

Cardiorresonancia magnética - 4D Flow y comunicación interauricular tipo *ostium secundum*: Destinados a encontrarse

Javier Urmeneta Ulloa^{1,2}
José Ángel Cabrera¹
Ana Álvarez Vázquez²
Isabel Molina Borao³
Vicente Martínez de Vega²

Correspondencia

Javier Urmeneta Ulloa
javieurmeneta@hotmail.com

¹Departamento de Cardiología. Hospital Universitario Quirónsalud. Madrid, España.

²Departamento de Radiología. Hospital Universitario Quirónsalud. Madrid, España.

³Cardiología infantil y Cardiopatías Congénitas. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid, España.

Enviado: 08/06/2021.

Aceptado: 01/10/2021.

Publicado: 15/12/2021

Citar como: Urmeneta Ulloa J, Cabrera JA, Álvarez Vázquez A, Molina Borao I, Martínez de Vega Vicente². Cardiorresonancia magnética - 4D Flow y comunicación interauricular tipo *ostium secundum*: Destinados a encontrarse. RETIC. 2021(Diciembre); 4 (3): 7-10. doi: 10.37615/retic.v4n3a2

Cite this as: Urmeneta Ulloa J, Cabrera JA, Álvarez Vázquez A, Molina Borao I, Martínez de Vega Vicente². *Cardiac magnetic resonance imaging - 4D Flow and atrial septal defect type ostium secundum: Destined to meet*. RETIC. 2021 (December); 4 (3): 7-10. doi: 10.37615/retic.v4n3a2

Palabras clave

- Comunicación interauricular
- 4DFlow
- Cardiorresonancia magnética

Keywords

- Atrial septal defect
- 4DFlow, Cardiac magnetic resonance

RESUMEN

La cardiorresonancia magnética - 4D Flow es una técnica relativamente novedosa que permite la evaluación de flujos en las tres dimensiones del espacio más una cuarta representada por el tiempo a lo largo del ciclo cardíaco. La comunicación interauricular (CIA) tipo *ostium secundum* (OS) es el defecto interauricular de origen congénito más frecuente. Se presentan los estudios de cuatro pacientes con diagnóstico de CIA-OS valorados con cardiorresonancia-4DFlow en nuestro centro, que permiten mostrar la enorme utilidad de la técnica en esta patología congénita.

ABSTRACT

Cardiac magnetic resonance-4DFlow is a relatively new technique that allows the evaluation of flows in the three dimensions of space plus a fourth represented by time throughout the cardiac cycle. Atrial septal defect (ASD) ostium secundum (OS) type is the most common congenital atrial septal defect. We present the studies of four patients with a diagnosis of ASD-OS assessed with cardiac magnetic resonance-4DFlow in our center showing the usefulness of the technique in this congenital pathology

Cardiorresonancia magnética (CRM)- 4D Flow

En la última década se están desarrollando gracias al avance tecnológico secuencias de CRM cada vez más avanzadas. De forma reciente; la CRM-4D Flow, la que al principio sólo representaba una posible idea efímera, o como nuestro profesor el Dr. García Fernández siempre nos dice, "un bonito fuego artificial", se ha venido consolidando en algunos grupos; entre ellos el nuestro, en el Hospital Universitario Quirónsalud de Madrid, dentro de su práctica clínica diaria habitual.

La tecnología CRM-4D Flow permite valorar en las tres dimensiones del espacio y una cuarta, representada por el tiempo a lo largo del ciclo cardíaco, los diversos flujos a cualquier nivel deseado dentro del volumen tridimensional adquirido. Estudios actuales demuestran la excelente variabilidad intra e inte-

robador de la técnica en diversos escenarios⁽¹⁻⁴⁾ siendo en la valoración de flujos en cardiopatías congénitas; la estrella, "la piedra angular", de una secuencia en continuo crecimiento con un presente y futuro imparables en el campo de la CRM.

Para que una nueva técnica/secuencia se introduzca diariamente en nuestra rutina en la imagen cardíaca, debe ser capaz de cumplir varias premisas. Por un lado, debe haber demostrado previamente ser una técnica fiable y reproducible. Al mismo tiempo, debe superar las ventajas que ofrece de por sí, la secuencia utilizada de forma clásica o la técnica considerada como la "habitual" para dicho fin. Finalmente, el balance tiempo de adquisición-interpretación-resultado debe encontrarse siempre en el lado positivo de la balanza. En el análisis previo, la CRM-4D Flow resulta muy bien posicionada. Por un lado, son cada vez más los estudios que demuestran la fiabilidad y reproducibilidad de la técnica⁽¹⁻⁴⁾, tanto en la

valoración de valvulopatías⁽²⁾, patología aórtica, como dentro del campo de las cardiopatías congénitas^(1,3,4). Por otro lado, cuando se compara con las técnicas habituales de valoración de flujo por CRM, contraste de fase-2D, donde únicamente la evaluación de los flujos se realiza en una única dirección del espacio, el 4D Flow cumple y sobrepasa la utilidad del previo reseñado⁽⁵⁾.

La CRM-4D Flow nos otorga como veremos a lo largo de la revisión, una excelente visualización de los flujos con color como si con "Doppler-color" en ecocardiografía transtorácica estuviésemos tratando, pero sin las limitaciones de una mala ventana acústica. Supone un gran avance con respecto a las técnicas de contraste de flujo-2D, donde únicamente somos capaces de realizar el análisis en escala de grises en un único corte planificado. Al tratarse de la adquisición de una caja volumétrica de datos en el espacio, el 4D Flow nos permite de forma retrospectiva, realizar mediante reconstrucción multiplanar (MPR) todas las medidas de flujo deseadas dentro de ese volumen tridimensional, por lo que el factor tiempo de adquisición, tan criticado por algunos "non-believers" de la técnica, deja de ser una limitante cuando valoramos casos simples de cardiopatías congénitas en CRM, como una coartación aórtica donde necesitaríamos de la planificación individuales de numerosos contrastes de flujo-2D a diversos niveles de la aorta/raíz aórtica, prolongando inclusive aún más el tiempo de adquisición. Por no hablar de sus grandes ventajas en la valoración de casos complejos de cardiopatías congénitas donde tan sólo la evaluación inicial cualitativa de los flujos otorga una enorme seguridad en el momento de llevar a cabo el análisis y emitir un resultado que en muchas oportunidades será determinante para el devenir de nuestros pacientes.

Comunicación interauricular (CIA) tipo ostium secundum (OS)

La Comunicación interauricular (CIA) representa entre el 5-15 % de las cardiopatías congénitas (CC)⁽⁶⁾ con una predisposición por el sexo femenino. Exceptuando a la válvula aórtica bicúspide, la CIA constituye la CC más frecuente en la edad adulta⁽⁷⁾. Consiste en un defecto del tabique interauricular (TIA) que comunica ambas aurículas y en función de su localización se divide en los distintos tipos. La más frecuente es la CIA *Ostium Secundum* (CIA-OS), en torno al 80%, localizándose en la zona media del TIA, alrededor de la fosa oval.

Se pueden asociar a otras lesiones cardíacas como el *drenaje venoso pulmonar anómalo*, *estenosis de la válvula pulmonar* y el *prolapso de la válvula mitral*, entre otras. Como consecuencia del cortocircuito izquierda-derecha a través de la CIA de forma mantenida, cuya magnitud dependerá de la distensibilidad de los ventrículos, el tamaño del defecto y la presión de las aurículas, se produce una sobrecarga de volumen de las cavidades derechas e hiperflujo pulmonar pudiendo cursar con insuficiencia cardíaca, hipertensión pulmonar y arritmias auriculares

Análisis con CRM-4D Flow de cuatro pacientes con diagnóstico de CIA-OS

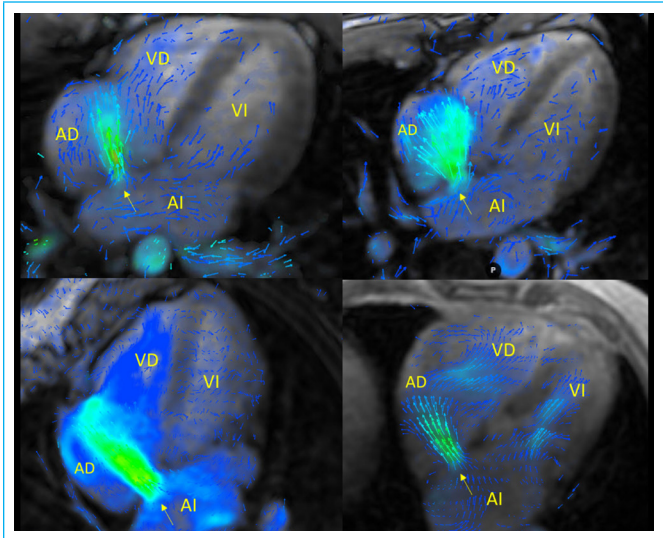


Figura 1. Reconstrucción MPR-4 cámaras en paciente con diagnóstico de CIA-OS (flecha amarilla) mediante CRM-4D Flow. VI: ventrículo izquierdo. VD: ventrículo derecho. AI: aurícula izquierda. AD: aurícula derecha. CRM: cardiorresonancia magnética. MPR: reconstrucción multiplanar.

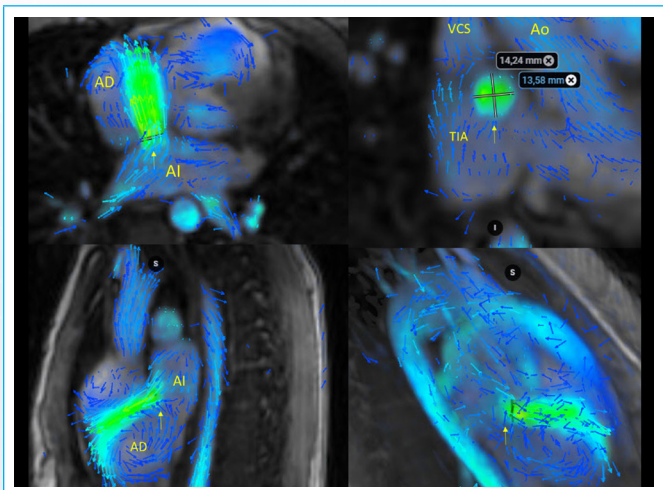
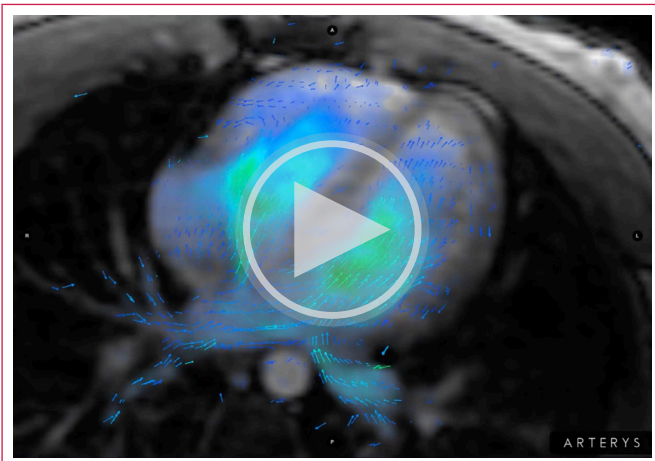
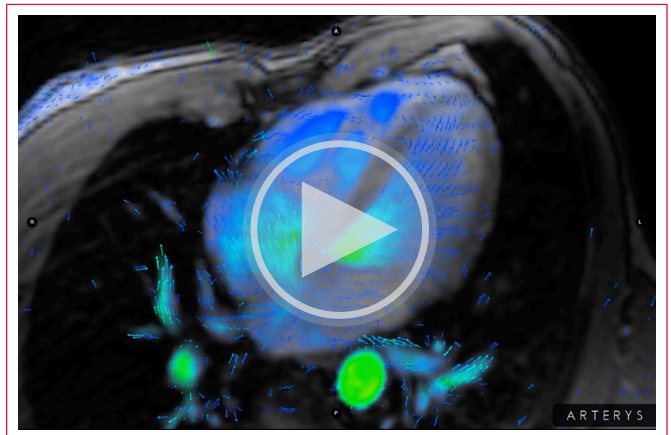


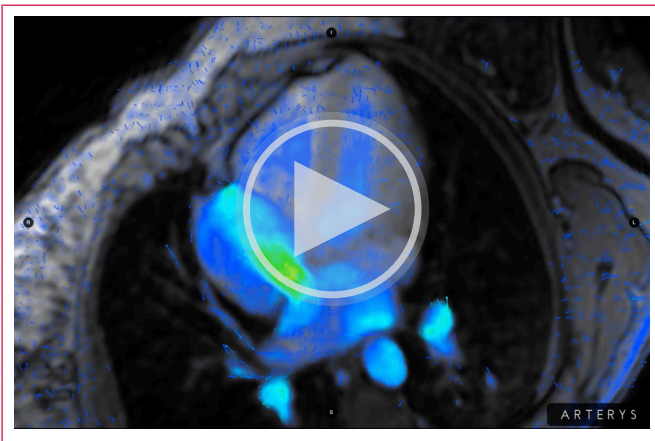
Figura 2. Reconstrucción MPR en las tres dimensiones del espacio, axial (arriba izquierda), coronal (arriba derecha) y sagital (abajo izquierda), más reconstrucción volumétrica tridimensional en paciente con diagnóstico de CIA-OS de localización anterosuperior mediante CRM-4D Flow. AI: aurícula izquierda. AD: aurícula derecha. TIA: tabique interauricular, análoga visión "en face" desde aurícula derecha. VCS: vena cava superior. Ao: aorta.



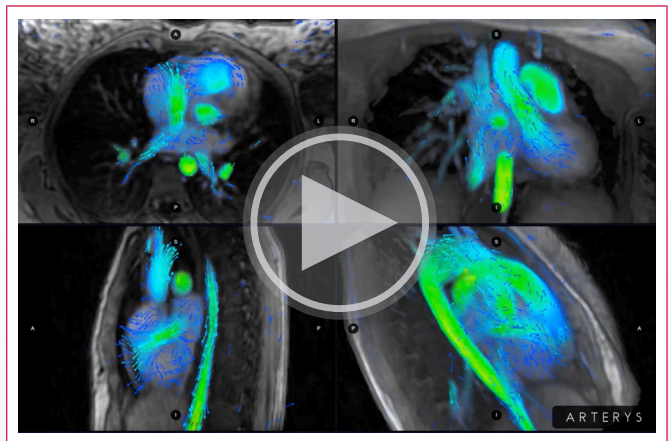
Vídeo 1. Reconstrucción MPR 4 Cámaras de paciente con CIA-OS. Ejemplo 1. Vectores demostrando la dirección izquierda-derecha del flujo de la CIA-OS.



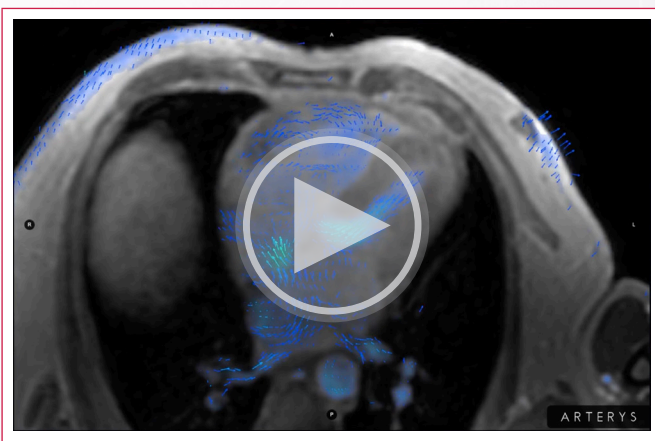
Vídeo 4. Reconstrucción MPR 4 Cámaras de paciente con CIA-OS. Ejemplo 4. Vectores demostrando la dirección izquierda-derecha del flujo de la CIA-OS.



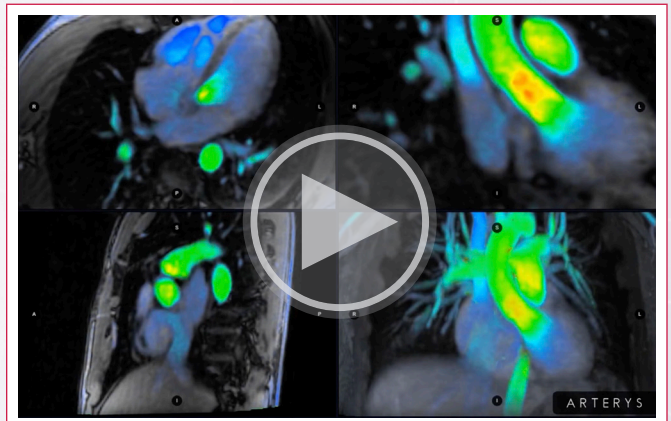
Vídeo 2. Reconstrucción MPR 4 Cámaras de paciente con CIA-OS. Ejemplo 2. Vectores demostrando la dirección izquierda-derecha del flujo de la CIA-OS.



Vídeo 5. Reconstrucción MPR en las tres dimensiones del espacio, axial (*arriba izquierda*), coronal (*arriba derecha*) y sagital (*abajo izquierda*), más reconstrucción volumétrica tridimensional (*abajo derecha*) en paciente con diagnóstico de CIA-OS con localización anterosuperior, morfología esferoide.



Vídeo 3. Reconstrucción MPR 4 Cámaras de paciente con CIA-OS. Ejemplo 3. Vectores demostrando la dirección izquierda-derecha del flujo de la CIA-OS.



Vídeo 6. Reconstrucción MPR en las tres dimensiones del espacio, axial (*arriba izquierda*), coronal (*arriba derecha*) y sagital (*abajo izquierda*), más reconstrucción volumétrica tridimensional (*abajo derecha*) en paciente con diagnóstico de CIA-OS con localización anterosuperior, morfología ovalada.

Discusión

Como hemos podido observar en los ejemplos previos mostrados de pacientes con diagnóstico de CIA-OS, la técnica CRM-4D Flow no es simplemente una secuencia que permita un exhaustivo análisis cuantitativo, sino que además tiene la gran ventaja de la valoración cualitativa visual con un gran campo de visión a través de un único volumen completo del corazón y grandes vasos. Si bien es verdad, que, en todos los laboratorios de imagen cardíaca, el principio de cuantificar debe ser la base que sustente todo reporte final que emitamos, no dejar de ser una verdad ineludible que por más científicos que seamos, nuestra fe, nuestro convencimiento en un diagnóstico determinado siempre estará fortalecido si disponemos de una herramienta que mediante software de análisis avanzado podamos reconstruir y visualizar antes de llevar a cabo su cuantificación

En el caso de la CRM-4D Flow de pacientes con CIA-OS, la secuencia nos permite una importante versatilidad en su exhaustivo análisis. Gracias a las reconstrucciones MPR del volumen tridimensional (Figuras 1-2, Video 1-6), es posible ubicarnos directamente sobre el defecto interauricular perfectamente de forma perpendicular sobre el flujo de CIA y analizar detalladamente su localización y morfología a nivel del septo interauricular, visualizar las estructuras anatómicas cercanas relacionadas y llevar a cabo las diversas mediciones necesarias, desde los diámetros mayor y menor en la fase del ciclo cardíaco con sus máximas dimensiones, su área (Figura 2); y por supuesto, la medición directa del flujo a su través. Por otro lado, mediante *software* de análisis avanzado es posible la activación de vectores y uso de "streamlines"/"pathlines" que permitan identificar claramente de forma visual la dirección del flujo izquierda-derecha o derecha-izquierda, tan importante en estos casos, ante la irreversibilidad en pacientes con CIA flujo derecha-izquierda (infrecuente pero posible) en pacientes con hipertensión pulmonar y enfermedad de Eisenmenger.

Al mismo tiempo, la CRM-4D Flow permite en todos los pacientes valorados con la técnica, la cuantificación del Qp:Qs, flujo sistémico (Qs) y flujo pulmonar (Qp) en cualquier nivel deseado: unión sinotubular, aorta ascendente, aorta torácica descendente más vena cava superior como ejemplos para el Qs. Flujo en tronco principal de arteria pulmonar o sumatoria de flujos de ramas de arterias pulmonares como ejemplos para el Qp. De esta manera, es posible una excelente valoración interna de las diversas mediciones que conlleven a una mayor congruencia de nuestro análisis y posteriores resultados. Es factible conocer tanto de forma directa, como de forma indirecta el flujo que pasa a través del defecto interauricular, con resultados coherentes en su comparativa. Finalmente, si bien la ecocardiografía transesofágica representa el gold standard de oro para la evaluación de los bordes anatómicos previo a intervención percutánea, con las reconstrucciones MPR CRM-4D Flow esta valoración también es posible, obviamente tomando en consideración una menor resolución tempororo-espacial, pero no dejando de ser una alternativa complementaria para este fin, si así estudios lo demuestran en un porvenir cercano.

Respecto a los aspectos técnicos de adquisición de la secuencia 4D Flow, su planificación es muy sencilla. Únicamente necesitamos programar previamente la sensibilidad a la codificación de la velocidad (VENC, velocidad de flujo máxima que es capaz de detectar en la medición posterior), así como ajustar la caja volumétrica y el "box shimming" correspondiente sobre la región de interés. Teniendo siempre en mente, como es lógico, que a mayor espacio abarcado y mejor resolución espacial, mayores serán los tiempos de adquisición de la secuencia. Esta se realiza en respiración libre, con registro electrocardiográfico y navegador propio "self-gating" que permite la compensación de los movimientos respiratorios⁶. Finalmente; respecto al uso de gadolinio en la secuencia, si bien no es necesario para completar su adquisición, mejora y mucho la relación señal-ruido (SNR) lo que se encuentra en relación con una mejora en la ratio velocidad-ruido (*velocity-to-noise ratio*) y al mismo tiempo optimiza de forma significativa el contraste entre los vasos y los tejidos circundantes; lo que nos permite, muy importante, una mejor ubicación anatómica. Por tanto; según

nuestra experiencia, la utilización de gadolinio, siempre que sea posible, resulta fundamental para obtener un buen resultado final.

Si ya el presente es sólido para la CRM-4D Flow, su futuro plausible sin lugar a duda es absolutamente ilusionante, donde a medida que la técnica sea cada vez más accesible en términos de recursos tecnológicos en los diversos centros, junto con los desarrollos de inteligencia artificial y el apoyo logístico de profesionales físicos, permitirán avanzar en técnicas de aceleración en CRM como el "compressed-sensing", acortando cada vez más los tiempos de adquisición y eliminando resistencias, barreras mentales, en aquellos dedicados a la imagen cardíaca que tantas veces han visto caer, en forma reiterada prometedoras secuencias en nuestro campo.

Conclusión e ideas para recordar

La tecnología CRM-4D Flow es una técnica novedosa, que permite una excelente valoración cuali-cuantitativa en CRM de pacientes con cardiopatías congénitas y dentro de ellas, una de las más frecuentes, la CIA-OS. A través de la CRM-4D Flow es posible la medición directa e indirecta del flujo a través de la CIA, así como la valoración en términos de: ubicación, morfología, y tamaño del defecto interauricular. Permitiendo de igual forma, mediante herramientas de análisis avanzado la evaluación cualitativa de la dirección del flujo y su comprensión mediante MPR en las tres dimensiones del espacio.

Ideas para recordar

- La técnica 4D Flow es una herramienta novedosa en cardiorensonancia cardíaca que permite medir cualquier flujo cardíaco incluido en el volumen de adquisición
- El 4D Flow permite valorar de forma precisa la hemodinámica cardíaca especialmente en casos complejos como los pacientes con cardiopatías congénitas.
- Aunque la técnica de 4D Flow se puede hacer sin gadolinio, el uso de contrastes mejora de forma importante el resultado final.

Bibliografía

1. Urmeneta Ulloa J, Álvarez Vázquez A, Martínez de Vega V, Cabrera JA. Evaluation of cardiac shunts with 4D Flow cardiac magnetic resonance: Intra- and interobserver variability. *J Magn Reson Imaging*. 2020;52(4):1055-1063. doi: 10.1002/jmri.27158.
2. Chelu R, Van den Bosch A, Van Kranenburg M et al. Qualitative grading of aortic regurgitation: a pilot study comparing CMR 4D flow and echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2016;32(2):301-307. doi: 10.1007/s10554-015-0779-7.
3. Chelu R, Horowitz M, Sucha D et al. Evaluation of atrial septal defects with 4D flow MRI—multilevel and inter-reader reproducibility for quantification of shunt severity. *MAGMA*. 2018. doi: 10.1007/s10334-018-0702-z. [Epub ahead of print]
4. Hanneman K, Sivagnanam M, Nguyen E, et al. Magnetic resonance assessment of pulmonary (QP) to systemic (QS) flows using 4D Phase-contrast Imaging. *Acad Radiol*. 2014;21(8):1002-8
5. Azarine A, Garcon P, Stansal A et al. Four-dimensional flow MRI: principles and cardiovascular applications. *Radiographics*. 2019;39(3):632-648
6. Van der Linde D, Konings EE, Slager MA, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2011 Nov 15;58(21):2241-7.
7. Hoffman JL, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol*. 2002 Jun 19;39(12):1890-900.