in Ultrasound. *Mayo Clin Proc.* 1995 Dec;70(12):1136. doi: 10.4065/70.12.1136
41. Lang RM, Mor-Avi V, Sugeng L, Nieman PS, Sahn DJ. Three-Dimensional Echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2006 Nov;48(10):2053–69. doi: 10.1016/j.jacc.2006.07.047
42. Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, Kirkpatrick AW, Su E, Evans D, et al. Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients - Part II: Cardiac ultrasonography. *Crit Care Med.* 2016 Jun 1;44(6):1206–27. doi: 10.1097/CCM.0000000000001847
43. Jensen-Urstad K, Bouvier F, Höjer J, Ruiz H, Hulting J, Samad B, et al. Comparison of different echocardiographic methods with radionuclide imaging for measuring left ventricular ejection fraction during acute myocardial infarction treated by thrombolytic therapy. *Am J Cardiol.* 1998 Mar 1;81(5):538–44. doi: 10.1016/s0002-9149(97)00964-8

44. van Royen N, Jaffe CC, Krumholz HM, Johnson KM, Lynch PJ, Natale D, et al. Comparison and reproducibility of visual echocardiographic and quantitative radionuclide left ventricular ejection fractions. *Am J Cardiol.* 1996 Apr 15;77(10):843–50. doi: 10.1016/s0002-9149(97)89179-5
45. Mueller X, Stauffer JC, Jaussi A, Goy JJ, Kappenberger L. Subjective visual echocardiographic estimate of left ventricular ejection fraction as an alternative to conventional echocardiographic methods: comparison with contrast angiography. *Clin Cardiol.* 1991 Nov;14(11):898–902. doi: 10.1002/clc.4960141108
46. Shahgaldi K, Gudmundsson P, Manouras A, Brodin LA, Winter R. Visually estimated ejection fraction by two-dimensional and triplane echocardiography is closely correlated with quantitative ejection fraction by real-time three-dimensional echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2009 Aug 25;7:41. doi: 10.1186/1476-7120-7-41.
47. Gudmundsson P, Rydberg E, Winter R, Willenheimer R. Visually estimated left ventricular ejection fraction by echocardiography is closely correlated with formal quantitative methods. *Int J Cardiol.* 2005 May 25;101(2):209–12. doi: 10.1016/j.ijcard.2004.03.027
48. Abazid RM, Abohamr SI, Smettei OA, Qasem MS, Suresh AR, al Harb MF, et al. Visual versus fully automated assessment of left ventricular ejection fraction. *Avicenna J Med.* 2018 Apr;8(02):41–5. doi: 10.4103/ajm.AJM_209_17
49. Lee Y, Shin H, Kim C, Lee I, Choi HJ. Learning curve-cumulative summation analysis of visual estimation of left ventricular function in novice practitioners: A STROBE-compliant article. *Medicine (Baltimore).* 2019 Apr;98(14):e15191. doi: 10.1097/MD.00000000000015191.
50. Johri AM, Durbin J, Newbigging J, Tanzola R, Chow R, De S, et al. Cardiac Point-of-Care Ultrasound: State-of-the-Art in Medical School Education. *J Am Soc Echocardiogr.* 2018;31:749–60. doi: 10.1016/j.echo.2018.01.014

51. Akinboboye O, Sumner J, Gopal A, King D, Shen Z, Bardfeld P, et al. Visual estimation of ejection fraction by two-dimensional echocardiography: The learning curve. *Clin Cardiol.* 1995 Dec;18(12):726–9. doi: 10.1002/clc.4960181208
52. Fiorelli EM, Casella F, Torzillo D, Cogliati C. Bedside focused cardiac ultrasound in the evaluation of systolic dysfunction. *Intern Emerg Med.* 2017 Mar 1;12(2):241–5. doi: 10.1007/s11739-016-1598-0
53. Narula J, Chandrashekhar Y, Braunwald E. Time to Add a Fifth Pillar to Bedside Physical Examination. *JAMA Cardiol.* 2018 Apr 1;3(4):346. doi: 10.1001/jamacardio.2018.0001
54. Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, Pellikka PA, Rahko PS, Siegel RJ. Focused Cardiac Ultrasound: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2013 Jun;26(6):567–81. doi: 10.1016/j.echo.2013.04.001
55. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med.* 2011 Feb 24;364(8):749-757. doi: 10.1056/NEJMra0909487.
56. Spencer KT, Flachskampf FA. Focused Cardiac Ultrasonography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2019 Jul;12(7 Pt 1):1243-1253. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.12.036.
57. Evangelista Masip A, Alonso Gómez AM, Martín Durán R, Moreno Yagüela M, Oliver Ruiz JM, Rodríguez Padial L, Tobaruela A. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en ecocardiografía. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2000 May;53(5):663-683.
58. Wieggers SE, Ryan T, Arrighi JA, Brown SM, Canaday B, Damp JB, et al. 2019 ACC/AHA/ASE Advanced Training Statement on Echocardiography (Revision of the 2003 ACC/AHA Clinical Competence Statement on Echocardiography): A Report of the ACC Competency Management Committee. *J Am Coll Cardiol.* 2019 Jul 23;74(3):377–402. doi: 10.1016/j.jacc.2019.02.003
59. Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, Canaday B, Finstuen JA, Foster MC, et al. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic

- Examination in Adults: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2019 Jan;32(1):1–64. doi: 10.1016/j.echo.2018.06.004
60. Ramos Nascimento B, Zawacki Beaton A. Improved standardisation of training needed to achieve the potential of handheld echocardiography. *Heart.* 2021 Nov;107(22):1772-1773. doi: 10.1136/heartjnl-2021-319945
61. Edvardsen T. Focused cardiac ultrasound examination is ready for use as a diagnostic tool of acute aortic syndromes in the emergency room. *Eur Heart J.* 2019 Jun 21;40(24):1961–2. doi: 10.1093/eurheartj/ehz356
62. Sicari R, Galderisi M, Voigt JU, Habib G, Zamorano JL, Lancellotti P, et al. The use of pocket-size imaging devices: A position statement of the European Association of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011 Feb;12(2):85–7. doi: 10.1093/ejehocard/jeq184
63. Le MPT, Voigt L, Nathanson R, Maw AM, Johnson G, Dancel R, et al. Comparison of four handheld point-of-care ultrasound devices by expert users. *Ultrasound J.* 2022 Dec 1;14(1). doi: 10.1186/s13089-022-00274-6
64. Bruce CJ, Montgomery SC, Bailey KR, Tajik J, Seward JB. Utility of hand-carried ultrasound devices used by cardiologists with and without significant echocardiographic experience in the cardiology inpatient and outpatient settings. *Am J Cardiol.* 2002 Dec 1;90(11):1273-5. doi: 10.1016/s0002-9149(02)02853-9
65. Kimura BJ, Bocchicchio M, Willis CL, Demaria AN. Screening cardiac ultrasonographic examination in patients with suspected cardiac disease in the emergency department. *Am Heart J.* 2001 Aug;142(2):324-30. doi: 10.1067/mhj.2001.116475.
66. Vignon P, Frank MBJ, Lesage J, Mücke F, François B, Normand S, et al. Hand-held echocardiography with doppler capability for the assessment of critically-ill patients: Is it reliable? *Intensive Care Med.* 2004 Apr;30(4):718–23. doi: 10.1007/s00134-003-2128-x

67. Vourvouri EC, Schinkel AFL, Roelandt JRTC, Boomsma F, Sianos G, Bountiukos M, et al. Screening for left ventricular dysfunction using a hand-carried cardiac ultrasound device. *Eur J Heart Fail.* 2003;5. doi: 10.1016/s1388-9842(03)00155-7
68. DeCara JM, Lang RM, Koch R, Bala R, Penzotti J, Spencer KT. The use of small personal ultrasound devices by internists without formal training in echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2003 Jun;4(2):141–7. doi: 10.1053/euje.2002.0617
69. Fedson S, Neithardt G, Thomas P, Lickerman A, Radzienda M, DeCara JM, et al. Unsuspected Clinically Important Findings Detected with a Small Portable Ultrasound Device in Patients Admitted to a General Medicine Service. *J Am Soc Echocardiogr.* 2003 Sep;16(9):901-5. doi: 10.1016/S0894-7317(03)00426-7
70. Galasko GIW, Lahiri A, Senior R. Portable echocardiography: An innovative tool in screening for cardiac abnormalities in the community. *Eur J Echocardiogr.* 2003 Jun;4(2):119–27. doi: 10.1053/euje.2002.0627
71. Alexander JH, Peterson ED, Chen AY, Harding TM, Adams DB, Kisslo JA. Feasibility of point-of-care echocardiography by internal medicine house staff. *Am Heart J.* 2004 Mar;147(3):476–81. doi: 10.1016/j.ahj.2003.10.010
72. Xie T, Chamoun AJ, McCulloch M, Tsiouris N, Birnbaum Y, Ahmad M. Rapid screening of cardiac patients with a miniaturized hand-held ultrasound imager--comparisons with physical examination and conventional two-dimensional echocardiography. *Clin Cardiol.* 2004;27(4):241-245. doi: 10.1002/clc.4960270414
73. Kobal SL, Trento L, Baharami S, Tolstrup K, Naqvi TZ, Cercek B, et al. Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. *Am J Cardiol.* 2005 Oct 1;96(7):1002-6. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.05.060
74. Kirkpatrick JN, Ghani SN, Spencer KT. Hand carried echocardiography screening for LV systolic dysfunction in a pulmonary function laboratory. *Eur J Echocardiogr.* 2008 May;9(3):381–3. doi: 10.1016/j.euje.2007.06.013

75. Ghani SN, Kirkpatrick JN, Spencer KT, Smith GL, Burke MC, Kim SS, et al. Rapid assessment of left ventricular systolic function in a pacemaker clinic using a hand-carried ultrasound device. *J Interv Card Electrophysiol*. 2006 Jun;16(1):39–43. doi: 10.1007/s10840-006-9011-y
76. Martin LD, Howell EE, Ziegelstein RC, Martire C, Whiting-O’Keefe QE, Shapiro EP, et al. Hand-carried Ultrasound Performed by Hospitalists: Does It Improve the Cardiac Physical Examination? *Am J Med*. 2009 Jan;122(1):35–41. doi: 10.1016/j.amjmed.2008.07.022
77. Lucas BP, Candotti C, Margeta B, Mba B, Kumapley R, Asmar A, et al. Hand-carried echocardiography by hospitalists: A randomized trial. *Am J Med*. 2011 Aug;124(8):766–74. doi: 10.1016/j.amjmed.2011.03.029
78. Lucas BP, Candotti C, Margeta B, Evans AT, Mba B, Baru J, et al. Diagnostic accuracy of hospitalist-performed hand-carried ultrasound echocardiography after a brief training program. *J Hosp Med*. 2009 Jul;4(6):340–9. doi: 10.1002/jhm.438
79. Melamed R, Sprenkle MD, Ulstad VK, Herzog CA, Leatherman JW. Assessment of left ventricular function by intensivists using hand-held echocardiography. *Chest*. 2009 Jun 1;135(6):1416–20. doi: 10.1378/chest.08-2440
80. Liebo MJ, Israel RL, Lillie EO, Smith MR, Rubenson DS, Topol EJ. Is pocket mobile echocardiography the next-generation stethoscope? A cross-sectional comparison of rapidly acquired images with standard transthoracic echocardiography. *Ann Intern Med*. 2011;155(1):33–9. 2011 Jul 5;155(1):33-8. doi: 10.7326/0003-4819-155-1-201107050-00005.
81. Razi R, Estrada JR, Doll J, Spencer KT. Bedside hand-carried ultrasound by internal medicine residents versus traditional clinical assessment for the identification of systolic dysfunction in patients admitted with decompensated heart failure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011 Dec;24(12):1319-24. doi: 10.1016/j.echo.2011.07.013
82. Olesen LL, Andersen A, Thaulow S. Hand-held echocardiography is useful for diagnosis of left systolic dysfunction in an elderly population. *Dan Med J*. 2015 Jul;62(7).

83. Andersen GN, Haugen BO, Graven T, Salvesen Ø, Mjølstad OC, Dalen H. Feasibility and reliability of point-of-care pocket-sized echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011 Sep;12(9):665–70. doi: 10.1093/ejechocard/jer108. Epub 2011 Aug 2.
84. Mjølstad OC, Andersen GN, Dalen H, Graven T, Skjetne K, Kleinau JO, et al. Feasibility and reliability of point-of-care pocket-size echocardiography performed by medical residents. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013 Dec;14(12):1195-202. doi: 10.1093/ehjci/jet062
85. Biais M, Carrié C, Delaunay F, Morel N, Revel P, Janvier G. Evaluation of a new pocket echoscopic device for focused cardiac ultrasonography in an emergency setting. *Crit Care.* 2012 May 14;16(3):R82. doi: 10.1186/cc11340
86. Amiel JB, Grümman A, Lhéritier G, Clavel M, François B, Pichon N, et al. Assessment of left ventricular ejection fraction using an ultrasonic stethoscope in critically ill patients. *Crit Care.* 2012 Feb 15;16(1):R29. doi: 10.1186/cc11198.
87. Panoulas VF, Daigeler AL, Malaweera ASN, Lota AS, Baskaran D, Rahman S, et al. Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013 Apr;14(4):323–30. doi: 10.1093/ehjci/jes140
88. 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. *Adv Med Sci.* 2013;58(1):67-72. doi: 10.2478/v10039-012-0054-2
89. Cullen MW, Blauwet LA, Vatury OM, Mulvagh SL, Behrenbeck TR, Scott CG, et al. Diagnostic capability of comprehensive handheld vs transthoracic echocardiography. *Mayo Clin Proc.* 2014;89(6):790–8. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.12.016
90. Stokke TM, Ruddox V, Sarvari SI, Otterstad JE, Aune E, Edvardsen T. Brief group training of medical students in focused cardiac ultrasound may improve diagnostic

- accuracy of physical examination. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014 Nov;27(11):1238-46. doi: 10.1016/j.echo.2014.08.001
91. Ruddox V, Stokke TM, Edvardsen T, Hjelmæsæth J, Aune E, Bækkevar M, et al. The diagnostic accuracy of pocket-size cardiac ultrasound performed by unselected residents with minimal training. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2013 Dec;29(8):1749–57. doi: 10.1007/s10554-013-0278-7
92. López-Palmero S, Bolívar-Herrera N, López-Lloret G, Merchán-Ortega G, Macancela-Quiñones JJ, López-Martínez G. Diagnostic utility of handheld ultrasonography as an extension of the physical examination of patients with heart failure. *Rev Clin Esp (Engl Ed).* 2015 May;215(4):204–10. doi: 10.1016/j.rce.2015.01.015
93. Akrami K, Coletta J, Mehta S, Fierer J. Gordonia sternal wound infection treated with ceftaroline: case report and literature review. *JMM Case Rep.* 2017 Sep 13;4(9):e005113. doi: 10.1099/jmmcr.0.005113
94. Mehta M, Jacobson T, Peters D, et al. Handheld ultrasound versus physical examination in patients referred for transthoracic echocardiography for a suspected cardiac condition. 2014 Oct;7(10):983-90. doi: 10.1016/j.jcmg.2014.05.011
95. Neves PO, Andrade J, Monção H. Coronary anomalies: what the radiologist should know. *Radiol Bras.* 2015 Jul-Aug;48(4):233-41. doi: 10.1590/0100-3984.2014.0004
96. Ünlüer EE, Karagöz A, Akoğlu H, Bayata S. Visual estimation of bedside echocardiographic ejection fraction by emergency physicians. *West J Emerg Med.* 2014 Mar;15(2):221-6. doi: 10.5811/westjem.2013.9.16185
97. Khan HA, Wineinger NE, Uddin PQ, Mehta HS, Rubenson DS, Topol EJ. Can hospital rounds with pocket ultrasound by cardiologists reduce standard echocardiography? *Am J Med.* 2014;127(7):669.e1-669.e7. doi: 10.1016/j.amjmed.2014.03.015
98. Johnson BK, Tierney DM, Rosborough TK, Harris KM, Newell MC. Internal medicine point-of-care ultrasound assessment of left ventricular function correlates

- with formal echocardiography. *J Clin Ultrasound*. 2016 Feb;44(2):92-9. doi: 10.1002/jcu.22272
99. Gulič TG, Makuc J, Prosen G, Dinevski D. Pocket-size imaging device as a screening tool for aortic stenosis. *Wien Klin Wochenschr*. 2016 May;128(9-10):348-53. doi: 10.1007/s00508-015-0904-6
100. Bhavnani SP, Sola S, Adams D, Venkateshvaran A, Dash PK, Sengupta PP, et al. A Randomized Trial of Pocket-Echocardiography Integrated Mobile Health Device Assessments in Modern Structural Heart Disease Clinics. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018 Apr;11(4):546-557. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.06.019
101. Moulson N, Jaff Z, Wiltshire V, Taylor T, O'Connor HM, Hopman WM, et al. Feasibility and Reliability of Nonexpert POCUS for Cardiovascular Preparticipation Screening of Varsity Athletes: The SHARP Protocol. *Can J Cardiol*. 2019 Jan;35(1):35-41. doi: 10.1016/j.cjca.2018.11.003
102. Nilsson G, Söderström L, Alverlind K, Samuelsson E, Moee T. Hand-held cardiac ultrasound examinations performed in primary care patients by nonexperts to identify reduced ejection fraction. *BMC Med Educ*. 2019 Jul 25;19(1):282. doi: 10.1186/s12909-019-1713-9
103. Wejner-Mik P, Kasprzak JD, Filipiak-Strzecka D, Miśkowiec D, Lorens A, Lipiec P. Personal mobile device-based pocket echocardiograph—The diagnostic value and clinical utility. *Adv Med Sci*. 2019 Mar;64(1):157-161. doi: 10.1016/j.advms.2018.11.003
104. Aldaas OM, Igata S, Raisinghani A, Kraushaar M, DeMaria AN. Accuracy of left ventricular ejection fraction determined by automated analysis of handheld echocardiograms: A comparison of experienced and novice examiners. *Echocardiography*. 2019 Dec;36(12):2145-2151. doi: 10.1111/echo.14546
105. Rana S, Shrestha BK, Pant C, Adhikari S, Regmi S. Left ventricle ejection fraction estimation by point of care echocardiography in patients admitted in intensive care unit. *J Chitwan Med Coll*. 2020 Mar 15;10(1):54–7. doi: <https://doi.org/10.54530/jcmc.120>

106. Lafon T, Appert A, Hadj M, Bigrat V, Legarcon V, Claveries P, et al. Comparative early hemodynamic profiles in patients presenting to the emergency department with septic and nonseptic acute circulatory failure using focused echocardiography. *Shock*. 2020 Jun 1;53(6):695–700. doi: 10.1097/SHK.0000000000001449
107. Bustam A, Azhar MN, Veriah RS, Arumugam K, Loch A. Performance of emergency physicians in point-of-care echocardiography following limited training. *Emerg Med J*. 2014;31(5):369–73. doi: 10.1136/emmermed-2012-201789
108. Cohen J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educ Psychol Meas*. 1960 Apr 2;20(1):37–46. doi: doi/10.1177/001316446002000104
109. Byrt T, Bishop J, Carlin JB. Bias, prevalence and kappa. *J Clin Epidemiol*. 1993 May;46(5):423–9. doi: 10.1016/0895-4356(93)90018-v
110. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986 Feb 8;1(8476):307–10.
111. Giavarina D. Understanding Bland Altman analysis. *Biochem Med (Zagreb)*. 2015 Jun 5;25(2):141-51. doi: 10.11613/BM.2015.015
112. Albaroudi B, Haddad M, Albaroudi O, Abdel-Rahman ME, Jarman R, Harris T. Assessing left ventricular systolic function by emergency physician using point of care echocardiography compared to expert: systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med*. 2022 Feb 1;29(1):18-32. doi: 10.1097/MEJ.0000000000000866
113. Ellenberger K, Jeyaprakash P, Sivapathan S, Sangha S, Kitley J, Darshni A, et al. The Effect of Obesity on Echocardiographic Image Quality. *Heart Lung Circ*. 2022 Feb;31(2):207-215. doi: 10.1016/j.hlc.2021.06.525
114. Sağlam C, Ünlüer EE, Yamaoğlu NGÇ, Kara PH, Ediboğlu E, Bektaşlı R, et al. Accuracy of Emergency Physicians for Detection of Regional Wall Motion Abnormalities in Patients With Chest Pain Without ST-Elevation Myocardial Infarction. *J Ultrasound Med*. 2021 Jul;40(7):1335-1342. doi: 10.1002/jum.15513

ANEXO 1. Análisis detallado de los estudios publicados evaluando la ecografía de bolsillo con fecha anterior al desarrollo de este trabajo.

AUTOR/ REVISTA/ AÑO	n	DISEÑO	OPERADORES	POBLACIÓN DE ESTUDIO	TECNOLOGÍA	OBJETIVO	FEVI	TIEMPOS
Bruce Am Heart J 2001	374	Prospectivo	ECCO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores expertos e inexpertos	Pacientes ambulatorios con una ECO realizado en las dos semanas previas por diferentes motivos.	Sonoheart, Sonosite Inc., Bothell, Washington and Optigo, Philips, Andover, Massachussetts	Utilidad de la ECO de bolsillo efectuada por operadores con diferente nivel de experiencia en diferentes escenarios clínicos comparado con la ECO estándar	FEVI visual graduada (<40, 40-54, 54-70, >70) No se evaluaron las ASC.	ECCO estándar las dos semanas previas. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue 5.1 ± 2.3
Kimura AHJ 2001	124	Prospectivo	ECCO estándar realizado durante el ingreso solo si indicado (n=36). ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada e interpretado por expertos (n= 124).	Pacientes del departamento de urgencias bajo sospecha de enfermedad cardíaca	Sanas 1000	Utilidad del screening con ECO de bolsillo en pacientes atendidos en urgencias con sospecha de enfermedad cardíaca.	FEVI visual binaria (normal o anormal con punto de corte 45%). No se evaluaron las ASC.	ECCO realizado en caso de considerarse indicado durante el ingreso. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

<p>Vignon ICM 2003</p>	55	Prospectivo	Operadores expertos aleatorizados al ECO estándar o al ECO de bolsillo	Pacientes ingresados en una unidad de medicina intensiva con indicación de ECO	SonoHeart Elite, SonoSite, Bothell, WA	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo en pacientes críticos comparado con la ECO estándar.	FEVI visual binaria (normal o anormal) No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos (realizados en menos de 30 minutos). El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
<p>Vourvori TEJHG 2003</p>	88	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizado por operadores expertos	Pacientes ambulatorios con indicación de ECO por sospecha de disfunción ventricular	SonoHeart/ Optigo	Evaluación de la capacidad de la ECO de bolsillo de detectar disfunción ventricular	FEVI visual binaria (normal o anormal con punto de corte 40%). No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
<p>DeCara Eur J Echo 2003</p>	300	Randomizado	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada o por operadores expertos	Pacientes ambulatorios e ingresados con indicación de ECO	Optigo	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo realizada por operadores expertos o con formación limitada	FEVI visual (normal o disfunción \geq ligera). No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

			(randomizado)						
Fedson JASE 2003	103	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ingresados con indicación de ECO	Optigo	Evaluación de la capacidad de la ECO de bolsillo en manos de operadores con formación limitada de identificar patología cardiovascular comparado la ECO estándar.	No se evaluaron las FEVI visual binaria (normal o anormal) ASC.	El intervalo de tiempo entre estudios fue de una semana. La duración máxima permitida para realizar el estudio con el aparato de bolsillo fue de 5 -10 minutos.	
Galasko Eur J Echocard 2003	562	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizado por operadores expertos.	Sujetos ambulatorios participantes en un estudio de screening de insuficiencia cardiaca	Optigo	Evaluación de la capacidad de detección de disfunción VI de los aparatos de ECO de bolsillo	FEVI con ECO estándar: método modificado de Simpson FEVI con ECO de bolsillo: Visual vs Simpson No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.	
Alexander AHJ 2004	537	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos.	Pacientes ambulatorios con una ECO programado en las siguientes 24h.	Optigo	Evaluación de la capacidad de operadores con entrenamiento limitado para hacer	FEVI visual binaria (con intervalo $\pm 5\%$) No se evaluaron las	Estudios consecutivos realizados en <24 h.	

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

			ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada			diagnósticos con ECO de bolsillo	ASC	El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Xie Cin Cardiol 2004	100	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizado por operadores expertos	Pacientes ingresados con indicación de telemetría.	SonoHeart	Evaluación de la capacidad de detección de información relevante con un aparato de ECO de bolsillo	FEVI visual binaria (con punto de corte en 50%) No se evaluaron las ASC	Estudios consecutivos realizados en <48 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue 5.04 ± 1.21 minutos
Kobal AJC 2005	61	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada (estudiantes de medicina)	Pacientes ambulatorios con cardiopatía conocida	Optigo	Evaluación de la capacidad diagnóstica de estudiantes de medicina con ECO de bolsillo en el diagnóstico de patología cardiovascular.	FEVI visual binaria (con punto de corte en 40%) No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos realizados en <4 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Ghani J I C Electrophys	80	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores	Pacientes ambulatorios derivados a la	Opúgo	Evaluación la utilidad de la ECO de bolsillo para	FEVI visual binaria (con punto de corte en 40%)	Estudios consecutivos.

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

s 2006			expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	consulta de marcapasos para valorar la indicación de terapia de resincronización cardiaca		determinar la FEVI en una consulta de marcapasos	No se evaluaron las ASC.	El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Kirkpatrick EJE 2007	49	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ambulatorios derivados a una consulta de neumología para realizar Pruebas Funcionales Respiratorias	Opúgo	Evaluación de la capacidad de la ECO de bolsillo para detectar disfunción VI en pacientes derivados para Pruebas Funcionales Respiratorias	No se evaluaron las ASC.	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. La duración máxima permitida para realizar el estudio con la ECO de bolsillo fue de 5 minutos.
Martin The AJM 2009	354	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ingresados con una ECO programado en las siguientes 24h	SonoSite, Bothell	Evaluación de la utilidad de añadir la ECO de bolsillo a la exploración física convencional.	FEVI visual graduada (normal, ligera/moderada/severa) No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 13 minutos.
Lucas	332	Prospectivo	ECO estándar realizado por	Pacientes ingresados.	No definido	Evaluación la capacidad	FEVI visual binaria	Estudios consecutivos

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

JHM 2009			operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada			diagnóstica de la ECO de bolsillo realizada por operadores con formación limitada.	(normal, anormal) No se evaluaron las ASC.	realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Melamed CHEST 2009	44	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ingresados con indicación de ECO.	Sonosite	Evaluación de la capacidad de médicos intensivistas con formación limitada en ecocardiografía de determinar la FEVI con una ECO de bolsillo.	FEVI visual binaria (normal, anormal) No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos realizados en <2 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de menos de 10 minutos.
Liebo Ann IntMed. 2011	97	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizado por operadores expertos	Pacientes ingresados y ambulatorios con indicación de ECO.	VSCAN	Evaluación de la capacidad de la ECO de bolsillo de identificar patología cardiovascular.	FEVI visual binaria (normal, anormal) Se evaluaron las ASC de manera binaria (presente o ausente)	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. La duración máxima permitida para realizar el estudio con la ECO de bolsillo fue de 5 minutos.
Razi R	50	Prospectivo	ECO estándar	Pacientes ingresados	VSCAN	Evaluación de la	FEVI visual binaria	Intervalo de tiempo

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

JASE 2011			realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	por insuficiencia cardiaca		capacidad de la ECO de bolsillo realizada por residentes de medicina interna con formación limitada para detectar disfunción ventricular izquierda.	(con punto de corte en 40%) para la ecografía de bolsillo; método modificado de Simpson para la ECO estándar No se evaluaron las ASC.	entre estudios desconocido. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Lucas AJM 2011	210	Ensayo clínico aleatorizado de superioridad paralelo no ciego	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ingresados con indicación de ECO.	No definido	Diferencia en la duración de la estancia hospitalaria entre los pacientes manejados de manera estándar o realizando ECO de bolsillo	FEVI visual binaria (normal, anormal) No se evaluaron las ASC.	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Andersen EHJ 2011	196	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizados por operadores expertos	Pacientes ingresados con indicación de ECO.	VSCAN	Utilidad de la ECO de bolsillo en pacientes ingresados	FEVI con ECO estándar: método modificado de Simpson. FEVI con ECO de bolsillo: visual graduada (normal, disfunción VI ligera, disfunción VI	Estudios consecutivos realizados en <24 h (media 17.3h). La duración media en realizar la ECO de bolsillo fue 4.2

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

						moderada, disfunción VI severa)	minutos (2.3-13)	
Biais Crit Care 2012	151	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizados por operadores expertos	Pacientes atendidos en el departamento de urgencias con indicación de ECO.	VSCAN	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo frente a la ECO estándar en pacientes admitidos en urgencias	Método modificado de Simpson tanto para la ECO de bolsillo como para la ECO estándar No se evaluaron las ASC	Estudios consecutivos realizados en <30 min El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Aniel Crit Care 2012	94	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por dos operadores con formación avanzada en POCUS en el paciente crítico	Pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos.	VSCAN	Evaluación de la capacidad de la ECO de bolsillo para cuantificar la FEVI en comparación con la ECO estándar. ECO estándar: método modificado de Simpson ECO de bolsillo: FEVI visual graduada (aumentada o >75%, normal 65-75%, disfunción moderada o 30-49% o disfunción severa)	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue 201 ± 107 segundos	

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Panoulas EHJ 2012	122	Prospectivo	ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada (estudiantes de medicina)	No se realizó control con ECO estándar.	Pacientes ingresados en cardiología o en el departamento de urgencias.	VSCAN	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo en manos de operadores con formación limitada (estudiantes de medicina)	FEVI visual graduada (normal o 50-75%, disfunción ligera o 45-54%, disfunción moderada o 36-44% o disfunción severa <35%)	No se evaluaron las ASC.	No se realizó control. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.			
FilipiaksStr zeckAD AMS 2013	120	Randomizado. 4 grupos: A y B (pacientes ingresados, operador estudiante); C (pacientes ingresados, operador experto); y D	ECO estándar realizado por operadores expertos.	ECO de bolsillo realizado por operados expertos o por estudiantes (aleatorio).	90 pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos y 30 pacientes ambulatorios con indicación de ECO.	Acuson P10	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo realizada por operadores expertos y por estudiantes	FEVI visual graduada (normal >60%, disfunción VI moderada 40-60%, disfunción VI severa <40%)	Se evaluaron las ASC de manera binaria (presente o ausente)	Estudios consecutivos realizados en <24 h. Los tiempos medios fueron: A 6.3 ± 1.5 minutos B 5.4 ± 1.1 minutos C 2.8 ± 1.2 minutos			

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

		(pacientes ambulatorios, operador estudiante).							D 4.7 ± 1.1 minutos
Cullen Mayo Clin Proc 2013	190	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado e interpretado por operadores diferentes, ambos expertos.	Pacientes ambulatorios con indicación de ECO.	VSCAN	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo frente a la ECO estándar cuando se realiza y evalúa por operadores expertos	Estimación cuantitativa de la FEVI con el método de Quinonas. Se evaluaron las ASC con el modelo de 16 segmentos	Estudios consecutivos. La duración media en realizar la ECO de bolsillo fue 8 minutos y 12 segundos.	
Mjølstad EHJ 2013	199	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos (186). ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada (199).	Pacientes ingresados con indicación de realización de una ECO,	VSCAN	Evaluación el papel diagnóstico de la ECO de bolsillo realizada por residentes de medicina interna con formación limitada	FEVI visual graduada (normal/casi normal >45%, disfunción moderada o 30-45% o disfunción severa <30%) Se evaluaron las ASC de manera binaria (presente o ausente)	Estudios consecutivos realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 5.7 (1.6-19.9) minutos	

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

<p>Ruddox ICJI 2013</p>	<p>303</p>	<p>Prospectivo</p>	<p>ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada.</p>	<p>Pacientes ingresados con indicación de realización de una ECO.</p>	<p>VSCAN</p>	<p>Evaluación del papel diagnóstico de la ECO de bolsillo realizada por residentes de medicina interna con formación limitada</p>	<p>FEVI visual binaria (con punto de corte en 40%) No se evaluaron las ASC.</p>	<p>Estudios consecutivos realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 8.3 minutos</p>
<p>Stokke JASE 2014</p>	<p>72</p>	<p>Prospectivo</p>	<p>ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada.</p>	<p>Pacientes ambulatorios con indicación de realización de una ECO.</p>	<p>VSCAN</p>	<p>Evaluación del papel diagnóstico de la ECO de bolsillo realizada por residentes de estudiantes de medicina con formación limitada</p>	<p>ECO estándar: método modificado de Simpson ECO de bolsillo: FEVI visual graduada (normal, disfunción moderada o disfunción severa) con el aparato de bolsillo;</p>	<p>Media de tiempo entre estudios de 0 días (0-4). El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 17 ± 6 minutos</p>
<p>Lopez- Palmero Rev Clin</p>	<p>212</p>	<p>Prospectivo</p>	<p>ECO estándar realizado por operadores</p>	<p>Pacientes ingresados en una planta de medicina interna con</p>	<p>VSCAN</p>	<p>Evaluación del papel diagnóstico de la ECO de bolsillo</p>	<p>FEVI visual binaria (normal o anormal).</p>	<p>Estudios consecutivos realizados en <24 h.</p>

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Esp 2014			expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	presunto diagnóstico de insuficiencia cardíaca.		realizada por especialista en medicina interna en el diagnóstico de insuficiencia cardíaca	No se evaluaron las ASC.	El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 4.92 ± 0.52 minutos
Mehra JACC 2014	250	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizados por operadores expertos.	Pacientes ingresados con indicación de realización de una ECO.	VSCAN	Evaluación del papel de la ECO de bolsillo en la mejora diagnóstica de pacientes con sospecha de enfermedad cardiovascular	No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos realizados en <24 h El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Neves Mancuso Arq Bras Cardiol 2014	28	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizados por operadores expertos. Sólo se realizaron 28 controles.	Pacientes sin cardiopatía conocida atendidos en el departamento de urgencias bajo sospecha de enfermedad cardiológica	VSCAN	Evaluación del papel adicional de la ECO de bolsillo a la historia clínica y exploración en urgencias	FEVI visual binaria (normal o anormal). Se evaluaron las ASC de manera binaria (presente o ausente)	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Ünlüer WestJEM 2014	133	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo	Pacientes atendidos en el departamento de urgencias por disnea.	VSCAN	Comparación de la estimación visual de la FEVI con ECO de bolsillo frente a la estimación mediante	FEVI visual binaria (normal o anormal). No se evaluaron las	Estudios consecutivos realizados en <2 h

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

			realizado por operadores con formación limitada			método modificado de Simpson con ECO estándar	ASC.	El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Khan Am J Med 2014	240	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos (III ASE). ECO de bolsillo realizado por operadores con formación moderada (II ASE)	Pacientes ingresados con indicación de ECO.	VSCAN	Evaluación de la utilidad global de la ECO de bolsillo.	FEVI visual graduada (normal o >55%, disfunción moderada o 35-55% o disfunción severa <35%) No se evaluaron las ASC.	Estudios consecutivos realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 6.3 ± 1.5 minutos
Bustam Emerg Med J 2014	100	Prospectivo	ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada. Comparación del índice de acuerdo entre ellos (no se realizó control con ECO estándar)	Pacientes atendidos en el departamento de urgencias con evidencia o no de patología cardiovascular.	Logiq-e	Evaluación de la capacidad de especialistas de urgencias con formación limitada de realizar e interpretar ECO de bolsillo en el departamento de urgencias	FEVI visual graduada (normal o >50%, disfunción moderada o 30-50% o disfunción severa <30%) No se evaluaron las ASC.	No se realizaron estudios de control con ECO estándar. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Olesen DMJ	260	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo realizados por	Pacientes ambulatorios de >75 años con o sin	VSCAN	Evaluación de la capacidad y seguridad de la ECO	FEVI visual graduada (>50%, 50-40% <40%, no	Estudios consecutivos

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

2015			operadores expertos.	patología cardiológica conocida.		de bolsillo en el screening de disfunción VI en población anciana	valorable) No se evaluaron las ASC	realizados en <1 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 10 minutos
Johnson JCU 2015	178	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ingresados en una planta de medicina interna con indicación de ECO.	Sonosite NanoMaxx EDGE	Evaluación del acuerdo en la estimación de la FEVI entre especialistas en medicina interna y ecocardiografistas expertos en una población complicada	FEVI visual graduada (normal, disfunción ligera/moderada o disfunción severa) No se evaluaron las ASC	Tiempo medio entre estudios 19 h (5 minutos - 47 h). El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Gulic TG CEJMed 2015	200	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ambulatorios con soplo reciente diagnosticado	VSCAN	Evaluación de la capacidad de la ECO de bolsillo realizada por operadores con formación limitada para detectar estenosis aórtica en pacientes con soplo	FEVI visual graduada (normal >50% disfunción ligera a moderada 31-49% o disfunción severa <30%) No se evaluaron las ASC	Estudios consecutivos realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Bhavnani	139	Randomizado	ECO estándar	Pacientes	VSCAN	Evaluación de la	FEVI visual binaria	Estudios

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

SP JACC 2017			realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	ambulatorios con cardiopatía reumática conocida.		ECO de bolsillo de reducir el tiempo hasta el tratamiento y mejorar el pronóstico a largo plazo en pacientes con cardiopatía reumática.	(con punto de corte en 55%) No se evaluaron las ASC.	consecutivos realizados en <24 h.
Moulson CJC 2019	50	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Screening en una población de referencia (pacientes ingresados y ambulatorios)	VSCAN	Utilidad de la ECO de bolsillo para descartar cardiopatía estructural en atletas jóvenes	No se evaluaron las ASC.	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo fue de 11.42 ± 3.11 minutos.
Nilsson BM9 2014	100	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores con formación limitada	Pacientes ambulatorios con indicación de ECO.	VSCAN	Evaluación de la capacidad diagnóstica de la ECO de bolsillo en la identificación de pacientes con disfunción VI	FEVI visual graduada (normal o >50%, reducida <50% o severamente reducida <30%) No se evaluaron las ASC	Estudios consecutivos realizados en <24 h. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió.
Wejner-	87	Prospectivo	ECO estándar y ECO de bolsillo	Pacientes ambulatorios (34) y,	Philips Lumify	Evaluación la capacidad	FEVI visual graduada (normal,	Estudios consecutivos

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Mik ADVMS 2019			realizados por operadores expertos.	pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos (53) con indicación de ECO.		diagnóstica de la ECO de bolsillo frente a la ECO estándar	disfunción ligera, disfunción moderada o disfunción severa)	realizados en <18 h.
Aldaas Echo 2019	70	Prospectivo	ECO estándar realizado por operadores expertos. ECO de bolsillo realizado por operadores expertos e inexpertos	Pacientes con ECO estándar previo.	VSCAN	Utilidad de la ECO de bolsillo para evaluar la FEVI haciendo uso de un software de cuantificación automático	FEVI evaluada con un software automático	Intervalo de tiempo entre estudios desconocido. El tiempo medio empleado en realizar la ECO de bolsillo no se recogió
Rana JCMC 2020	52	Descriptivo transversal	ECO de bolsillo realizado por operados con formación limitada. No control con ECO estándar	Pacientes ingresados en una unidad de cuidados intensivos con indicación de ECO.	M- Turbo Sonosite Ultrasound system	Correlación entre la valoración visual de la FEVI con POCUS mediante un aparato de bolsillo y el método modificado de Simpson y modo M en el parasternal eje largo	FEVI visual graduada (normal >55%, disfunción ligera 45-54%, disfunción moderada 30-44% o disfunción severa <30%)	No se realizó ECO estándar de control. Se compararon diferentes métodos de estimación de la FEVI con el mismo ecógrafo de bolsillo

ANEXO 2. Análisis detallado de los estudios publicados con fecha anterior al desarrollo de este trabajo evaluando la ecografía de bolsillo en el contexto específico de operadores con formación limitada.

ESTUDIO (autor)	OPERADORES	POBLACIÓN	TECNOLOGÍA	OBJETIVO	FEVI	ANÁLISIS	TIEMPOS
Martin	ECO de bolsillo: 10 especialistas en medicina interna. Formación: 5 ECOS + 6h de teoría + acceso a un CD-ROM con casos.	354 pacientes ingresados con indicación de ECO.	ECO de bolsillo: Sonosite ECO portátil: no especificado	Utilidad diagnóstica de la ECO de bolsillo en manos de operadores no expertos (no evaluación específica de la FEVI)	FEVI categorizada como normal, disfunción ligera, disfunción moderada, o disfunción severa. No se evaluaron las ASC.	% de coincidencia: Exacta (59%) y en ± 1 categoría (88%).	Intervalo de tiempo entre estudios de <24h Tiempo medio de realización de la ECO de bolsillo: 13 minutos

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

Mjolstad	ECO de bolsillo: 6 Residentes de medicina interna. Formación: Teoría + librería virtual de casos + 3 meses en un laboratorio de imagen	199 pacientes atendidos en urgencias por diferentes motivos.	ECO de bolsillo: Vscan ECO portátil: Vivid 7	Utilidad diagnóstica de la ECO de bolsillo en manos de operadores no expertos (no evaluación específica de la FEVI)	FEVI categorizada como normal o casi normal (>45%), disfunción moderada (30-45%), o disfunción severa (<30%) Se evaluaron las ASC de forma binaria (Presentes/ausentes)	Rho Spearman: ≥ 0.83 para la FEVI 0.6 para la presencia de ASC	Intervalo de tiempo entre estudios de <24h Tiempo medio de realización de la ECO de bolsillo: 5.7 minutos
Khan	ECO de bolsillo: II ASE ECO estándar: III ASE	240 pacientes ingresados con indicación de ECO.	ECO de ECO de bolsillo: Vscan ECO portátil: Philips iE33	Utilidad diagnóstica de la ECO de bolsillo en manos de operadores con formación moderada (no)	FEVI categorizada como normal (>55%), disfunción moderada (35-55%), o disfunción severa (<35%)	% de acuerdo global (incluyendo todos los factores evaluados): 85% % ASC no identificadas: 5.4%	Intervalo de tiempo entre estudios de <24h Tiempo medio de realización de la ECO de bolsillo: 6.3 minutos

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

				evaluación específica de la FEVI)	Se evaluaron las ASC de forma binaria (Presentes/ausentes)	% disfunción no identificada: 2.1%	
Johnson	<u>ECO de bolsillo: Residentes de medicina interna.</u> Formación: Curso específico de POCUS de 40h + 40 ECOS <u>ECO estándar:</u> ≥ II ASE	178 pacientes ingresados con indicación de ECO.	<u>ECO de ECO de bolsillo: Sonosite</u> <u>ECO portátil:</u> Siemens C512 Sequoia, Siemens SC2000, Philips iE33, GE Vivid I or GE Vivid 7.	Acuerdo en la estimación de la FEVI de la ECO de bolsillo ejecutado por operadores no expertos frente al ECO estándar (evaluación específica de la FEVI)	FEVI categorizada como normal (>50%), disfunción ligera a moderada (31-49%), disfunción severa (<30%) No se evaluaron las ASC.	Índice Kappa (0.77)	Intervalo de tiempo entre estudios de <48h Tiempo medio de realización de la ECO de bolsillo no recogido
Gulic	<u>ECO de bolsillo: 6 especialistas no cardiólogos.</u> 2 h de teoría + 20 ECOS.	200 sujetos ambulatorios con diagnóstico de	<u>ECO de ECO de bolsillo: Vscan</u> <u>ECO portátil:</u> Philips iE33	Capacidad de detección de estenosis aórtica de la ECO de	FEVI categorizada como ligera, moderada o severa (no se especifican)	Acuerdo en la prevalencia de disfunción (8/8)	Intervalo de tiempo entre estudios de <24h Tiempo

ECOGRAFÍA DE BOLSILLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA FEVI.

	<p><u>ECO estándar:</u> Cardiólogo experto (no especificado)</p>	soplo.		<p>bolsillo ejecutado por operadores no expertos (no evaluación específica de la FEVI)</p>	<p>rangos). No se evaluaron las ASC.</p>		<p>medio de realización de la ECO de bolsillo no recogido</p>
Nilsson	<p><u>ECO de bolsillo:</u> 3 residentes no cardiólogos. Formación: 36h de teoría y realización de 15 ECOS. <u>ECO estándar:</u> Cardiólogo experto (no especificado)</p>	<p>100 pacientes ambulatorios con insuficiencia cardiaca conocida o clínica sugestiva</p>	<p><u>ECO de ECO de bolsillo:</u> Vscan <u>ECO portátil:</u> Siemens Acuson S2000</p>	<p>Capacidad de detección de disfunción VI de la ECO de bolsillo ejecutado por operadores no expertos. (evaluación específica de la FEVI)</p>	<p>FEVI categorizada como normal (>50%), disfunción moderada (40-49%), disfunción severa (<40%), disfunción muy severa (<30%)</p>	<p>Índice Kappa (0.22)</p>	<p>Intervalo de tiempo entre estudios de <24h Tiempo medio de realización de la ECO de bolsillo no recogido</p>

Tabla 24. Población, operadores, aparatos, objetivo y análisis desglosado de los 6 estudios publicados hasta la fecha comparado ecografía de ECO de bolsillo ejecutada por operadores con formación limitada y ecografía estándar ejecutada por expertos en evaluación de la FEVI. ASC: Alteraciones Segmentarias de Contractilidad; ECO: Ecocardiograma; FEVI: Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo; POCUS: Ultrasonido en el Punto de Atención; Rho: Coeficiente de Correlación de Spearman.

**ANEXO 3. Artículo completo publicado en revista de impacto,
incluyendo los datos de este trabajo.**



Clinical comparison of a handheld cardiac ultrasound device for the assessment of left ventricular function

Andrea Teira Calderón^{1,2} · Molly Levine³ · Cristina Ruisánchez^{2,4} · David Serrano⁴ · Santiago Catoya⁴ · Miguel Llano⁴ · Piedad Lerena⁴ · José María Cuesta⁴ · Mónica Fernández-Valls^{2,4} · Francisco González Vilchez^{2,4} · Jose María de la Torre Hernández^{2,4} · Héctor M. García-García³ · Jose Antonio Vazquez de Prada^{2,4}

Received: 26 April 2023 / Accepted: 29 September 2023 / Published online: 26 October 2023
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2023

Abstract

Purpose Recently developed handheld ultrasound devices (HHUD) represent a promising method to evaluate the cardiovascular abnormalities at the point of care. However, this technology has not been rigorously evaluated. The aim of this study was to explore the correlation and the agreement between the LVEF (Left Ventricular Ejection Fraction) visually assessed by a moderately experienced sonographer using an HHUD compared to the routine LVEF assessment performed at the Echocardiography Laboratory.

Methods This was a prospective single center study which enrolled 120 adult inpatients and outpatients referred for a comprehensive Echocardiography (EC).

Results The mean age of the patients was 69.9 ± 12.5 years. There were 47 females (39.2%). The R-squared was $r = 0.94$ ($p < 0.0001$) and the ICC was 0.93 (IC 95% 0.91–0.95, $p \leq 0.0001$). The Bland-Altman plot showed limits of agreement (LOA): Upper LOA 10.61 and Lower LOA -8.95 . The overall agreement on the LVEF assessment when it was stratified as “normal” or “reduced” was 89.1%, with a kappa of 0.77 ($p < 0.0001$). When the LVEF was classified as “normal”, “mildly reduced”, “moderately reduced”, or “severely reduced,” the kappa was 0.77 ($p < 0.0001$). The kappa between the HHUD EC and the comprehensive EC for the detection of RWMA in the territories supplied by the LAD, LCX and RCA was 0.85, 0.73 and 0.85, respectively.

Conclusion With current HHUD, an averagely experienced operator can accurately bedside visual estimate the LVEF. This may facilitate the incorporation of this technology in daily clinical practice improving the management of patients.

Keywords Handheld Ultrasound Devices (HHUD) · Left ventricular ejection fraction (LVEF) · Regional Wall Motion Abnormalities (RWMA) · Point of Care Ultrasound

Introduction

Left ventricular ejection fraction (LVEF) is a relevant diagnostic and prognostic parameter used in the daily practice of cardiology [1, 2]. Echocardiography (EC) is the preferred technique for routine LVEF estimation because it is readily available and can be applied at the patient’s bedside. Recent technological advances have resulted in the development of handheld ultrasound devices (HHUD) with a high imaging quality, making them a legitimate portable technology that can be used in both in- and out-patient hospital settings, even in rural and remote areas. Although multiple studies have explored the capabilities of HHUD [3–48], the methodology has been heterogeneous, and its evaluation has not been thoroughly performed.

✉ Andrea Teira Calderón
andreateira@gmail.com

¹ Hospital Universitari i Politècnic La Fe, Valencia (Valencia), España

² Grupo de Investigación Cardiovascular, Instituto de Investigación Valdecilla (IDIVAL), Santander (Cantabria), España

³ Section of Interventional Cardiology, MedStar Washington Hospital Center, Washington, DC, United States

⁴ Department of Cardiology, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Av. de Valdecilla, 25, 39008 Santander, Cantabria, España

This study aims to compare the LVEF assessment performed by a moderately experienced cardiologist using a high-quality HHUD with the standard LVEF assessment performed at the Echocardiography Laboratory.

Methods

Study design and population

The present study was a prospective comparison between the standard LVEF estimation at the Echocardiography Laboratory (expert echocardiographers with high-end equipment) with that obtained by an averagely experienced operator with an HHUD. Eligible patients were all adult inpatients and outpatients referred for a comprehensive EC from June 2021 to December 2022 at the Echocardiography Laboratory at the “Hospital Universitario Marqués de Valdecilla” in Cantabria, Spain. The reference Echocardiography Laboratory performs an average of more than 9,500 comprehensive studies, with over 920 stress and over 500 TEE per year. The study patients were randomly selected depending on the working schedules of the single cardiology fellow performing the HHUD EC along a 16-month period. The indications for EC were broadly grouped under the 5 most common categories seen in an echocardiography laboratory: (1) Patients with coronary artery disease, (2) Patients with dyspnea or established diagnosis of heart failure, (3) Patients with murmurs or valve disease, (4) Patients with arrhythmias or prior history of stroke, and (5) Miscellaneous conditions. Because some patients were referred for more than one indication, each patient was assigned to the primary indication. Baseline characteristics of the patients that could impact the quality of the echocardiogram were extracted from the Electronic Medical Records. These included body mass index (BMI), smoking habits, prior history of chronic pulmonary obstructive disease (COPD), cardiac rhythm, prior history of thoracic surgery or TAVI, or the presence of an implanted cardiac electronic device. This study was conducted in accordance with Good Clinical Practices and with the Declaration of Helsinki. HHUD EC were performed as an extension of the comprehensive EC which waived the need for specific informed consent.

Echo studies

Comprehensive studies

The comprehensive ECs were performed by several echocardiography specialists with level III competence as defined by the ACC/AHA/ASE Advanced Training Statement on Echocardiography [49] at the Echocardiography

Laboratory during their daily routine. A Philips EPIQ CVx™ (Philips Healthcare, Amsterdam, The Netherlands) machine was used in this study. Temporal resolution was 40–60 Hz at 20 cm depth.

HHUD studies

All the HHUD ECs were performed by a single cardiology fellow with level II competence as defined by the ACC/AHA/ASE [49], i.e., more than 6 months of training. A Philips Lumify™ (Philips Healthcare, Amsterdam, The Netherlands) HHUD with a broad-bandwidth ultrasound probe (1.0 to 4.0 MHz) was used (Fig. 1). Temporal resolution was 35–40 Hz at 15 cm depth. The duration of the examination was recorded. The quality of the acquired images was subjectively estimated on a scale of 1–10 going from lowest to highest quality.

LVEF assessment

LVEF at the Echocardiography Laboratory was assessed using the visual (“eyeball”) semi-quantitation method following the usual routine of the different echocardiographers. Sonographers were allowed to perform additional postprocessing and quantification of the studies. HHUD EC’s LVEF was also directly estimated by visual semi-quantitation but no further off-line postprocessing or quantification was allowed. In both cases, LVEF was reported as a percentage. It was also stratified into normal or reduced; and further into normal, mildly reduced, moderately reduced, and severely reduced according to the latest ASE and EACI recommendations [50] (Fig. 2). Differences between sexes were also considered. For the analysis of Regional Wall Motion Abnormalities (RWMA), the left ventricle was divided into 17 segments and RWMA were categorized as present or absent according to the latest recommendations for the classification of territories supplied by each coronary artery (Left Anterior Descending Coronary artery, LAD; Left Circumflex Coronary Artery, LCX; Right Coronary Artery, RCA) [50].

Studies’ reproducibility

To eliminate potential evolutive changes in the status of the patients, the studies were performed immediately consecutive to each other. Operators were blinded to the results of the other study. Blood pressure (BP) and heart rate (HR) were recorded before each exam.

Statistical analysis

The continuous variables were summarized as mean and standard deviation, and the categorical data using absolute counts and proportions. Parametric Pearson correlation (r) and correlation plot were used for the continuous values to estimate the correlation between the analyzed groups. Intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated for the assessment of the reliability of these measurements. For the evaluation of parametric data, the inter-rater agreement Kappa test was used. In both cases, agreement was defined as moderate for 0.40 to 0.59, good for 0.60 to 0.79, and excellent for 0.80 or greater. Comparison between measurements were also assessed with Bland-Altman plots and limits of agreement. Quantitative variables were compared using Student t test and qualitative variables using χ^2 test, or Fisher exact test. The results were statistically significant when two-tailed $p < 0.05$. Statistical analyses were performed with IBM® SPSS® Statistics 21.

Results

A total of 120 patients referred for a comprehensive EC were randomly enrolled. The basal characteristics of the population and the EC indications are summarized in Table 1. Most of the ECs were performed on outpatients (75.0%). The mean age of the patients was 69.9 ± 12.5 years. There were 47 females (39.2%).

The mean study time with the HHUD EC was 5.0 ± 2.1 min. No significant differences in the BP or HR between exams were found (Table 2). As little as 15.0% of the studies were rated as poor (less than 5 on a 1–10 scale), 60.8% as of moderate quality (5 to 7 on a 1–10 scale), and 24.2% as good quality (more than 8 on a 1–10 scale). The mean punctuation was 7.0 (Range: 2–10) (Fig. 3).

A positive correlation for HHUD EC and comprehensive EC was found (r 0.94, $p < 0.0001$) with an ICC of 0.93 (IC 95% 0.91–0.95, $p \leq 0.0001$) (Fig. 4). The agreement as illustrated by the Bland-Altman plot (Fig. 5) showed narrow limits of agreement (LOA): Upper LOA 10.61 and Lower LOA -8.95 . The overall agreement on the LVEF assessment when it was stratified as “normal” or “reduced” was 89.1%, with a kappa of 0.77 ($p < 0.0001$) (Table 3). When the LVEF was classified as “normal”, “mildly reduced”,

Table 1 Basal characteristics of the population

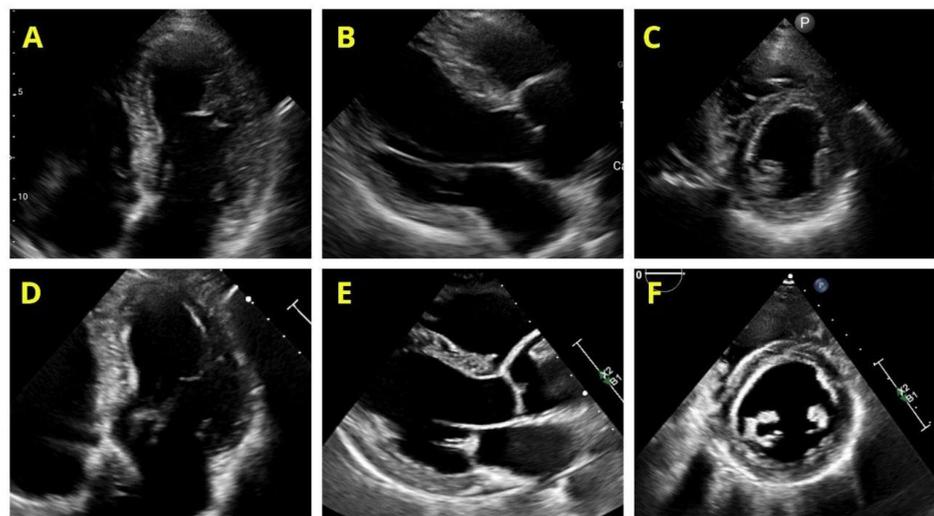
Baseline Characteristics	n = 120.0
Male, n (%)	73.0 (60.8)
Age (years), mean \pm SD, median (min- max)	69.9 ± 12.5 , 70.9 (38.0–94.0)
BMI (kg/m^2), mean \pm SD (min- max)	27.9 ± 6.0 (15.8–71.6)
Smoking habit, n (%)	Nonsmoker 66.0 (55.0) Smoker 14.0 (11.7) Ex-smoker 40.0 (33.3)
COPD, n (%)	9.0 (7.5)
Rhythm, n (%)	Sinusal 93.0 (77.5) AF/Flutter 17.0 (14.2) Bundle branch block 5.0 (4.2) Pacemaker 5.0 (4.2)
Prior history of cardiac surgery, n (%)	Total 13.0 (10.8) - CABG 1.0 (7.7) - BVR 5.0 (38.5) - MVR 3.0 (23.1) - Other 4.0 (30.8)
TAVI, n (%)	3.0 (2.5)
Pacemaker or ICD patients, n (%)	9.0 (7.5)
Admitted patients, n (%)	17.0 (14.2)
Indication for echocardiogram	n = 120.0
Chest pain or established coronary artery disease, n (%)	18.0 (15)
Dyspnea or established diagnosis of heart failure, n (%)	26.0 (21.7)
Murmurs or valve disease, n (%)	39.0 (32.5)
Arrhythmias or prior history of stroke, n (%)	14.0 (11.7)
Miscellaneous conditions, n (%)	23.0 (19.1)

SD: Standard Deviation; BMI: Body Mass Index; COPD: Chronic Pulmonary Obstructive Disease; TAVI: Transcatheter Aortic Valve Implantation; ICD: Implantable Cardioverter Defibrillator; CABG: Coronary Artery Bypass Grafting; BVR: Biological Valve Replacement; MVR: Mechanical Valve Replacement

Fig. 1 Philips Lumify™ (Philips Healthcare, Amsterdam, The Netherlands) HHUD with a broad-bandwidth ultrasound probe (1.0 to 4.0 MHz).



Fig. 2 Parasternal long-axis, parasternal short-axis and four chamber views from the same standardized patient are shown from the Lumify™ (A, B, C), and Philips EPIQ CVx™ (D, E, F)



Outcomes

The primary outcome was to explore the correlation and the agreement between the LVEF visually assessed by a moderately experienced sonographer using an HHUD compared to the routine LVEF assessment performed at the

Echocardiography Laboratory by experienced cardiologists using a high-end EC device. The secondary outcome was to evaluate the kappa in the identification of RWMA in that same clinical context.

Table 2 Comparison between BP and HR between exams

	Mean	SD	Mean difference	SD	p
SBP before formal EC (mmHg)	123.0	18.9	1.9	11.0	0.065
SBP before HHUD EC (mmHg)	121.1	19.6			
DBP before formal EC(mmHg)	68.9	11.6	-0.1	6.7	0.870
DBP before HHUD EC(mmHg)	69.0	11.5			
h before formal EC(mmHg)	72.7	14.8	0.7	6.2	0.250
h before HHUD EC(mmHg)	72.1	14.8			

SBP: Systolic Blood Pressure; DBP: Diastolic Blood Pressure; HR: Heart Rate; SD: Standard Deviation

Fig. 3 Quality of the HHUD EC when subjectively assessed by an average experienced operator on a scale of 1–10

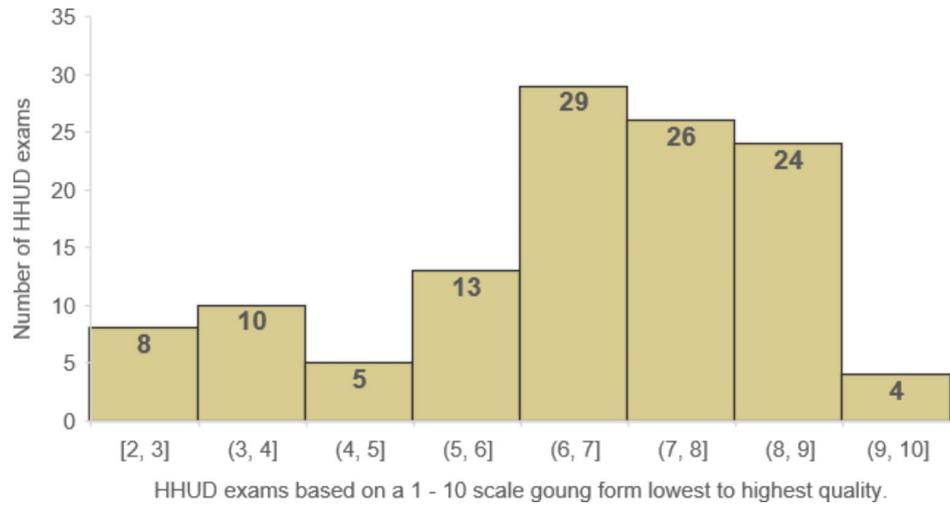


Fig. 4 Correlation plot showing a positive correlation for HHUD EC (X axis) and comprehensive EC (Y axis) ($r\ 0.935$, $p < 0.0001$)

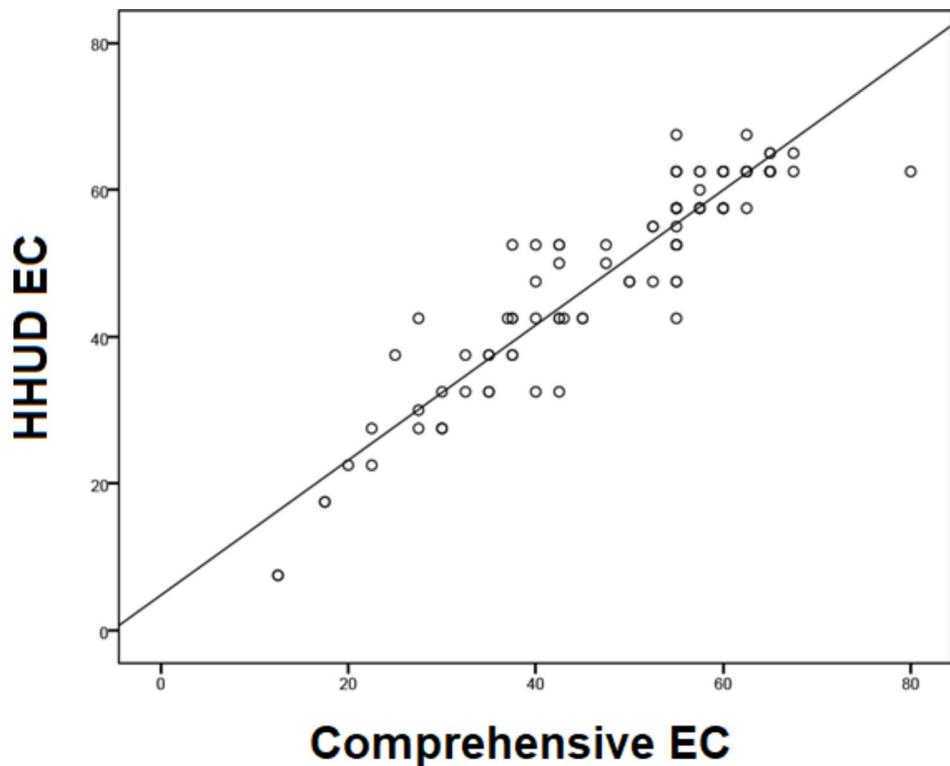


Fig. 5 Bland-Altman Plot showing limits of agreement of -8,95 to 10,61. LOA: Limit of agreement

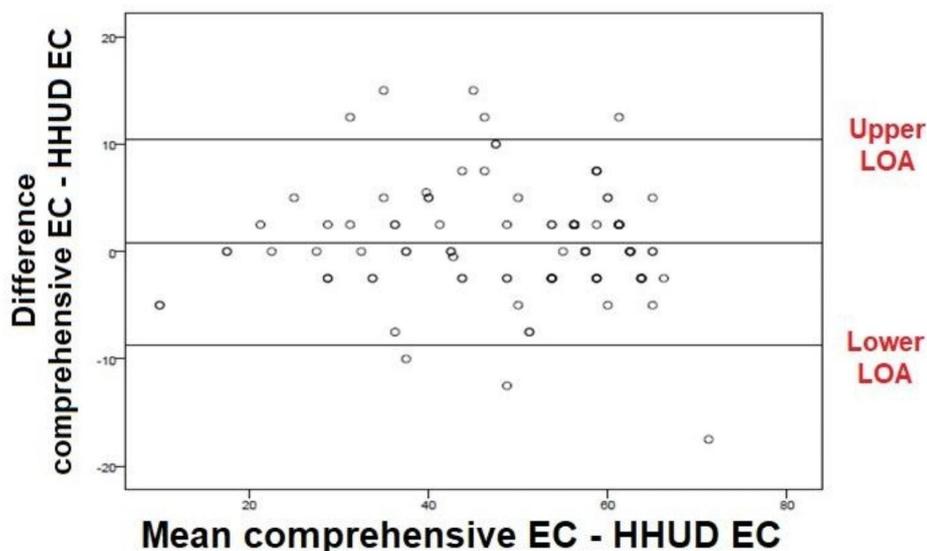


Table 3 Evaluation of the inter-rater agreement in the assessment of LVEF as “normal” of “reduced” using a kappa test

HHUD EC	COMPREHENSIVE EC		
	Normal LVEF, n(%)	Reduced LVEF, n(%)	Total, n(%)
Normal LVEF, n(%)	68 (56.7)	6 (5)	74 (61.7%)
Reduced LVEF, n(%)	7 (5.8)	39 (32.)	46 (38.3)
Total, n(%)	75 (62.5)	45 (37.5)	120 (100.0)
PERCENTAGE OF AGREEMENT AND KAPPA TEST			
PPA, % (95%CI)	NPA, % (95%CI)	GPA, % (95%CI)	Kappa
91.28 (85.54–95.27)	85.71 (76.81–92.17)	89.17 (82.19–94.10)	0.770 (0.6552–0.8878; $p < 0.0001$)

PPA: Positive Percent Agreement; NPA: Negative Percent Agreement; GPA: Global Percent Agreement; HHUD: Handheld Ultrasound Devices; EC: Echocardiogram

“moderately reduced”, or “severely reduced,” the weighted kappa resulted in 0.77 ($p < 0.0001$) (Table 4).

There were 25 (21.0%) cases in which the HHUD EC and the comprehensive EC disagreed in the assessment of the LVEF when it was classified in four categories going from “normal” to “severely reduced”. In those cases, when the LVEF was expressed as a percentage, the absolute mean and the absolute median of the discrepancies were 5.7 ± 4.3 and 5.00 (2.5–15.0), respectively. More than half of the discrepant studies differed by only five points or less. The analysis of the differences in the baseline characteristics between the discordant and the concordant ECs returned a statistically significant difference in the mean value for weight (83.6 ± 17.7 kg versus 75.6 ± 13.9 kg respectively, p value 0.017). It took longer to perform the HHUD exams in the studies that did not show agreement (5.9 ± 2.7 min and 4.8 ± 1.9 min respectively, p 0.037).

The overall agreement on the RWMA assessment when assessed as present or absent was 88.3%, with a kappa of 0.71 ($p < 0.0001$). When the RWMA were categorized according to the territories supplied by each coronary

artery the analysis returned a kappa of 0.85, 0.73 and 0.85 ($p < 0.0001$) for the LAD, LCX and RCA respectively (Table 1 from supplementary material 1).

Discussion

The main findings of this study can be summarized as follows: (1) A moderately experienced operator was able to assess the LVEF by visual estimation using a HHUD with an excellent level of agreement to a group of expert sonographers using a high-end EC device. The focused estimation of LVEF took only an average of five minutes, presenting nearly identical information to that provided by a routine comprehensive EC. (2) The accuracy of the HHUD was influenced by the BMI and the presence of an implanted cardiac electronic device. (3) The agreement in the assessment of RWMA was also high.

Since the emergence of the concept of point-of-care ultrasound and the huge development in HHUD technology, these devices have an increased prevalence in daily practice

Table 4 Evaluation of the inter-rater agreement in the assessment of LVEF as “normal”, “mildly reduced”, “moderately reduced” or “severely reduced”

HHUD EC	COMPREHENSIVE EC					Total, n (%)
	Normal LVEF, n (%)	Mildly reduced LVEF, n (%)	Moderately reduced LVEF, n (%)	Severely reduced LVEF, n (%)	Total, n (%)	
Normal LVEF, n (%)	68.0 (56.7)	4.0 (3.3)	2.0 (1.7)	0.0 (0.0)	74.0 (61.7)	
Mildly reduced LVEF, n (%)	7.0 (5.8)	9.0 (7.5)	5.0 (4.2)	1.0 (0.8)	22.0 (18.3)	
Moderately reduced LVEF, n (%)	0.0 (0.0)	1.0 (0.8)	10.0 (8.3)	2.0 (1.7)	13.0 (10.8)	
Severely reduced LVEF, n (%)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	3.0 (2.5)	8.0 (6.7)	11.0 (9.2)	
Total, n (%)	75.0 (62.5)	14.0 (11.7)	20.0 (16.7)	11.0 (9.2)	120.0 (100.0)	
PERCENTAGE OF AGREEMENT AND KAPPA TEST						
Global percent agreement, %	Weighted Kappa					
92.22%	0.765 (0.678–0.852; p < 0.0001)					

of specialists with different levels of experience in performing and interpreting EC. There have been some prospective landmarks exploring the validation of HHUD [3, 48], but only a few studies have specifically explored the accuracy of the HHUD for the assessment of LVEF when it was performed by operators with limited experience. A patient-level meta-analysis [51] including twelve studies (1229 scans on 1131 patients) evaluating this context found simple Kappa of 0.68 and weighted kappa for five studies of 0.70. The findings of the present study are slightly better, showing an excellent correlation (r 0.96, ICC index 0.93) and a high overall agreement (simple kappa 0.77, weighted kappa 0.77). These better results can be explained firstly because this study used the Philips Lumify™, which was considered the best regarding image quality in a recent study that compared four commonly available HHUD [52]; secondly because the cardiology fellow who performed the HHUD EC had a solid ASE level II training, meeting almost level III criteria; and thirdly, because the main population consisted of outpatients (75%), mostly in sinus rhythm (77%), which likely facilitated the performance and interpretation of the studies to some extent. It is also of note that the previously published articles were not homogenous and were somewhat arbitrary in selecting the ranges for LVEF. The present study is unique as compared to previous studies because it is the first study aiming to validate the Philips Lumify™ for visual LVEF assessment including gender consideration. Only one other published study tested the Philips Lumify™, but it was for a different purpose and with a different design and clinical context [45].

In the cases with discrepancies between the LVEF assessed with the HHUD EC and the comprehensive EC, the absolute mean of the differences for the LVEF reported as a percentage was small (5.7). In fact, more than half of the discrepant EC differed by only 5% or less. This suggests that the differences which led to significant disagreement may not be clinically relevant. When evaluating the features of the patients that could potentially influence the agreement, there was a statistically significant difference observed in the mean value for weight between the discrepant and concordant EC (p 0.017). To the best of our knowledge, this is the first time that this data is being reported and therefore no historical comparisons can be made.

The accuracy of the HHUD in the detection of RWMA is also crucial for the HHUD to be adopted in daily clinical practice. There have been some prospective landmarks exploring this feature when the HUDD was performed by operators with limited experience. Bruce et al. [3] stratified the RWMA into present or absent, reporting an overall agreement of 86.3%. These results are in line with our findings which showed an overall agreement of 88.33%. Caner et al. [53] evaluated the accuracy of emergency

physicians trained in focused cardiac ultrasound in patients' chest pain and suspected of non–having ST elevation myocardial infarction. The reported kappa between the HHUD EC and the comprehensive EC for the detection of RWMAs was 0.69. The results of the present study are slightly better with a kappa of 0.85, 0.73 and 0.85 for the identification of RWMA in the territories supplied by the LAD, LCX and RCA, respectively. This might be explained because of the higher level of training of the cardiology fellow who performed the HHUD ECs in this study as compared to the previous reports. Nevertheless, given the small number of patients with RWMA and its prognostic significance in both patients with or without heart failure or ischemic heart disease [54–56], no solid conclusions should be made in this regard.

Limitations

1) This was a single centre and observational study involving a relatively small sample. Therefore, these observations may need to be replicated in a larger population. 2) All the HHUD studies were performed by the same cardiology fellow (ASE level II) and compared with the standard studies performed by expert echocardiographers (ASE level III). Despite of the great agreement reported, this can affect the validity of the study. 3) The LVEF was evaluated by 'eyeball' visual semi-quantitation, which is an inherently subjective method that implicates substantial inter-observer variability and is not the first choice in current recommendations. While this choice was made to allow comparability in a bedside context, the absence of a reference method is acknowledged as a limitation. Future research could benefit from including LVEF data obtained through recommended quantitative methods or three-dimensional measurements, which could serve as a gold-standard reference. 4) While the study patients were not selected consecutively, they were randomly chosen based on the working schedules of the single cardiology fellow conducting the hand-held Echo studies. Given that the study spanned a 16-month period, the assumption was that the risk of systematic selection bias was made.

Conclusion

With current HHUD technology, an averagely experienced operator (ASE level II training) can accurately quantify the LVEF by 'eyeball' visual semi-quantitation. This high degree of precision is superimposable with the results obtained in an Echo laboratory by highly experienced imaging cardiologists and with high-end equipment. Despite larger research

including data obtained using the recommended 2D method to assess LVEF might be needed; quick bedside estimation of LVEF by HHUD may be integrated in daily clinical practice, facilitating a more dynamic management of patients.

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s10554-023-02979-8>.

Author contributions Andrea Teira Calderón and Jose Antonio Vázquez de Prada Tiffe contributed to the conception and design of the study, the acquisition of data, the analysis and interpretation of data and the drafting of the article. Molly Levine; Cristina Ruisánchez Villar; David Serrano González; Santiago Catoya Villa; Miguel Llano Cardenal; Piedad Lerena Saenza; José María Cuesta Cosgaya; Mónica Fernández-Valls; Francisco González Vilchez; Jose María de la Torre Hernández; Héctor M. García-García contributed revising the manuscript critically for important intellectual content. All authors approved the version to be submitted.

Funding This study did not receive a grant from any funding agency in the public, commercial, or non-for-profit sectors.

Declarations

Conflicts of interest The authors report no conflicts of interest.

References

- Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO et al (2021) 2020 ACC/AHA Guideline for the management of patients with Valvular Heart Disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 143(5):E72–E227. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000923>
- Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP et al (2011) Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of Cardiac mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology and indications. *J Am Soc Echocardiogr* 24(3):277–313. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2011.01.015>
- Bruce CJ, Montgomery SC, Bailey KR, Tajik J, Seward JB (2002) Utility of hand-carried ultrasound devices used by cardiologists with and without significant echocardiographic experience in the cardiology inpatient and outpatient settings. *Am J Cardiol* 90(11):1273–1275. [https://doi.org/10.1016/S0002-9149\(02\)02853-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9149(02)02853-9)
- Kimura BJ, Bocchicchio M, Willis CL, DeMaria AN (2001) Screening cardiac ultrasonographic examination in patients with suspected cardiac disease in the emergency department. *Am Heart J* 142(2):324–330. <https://doi.org/10.1067/mhj.2001.116475>
- Vignon P, Frank MJB, Lesage J et al (2004) Hand-held echocardiography with doppler capability for the assessment of critically-ill patients: is it reliable? *Intensive Care Med* 30(4):718–723. <https://doi.org/10.1007/s00134-003-2128-x>
- Amiel JB, Grümman A, Lhéritier G et al (2012) Assessment of left ventricular ejection fraction using an ultrasonic stethoscope in critically ill patients. *Crit Care* 16(1). <https://doi.org/10.1186/cc11198>
- Lafon T, Appert A, Hadj M et al (2020) Comparative early hemodynamic profiles in patients presenting to the emergency department with septic and nonseptic acute circulatory failure using

- focused echocardiography. *Shock* 53(6):695–700. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001449>
8. Vourvouri EC, Schinkel AFL, Roelandt JRTC et al (2003) Screening for left ventricular dysfunction using a hand-carried Cardiac Ultrasound device. Vol 5.;
 9. Fedson S, Neithardt G, Thomas P et al (2003) Unsuspected clinically important findings detected with a small portable Ultrasound device in patients admitted to a General Medicine Service. *J Am Soc Echocardiogr* 16(9):901–905. [https://doi.org/10.1016/S0894-7317\(03\)00426-7](https://doi.org/10.1016/S0894-7317(03)00426-7)
 10. DeCara JM, Lang RM, Koch R, Bala R, Penzotti J, Spencer KT (2003) The use of small personal ultrasound devices by internists without formal training in echocardiography. *Eur J Echocardiography* 4(2):141–147. <https://doi.org/10.1053/euje.2002.0617>
 11. Galasko GIW, Lahiri A, Senior R (2003) Portable echocardiography: an innovative tool in screening for cardiac abnormalities in the community. *Eur J Echocardiography* 4(2):119–127. <https://doi.org/10.1053/euje.2002.0627>
 12. Wu EB, Brilakis ES, Mashayekhi K et al (2021) Global chronic total occlusion crossing algorithm. *J Am Coll Cardiol* 78(8):840–853. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.05.055>
 13. Bustam A, Azhar MN, Veriah RS, Arumugam K, Loch A (2014) Performance of emergency physicians in point-of-care echocardiography following limited training. *Emerg Med J* 31(5):369–373. <https://doi.org/10.1136/emermed-2012-201789>
 14. Alexander JH, Peterson ED, Chen AY, Harding TM, Adams DB, Kisslo JA (2004) Feasibility of point-of-care echocardiography by internal medicine house staff. *Am Heart J* 147(3):476–481. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2003.10.010>
 15. Xie T, Chamoun AJ, Meculloch M, Tsiouris N, Birnbaum Y, Ahmad M Rapid Screening of Cardiac patients with a miniaturized hand-held Ultrasound Imager-Comparisons with physical examination and conventional Two-Dimensional Echocardiography
 16. Hannan MM, Xie R, Cowger J et al (2019) Epidemiology of infection in mechanical circulatory support: a global analysis from the ISHLT mechanically assisted Circulatory Support Registry. *J Heart Lung Transplantation* 38(4):364–373. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2019.01.007>
 17. Kobal SL, Trento L, Baharami S et al (2005) Comparison of effectiveness of hand-carried ultrasound to bedside cardiovascular physical examination. *Am J Cardiol* 96(7):1002–1006. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2005.05.060>
 18. Perez-Avraham G, Kobal SL, Etzion O et al (2010) Left ventricular geometric abnormality screening in hypertensive patients using a hand-carried ultrasound device. *J Clin Hypertens* 12(3):181–186. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7176.2009.00247.x>
 19. Kirkpatrick JN, Ghani SN, Spencer KT (2008) Hand carried echocardiography screening for LV systolic dysfunction in a pulmonary function laboratory. *Eur J Echocardiography* 9(3):381–383. <https://doi.org/10.1016/j.euje.2007.06.013>
 20. Ghani SN, Kirkpatrick JN, Spencer KT et al (2006) Rapid assessment of left ventricular systolic function in a pacemaker clinic using a hand-carried ultrasound device. *J Interventional Cardiac Electrophysiol* 16(1):39–43. <https://doi.org/10.1007/s10840-006-9011-y>
 21. López-Palmero S, Bolivar-Herrera N, López-Lloret G, Merchán-Ortega G, Macancela-Quiñones JJ, López-Martínez G (2015) Diagnostic utility of handheld ultrasonography as an extension of the physical examination of patients with heart failure. *Revista Clínica Española (English Edition)* 215(4):204–210. <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2015.01.002>
 22. Martin LD, Howell EE, Ziegelstein RC et al (2009) Hand-carried Ultrasound performed by Hospitalists: does it improve the Cardiac Physical examination? *Am J Med* 122(1):35–41. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2008.07.022>
 23. Lucas BP, Candotti C, Margeta B et al (2011) Hand-carried echocardiography by hospitalists: a randomized trial. *Am J Med* 124(8):766–774. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2011.03.029>
 24. Lucas BP, Candotti C, Margeta B et al (2009) Diagnostic accuracy of hospitalist-performed hand-carried ultrasound echocardiography after a brief training program. *J Hosp Med* 4(6):340–349. <https://doi.org/10.1002/jhm.438>
 25. Melamed R, Sprenkle MD, Ulstad VK, Herzog CA, Leatherman JW (2009) Assessment of left ventricular function by intensivists using hand-held echocardiography. *Chest* 135(6):1416–1420. <https://doi.org/10.1378/chest.08-2440>
 26. Liebo MJ, Israel RL, Lillie EO, Smith MR, Rubenson DS, Topol EJ (2011) Is pocket mobile echocardiography the next-generation stethoscope? A cross-sectional comparison of rapidly acquired images with standard transthoracic echocardiography. *Ann Intern Med* 155(1):33–39. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-1-201107050-00005>
 27. Razi R, Estrada JR, Doll J, Spencer KT (2011) Bedside hand-carried ultrasound by internal medicine residents versus traditional clinical assessment for the identification of systolic dysfunction in patients admitted with decompensated heart failure. *J Am Soc Echocardiogr* 24(12):1319–1324. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2011.07.013>
 28. Olesen LL, Andersen A, Thaulow S (2015) Hand-held echocardiography is useful for diagnosis of left systolic dysfunction in an elderly population. *Dan Med J* 62:7
 29. Andersen GN, Haugen BO, Graven T, Salvesen Ø, Mjølstad OC, Dalen H (2011) Feasibility and reliability of point-of-care pocket-sized echocardiography. *Eur J Echocardiography* 12(9):665–670. <https://doi.org/10.1093/ejechoard/erj108>
 30. Mjølstad OC, Andersen GN, Dalen H et al (2013) Feasibility and reliability of point-of-care pocket-size echocardiography performed by medical residents. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 14(12):1195–1202. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jet062>
 31. Biais M, Carrié C, Delaunay F, Morel N, Revel P, Janvier G (2012) Evaluation of a new pocket echoscopic device for focused cardiac ultrasonography in an emergency setting. *Crit Care* 16(3). <https://doi.org/10.1186/cc11340>
 32. Panoulas VF, Daigeler AL, Malaweera ASN et al (2013) Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 14(4):323–330. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jes140>
 33. Filipiak-Strzecka D, John B, Kasprzak J, Michalski B, Lipiec P (2013) Pocket-size echocardiograph-a valuable tool for nonexperts or just a portable device for echocardiographers. *Adv Med Sci* 58(1):67–72. <https://doi.org/10.2478/v10039-012-0054-2>
 34. Cullen MW, Blauwet LA, Vatury OM et al (2014) Diagnostic capability of comprehensive handheld vs transthoracic echocardiography. *Mayo Clin Proc* 89(6):790–798. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.12.016>
 35. Stokke TM, Ruddox V, Sarvari SI, Otterstad JE, Aune E, Edvardsen T (2014) Brief group training of medical students in focused cardiac ultrasound may improve diagnostic accuracy of physical examination. *J Am Soc Echocardiogr* 27(11):1238–1246. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.08.001>
 36. Ruddox V, Stokke TM, Edvardsen T et al (2013) The diagnostic accuracy of pocket-size cardiac ultrasound performed by unselected residents with minimal training. *Int J Cardiovasc Imaging* 29(8):1749–1757. <https://doi.org/10.1007/s10554-013-0278-7>
 37. Mehta M, Jacobson T, Peters D et al (2014) Handheld Ultrasound Versus Physical examination in patients referred for Transthoracic Echocardiography. for a Suspected Cardiac Condition.
 38. Mancuso FJN, Siqueira VN, Moisés VA et al (2014) Focused cardiac ultrasound using a Pocket-Size device in the emergency

- room. *Arq Bras Cardiol* 103(6):530–537. <https://doi.org/10.5935/abc.20140158>
39. Ünlüer EE, Karagöz A, Akoğlu H, Bayata S (2014) Visual estimation of bedside echocardiographic ejection fraction by emergency physicians. *Western J Emerg Med* 15(2):221–226. <https://doi.org/10.5811/westjem.2013.9.16185>
 40. Khan HA, Wineinger NE, Uddin PQ, Mehta HS, Rubenson DS, Topol EJ (2014) Can hospital rounds with pocket ultrasound by cardiologists reduce standard echocardiography? *Am J Med* 127(7):669e. 1-669.e7
 41. Johnson BK, Tierney DM, Rosborough TK, Harris KM, Newell MC (2016) Internal medicine point-of-care ultrasound assessment of left ventricular function correlates with formal echocardiography. *J Clin Ultrasound* 44(2):92–99. <https://doi.org/10.1002/jcu.22272>
 42. Bhavnani SP, Sola S, Adams D et al (2018) A Randomized Trial of Pocket-Echocardiography Integrated Mobile Health device assessments in Modern Structural Heart Disease clinics. *JACC Cardiovasc Imaging* 11(4):546–557. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.06.019>
 43. Moulson N, Jaff Z, Wiltshire V et al (2019) Feasibility and reliability of Nonexpert POCUS for Cardiovascular Preparticipation Screening of Varsity athletes: the SHARP Protocol. *Can J Cardiol* 35(1):35–41. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2018.11.003>
 44. Nilsson G, Söderström L, Alverlind K, Samuelsson E, Mooe T (2019) Hand-held cardiac ultrasound examinations performed in primary care patients by nonexperts to identify reduced ejection fraction. *BMC Med Educ* 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1713-9>
 45. Wejner-Mik P, Kasprzak JD, Filipiak-Strzecka D, Miśkowiec D, Lorens A, Lipiec P (2019) Personal mobile device-based pocket echocardiograph—the diagnostic value and clinical utility. *Adv Med Sci* 64(1):157–161. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2018.11.003>
 46. Aldaas OM, Igata S, Raisinghani A, Kraushaar M, DeMaria AN (2019) Accuracy of left ventricular ejection fraction determined by automated analysis of handheld echocardiograms: a comparison of experienced and novice examiners. *Echocardiography* 36(12):2145–2151. <https://doi.org/10.1111/echo.14546>
 47. Rana S, Shrestha BK, Pant C, Adhikari S, Regmi S (2020) Left ventricle ejection fraction estimation by point of care echocardiography in patients admitted in intensive care unit. *J Chitwan Med Coll* 10(1):54–57. <https://doi.org/10.3126/jcmc.v10i1.28072>
 48. Monsomboon A, Patarateeranon T, Tongyoo S et al (2019) Agreement between emergency physicians and a cardiologist on cardiac function evaluation after short training. *Siriraj Med J* 71(4):253–260. <https://doi.org/10.33192/Smj.2019.39>
 49. Wieggers SE, Ryan T, Arrighi JA et al (2019) 2019 ACC/AHA/ASE Advanced Training Statement on Echocardiography (revision of the 2003 ACC/AHA clinical competence Statement on Echocardiography): a report of the ACC competency Management Committee. *J Am Coll Cardiol* 74(3):377–402. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.003>
 50. Lang RM, Badano LP, Victor MA et al (2015) Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 28(1):1–39e14. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
 51. Albaroudi B, Haddad M, Albaroudi O, Abdel-Rahman ME, Jarman R, Harris T (2022) Assessing left ventricular systolic function by emergency physician using point of care echocardiography compared to expert: systematic review and meta-analysis. *Eur J Emerg Med* 29(1):18–32. <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000866>
 52. Le MPT, Voigt L, Nathanson R et al (2022) Comparison of four handheld point-of-care ultrasound devices by expert users. *Ultrasound J* 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13089-022-00274-6>
 53. Sağlam C, Ünlüer EE, Yamanoglu NGÇ et al (2021) Accuracy of Emergency Physicians for detection of Regional Wall Motion Abnormalities in patients with chest Pain without ST-Elevation myocardial infarction. *J Ultrasound Med* 40(7):1335–1342. <https://doi.org/10.1002/jum.15513>
 54. Shiina A, Tajik AJ, Smith HC, Lengyel M, Seward JB (1986) Prognostic significance of Regional Wall Motion abnormality in patients with prior myocardial infarction: a prospective correlative study of Two-Dimensional Echocardiography and Angiography. *Mayo Clin Proc* 61(4):254–262. [https://doi.org/10.1016/S0025-6196\(12\)61925-9](https://doi.org/10.1016/S0025-6196(12)61925-9)
 55. Cicala S, de Simone G, Roman MJ et al (2007) Prevalence and prognostic significance of wall-motion abnormalities in adults without clinically recognized Cardiovascular Disease. *Circulation* 116(2):143–150. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.652149>
 56. Espersen C, Modin D, Platz E et al (2022) Global and regional wall motion abnormalities and incident heart failure in the general population. *Int J Cardiol* 357:146–151. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2022.03.027>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Springer Nature or its licensor (e.g. a society or other partner) holds exclusive rights to this article under a publishing agreement with the author(s) or other rightsholder(s); author self-archiving of the accepted manuscript version of this article is solely governed by the terms of such publishing agreement and applicable law.