

## RADIOLOGÍA EN IMÁGENES

# Función sistólica del ventrículo izquierdo: cómo comprenderla y analizarla



G.C. Fernández-Pérez<sup>a,\*</sup>, Á. Franco López<sup>b</sup>, M.Á. García Fernández<sup>c</sup>,  
M.Á. Corral de la Calle<sup>a</sup>, J. Encinas de la Iglesia<sup>a</sup> y M. Velasco Casares<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Radiodiagnóstico, Complejo Asistencial de Ávila, Ávila, España

<sup>b</sup> Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Fundación Jiménez Díaz, Madrid, España

<sup>c</sup> Servicio de Cardiología, Instituto Cardiovascular, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

Recibido el 31 de enero de 2013; aceptado el 20 de septiembre de 2013

Disponible en Internet el 4 de abril de 2014

### PALABRAS CLAVE

Fracción de eyección  
ventricular;  
Resonancia  
magnética;  
Volumen  
telediastólico;  
Volumen  
telesistólico;  
Grosor parietal  
relativo;  
Método Simpson

### KEYWORDS

Ventricular ejection  
fraction;  
Magnetic resonance  
imaging;  
End-diastolic volume;  
End-systolic volume;  
Relative wall  
thickness;  
Simpson method

**Resumen** En los estudios de resonancia magnética cardíaca, la función sistólica del ventrículo izquierdo suele calcularse automáticamente. Entender cómo se obtiene cada parámetro de la función y el por qué de las diferencias que pueden existir entre los valores obtenidos con dos técnicas, por ejemplo ecografía y resonancia magnética, es fundamental para comprenderlas e interpretarlas adecuadamente. En este artículo se detalla el análisis habitual de la función sistólica desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo, y se explican otros métodos que no requieren un software específico. Hemos diseñado (y lo aportamos para que pueda usarse libremente) un fichero que, empleando el programa Microsoft Excel®, permite analizar la función sistólica sencilla e intuitivamente.

© 2013 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### Left ventricular systolic function: How to understand it and analyze it

**Abstract** In cardiac magnetic resonance imaging studies, left ventricular systolic function is usually calculated automatically. To understand and interpret parameters of left ventricular systolic function correctly, it is fundamental to understand how each parameter is obtained and why values obtained with different techniques, for example, ultrasonography and magnetic resonance imaging, can differ. This article provides details about the usual analysis of systolic function from the quantitative and qualitative points of view; it also explains other methods that do not require specific software. Moreover, we provide a file that we designed for use with Microsoft Excel® to enable simple, intuitive analysis of systolic function. Readers can use this file freely.

© 2013 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [gabriel.fdez.perez@gmail.com](mailto:gabriel.fdez.perez@gmail.com) (G.C. Fernández-Pérez).

## Introducción

Las enfermedades cardíacas suelen acompañarse de anomalías en la función sistólica en algún momento de su evolución<sup>1-3</sup>. El movimiento del miocardio es un mecanismo muy eficiente, de modo que un acortamiento de las fibras de tan solo el 15% puede expulsar el 70% del contenido ventricular<sup>4</sup>. Todo parece responder a las características anatómicas de las fibras del miocardio. La dirección de las fibras cardíacas sigue una sencilla banda muscular continua que se repliega sobre sí misma formando una hélice<sup>5</sup>. El análisis de la función sistólica del ventrículo izquierdo (VI) es una parte fundamental de los estudios cardíacos con técnicas de imagen, entre las que la RM es aceptada como el mejor método para calcularla<sup>6</sup>. Aporta información pronóstica, permite seleccionar el tratamiento médico o valorar el momento quirúrgico óptimo para una enfermedad valvular<sup>6,7</sup>. Aunque el cálculo se realiza automáticamente con los programas de cuantificación, es necesario comprender sus bases y el significado de los diferentes parámetros. La posibilidad de realizar el análisis sin necesidad de programas comerciales es muy interesante porque su elevado coste hace que en ocasiones no se disponga de ellos. En este artículo se detalla el análisis habitual de la función sistólica desde un punto de vista cuantitativo y cualitativo, se explican otros métodos que no requieren un software específico, y se aporta un fichero que hemos diseñado empleando el programa Microsoft Excel®, que permite analizar la función sistólica sencilla e intuitivamente.

## Parámetros de la función ventricular

### Movimiento sistólico

En la contracción ventricular hay que considerar por separado la contracción global y la segmentaria. La contracción global es la capacidad del ventrículo para funcionar como una bomba ([vídeo 1, material adicional online](#)). La contracción segmentaria es la capacidad de contraerse de cada segmento del miocardio. Las alteraciones de la contracción segmentaria se gradúan en hipocinesia, acinesia o discinesia ([vídeo 2, material adicional online](#)). El análisis de la contracción segmentaria es el marcador principal de la cardiopatía isquémica, en la que típicamente se produce alteración de la contracción en los segmentos miocárdicos irrigados por la arteria coronaria patológica<sup>5</sup>. Pero las alteraciones segmentarias de la contracción no son exclusivas de la isquemia miocárdica, ya que pueden observarse en otras circunstancias ([tabla 1](#))<sup>1</sup>.

### Volúmenes ventriculares y función global del ventrículo izquierdo

En la RM se utiliza un plano eje corto a la altura de los músculos papilares para calcular el diámetro telediastólico –final de la diástole–, que es la distancia entre las paredes del ventrículo cuando están más separadas. El diámetro telesistólico es la distancia entre las paredes del ventrículo en el momento en que están más próximas ([fig. 3](#)). El VI está dilatado cuando el diámetro telediastólico es mayor de 60 mm, y gravemente dilatado si es mayor de 70 mm.

**Tabla 1** Causas de alteración en la contracción segmentaria del ventrículo izquierdo

|                            |
|----------------------------|
| Cardiopatía isquémica      |
| Bloqueo de rama izquierda  |
| Extrasístoles              |
| Cirugía cardíaca previa    |
| Miocardopatía de Takotsubo |
| Miocarditis                |
| Marcapasos                 |
| Pericarditis constrictiva  |
| Compresiones extrínsecas   |

*Debe recordarse que:* hablar de los volúmenes ventriculares es hablar del tamaño del VI, de tal manera que un VI dilatado es un indicador de una anomalía en la función ventricular ([fig. 1](#)). Por tanto, el diámetro del VI es un parámetro directo del volumen ventricular y muchos cálculos se basan en la asunción de que la cavidad ventricular tiene una forma similar a un elipsoide cuyo volumen se obtiene a partir de sus radios<sup>5</sup> ([fig. 2](#)):

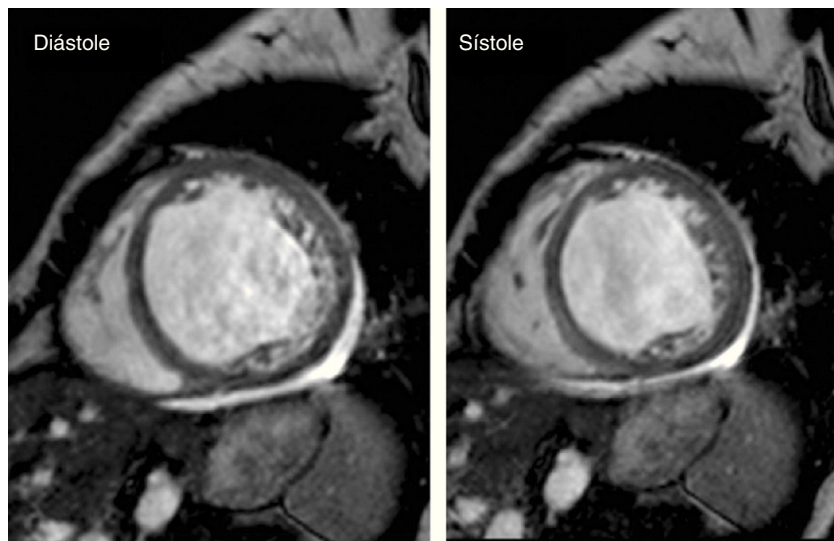
$$\text{Volumen elipsoide} = \frac{4}{3} \pi \times R1 \times R2 \times R3.$$

*Debe recordarse que:* los volúmenes que se obtienen son, básicamente, el volumen telediastólico (VTD) y el telesistólico (VTS), medidos al final de la diástole y sístole, respectivamente. El volumen sistólico, también llamado volumen latido (VL), es la diferencia entre el VTD y el VTS, y la fracción de eyección (FE) se obtiene dividiendo este por el VTD:

$$FE = \frac{(VTD - VTS)}{VTD} \times 100 = \frac{VL}{VTD} \times 100$$

La FE mide la disminución del volumen del VI en cada sístole respecto a la diástole. Una FE del 50% significa que el corazón, al contraerse, reduce el volumen del VI a la mitad respecto al momento de llenado máximo. En otras palabras, la FE da información de la capacidad contráctil del VI<sup>7</sup>. El gasto cardíaco es la cantidad de sangre que se expelle en un minuto. Se obtiene multiplicando el VL por la frecuencia cardíaca (gasto cardíaco = VL × fc), y en condiciones normales es de unos 5 l/min<sup>8</sup>.

Hay que tener en cuenta que la FE está condicionada por la resistencia vascular o poscarga (estenosis aortica, HTA, etc.) y la cantidad de sangre que llega o precarga. Parámetros como la fracción o área de acortamiento circunferencial (FAC) indican la capacidad contráctil del VI



**Box 1** Mujer de 64 años con miocardiopatía dilatada de origen no isquémico. Se aprecia un ventrículo izquierdo aumentado de tamaño tanto en sístole como en diástole, prácticamente sin cambios de tamaño entre ambos ciclos cardíacos, lo que indica que la contracción miocárdica es escasa y, por tanto, la función diastólica, mala (cálculo de la fracción de eyección por Simpson de 13%).

*Debe recordarse que:* la función cardíaca puede valorarse también cualitativamente observando el movimiento cardíaco, método que, aunque subjetivo, se ha demostrado exacto realizado con experiencia<sup>5,9</sup> (fig. 1). La FE se considera normal cuando es superior al 50%, ligeramente deprimida entre el 40 y el 50%, moderadamente deprimida entre el 30 y el 40%, y gravemente deprimida si es inferior al 30% (vídeo 3, material adicional online).

*Debe recordarse que:* la masa miocárdica se debe normalizar con la superficie corporal. Se considera normal una masa menor de 115 g/m<sup>2</sup> en varones y 95 g/m<sup>2</sup> en mujeres. Hay que tener en cuenta que puede haber aumento de la masa miocárdica con un grosor normal del miocardio del VI, como ocurre en las miocardiopatías dilatadas.

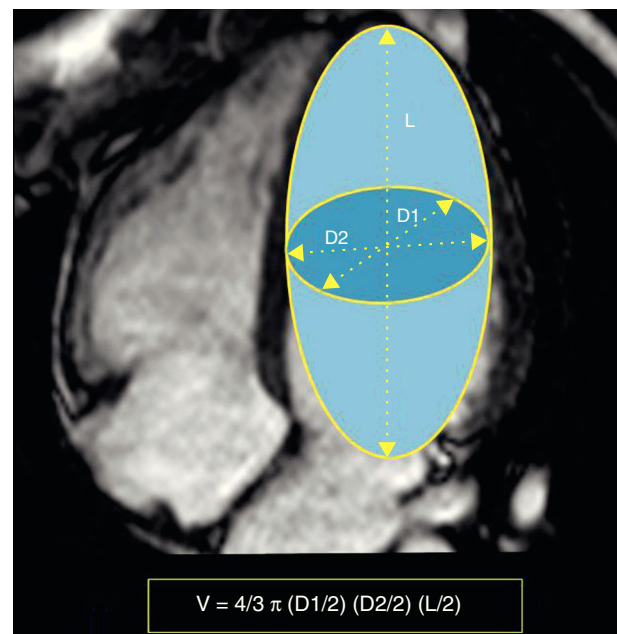
con independencia de la precarga y la poscarga, aunque influida por la geometría del VI (fig. 4):

$$FAC = \frac{(DTD - DTS)}{DTD} \times 100.$$

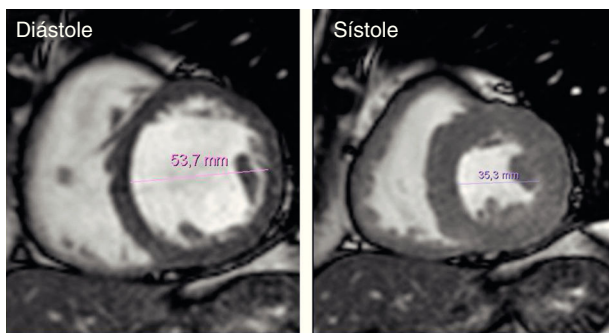
El valor normal de la FAC es del 28-41%<sup>5,10</sup>.

### Masa miocárdica

El cálculo de la masa miocárdica se basa en cuantificar el volumen de la pared del VI. En la RM, la masa miocárdica se obtiene usando el método Simpson, que calcula el volumen de la pared a partir de las imágenes en eje corto y lo multiplica por 1,05 g/cc, que es el valor de la densidad del miocardio<sup>6</sup>. Una alternativa, si no se dispone de un programa específico para aplicar el método Simpson, es emplear el plano 3-cámaras de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (método ASE), utilizado en ecocardiografía, que se basa en medir el grosor de la pared posterior y del septo interventricular<sup>11</sup>. No es infrecuente que los valores sean más altos y menos exactos que los obtenidos con el método Simpson porque en sus fórmulas las medidas se elevan al cubo, y un pequeño error en la medida provocará una desviación importante (fig. 5).



**Figura 2** La forma del ventrículo izquierdo puede asimilarse a un elipsoide, cuyo volumen se calcula con 3 radios (L, D1, D2), lo que permite estimar los volúmenes ventriculares.

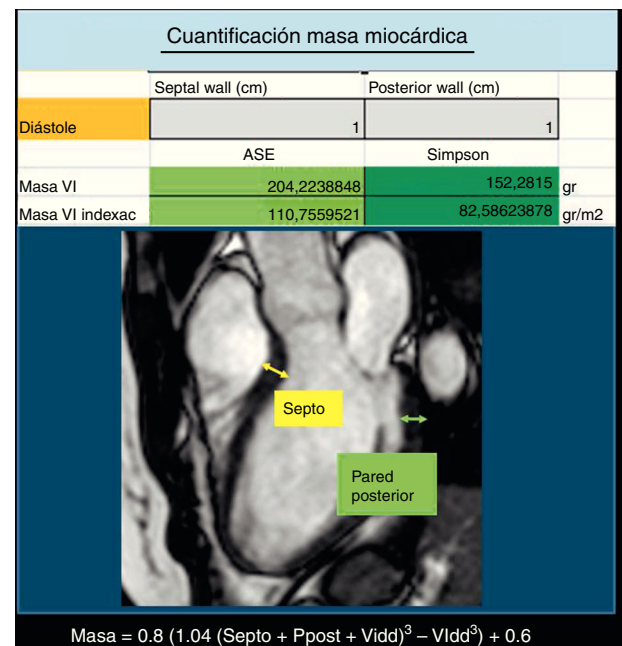


**Figura 3** Para medir el diámetro del ventrículo izquierdo se selecciona un plano medio en el eje corto, a la altura de los músculos papilares, y se mide el diámetro mayor en telediástole y el menor al final de la sístole.

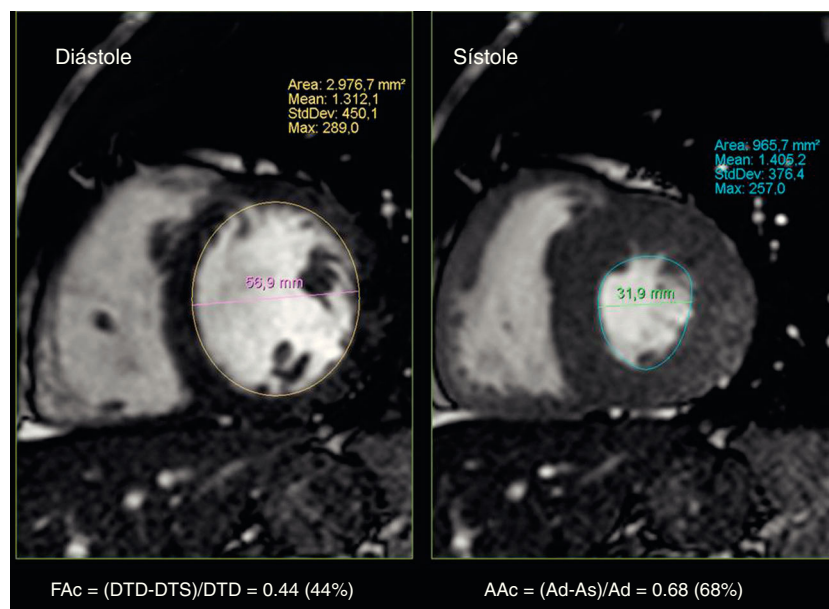
El espesor de la pared del miocardio se debe medir en diástole, cuando es más fina. En condiciones normales mide en torno a 11 mm<sup>5</sup>. La hipertrofia ventricular puede clasificarse como concéntrica o excéntrica, atendiendo al concepto de grosor parietal relativo:

$$\text{grosor parietal relativo} = \frac{2 \times \text{grosor pared posterior}}{\text{DTD}}$$

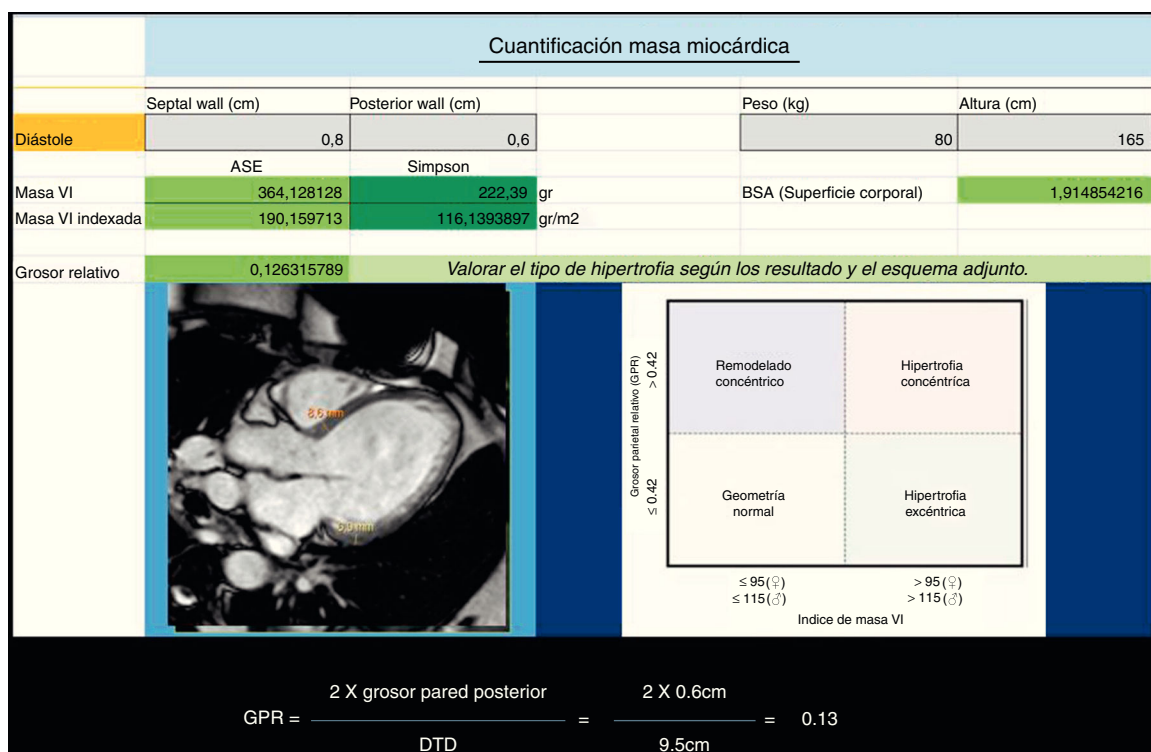
Un valor alto del grosor parietal relativo indica que el aumento de la masa se debe a un incremento del espesor de la pared, es decir, a una hipertrofia concéntrica, mientras que un valor normal indica que la hipertrofia es provocada por un aumento del tamaño de la cavidad (hipertrofia excéntrica). Esta diferencia tiene repercusiones pronósticas y terapéuticas. El valor normal de 0,42 se emplea para discriminar estas entidades (fig. 6)<sup>11</sup>.



**Figura 5** Cálculo de la masa miocárdica según la Sociedad Americana de Ecocardiografía. A partir de las dimensiones del septo interventricular y de la pared posterior se obtiene la masa miocárdica. Estas medidas se basan en las de la ecocardiografía en plano 3-cámaras y modo M, por lo que se debe obtener un plano perpendicular al ventrículo para no oblicuar el septo. Si no fuese así, se sobrestimarían sus dimensiones y el error en la cuantificación de la masa sería grande, porque las medidas se elevan al cubo (observe la fórmula en el pie de la figura). El cálculo mediante el método Simpson, con el que las medidas se hacen respecto al área de la pared ventricular, es más exacto y, por este motivo, se considera la RM como el método más exacto para determinar la fracción de eyección.



**Figura 4** Fracción (FAC) y área de acortamiento circunferencial (AAC). Se trata de parámetros que valoran la capacidad de contracción del ventrículo izquierdo al analizar el acercamiento o cierre de las paredes ventriculares entre la diástole y la sístole.



**Figura 6** Paciente de 55 años con miocardiopatía dilatada de origen etílico. El grosor del ventrículo izquierdo (VI) es normal y, sin embargo, la masa miocárdica está aumentada. El mayor tamaño del corazón (diámetro telediastólico [DTD] de 9,5 cm y grosor parietal relativo [GPR] < 0,42) indica una hipertrofia excéntrica.

## Medida de la función sistólica

### Secuencias

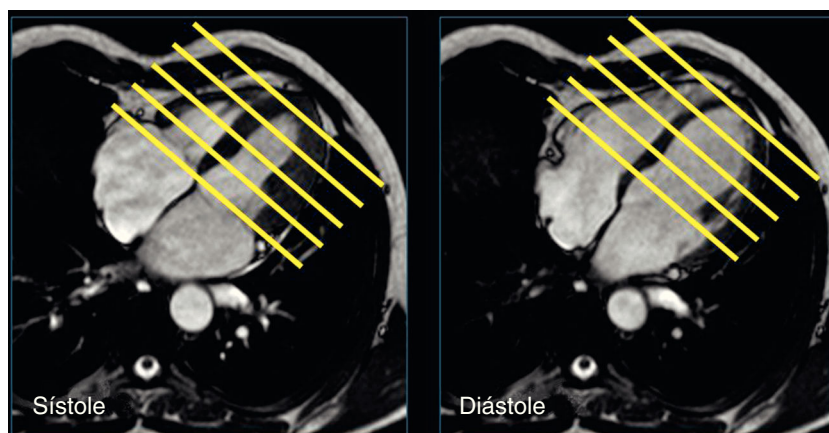
Se usan secuencias cine *balanced steady-state free precession* (precesión libre en estado estacionario), que gracias a que consiguen un alto contraste entre la cavidad ventricular y la pared del miocardio permiten definir los bordes endocárdicos y epicárdicos<sup>12</sup>. Al tener una potenciación mixta (T1/T2) se pueden emplear tras inyectar gadolinio. El realce de la cavidad ventricular mejora el contraste con la pared del VI<sup>13</sup>, y aunque algunos autores han encontrado diferencias significativas en las medidas de los volúmenes, estas son clínicamente poco relevantes<sup>14</sup>.

### Cálculo

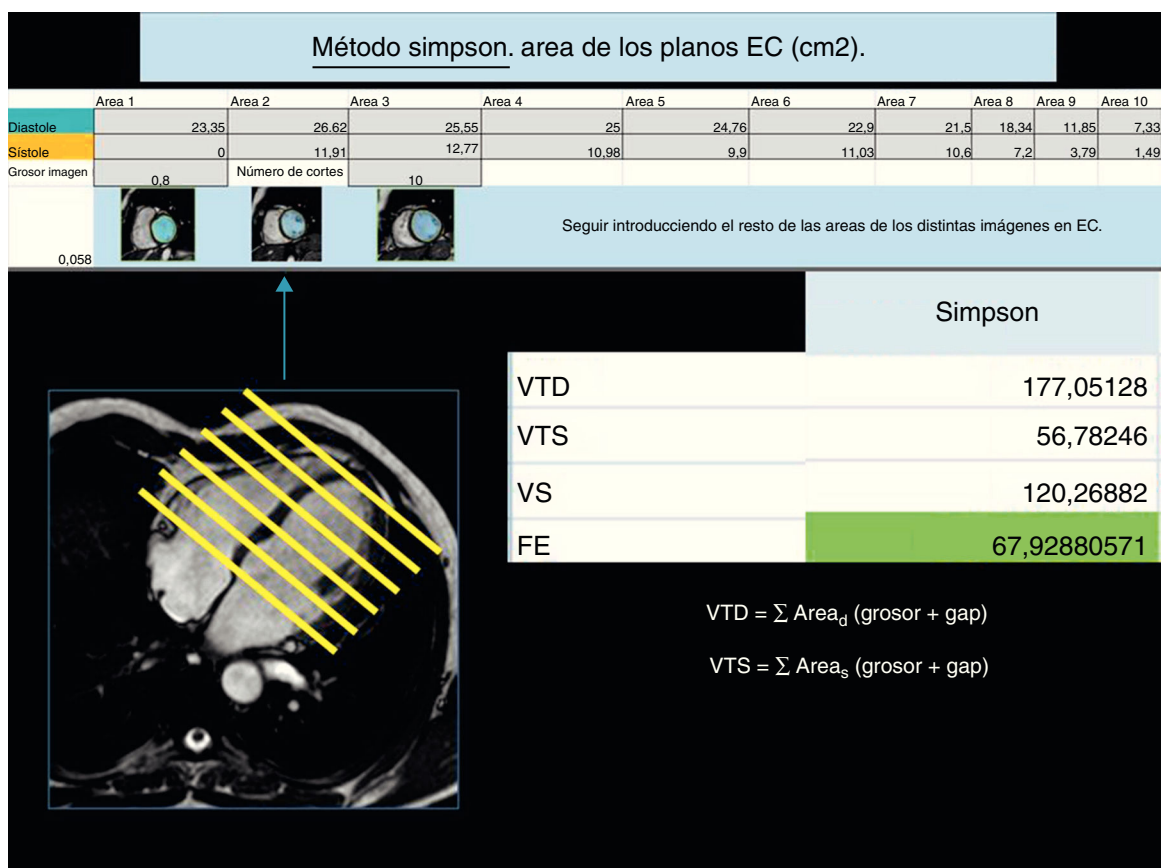
Lo habitual es usar el plano eje corto para calcular la FE mediante el método Simpson<sup>15-17</sup>. Se realizan varios cortes desde la base hasta el ápex del VI, con un grosor de corte normalmente de 8-10 mm, y con un espaciamiento entre ellos de un 20% (normalmente 2 mm). Se planifica sobre planos 4-cámaras y eje largo, pero es muy importante hacerlo en diástole para evitar un efecto de «movimiento a través de plano» (*correction for through-plane motion*), ya que de hacerlo sobre una imagen en sístole se infraestimarían los VTD y VTS hasta en un 13 y 20%, respectivamente (fig. 7)<sup>6</sup>.

Se dibuja el endocardio en telediástole y telesístole en las imágenes de eje corto<sup>6,15-18</sup>. El programa calcula el VTD y VTS con la suma de las áreas de cada corte, el grosor de la imagen y el espaciado:  $\text{volumen (cm}^3\text{)} = \sum \text{área (cm}^2\text{)} \times (\text{grosor [cm]} + \text{gap})$  (fig. 8). Una cuestión habitual es determinar si se está en el plano más basal del ventrículo o en la aurícula izquierda. Si la cavidad está rodeada por miocardio en más del 75% de su perímetro, se considera ventricular y se incluye en el análisis, pero si lo está por menos, se excluye (fig. 9)<sup>15-18</sup>. Normalmente, los músculos papilares se deben excluir cuando se realizan los contornos endocárdicos, aunque, incluirlos o no, influye más para el cálculo de la masa miocárdica. Lo importante es mantener la misma forma de hacerlo, especialmente cuando se va a seguir a los pacientes evolutivamente<sup>6</sup>.

Aunque el eje corto tiene ventajas, como delimitar perfectamente los bordes del endocardio y los músculos papilares, incluyendo prácticamente todos los segmentos del VI a excepción del segmento 17 o apical, también tiene limitaciones para definir el endocardio del segmento basal. Combinar varios planos como 4-cámaras o eje largo (2-cámaras) ayudaría a delimitar el anillo mitral y la parte de inclusión del VI en los segmentos basales<sup>19</sup>. Usar imágenes radiales obtenidas en un eje largo también minimizaría este inconveniente<sup>20</sup>. Hay técnicas de cálculo basadas en la combinación de 3 planos (modelo triplano) que resuelven este problema y garantizan una mayor exactitud cuando se calcula la FE (fig. 10).



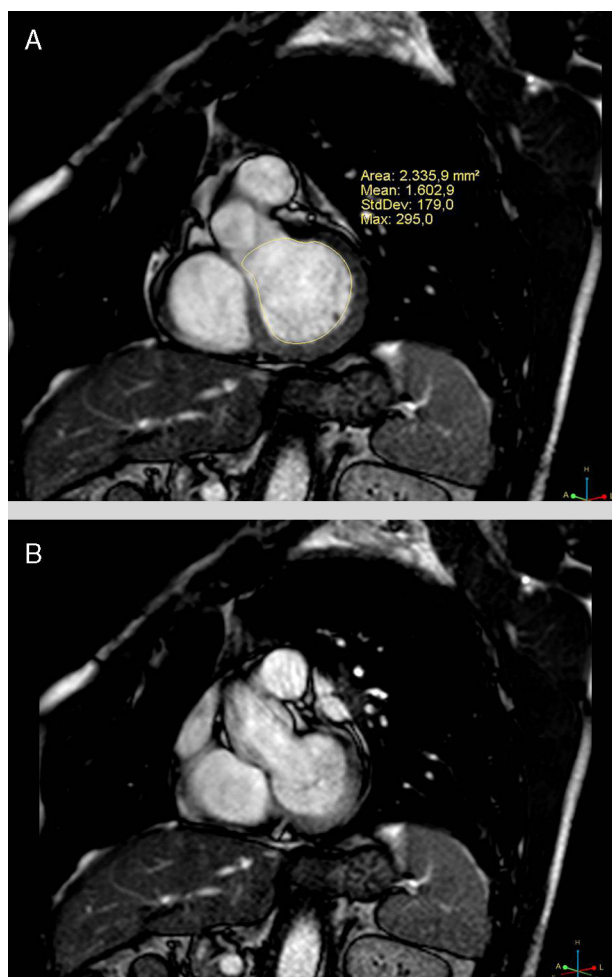
**Figura 7** Efecto de movimiento de plano (importancia de planificar sobre la imagen en diástole). Planificación del eje corto sobre un plano 4-cámaras. Si esta planificación se realizase en la sístole, el acortamiento longitudinal del ventrículo izquierdo en la diástole infraestimaría los volúmenes ventriculares.



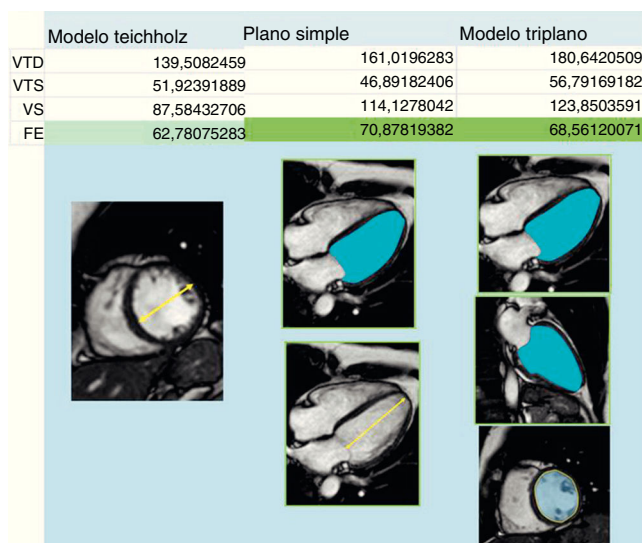
**Figura 8** Para calcular la fracción de eyección (FE) mediante el método Simpson se obtiene el área en diástole y sístole de las imágenes obtenidas en eje corto cubriendo todo el ventrículo izquierdo. La suma de estas áreas, multiplicadas por el grosor de la imagen más el espacio entre las imágenes, nos da los volúmenes telediastólicos (VTD) y telesistólicos (VTS) y la FE. VS: volumen sistólico.

*Debe recordarse que:* el VL también puede calcularse con técnica de velocidad de flujo (VENC o de contraste de fase) midiendo el flujo sanguíneo a través de la aorta proximal y calculando el volumen neto de eyección. Esta aproximación al VL no sería posible en caso de existir regurgitación valvular. Sin embargo, con esta técnica no se pueden calcular los VTD ni VTS, ni, por tanto, la FE (fig. 11)<sup>6</sup>.

Otras técnicas alternativas interesantes, como las secuencias de primer paso, que se utilizan para detectar isquemia, pueden indirectamente ayudar a valorar la función sistólica. Se calcula a partir de la diferencia entre los picos de contraste máximo, colocando un ROI en cada cavidad ventricular. La diferencia de tiempo es inversamente proporcional a la FE. Hansch et al. demostraron que diferencias mayores de 13 seg se asociaban a FE muy deprimidas,



**Figura 9** A) Plano basal eje corto en diástole. La cavidad está rodeada por más del 75% de pared ventricular, por lo que se debe incluir en el análisis. B) Plano basal eje corto en sístole. La cavidad está rodeada de pared ventricular en menos del 75%, y no se debe incluir en el análisis porque el área corresponde a cavidad o volumen auricular.



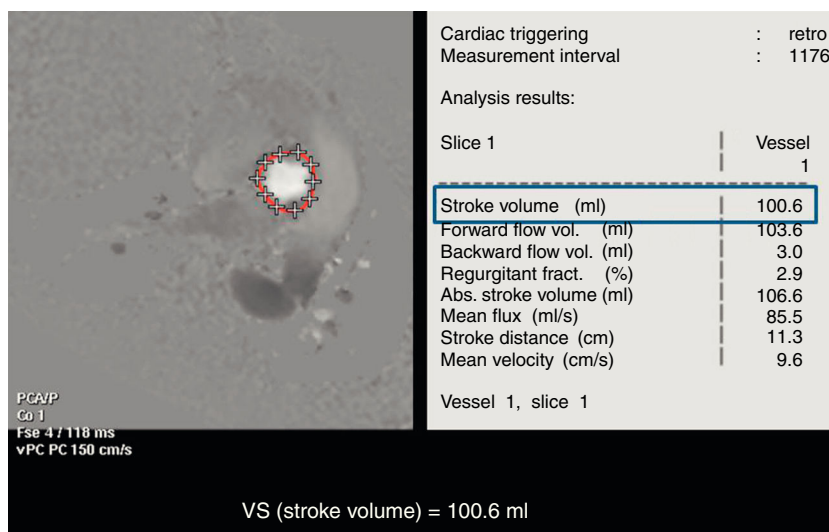
**Figura 10** Alternativas al modelo Simpson para valorar la función sistólica. Si el ventrículo izquierdo (VI) tiene movimiento y tamaño normales, puede recurrirse a análisis cuantitativos más rápidos que el método Simpson. Estos métodos van desde los más sencillos, como el modelo Teichholz, que solo tiene en cuenta la medida del diámetro del VI, pasando por el modelo de plano simple, que se calcula con el área y longitud del VI, hasta el modelo triplano, que se calcula con áreas de diferentes planos cardíacos, lo que hace que sea más robusto para cuantificar la fracción de eyección (FE).

VS: volumen sistólico. VTD: volúmenes telediastólicos; VTS: volúmenes telesistólicos.

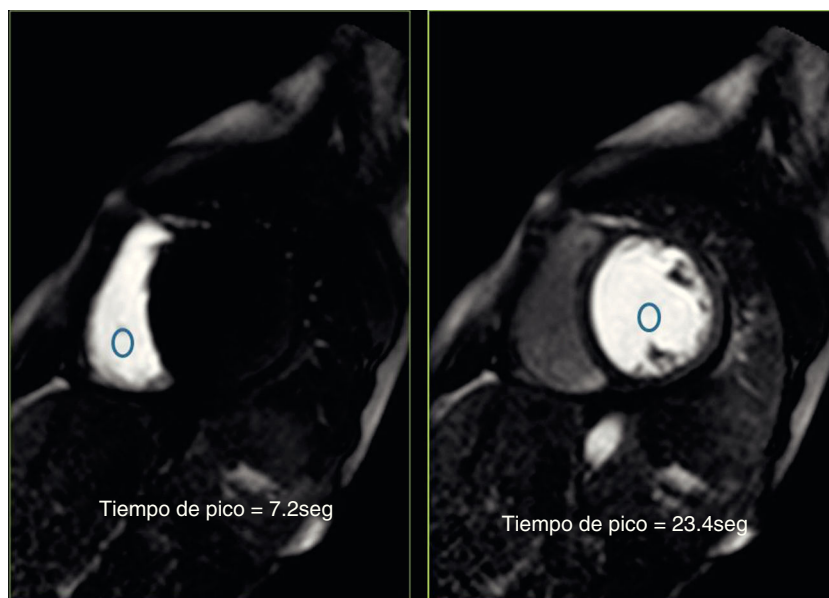
tiempos de 8,5 seg a FE moderadamente reducidas, y de 6,3 seg a FE normal (fig. 12)<sup>21</sup>.

Un método sencillo es calcular la distancia entre el velo anterior de la válvula mitral y el septo interventricular en el momento de máxima apertura de la válvula. La magnitud de la apertura de la válvula tiene relación con el volumen del flujo transmitral y, en ausencia de una insuficiencia mitral importante, con el VL del VI. Suele emplearse el plano 3-cámaras y la distancia descrita es menor de 6 mm en condiciones normales<sup>1</sup>. Esta distancia aumenta cuando disminuye la FE (fig. 13).

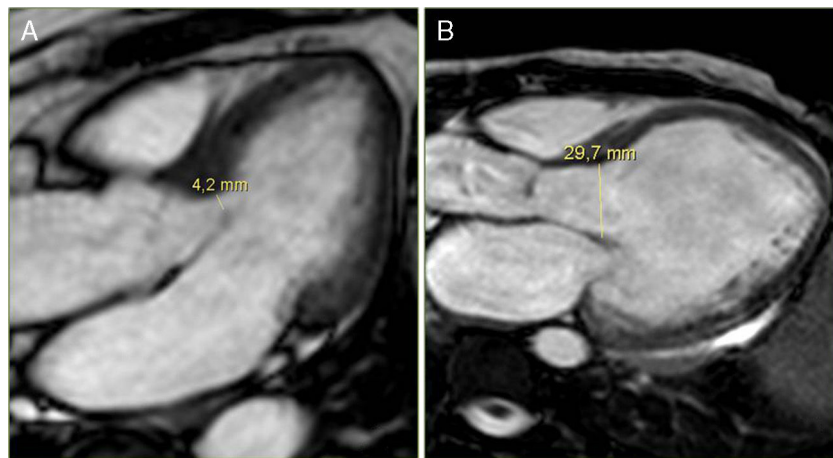
En ocasiones no se dispone de un software específico que permita calcular la función ventricular, particularmente si el estudio se ha realizado en otra unidad de RM. Para resolver este problema es recomendable hacer una valoración cualitativa. Si es normal, recomendamos calcularla con un método rápido, por ejemplo en un solo plano, mediante parámetros de área y longitud de la cavidad del VI (fig. 10). En este trabajo aportamos una hoja Excel® sencilla (Anexo 1, material adicional online) para realizar un cálculo de la función sistólica, y añadimos en un anexo unas instrucciones simples para hacerlo (Anexo 2, material adicional online).



**Figura 11** Secuencia de contraste de fase perpendicular al eje de flujo (a través del plano) en la raíz aórtica. El análisis revela un volumen latido (VL, *stroke volume* en la figura) de 100,6 ml, que representa el volumen de sangre durante la eyección (sístole). VL = volumen telediastólico (VTD) – volumen telesistólico (VTS), pero mediante este método no podemos conocer el VTD, el VTS ni la fracción de eyección. El gasto cardíaco se puede calcular conociendo la frecuencia cardíaca:  $GC \text{ (l/min)} = VL \times fc$ .



**Figura 12** Plano basal en el eje corto adquirido con secuencias poscontraste (primer paso). Tras trazar un ROI en cada una de las cavidades ventriculares, se calcula el retraso en alcanzar el pico de contraste máximo en el ventrículo izquierdo, obteniendo una idea de la función sistólica. En este caso se trata de un paciente con una miocardiopatía dilatada, en el que la diferencia entre ambos tiempos fue de 16,2 seg, lo que indirectamente indica que la fracción de eyección (FE) es menor del 30%. El valor de la FE mediante el método Simpson fue del 15%.



**Figura 13** Signos indirectos para valorar la función sistólica. Uno de los más útiles es medir la distancia entre la válvula mitral y el septo interventricular. Su principio es la relación entre la magnitud de la apertura de la válvula mitral y el flujo transmitral, que es la cantidad de sangre de llenado ventricular, que será la de eyección en la sístole. Cuando la fracción de eyección (FE) es normal, la distancia es  $< 6$  mm (siempre y cuando no haya una enfermedad valvular). En el paciente de la imagen A, la FE era normal (Simpson FE = 65%). Sin embargo, en el paciente de la imagen B la FE estaba deprimida (FE = 29%), lo que se relaciona con el aumento franco de la distancia entre el velo anterior mitral y el septo.

## Conclusión

Es importante realizar un análisis correcto de la función sistólica y entender qué significan los distintos parámetros que intervienen en el cálculo de la función ventricular, los diferentes métodos de cálculo, además del método Simpson, y la posibilidad de poder hacerlo incluso si no se dispone de un software específico. Aportamos una hoja de cálculo que permite analizar la función sistólica de una forma sencilla e intuitiva.

## 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.

## Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: GCFP.
2. Concepción del estudio: GCFP.
3. Diseño del estudio: GCFP, MCC, JE, MVC, AF.
4. Obtención de los datos: GCFP, MCC, JE, MVC.
5. Análisis e interpretación de los datos: GCFP, AF, MAGF.
6. Tratamiento estadístico GCFP, MCC, JE, MVC.
7. Búsqueda bibliográfica: GCFP, MCC, JE, MVC, MAGF.
8. Redacción del trabajo: GCFP, AF, MAGF, MCC, JE, MVC.
9. Revisión crítica del manuscrito con aportaciones intelectualmente relevantes: MCC, AF, MAGF, JE, MVC.

10. Aprobación de la versión final: GCFP, AF, MAGF, MCC, JE, MVC.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2013.09.006>.

## Bibliografía

1. Armstrong WF, Ryan T. Evaluation of systolic function of the left ventricle. En: Feigenbaum' echocardiography. 2.ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 123–83.
2. Fernández-Pérez GC, Duarte R, Corral de la Calle M, Calatayud J, Sánchez González J. Análisis de la función diastólica del ventrículo izquierdo mediante resonancia magnética. Radiología. 2012;54:295–305.
3. Duarte R, Fernandez-Perez G, Bettencourt N, Sampaio F, Miranda D, França M, et al. Assessment of left ventricular diastolic function with cardiovascular MRI: What radiologists should know. Diagn Interv Radiol. 2012;18:446–53.
4. Torrent-Guasp F, Kocica MJ, Corno AF, Komeda M, Carreras-Costa F, Flotats A, et al. Towards new understanding of the heart structure and function. Eur J Cardiothorac Surg. 2005;27:191–201.
5. García Fernández MA, Zamorano JL. Ecocardiografía básica: Conceptos generales de ecocardiografía. El eco-doppler normal. Website de la Asociación Española de Imagen Cardíaca. 2010. Disponible en: [http://www.ecocardio.com/rincon\\_alumno/pdf/Capitulo\\_01.pdf](http://www.ecocardio.com/rincon_alumno/pdf/Capitulo_01.pdf)
6. Bogaert J. Cardiac function. En: Bogaert J, Dymarkowski S, Taylor AM, editores. Clinical Cardiac MRI. New York, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2005. p. 99–142.
7. Klem I, Shah DJ, White RD, Pennell DJ, van Rossum AC, Regenfus M, et al. Prognostic value of routine cardiac magnetic resonance

- assessment of left ventricular ejection fraction and myocardial damage: An international, multicenter study. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2011;4:610–9.
8. San Román JA, Candell-Riera J, Arnold R, Sánchez PL, Aguadé-Bruix S, Bermejo J, et al. Análisis cuantitativo de la función ventricular izquierda como herramienta para la investigación clínica. Fundamentos y metodología. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62:535–51.
  9. Scholl D, Kim HW, Shah D, Fine NM, Tandon S, Thompson T, et al. Validation of a novel modified wall motion score for estimation of left ventricular ejection fraction in ischemic and non-ischemic cardiomyopathy. *Eur J Radiol*. 2012;81:e923–8.
  10. King DL, El-Khoury Coffin L, Maurer MS. Myocardial contraction fraction: A volumetric index of myocardial shortening by free-hand three-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40:325–9.
  11. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: A report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18:1440–63.
  12. Malayeri AA, Johnson WC, Macedo R, Bathon J, Lima JA, Bluemke DA. Cardiac cine MRI: Quantification of the relationship between fast gradient echo and steady-state free precession for determination of myocardial mass and volumes. *J Magn Reson Imaging*. 2008;28:60–6.
  13. Lasalarie JC, Serfaty JM, Carre C, Messika-Zeitoun D, Jeannot C, Schouman-Claeys E, et al. Accuracy of contrast-enhanced cine-MR sequences in the assessment of left ventricular function: Comparison with precontrast cine-MR sequences. Results of a bicentric study. *Eur Radiol*. 2007;17:2838–44.
  14. Matthew S, Gandy SJ, Nicholas RS, Waugh SA, Crowe EA, Lerski RA, et al. Quantitative analysis of cardiac left ventricular variables obtained by MRI at 3T: A pre- and post-contrast comparison. *Br J Radiol*. 2012;85:e343–7.
  15. Hazirolan T, Taşbaş B, Dağoglu MG, Canyigit M, Abali G, Aytemir K, et al. Comparison of short and long axis methods in cardiac MR imaging and echocardiography for left ventricular function. *Diagn Interv Radiol*. 2007;13:33–8.
  16. Lubbers DD, Willems TP, van der Vleuten PA, Overbosch J, Götte MJ, van Veldhuisen DJ, et al. Assessment of global left ventricular functional parameters: Analysis of every second short-axis magnetic resonance imaging slices is as accurate as analysis of consecutive slices. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2008;24:185–91.
  17. Nassenstein K, Eberle H, Maderwald S, Jensen CJ, Heilmaier C, Schlosser T, et al. Single breath-hold magnetic resonance cine imaging for fast assessment of global and regional left ventricular function in clinical routine. *Eur Radiol*. 2010;20:2341–7.
  18. Codella NC, Cham MD, Wong R, Chu C, Min JK, Prince MR, et al. Rapid and accurate left ventricular chamber quantification using a novel CMR segmentation algorithm: A clinical validation study. *J Magn Reson Imaging*. 2010;31:845–53.
  19. Childs H, Ma L, Ma M, Clarke J, Cocker M, Green J, et al. Comparison of long and short axis quantification of left ventricular volume parameters by cardiovascular magnetic resonance, with ex-vivo validation. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2011;13:40.
  20. Muthurangu V, Lurz P, Critchely JD, Deanfield JE, Taylor AM, Hansen MS. Real-time assessment of right and left ventricular volumes and function in patients with congenital heart disease by using high spatiotemporal resolution radial k-t SENSE. *Radiology*. 2008;248:782–9.
  21. Hansch A, Heyne JP, Jung C, Wolf G, Pfeil A. Quantitative first pass perfusion in cardiovascular magnetic resonance for determination of peak ventricular transit time-A technique for evaluation of heart function. *Eur J Radiol*. 2012;81:e996–1001.