

## Editorial

## Imágenes de fusión en cardiopatías congénitas, ¿solo una imagen bonita o una nueva herramienta para mejorar el tratamiento de los pacientes?



## Fusion imaging in congenital heart disease: just a pretty picture or a new tool to improve patient management?

Madelien Veronique Regeer y Nina Ajmone Marsan\*

Heart Lung Center Leiden, Leiden University Medical Center, The Netherlands

Historia del artículo:

On-line el 12 de agosto de 2022

Utilizar imágenes de fusión es algo cada vez más habitual en cardiología. La primera aplicación se propuso en 1992 con la fusión de imágenes de tomografía de emisión monofotónica e imágenes de tomografía computarizada (TC) para combinar la información anatómica y la funcional<sup>1</sup>. Desde entonces, han aparecido múltiples métodos de fusión y se han utilizado distintas modalidades de imágenes, tales como la ecocardiografía, la TC, las pruebas diagnósticas de medicina nuclear y la resonancia magnética (RM). En el contexto del laboratorio de hemodinámica, también se ha recurrido a combinar la radioscopia con la ecocardiografía transesofágica (ETE) o la TC durante las intervenciones estructurales de las cardiopatías, y se ha constatado su valor adicional en términos de menos tiempo de radioscopia y simplificación de los procedimientos complejos<sup>2,3</sup>. No obstante, en el campo de la cardiopatía congénita (CC), las imágenes de fusión no se han aplicado de manera amplia, a pesar de que representan el contexto ideal, donde la combinación de múltiples modalidades de imagen contribuiría de manera significativa al diagnóstico del paciente y la toma de decisiones terapéuticas. En particular, en los pacientes difíciles como aquellos con una doble salida del ventrículo derecho con o sin transposición de las grandes arterias, una comunicación auriculoventricular equilibrada o desequilibrada o casos extremos de tetralogía de Fallot, comprender con exactitud la anatomía y el funcionamiento es fundamental para diseñar un plan terapéutico.

La ecocardiografía transtorácica (ETT) bidimensional es hoy en día la principal herramienta para diagnosticar a un paciente con CC, y en la mayoría de los casos proporciona suficiente información anatómica. Asimismo, la ETT tridimensional (3 D) es cada vez más habitual en los centros especializados, en particular en niños mayores y adultos, en quienes, con sondas especializadas provistas de un transductor matricial, se puede obtener fácilmente un volumen completo de conjuntos de datos en 3 D. Cuando se dispuso de la información y la experiencia adecuadas, se vio que el análisis de la ETT 3 D mejoraba aún más el diagnóstico de la CC<sup>4</sup>. La ETE puede añadir información a la imagen del retorno venoso

pulmonar y en la evaluación de la anatomía y el funcionamiento de las válvulas auriculoventriculares. No obstante, la ETE no suele hacerse en niños por las molestias que comporta y porque se requiere sedación; por lo tanto, se limita al cateterismo diagnóstico preoperatorio o en el quirófano cuando se requiere información anatómica más detallada previa a la cirugía.

Como medio diagnóstico adicional, la TC pone al descubierto nuevos hallazgos en casi el 80% de los casos de CC<sup>5</sup>, lo que ayuda a definir la anatomía coronaria, las anomalías del arco aórtico, la conexión venosa pulmonar anómala y la relación entre las grandes arterias y una comunicación interventricular<sup>6</sup>. Partiendo de un conjunto de datos de la TC, se ha visto que la impresión 3 D también es de utilidad en los pacientes con una CC y mejora la comunicación entre los equipos multidisciplinarios y la toma de decisiones terapéuticas<sup>7</sup>. No obstante, la TC tiene algunas limitaciones. Para empezar, la radiación, el uso de medios de contraste y la necesidad de que el paciente permanezca quieto y contenga la respiración durante la adquisición de las imágenes. En niños, la técnica *feed-and-wrap* (alimentarlos y dejar que se duerman para evitar la sedación) y una inyección de contraste bien hecha por personas expertas son clave para obtener imágenes de TC diagnósticas. La segunda es que la TC no suele informar sobre el funcionamiento cardiaco, lo que puede ser importante en algunas CC.

Como tercera modalidad diagnóstica importante, la RM está ganando terreno en el campo de la CC y proporciona datos anatómicos y funcionales. No obstante, la RM también tiene inconvenientes, ya que se requiere tiempo y el paciente debe contener la respiración durante la adquisición de las imágenes, lo que es complicado para los niños pequeños y los pacientes con discapacidad intelectual. Además, los pacientes con una CC a menudo tienen cables de marcapasos epicárdicos o abandonados que podrían hacer imposible la RM.

Con este arsenal de pruebas de diagnóstico por la imagen, hasta ahora los cardiólogos y los cirujanos tenían que «fusionar» mentalmente las imágenes de la ETT, la TC o la RM para reconstruir apropiadamente tanto la anatomía de la anomalía congénita como su funcionamiento. Este ejercicio requiere formación y experiencia, y no siempre lleva a un diagnóstico exacto. En un artículo reciente publicado en *Revista Española de Cardiología*, Fournier et al.<sup>8</sup> propusieron un método para fusionar las imágenes de la ETT 3 D y la TC para simplificar el proceso diagnóstico en la CC y sacar el

VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2022.03.018>

\* Autor para correspondencia:

Correo electrónico: [n.ajmone@lumc.nl](mailto:n.ajmone@lumc.nl) (N. Ajmone Marsan).<https://doi.org/10.1016/j.recesp.2022.05.024>0300-8932/© 2022 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

máximo provecho de las 2 técnicas de diagnóstico por imagen: información anatómica de la TC e información funcional de la ETT 3 D. Aunque de la fusión entre la TC y la ETT 3D<sup>3</sup> ya se ha hablado antes, este estudio es el primero con la combinación con la ETT 3 D, que es la más utilizada en la CC. Los autores proporcionan una descripción paso a paso sobre cómo obtener esta imagen fusionada, con instrucciones útiles sobre cómo colocar puntos de referencia y orientar el conjunto de datos. Al ver su informe, la primera cuestión clínica es si esta técnica de fusión es factible, en particular en la CC. Fournier et al. demuestran que puede crearse una imagen de fusión en varios pacientes con CC desde anomalías leves a casos complicados<sup>8</sup>. Hubo que invertir las proyecciones de la ETT antes de alinearlas con las imágenes de la TC, por lo que fue de vital importancia identificar apropiadamente los puntos de referencia anatómicos. En los 14 casos incluidos (principalmente niños, con una media de edad de 9,5 años), se requirió una media de 12 min para obtener la imagen fusionada, sin diferencias significativas en el tiempo necesario para completar el proceso de fusión entre los casos simples y los difíciles. Por desgracia, con este método no se puede almacenar las imágenes de fusión para recuperarlas después. Por consiguiente, esta cuestión puede dificultar su uso durante la discusión del equipo cardiovascular con el cirujano cardíaco o el cardiólogo intervencionista.

La viabilidad de esta técnica de fusión en los pacientes con una CC parece muy prometedora, pero las innovaciones futuras deberían tener en cuenta los siguientes aspectos: a) la necesidad de encontrar una forma de almacenar la imagen de fusión que permita recuperarla en cualquier momento; b) aplicaciones de múltiples proveedores de ecocardiógrafos y de TC, y c) la mejora del proceso de trabajo con un método semiautomatizado, lo que en este momento es un reto si se tiene en cuenta la complejidad y variedad de la CC.

La segunda cuestión clínica es si la fusión de la TC y la ETT 3 D tiene un valor real cuando se aplica a la práctica clínica. Esta cuestión no fue el objeto de estudio de Fournier et al.<sup>8</sup> y se necesitan estudios futuros para investigar el papel adicional de los modelos de fusión de la TC y la ETT 3 D en el diagnóstico y la toma de decisiones en la CC. Se cree que este método puede ayudar en particular a optimizar la planificación de la cirugía o la intervención, lo que resultaría en tiempos de procedimiento más cortos y resultados óptimos y, en consecuencia, una recuperación de los pacientes más rápida. Los casos que podrían beneficiarse de esta técnica son, por ejemplo, los pacientes con una comunicación interventricular mal alineada para evaluar la conexión ventriculoarterial, y si el cierre del parche es posible o podría resultar en una obstrucción del tracto de salida del ventrículo (dinámica). Asimismo, en los casos de doble salida del ventrículo derecho, la relación espacial entre los ventrículos y las grandes arterias es crucial, pero a veces difícil de evaluar con la ETT. En todos estos pacientes, la TC y la impresión 3 D de un modelo ya sirven al cirujano para decidir la estrategia quirúrgica, pero por ahora solo proporcionan una evaluación estática en un momento concreto del ciclo cardíaco. Disponer de la información dinámica de la ETT 3 D junto con la excelente información anatómica de la TC ayuda en la decisión sobre las estrategias terapéuticas.

Otra aplicación posible sería para los pacientes con conexión venosa pulmonar anómala total o parcial y con comunicación interauricular tipo seno venoso. En estos casos, es necesario redireccionar las venas pulmonares y descartar la comunicación interauricular, y la combinación de imágenes de la TC y la ETT 3 D (o en adultos la ETE 3 D) podría ayudar a determinar la estrategia percutánea o quirúrgica óptima<sup>9</sup>. Disponer de información anatómica y funcional podría mejorar la evaluación de la relación entre las arterias coronarias (anómalas) y las estructuras adyacentes, como el tracto de salida del ventrículo derecho o la

válvula pulmonar. Por ejemplo, en pacientes con tetralogía de Fallot, una gran rama infundibular o la arteria coronaria descendente anterior izquierda doble dificultaría el implante percutáneo de una válvula pulmonar con riesgo de obstrucción de la arteria coronaria. Al combinar la TC y la información ecocardiográfica, se puede evaluar la relación entre la arteria coronaria y el tracto de salida del ventrículo derecho y la válvula pulmonar durante todo el ciclo cardíaco para predecir si se puede llevar a cabo el recambio de la válvula pulmonar de manera segura.

Por último, el uso de imágenes fusionadas podría implementarse en la formación y el asesoramiento de los pacientes para mejorar la comprensión de estas enfermedades complejas<sup>7</sup>. Las imágenes 3 D son más intuitivas y serían más fáciles de interpretar por los pacientes y sus familiares. Además, si las imágenes fusionadas siguen disponibles tras la reconstrucción, pueden utilizarse como material docente para explicar las anomalías cardíacas congénitas complejas y mostrar el espectro de gravedad de la enfermedad a los médicos residentes y en subespecialización.

En conclusión, la combinación de datos anatómicos y funcionales es crucial en la toma de decisiones clínicas como en la CC, la fusión de la ecocardiografía 3 D y la TC podría ser de gran importancia y el estudio de Fournier et al. sienta las bases para la aplicación de esta técnica en la práctica clínica. La creación de *software* más especializado para mejorar el proceso de fusión (posiblemente semiautomatizado y que implemente la inteligencia artificial) y la disponibilidad de las imágenes de fusión estimularán su amplio uso en la CC con el objetivo de mejorar los cuidados (del diagnóstico al tratamiento) de estos pacientes difíciles.

## FINANCIACIÓN

Este artículo careció de financiación específica.

## CONFLICTO DE INTERESES

M.V. Regeer ha recibido honorarios de conferenciante de Abbott Vascular. N. Ajmone Marsan ha recibido honorarios de conferenciante de GE Healthcare y Abbott Vascular y una beca de investigación de Alnylam y ha estado en el comité asesor de Philips Ultrasound.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Swayne LC. Computer-assisted fusion of single-photon emission tomographic and computed tomographic images. Evaluation in complicated inflammatory disease. *Invest Radiol*. 1992;27:78-83.
2. Nobre C, Oliveira-Santos M, Paiva L, Costa M, Gonçalves L. Fusion imaging in interventional cardiology. *Rev Port Cardiol (Engl Ed)*. 2020;39:463-473.
3. Fortuni F, Marques AI, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V. Echocardiography-computed tomography fusion imaging for guidance of transcatheter tricuspid valve annuloplasty. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020;21:937-938.
4. Simpson JM, Miller O. Three-dimensional echocardiography in congenital heart disease. *Arch Cardiovasc Dis*. 2011;104:45-56.
5. Bret-Zurita M, Cuesta E, Cortón A, et al. Usefulness of 64-detector computed tomography in the diagnosis and management of patients with congenital heart disease. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:898-905.
6. Raimondi F, Warin-Fresse K. Computed tomography imaging in children with congenital heart disease: Indications and radiation dose optimization. *Arch Cardiovasc Dis*. 2016;109:150-157.
7. Anwar S, Singh GK, Miller J, et al. 3 D Printing is a Transformative Technology in Congenital Heart Disease. *JACC Basic Transl Sci*. 2018;3:294-312.
8. Fournier E, Batteux C, Mostefa-Kara M, et al. Cardiac tomography-echocardiography imaging fusion: a new approach to congenital heart disease. *Rev Esp Cardiol*. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2022.04.002>.
9. Butera G, Sturla F, Pluchinotta FR, Caimi A, Carminati M. Holographic Augmented Reality and 3D Printing for Advanced Planning of Sinus Venosus ASD/Partial Anomalous Pulmonary Venous Return Percutaneous Management. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12:1389-1391.