

# Desempeño del método de suma de discos comparado con el método bidimensional en la estimación cuantitativa del derrame pericárdico

## Performance of the method of disks compared to the bidimensional method in the quantitative estimation of pericardial effusion

Ricardo Arango-Moreno<sup>1</sup>, Ana G. Múnera-Echeverri<sup>2,3</sup>, Laura Duque-González<sup>1</sup>, Diego Rojas-Gualdrón<sup>4</sup>, J. Alejandro Arroyave-Carvajal<sup>1,4</sup> y Mauricio Duque-Ramírez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina, Universidad CES; <sup>2</sup>Servicio de Cardiología No Invasiva, Hospital General de Medellín; <sup>3</sup>Grupo Hospital General de Medellín, Universidad CES; <sup>4</sup>Cardiología Clínica, Clínica El Rosario, Medellín, Colombia

### Resumen

**Introducción:** La ecocardiografía bidimensional es la técnica más efectiva para el diagnóstico del derrame pericárdico, gracias a sus altas sensibilidad y especificidad. **Objetivo:** Analizar la superioridad del método de suma de discos comparado con el método bidimensional en la estimación del derrame pericárdico por medio de ecocardiografía, tomando como referencia el volumen de líquido pericárdico extraído por pericardiocentesis o cirugía abierta. **Método:** Estudio retrospectivo de seguimiento de una cohorte basado en registros médicos y archivos de ecocardiografía. Se empleó un diseño pareado en el que cada imagen fue leída por el método bidimensional y por el método de suma de discos. Se incluyeron derrames pericárdicos graves, definidos clínicamente o por parámetros ecocardiográficos, que requirieran drenaje. El desempeño de los métodos de estimación bidimensional y de suma de discos, tomando como referencia la extracción por intervención, se cuantificó mediante áreas bajo la curva operador-receptor (auROC). **Resultados:** Se analizaron 40 registros, tomando como referencia el volumen obtenido por extracción; con un auROC de 0.81 (intervalo de confianza del 95% [IC95%]: 0.73-0.89), el desempeño diagnóstico del método de suma de discos fue significativamente mayor ( $p = 0.0335$ ) que el del método bidimensional (auROC: 0.73; IC95%: 0.63-0.83). La estimación realizada por el método de suma de discos subestimó en promedio 51.3 ml (IC95%: -156.2-53.5). **Conclusiones:** En pacientes con derrame pericárdico e indicación de drenaje o taponamiento cardíaco, el método de suma de discos es superior en comparación con el método bidimensional en el estudio ecocardiográfico para la estimación cuantitativa del derrame pericárdico, ya que discrimina mejor respecto al método bidimensional.

**Palabras clave:** Derrame pericárdico. Taponamiento pericárdico. Volumen. Suma de discos. Ecocardiograma. Ecocardiografía.

### Abstract

**Introduction:** Two-dimensional echocardiography is the most effective technique for diagnosing pericardial effusion due to its high sensitivity and specificity. **Objective:** The superiority of the method of disks was compared with the bidimensional method in the estimation of pericardial effusion by echocardiography, taking as reference the volume of

### Correspondencia:

\*Mauricio Duque-Ramírez  
E-mail: mduquer@ces.edu.co

Fecha de recepción: 07-07-2020  
Fecha de aceptación: 24-05-2021  
DOI: 10.24875/RCCAR.M22000137

Disponible en internet: 19-05-2022  
Rev Colomb Cardiol. 2022;29(2):155-161  
www.rccardiologia.com

0120-5633 / © 2021 Sociedad Colombiana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

pericardial fluid removed by pericardiocentesis or open surgery. **Method:** Retrospective follow-up study of a cohort, based on medical records and echocardiography files. A paired design was used, each image was read by the bidimensional method and by the method of disks. Severe pericardial effusions defined clinically or by echocardiographic parameters, that required drainage were included. The performance of the bidimensional and disks estimation methods, taking the volume removed as a reference, was quantified using areas under the receiver operating characteristic curve (auROC). **Results:** 40 records were analyzed, taking as a reference the volume obtained by extraction, with an auROC of 0.81 (95% CI: 0.73-0.89) the diagnostic performance of the disks method was significantly higher ( $p = 0.0335$ ) than the bidimensional method (auROC 0.73, 95% CI: 0.63-0.83). The estimate made by the disks method underestimated an average of 51.3 ml (95% CI: -156.2-53.5). **Conclusions:** In patients with pericardial effusion with indication of cardiac drainage or tamponade, the disks method is superior in comparison with the bidimensional method in the echocardiographic study of the quantitative estimation of pericardial effusion, discriminating better than the bidimensional method.

**Keywords:** Pericardial effusion. Pericardial tamponade. Volume. Disks. Echocardiogram. Echocardiography.

## Introducción

Es común encontrar el derrame pericárdico en la práctica clínica como un hallazgo incidental o como manifestación de enfermedades cardíacas o sistémicas<sup>1,2</sup>. Se estima una prevalencia del 9% y una incidencia anual del 3% en pacientes hospitalizados a quienes se realiza una ecocardiografía. Se desarrolla como consecuencia directa de condiciones que afectan el pericardio, o como consecuencia indirecta de una amplia variedad de enfermedades sistémicas. Es un hallazgo variable que en pocos casos es de gravedad considerable y requiere una evaluación ecocardiográfica<sup>3,4</sup>.

La ecocardiografía bidimensional es la técnica más efectiva para el diagnóstico del derrame pericárdico, por sus altas sensibilidad y especificidad. Permite hacer una valoración semicuantitativa del tamaño y de los efectos hemodinámicos, pues los detecta como un espacio «libre de eco» que persiste durante todo el ciclo cardíaco y puede evidenciar el tamaño del derrame, la localización y su efecto hemodinámico<sup>5,6</sup>. El saco pericárdico tiene una morfología compleja que hace más difícil la valoración del volumen por parámetros geométricos. Desde la aplicación de la ecocardiografía para esta evaluación se evidenciaron potenciales errores con la técnica unidimensional con el modo M<sup>7</sup>. Este problema fue superado en cierta manera con la técnica bidimensional, área-longitud, suma de discos y tridimensional, que han mostrado ser alternativas fidedignas y reproducibles<sup>5,8</sup>.

En el método de suma de discos volumétrico, a partir de la técnica de Simpson, se adquiere la totalidad del derrame pericárdico (incluyendo la masa miocárdica) y se calcula la masa miocárdica por separado; al calcular la diferencia entre estos dos valores en fin de diástole, se obtiene el volumen calculado del derrame pericárdico.

Este método tiene una diferencia capital con los métodos convencionales de medición, dado que no asume como obvia una conformación esférica del corazón, lo cual genera reproducibilidad en comparación con otros métodos. Adicionalmente, se ha estudiado la equiparación entre mediciones con tomografía y ecocardiografía con métodos biplanares, y se ha confirmado la superioridad en cuanto a costo-beneficio de esta última<sup>9-11</sup>.

La cuantificación aproximada del líquido pericárdico ha sido poco estudiada en el mundo; se cuenta con escasas series de pacientes en las cuales se hayan comparado los diferentes métodos de cuantificación con un método de referencia, como la cuantificación física por medio de extracción quirúrgica o percutánea<sup>11-13</sup>.

El método para la medición de los volúmenes no implica riesgos adicionales en la atención del paciente y es costo-efectivo, ya que no implica gastos adicionales. Identificar la alternativa de estimación de mayor precisión contribuye a la planeación adecuada de la extracción del derrame pericárdico y a evitar intervenciones adicionales innecesarias, que generarían costos para el sistema de salud y riesgos asociados para el paciente.

Este estudio tuvo como objetivo analizar la superioridad del método de suma de discos comparado con el método bidimensional en la estimación del derrame pericárdico por medio de ecocardiografía, tomando como referencia el volumen de líquido pericárdico extraído por pericardiocentesis o cirugía abierta.

## Método

Este estudio fue aprobado por el comité de ética de la investigación en seres humanos de la Universidad CES (Acta231Proy006), y el presente artículo sigue las recomendaciones de reporte de la guía STARD<sup>14</sup>.

## Diseño del estudio

Se trata de un estudio retrospectivo de seguimiento a una cohorte basado en registros médicos y archivos de ecocardiografía. Se empleó un diseño pareado en el que cada imagen fue leída por el método bidimensional y por el método de suma de discos. La lectura por los métodos bidimensional y de suma de discos la realizó un médico especialista en cardiología y ecocardiografía, quien estaba enmascarado respecto al resultado por el método bidimensional que se encontraba en la historia clínica. En ambas lecturas, el operador estaba enmascarado respecto al resultado del volumen drenado. Todas las imágenes ecocardiográficas fueron realizadas antes del drenaje del líquido pericárdico.

Se tomaron de forma consecutiva los registros de todos los pacientes atendidos entre el 1 de junio de 2006 y el 31 de diciembre de 2018 en el Hospital General de Medellín, un hospital público de cuarto nivel de complejidad ubicado en la ciudad de Medellín, Colombia. Se consideraron como criterios de inclusión: 1) hombres y mujeres mayores de 18 años, y 2) hospitalizados, que presentaron derrame pericárdico grave, definido clínicamente por inestabilidad hemodinámica o por parámetros ecocardiográficos, y que requirieron drenaje de este por pericardiocentesis o ventana pericárdica. Se excluyeron los registros que no dispusiesen de imágenes con adecuada calidad para la realización de las medidas ecocardiográficas del derrame pericárdico.

El intervalo de tiempo entre la realización de la ecocardiografía y cualquiera de las intervenciones clínicas fue como máximo de 72 horas.

## Métodos diagnósticos

- Método de suma de discos: se realizó mediante el cálculo del volumen a partir de la sumatoria de los discos seleccionados del espacio con líquido alrededor del corazón, mediante el *software* Xcelera ya establecido en los equipos ecocardiográficos Philips. Para ello, se tuvo en cuenta la demarcación adecuada de los bordes con el fin de evitar la sobreestimación o la subestimación del volumen medido, y mediante la cuantificación promediada en centímetros cúbicos en el eje de dos cámaras, de cuatro cámaras y subcostal para lograr un resultado fidedigno.
- Método bidimensional: se realizó tomando la medida en milímetros de separación desde el pericardio visceral hasta el pericardio parietal en las proyecciones

usuales que se realizan en una ecocardiografía transtorácica. La mayor separación entre el pericardio visceral y parietal de todas las medidas tomadas fue la que se incluyó en el análisis.

- Método de referencia (drenaje del derrame pericárdico): volumen de líquido pericárdico extraído, obtenido por vía abierta (quirúrgico) o cerrada (pericardiocentesis), uniendo una jeringa o bolsa de acumulación al sitio de drenaje del pericardio para medir en mililitros el líquido extraído. En las guías se recomienda el drenaje pericárdico como método de referencia. El abordaje abierto se realiza por incisión subxifoidea, a través de la cual se retira el líquido y se deja un pequeño drenaje para evacuar el derrame restante; también se puede llevar a cabo de manera percutánea a través de una aspiración por pericardiocentesis<sup>15</sup>.

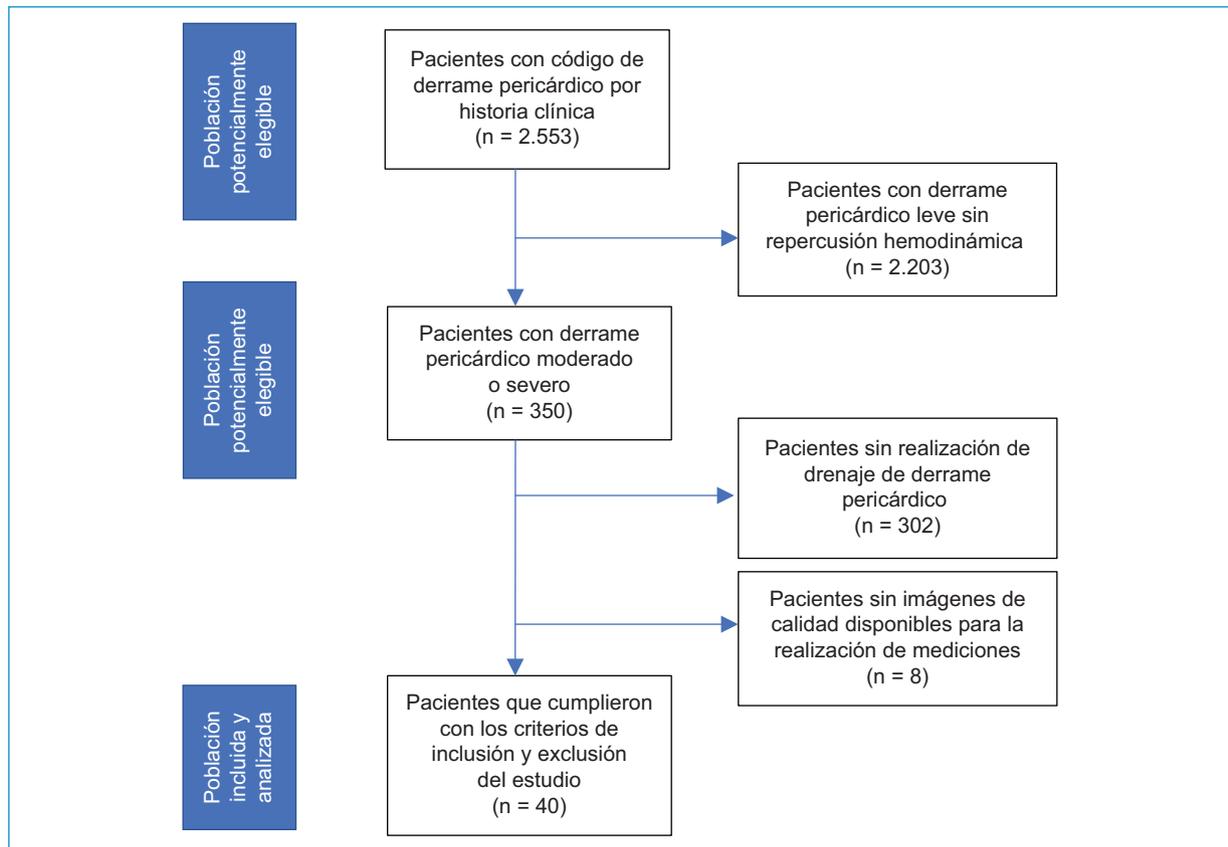
## Variables

Adicional a los resultados de los métodos de estimación y el método de referencia, se recolectaron las siguientes variables tomadas durante la ecocardiografía: indicación de la ecocardiografía, repercusión hemodinámica clínica (presión arterial sistólica < 90 mmHg durante la ecocardiografía y taquicardia), repercusión hemodinámica ecocardiográfica (colapso diastólico temprano del ventrículo derecho, colapso diastólico tardío de la aurícula derecha, cambio del gasto cardíaco entre latidos  $\geq 20\%$ , movimiento anormal del *septum* interventricular, variabilidad respiratoria > 25% en la velocidad del flujo mitral)<sup>15</sup>, disfunción diastólica, tipo de intervención pericárdica (pericardiocentesis o abierta), presión arterial sistólica y diastólica (mmHg) y frecuencia cardíaca (latidos por minuto).

## Análisis estadístico

El análisis descriptivo de las características de los participantes se realizó mediante medias y desviaciones estándar para las variables cuantitativas, y mediante frecuencias y porcentajes para las variables categóricas. Las estimaciones del volumen de derrame pericárdico, según cada método, se presentan mediante estadísticos descriptivos y según su clasificación en niveles de gravedad del derrame (leve 5 a 10 mm, moderado 11 a 19 mm y grave  $\geq 20$  mm)<sup>1</sup>.

El desempeño de los métodos de estimación bidimensional y de suma de discos, tomando como referencia la extracción por intervención<sup>15</sup>, se cuantificó por medio de áreas bajo la curva operador-receptor



**Figura 1.** Flujograma de la selección de pacientes.

(auROC), las cuales fueron estimadas por el método de Obuchowski para métodos de referencia medidos con escalas continuas<sup>16</sup>. En este escenario, el auROC se interpreta como la probabilidad de que, de dos pacientes seleccionados por azar, el paciente que obtenga la puntuación más alta con el método de referencia también obtenga la puntuación más alta en la prueba. Para cada método se presenta la estimación junto con su intervalo de confianza del 95% (IC95%). Mediante prueba de hipótesis se valoró la diferencia entre las auROC de las dos alternativas. Se presentan la covarianza de las estimaciones y el valor p de su diferencia.

Adicionalmente, se realizó un análisis del sesgo en la estimación del derrame pericárdico por el método de suma de discos con el método de Bland-Altman<sup>17</sup>. Se presentan el sesgo y el intervalo de acuerdo del 95% junto con sus intervalos de confianza y el porcentaje de casos por fuera de este intervalo. La presencia de sesgo diferencial se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Spearman entre la diferencia y el promedio de las estimaciones del método de suma de

discos y la extracción por intervención. El acuerdo absoluto se calculó mediante el coeficiente de concordancia de Lin. El nivel de significación se estableció en ( $p = 0.05$ ).

Los análisis se realizaron con los programas R versión 3.6.3 (paquete *nonbinROC*) y Stata versión 16 (comando *agree*).

## Resultados

### Participantes

De las 2553 historias clínicas con códigos diagnósticos CIE-10 para derrame pericárdico (I30, I30.9, I31, I31.0, I31.1, I31.2, I31.3, I31.8 e I31.9), se consideraron elegibles 350 que registraron derrame pericárdico grave. Los registros de 48 personas cumplieron los criterios de inclusión; ocho registros fueron descartados por criterios de exclusión (Fig. 1). En total, fueron analizados 40 registros, cuyas características demográficas y clínicas basales se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Características de los participantes (n = 40)

	n	%
Edad*	50.6	(18.4)
Sexo masculino	21	52.5
Indicación del estudio		
Evaluar función ventricular	29	72.5
Inestabilidad hemodinámica en posoperatorio	4	10
Sospecha clínica de pericarditis	3	7.5
Sospecha clínica de endocarditis	2	5
Herida precordial por arma cortopunzante	2	5
Repercusión hemodinámica clínica (signos vitales)	23	57.5
Repercusión hemodinámica ecocardiográfica	27	67.5
Disfunción diastólica	13	32.5
Tipo de intervención		
Cerrada (pericardiocentesis)	21	52.5
Abierta (cirugía o ventana pericárdica)	19	47.5
Presión arterial sistólica (mmHg)*	108.8	(24.5)
Presión arterial diastólica (mmHg)*	67.1	(15.0)
Frecuencia cardíaca (lpm)*	95.9	(21.9)

\* Media (desviación estándar).

La distribución de la gravedad de la enfermedad con sus valores según los diferentes métodos diagnósticos se encuentra especificada en la [tabla 2](#); por el método de extracción, 0 (0%) fueron casos leves, 22 (55%) fueron casos moderados y 18 (45%) fueron casos graves.

### Desempeño diagnóstico comparado

Tomando como referencia el volumen obtenido por extracción ([Tabla 3](#)), con un auROC de 0.81 (IC95%: 0.73-0.89) el desempeño diagnóstico del método de volumen fue significativamente mayor que el del método bidimensional (auROC: 0.73; IC95%: 0.63-0.83;  $p = 0.0335$ ).

### Sesgo en la medición del volumen pericárdico

Tomando como referencia el volumen obtenido por extracción, la estimación realizada por el método de suma de discos subestimó en promedio 51.3 ml (IC95%: -156.2-53.5), equivalente a una subestimación media relativa del 8.3% ([Tabla 4](#)). No se identificó evidencia de sesgo diferencial al volumen del derrame pericárdico con un coeficiente de correlación de Spearman entre la diferencia y el promedio de las

estimaciones de  $-0.11$  ( $p = 0.5024$ ). En total, el 92.5% de las estimaciones de volumen están dentro del intervalo de acuerdo de Bland-Altman ([Fig. 2](#)), con un acuerdo absoluto de 0.66.

### Eventos adversos

No se presentaron eventos adversos durante la realización de las ecocardiografías. Posterior al drenaje del líquido pericárdico, la mayoría de los pacientes presentaron dolor en el sitio de punción o incisión. Eventos adversos como resangrado, descompensación hemodinámica, necesidad de reintervención o muerte se asociaron a la enfermedad de base de los pacientes y no al procedimiento realizado para el drenaje del derrame pericárdico.

### Discusión

El objetivo de este estudio fue comparar dos métodos de estimación del derrame pericárdico por medio de ecocardiografía. Se identificó que el método de suma de discos muestra un desempeño superior al método bidimensional, tomando como referencia el volumen de líquido pericárdico extraído por pericardiocentesis o cirugía abierta. Comparativamente con la referencia, el método de suma de discos presenta un alto acuerdo, con una subestimación media de 51.3 ml.

Hasta donde ha sido posible establecer, este es el primer estudio que demuestra la superioridad del método de suma de discos a través de métodos apropiados de comparación del desempeño. Los estudios previos han comparado las estimaciones de volumen del derrame pericárdico mediante correlaciones, alternativa considerada inapropiada para este propósito<sup>18</sup>. La subestimación media de 51.3 ml (8.3% relativa) observada en este estudio es similar a la de reportes previos. Khosraviani et al.<sup>11</sup>, en una serie de 33 casos con una estimación media de 725 ml, identificaron una subestimación media de 68 ml (9.3% relativa). Por su parte, Leibowitz et al.<sup>4</sup> establecieron una subestimación media de 41 ml (6.1% relativa) en una muestra de 19 pacientes con un volumen medio de 674 ml<sup>4</sup>. Así mismo, DeMaria et al.<sup>19</sup>, en una muestra de 126 pacientes, con un volumen medio de 850 ml, presentaron estimaciones del volumen que permiten establecer una subestimación media de 37 ml (4.3% relativa).

En el análisis de los resultados del estudio se deben considerar algunas limitaciones. Se registró una pequeña proporción de pacientes con volúmenes mayores de 1000 ml, lo cual influye en la estimación del sesgo

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos y gravedad del derrame según el método de estimación

	Mín.	Máx.	Media	DE	Gravedad del derrame, n (%)		
					Leve	Moderado	Grave
Método de suma de discos (ml)	104	1866	563.3	331.7	0 (0.0)	18 (45.0)	22 (55.0)
Método biplanar (mm)	5	65	27.9	12.7	2 (5.0)	9 (22.5)	29 (72.5)
Extracción (ml)	150	2065	614.6	458.0	0 (0)	22 (55)	18 (45)

DE: desviación estándar.

**Tabla 3.** Área bajo la curva operador-receptor en la estimación del volumen del líquido pericárdico según el método tomando como referencia la extracción durante una intervención

	auROC (IC95%)		Covarianza	p
Método de suma de discos (ml)	0.8109	(0.7333-0.8885)	0.0013	0.0335
Método bidimensional (mm)	0.7263	(0.6249-0.8276)		

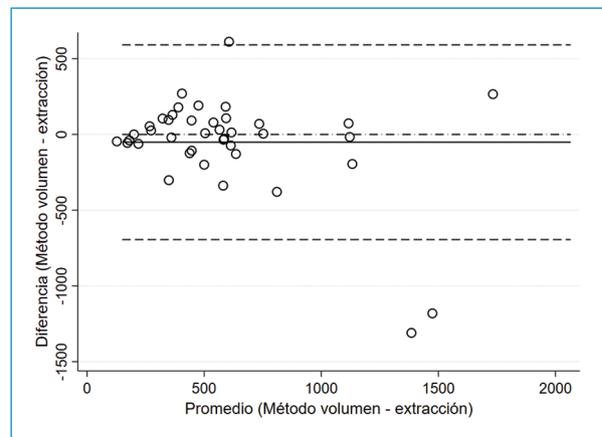
auROC: área bajo la curva operador-receptor; IC95%: intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 4.** Sesgo en la estimación del derrame pericárdico mediante ecocardiografía por el método de suma de discos tomando como referencia la extracción durante una intervención

	Estimación	IC95%
Sesgo	-51.3	(-156.2-53.5)
Límite inferior	-694.0	(-875.6 - -512.4)
Límite superior	591.3	(409.7-773.0)
Casos sobre el límite. n (%)	1 (2.5)	
Casos bajo el límite. n (%)	2 (5.0)	
Correlación diferencia-promedio*	-0.11	
Acuerdo absoluto	0.66	

IC95%: intervalo de confianza del 95%.

\*Valor P para rho = 0.5024.



**Figura 2.** Límites de acuerdo (Bland-Altman) para la estimación del volumen de derrame pericárdico mediante ecocardiografía por el método de suma de discos tomando como referencia la extracción durante la intervención.

diferencial entre el método de suma de discos y la referencia en valores de esta magnitud. No se puede descartar un funcionamiento diferencial en este rango de la escala. No obstante, la clasificación clínica de mayor gravedad inicia a partir de los 500 ml<sup>1,20</sup>, valores en los que se pudo establecer que no se da sesgo diferencial. Con relación a la medición de la referencia, si bien el drenaje (abierto o cerrado) del líquido pericárdico se considera como el método estándar, se debe tener en cuenta que es dependiente del operador<sup>21</sup>, situación que

para los registros de historia clínica no pudo ser controlada por tratarse de un estudio retrospectivo.

Pese a estas limitaciones, los resultados tienen importantes implicaciones para la práctica clínica. Este estudio demuestra un mejor desempeño del método de suma de discos en comparación con el método bidimensional en el estudio ecocardiográfico para la estimación del derrame pericárdico, pudiendo generar un cambio al método tradicionalmente utilizado (bidimensional). El método de suma de discos no requiere entrenamiento especial, ya

que el personal que realiza ecocardiografía conoce el método porque se utiliza para calcular otros parámetros ecocardiográficos, como la fracción de eyección. Adicionalmente, este método no implica más costos, ya que no requiere nuevos equipos ni herramientas, e incluso puede tardarse el mismo tiempo que con el método bidimensional si se siguen las recomendaciones de medir en todas las proyecciones la separación en milímetros.

## Conclusiones

En los pacientes con derrame pericárdico con indicación de drenaje o taponamiento cardíaco, el método de suma de discos es superior en comparación con el método bidimensional en el estudio ecocardiográfico para la estimación cuantitativa del derrame pericárdico, y discrimina mejor respecto al método bidimensional.

## Información adicional

Es posible acceder al protocolo de estudio completo solicitándolo al autor de correspondencia o a la Universidad CES.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la epidemióloga Elsa Vásquez por su asesoría durante la formulación y la recolección de datos.

## Financiamiento

No se recibió financiamiento específico para la realización del estudio.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

## Bibliografía

1. Jung HO. Pericardial effusion and pericardiocentesis: role of echocardiography. *Korean Circ J*. 2012;42(11):725.
2. Imazio M, Adler Y. Management of pericardial effusion. *Eur Heart J*. 2013;34(16):1186-97.
3. Vakamudi S, Ho N, Cremer PC. Pericardial effusions: causes, diagnosis, and management. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017;59(4):380-8.
4. Leibowitz D, Perlman G, Planer D, Gilon D, Berman P, Bogot N. Quantification of pericardial effusions by echocardiography and computed tomography. *Am J Cardiol*. 2011;107(2):331-5.
5. Prakash AM, Sun Y, Chiararamida SA, Wu J, Lucariello RJ. Quantitative assessment of pericardial effusion volume by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16(2):147-53.
6. D'Cruz IA, Hoffman PK. A new cross sectional echocardiographic method for estimating the volume of large pericardial effusions. *Heart*. 1991;66(6):448-51.
7. Ojeda W, Martínez-Toro JA. Diagnosis and management of pericardial effusions. *P R Health Sci J*. 2006;25(3):255-8.
8. Mullens W, De Keyser J, Herregods MC. Collapse of three cardiac chambers due to a pericardial effusion. *Int J Cardiol*. 2008;123(3):e62-3.
9. Pérez-Casares A, Cesar S, Brunet-García L, Sánchez-de-Toledo J. Echocardiographic evaluation of pericardial effusion and cardiac tamponade. *Front Pediatr*. 2017;24(5):79.
10. Horowitz MS, Schultz CS, Stinson EB, Harrison DC, Popp RL. Sensitivity and specificity of echocardiographic diagnosis of pericardial effusion. *Circulation*. 1974;50(2):239-47.
11. Khosraviani K, Goldberg Y, Salari B, Nezami N, Peng C-F, Taub CC. The biplane modified Simpson's method accurately estimates pericardial effusion volume: a comparison with pericardiocentesis. *Echocardiography*. 2015;32(8):1215-20.
12. McIntyre WF, Jassal DS, Morris AL. Pericardial effusions: do they all require pericardiocentesis? *Can J Cardiol*. 2015;31(6):812-5.
13. Ristic AD, Seferovic PM, Maisch B. Management of pericardial effusion: the role of echocardiography in establishing the indications and the selection of the approach for drainage. *Herz Kardiovaskulare Erkrank*. 2005;30(2):144-50.
14. Bossuyt PM, Reitsma JB, Bruns DE, Gatsonis CA, Glasziou PP, Irwig L, et al. STARD 2015: an updated list of essential items for reporting diagnostic accuracy studies. *BMJ*. 2015;351:h5527.
15. Adler Y, Charron P, Imazio M, Badano L, Barón-Esquivias G, Bogaert J, et al. 2015 ESC Guidelines for the diagnosis and management of pericardial diseases. *Eur Heart J*. 2015;36(42):2921-64.
16. Obuchowski NA. An ROC-type measure of diagnostic accuracy when the gold standard is continuous-scale. *Stat Med*. 2006;25(3):481-93.
17. Bland JM, Altman DG. Agreed statistics: measurement method comparison. *Anesthesiology*. 2012;116(1):182-5.
18. Watson PF, Petrie A. Method agreement analysis: a review of correct methodology. *Theriogenology*. 2010;73(9):1167-79.
19. DeMaria DM, Waring AA, Gregg DE, Litwin SE. Echocardiographic assessment of pericardial effusion size: time for a quantitative approach. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(12):1615-7.e1.
20. Singhapricha T, Taylor T, Meer J. Emergency ultrasound: pericardial effusion and tamponade: making the diagnosis at bedside with point-of-care Echocardiography. *Emerg Med*. 2017;49(11):517-9.
21. Arntfield RT, Millington SJ. Point of care cardiac ultrasound applications in the emergency department and intensive care unit — a review. *Curr Cardiol Rev*. 2012;8(2):98-108.