



Eficacia Diagnóstica de la Angiografía por Tomografía en Cardiopatías Congénitas.

Lilibeth Kayra Espinoza Balseca¹, Jesus Gabriel Guadamo Colina², César Augusto Páez Valverde³, Rafael Arnaldo Cunache Baquerizo⁴, Ricardo Gutierrez Gomez⁵.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n12p2059-2069>

Artigo recebido em 27 de Outubro e publicado em 17 de Dezembro

ARTÍCULO DE REVISIÓN

RESUMEN

Introducción: Las cardiopatías congénitas (CC) son malformaciones estructurales diversas que surgen durante el desarrollo embrionario, desde defectos menores hasta anomalías que amenazan la vida. El diagnóstico temprano es crucial para el manejo efectivo y mejora de resultados en los pacientes. **Objetivo:** Esta revisión evalúa la eficacia diagnóstica de la angiografía por tomografía computarizada (ATC) en cardiopatías congénitas. **Metodología:** Se realizó una revisión de la literatura en bases de datos como PubMed y Web of Science, enfocándose en estudios desde 2014 en adelante. Se incluyeron artículos que evaluaron específicamente la eficacia de la ATC en el diagnóstico de CC. **Resultados:** La ATC ofrece imágenes tridimensionales de alta resolución cruciales para el diagnóstico de defectos cardíacos congénitos. Destaca en el detalle de vasos sanguíneos pequeños y en la planificación preoperatoria gracias a su rápida adquisición de imágenes. No obstante, la exposición a la radiación y el uso de agentes de contraste representan riesgos, especialmente en poblaciones pediátricas. **Conclusión:** La ATC es una herramienta diagnóstica altamente eficaz en el manejo de CC debido a su superior resolución espacial. Es esencial seguir investigando para reducir la exposición a radiación y capacitar adecuadamente al personal médico. Se requieren estudios colaborativos para confirmar su aplicación expandida.

Palabras clave: Cardiopatías Congénitas, Angiografía por Tomografía Computarizada, Eficacia Diagnóstica.



Diagnostic Efficacy of Tomographic Angiography in Congenital Heart Diseases.

ABSTRACT

Introduction: Congenital heart diseases represent diverse structural malformations emerging during embryonic development, ranging from minor defects to life-threatening anomalies. Early diagnosis is critical for effective management and improved patient outcomes. **Objective:** This review evaluates the diagnostic efficacy of computed tomography angiography (CTA) in congenital heart diseases. **Methodology:** A literature review was conducted using databases like PubMed and Web of Science, focusing on studies from 2014 onward. Articles that specifically evaluated the efficacy of CTA in diagnosing congenital heart conditions were included. **Results:** CTA provides high-resolution 3D images crucial for diagnosing congenital heart defects. It excels in detailing small blood vessels and optimizing preoperative planning due to its rapid image acquisition. However, radiation exposure and contrast agent use pose risks, especially in pediatric populations. **Conclusion:** CTA is a highly effective diagnostic tool in managing congenital heart diseases due to its superior spatial resolution. Further research is essential to minimize radiation exposure while maintaining imaging quality, and to train medical professionals in its usage. Collaborative studies are needed to confirm its expanded application.

Keywords: Congenital Heart Disease, Computed Tomography Angiography, Diagnostic Efficacy.

Instituição afiliada: Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0001-9847-8528>¹, Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos <https://orcid.org/0009-0009-2315-3783>², Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0003-2593-3707>³, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0009-0009-8440-9818>⁴, Universidad de Guayaquil <https://orcid.org/0000-0002-5041-2797>⁵.

Autor correspondente: Lilibeth Kayra Espinoza Balseca liilita_15@hotmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUCCIÓN.

Las cardiopatías congénitas (CC) representan un grupo diverso de malformaciones estructurales del corazón y los grandes vasos que surgen durante el desarrollo embrionario(1). Estas condiciones varían en gravedad desde defectos menores que pueden no requerir intervención hasta anomalías complejas que amenazan la vida y que requieren tratamiento inmediato. La prevalencia de las CC es significativa; se estima que cada año alrededor de 1,3 millones de recién nacidos a nivel mundial son diagnosticados con algún tipo de CC(2).

El diagnóstico temprano y preciso de las CC es vital para el manejo eficaz de estas condiciones y para mejorar los resultados a largo plazo en los pacientes. Un diagnóstico exacto no solo permite la planificación adecuada de intervenciones quirúrgicas o procedimientos paliativos sino que también puede reducir el riesgo de complicaciones graves y mejorar la calidad de vida de los afectados(3).

La angiografía por tomografía computarizada (ATC) ha emergido como una herramienta diagnóstica invaluable en la evaluación de CC, ofreciendo imágenes de alta resolución que superan algunas de las limitaciones de métodos tradicionales como la ecocardiografía y la resonancia magnética(4–6). La introducción de la ATC ha permitido a los clínicos obtener una comprensión detallada de la anatomía cardiovascular, facilitando la planificación quirúrgica y optimizando la atención al paciente(7).

El objetivo de esta revisión es evaluar la eficacia diagnóstica de la ATC en CC, destacando sus ventajas sobre otras modalidades de imagen y examinando sus limitaciones.

METODOLOGIA.

La investigación comenzó con la búsqueda de literatura científica en bases de datos reconocidas como PubMed, Scopus y Web of Science, enfocándose en publicaciones desde 2014 en adelante. Se emplearon tanto términos de búsqueda como "angiografía por tomografía computarizada" y "cardiopatías congénitas", en inglés y español usando términos MeSH y DeCS, respectivamente, para asegurar la inclusión de toda la literatura relevante. El uso de operadores booleanos ("AND", "OR", "NOT") ayudo a refinar y ajustar la búsqueda conforme a la relevancia de los hallazgos.

Se seleccionaron artículos originales, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos y guías clínicas relevantes en español e inglés. Solo se incluyeron estudios que evaluaron



específicamente la eficacia de la ATC en el diagnóstico de CC. Quedaron excluidos aquellos estudios que no abordaban específicamente estos temas o que carecían de una metodología adecuada para la evaluación de la ATC.

Se efectuó un análisis crítico de las fuentes seleccionadas evaluando el diseño del estudio, tamaño de muestra, métodos de análisis utilizados y conclusiones propuestas. Estos elementos fueron comparados entre estudios para validar la información y asegurar la consistencia con el cuerpo de evidencia científica existente. Las discrepancias fueron analizadas detalladamente para determinar su relevancia e impacto en las conclusiones del estudio.

Se realizó una comparación constante entre los hallazgos de los distintos estudios para validar los datos y garantizar su solidez científica. Esta etapa fue crucial para determinar la eficacia de la ATC frente a otras modalidades diagnósticas y establecer las recomendaciones y conclusiones del estudio.

RESULTADOS

Principios de la Angiografía por Tomografía Computarizada.

La ATC es una técnica de imagen avanzada que ofrece una alta resolución espacial y temporal, lo cual es crucial para el diagnóstico de CC. Esta técnica permite la obtención de imágenes tridimensionales detalladas del corazón y sus estructuras asociadas mediante una serie rápida de escaneos de rayos X, a menudo realizados en una sola respiración o en una parte mínima del ciclo cardiaco(4). La ATC se ha convertido en una herramienta esencial en la evaluación diagnóstica debido a su capacidad para visualizar tanto estructuras intracardíacas como extracardíacas, superando algunas de las limitaciones de la ecocardiografía y la resonancia magnética cardiaca en cuanto a resolución y tiempo de adquisición de imágenes(7,8).

Una de las principales ventajas de la ATC es su capacidad para proporcionar imágenes detalladas de pequeños vasos sanguíneos, como las arterias coronarias, y otras estructuras vasculares esenciales, lo que es particularmente importante en la planificación preoperatoria y el seguimiento postoperatorio(9). Además, su rapidez de adquisición reduce la necesidad de sedación o anestesia en niños, lo cual es una ventaja importante dado el riesgo que estas intervenciones suponen para la población pediátrica(4).

La ATC también presenta una alta compatibilidad con diversas condiciones clínicas, permitiendo la inclusión de innovaciones tecnológicas como la reconstrucción iterativa, que mejoran la calidad de imagen reduciendo la dosis de radiación(10). Estos avances han optimizado



el uso de la ATC en pediatría, estableciendo nuevos estándares de baja exposición a la radiación en comparación con métodos anteriores(11).

Pese a sus numerosas ventajas, la ATC no está exenta de limitaciones. La exposición a la radiación sigue siendo una preocupación relevante, especialmente en pacientes pediátricos que requieren múltiples estudios diagnósticos a lo largo de su vida(12). La necesidad de agentes de contraste también representa un riesgo, particularmente para pacientes con antecedentes de alergias o problemas renales, haciendo crítica la evaluación previa del estado de salud del paciente antes de la administración del contraste(11).

Por otra parte, la ATC no proporciona información hemodinámica como lo hace la resonancia magnética, ni es el método de elección para estudiar la función valvular en detalle, donde la ecocardiografía todavía mantiene su supremacía debido a su capacidad para ofrecer una evaluación dinámica en tiempo real(3).

Evidencia de la Eficacia Diagnóstica de la ATC.

La ATC ha demostrado un valor diagnóstico significativo en la caracterización de las CC, con una sensibilidad y especificidad notables en diversos estudios. Goo et al. (2021) destacan el papel de la ATC en la evaluación de las anomalías de la arteria pulmonar y el retorno venoso pulmonar anómalo, mostrando una alta precisión en la delineación de estas estructuras, lo cual es crucial para la planificación quirúrgica(13). La capacidad de la ATC para identificar la anatomía de las arterias y venas pulmonares, incluyendo su obstrucción y drenaje venoso anómalo, ha sido avalada por resultados clínicos y quirúrgicos, demostrando su eficacia en el diagnóstico preoperatorio.

Fresse et al. (2020) enfatizan la aplicabilidad de la ATC en la evaluación de estructuras extracardíacas y coronarias que no son fácilmente accesibles por otras modalidades de imagen. La ATC ha mostrado ser eficaz especialmente en la caracterización de detalles anatómicos complejos, permitiendo una planificación quirúrgica optimizada y reduciendo la necesidad de procedimientos invasivos adicionales(14). Esta precisión en la caracterización anatómica es corroborada por Han (2023), quien sugiere que la ATC proporciona un detalle anatómico tridimensional que es vital para la reparación de defectos congénitos complejos(3).

Secinaro et al. (2022) subrayan que la ATC, en comparación con la resonancia magnética y la ecocardiografía, ofrece una mejor resolución espacial para la evaluación de CC complejas, especialmente en el mapeo arterial donde el detalle fino es crucial(8). Este hecho es consistente



con la evidencia presentada por otros autores como De Oliveira et al. (2021), quienes muestran que la ATC proporciona información anatómica importante que complementa otras modalidades de imagen y es crítica para evitar error diagnóstico(12).

La sensibilidad y especificidad de la ATC en el diagnóstico de defectos congénitos frecuentemente superan el 90% en la mayoría de los estudios revisados. Loughborough et al. (2017) y Raimondi (2016) validan estos hallazgos al resaltar la funcionalidad de la ATC en la planificación quirúrgica y el seguimiento de postoperatorios complejos(2,15). Cabe destacar, como refieren Chaosuwanakit et al. (2021) y Öztürk et al. (2021), que la precisión de la ATC para el diagnóstico y plan de manejo en cardiopatía congénita es esencial, ya que ofrece una visión holística del estado cardiovascular, lo cual es imperativo para la intervención clínica exitosa(4,11).

Antonio (2021) y Ezzeldin et al. (2021) concluyen que la implementación de la ATC como herramienta diagnóstica en la cardiopatía congénita no solo mejora la precisión diagnóstica, sino que también influye positivamente en los resultados clínicos, reduciendo la necesidad de exploraciones invasivas y asumiendo un papel crucial en el diagnóstico pediátrico avanzado(7,9). La revisión extensa realizada por diversos autores confirma que la ATC aporta una contribución fundamental en la práctica clínica actual y ofrece un potencial significativo para la investigación y desarrollo futuros.

Impacto Clínico de la ATC en Cardiopatías Congénitas

La capacidad de la ATC para proporcionar imágenes tridimensionales detalladas de la anatomía cardiovascular ha transformado el enfoque terapéutico de diversas malformaciones.

En primer lugar, la ATC se ha convertido en una alternativa viable para delinear estructuras cardíacas complejas, reduciendo la necesidad de técnicas invasivas como la angiografía por catéter(9,11). Este enfoque no invasivo no solo disminuye el riesgo de complicaciones asociadas a procedimientos quirúrgicos, sino que también optimiza la toma de decisiones quirúrgicas al brindar una visualización precisa que es crucial para planear intervenciones correctivas o paliativas(2,12).

Además, la ATC permite la identificación precisa de relaciones anatómicas y anomalías vasculares, como las conexiones venosas pulmonares anómalas, una tarea crítica para decidir la estrategia quirúrgica adecuada y minimizar complicaciones postoperatorias(10). Esto es especialmente relevante en el seguimiento de procedimientos complejos como las derivaciones cavo-pulmonares o el manejo de defectos cardiacos congénitos complejos(8).



El uso de la ATC en la evaluación preoperatoria de pacientes con cardiopatías complejas ha comprobado su utilidad al facilitar la planificación quirúrgica, como lo demuestran los beneficios observados en condiciones con grandes vasos y estructuras coronarias complicadas(3,15). La habilidad para generar modelos tridimensionales para impresión 3D también ha aportado beneficios en la educación de familias y pacientes, y en la planificación de estrategias quirúrgicas(7).

Finalmente, la ATC ha flexibilizado las decisiones terapéuticas al integrar múltiples modalidades de imagen, mejorando así la precisión diagnóstica y asegurando un enfoque de tratamiento holístico y centrado en el paciente(13,14).

Limitaciones y Desafíos en el Uso de la ATC

La ATC presenta varios desafíos en su uso para diagnósticos en CC. Uno de los principales aspectos a considerar es la exposición a la radiación, ya que los pacientes pediátricos tienen un mayor riesgo debido a su mayor sensibilidad y mayor expectativa de vida. Las técnicas avanzadas como la sincronización con el ECG y el uso de protocolos de bajo índice de voltaje han reducido significativamente la exposición a la radiación, pero todavía se requiere cuidadosa evaluación y optimización de las dosis para asegurar que los beneficios superen los riesgos en procesos repetitivos necesarios para el seguimiento de condiciones congénitas(8,11).

La limitación técnica del ATC incluye la dificultad para evaluar estructuras con movimiento rápido y constante, como las válvulas cardíacas con exactitud. A pesar de su alta resolución espacial, la resolución temporal sigue siendo menor en comparación con otras modalidades como la resonancia magnética(15).

Además, existe la inquietud sobre el uso de contraste yodado, que puede plantear riesgos de reacciones adversas y nefrotoxicidad. La selección y administración precisas del contraste son cruciales, especialmente en pacientes jóvenes y aquellos con función renal comprometida(12).

Por último, las configuraciones de software y hardware, así como la competencia del personal técnico, son factores críticos que afectan la efectividad de la ATC. La formación y la experiencia adecuadas del equipo médico son esenciales para garantizar un diagnóstico preciso y reducir la variabilidad entre estudios(3).

Futuras Direcciones de la Investigación

La investigación futura sobre la ATC en CC debería enfocarse en varios aspectos críticos. En primer lugar, es necesario desarrollar protocolos y tecnologías que reduzcan aún más la

exposición a la radiación sin comprometer la calidad de las imágenes, lo cual es esencial para minimizar el riesgo asociado con la radiación en poblaciones pediátricas(9,12). Avances en la reconstrucción iterativa y en técnicas de adquisición de baja dosis pueden ser clave en este contexto(8).

Además, la integración de nuevas tecnologías de imágenes, como la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo, podría mejorar significativamente la precisión diagnóstica y la eficiencia del procesamiento de imágenes ATC, permitiendo interpretaciones más rápidas y confiables(8). La colaboración entre múltiples centros para establecer plataformas de investigación multi-institucionales y de modalidades múltiples es vital para evaluar el riesgo y la precisión de manera integral y fomentar el desarrollo de guías clínicas basadas en evidencia (Han, 2023).

La educación y el entrenamiento específico en ATC para CC deben ser otro foco de investigación, asegurando que los profesionales médicos estén adecuadamente capacitados para utilizar estas tecnologías de manera efectiva y segura(3). Con el aumento del uso de ATC en CC, establecer estándares de competencia clínica y programas educativos será crucial.

Finalmente, el seguimiento a largo plazo de los pacientes con ATC, incorporando estudios multicéntricos que evalúen resultados clínicos, es esencial para validar y refinar el uso de ATC como modalidad diagnóstica primaria en CC complejas(8). Innovaciones como el renderizado volumétrico y la impresión 3D pueden desempeñar un papel importante en la planificación preoperatoria y la educación del paciente y su familia(7).

CONCLUSIÓN.

La ATC se ha establecido firmemente como un método diagnóstico altamente eficaz en el tratamiento de CC. Esto se debe a su capacidad para proporcionar imágenes tridimensionales detalladas, las cuales son vitales para la planificación preoperatoria y el seguimiento. La principal ventaja de la ATC reside en su habilidad para visualizar estructuras intracardíacas y extracardíacas con una resolución espacial superior, superando las limitaciones de otras técnicas como la ecocardiografía, especialmente al mapear arterias donde los detalles precisos son esenciales. Esto ha conducido a una planificación quirúrgica más precisa y menos procedimientos invasivos.

No obstante, el uso de la ATC implica ciertos desafíos, como la exposición a la radiación y el uso de agentes de contraste, lo que exige una cuidadosa optimización para mitigar los riesgos, particularmente en niños. A pesar de estas limitaciones, los avances recientes, como la



reconstrucción iterativa y la incorporación de nuevas tecnologías, han mejorado la eficacia de la ATC, permitiendo su uso más seguro y extenso.

Para el futuro, es fundamental seguir investigando para adoptar tecnologías que disminuyan aún más la exposición a la radiación y perfeccionen la precisión diagnóstica. Es crucial que el personal médico reciba la capacitación adecuada y se establezcan estándares clínicos para maximizar los beneficios de la ATC en el manejo de CC. La colaboración entre instituciones y los estudios a largo plazo serán esenciales para confirmar el uso expandido de la ATC. Estos esfuerzos garantizarán que la ATC continúe desempeñando un papel crucial en mejorar los resultados clínicos para pacientes con CC complejas.

REFERENCIAS.

1. Kloesel B, DiNardo JA, Body SC. Cardiac Embryology and Molecular Mechanisms of Congenital Heart Disease – A Primer for Anesthesiologists. *Anesth Analg.* septiembre de 2016;123(3):551-69.
2. Loughborough WW, Yeong M, Hamilton M, Manghat N. Computed tomography in congenital heart disease: how generic principles can be applied to create bespoke protocols in the Fontan circuit. *Quant Imaging Med Surg.* febrero de 2017;7(1):79-87.
3. Han BK. American College of Cardiology. 2023. Cardiac CT in CHD: An Essential Tool in Need of Education Expertise. Disponible en: <https://www.acc.org/Latest-in-Cardiology/Articles/2023/04/11/15/10/http%3a%2f%2fwww.acc.org%2fLatest-in-Cardiology%2fArticles%2f2023%2f04%2f11%2f15%2f10%2fCardiac-CT-in-CHD>
4. Öztürk E, Tanıdır İC, Kamalı H, Ayyıldız P, Topel C, Selen Onan İ, et al. Comparison of echocardiography and 320-row multidetector computed tomography for the diagnosis of congenital heart disease in children. *Rev Port Cardiol (Engl Ed).* agosto de 2021;40(8):583-90.
5. Iqbal J, Rasool SR, Gojwari TA, Choh NA, Rafiq M. “Can computed tomographic angiography” solve the puzzle of complexities in the pediatric complex congenital heart disease’s. *Muller Journal of Medical Sciences and Research.* 2024;15(2):89.
6. Mortensen KH, Tann O. Computed tomography in paediatric heart disease. *British Journal of Radiology.* 1 de diciembre de 2018;91(1092):20180201.
7. António M. New-generation multidetector computed tomography technology for the management of congenital heart disease in children: Now we can! *Rev Port Cardiol (Engl Ed).* agosto de 2021;40(8):591-3.
8. Secinaro A, Ait-Ali L, Curione D, Clemente A, Gaeta A, Giovagnoni A, et al. Recommendations for cardiovascular magnetic resonance and computed tomography in congenital heart disease: a consensus paper from the CMR/CCT working group of the Italian Society of Pediatric Cardiology (SICP) and the Italian College of Cardiac Radiology



- endorsed by the Italian Society of Medical and Interventional Radiology (SIRM) Part I. *Radiol Med.* 2022;127(7):788-802.
9. Ezzeldin DA, Hafez MS, Mansour A. Multidetector computed tomography for patients with congenital heart disease: a multi-center registry from Africa and Middle East; patients' characteristics and procedural safety. *Egypt Heart J.* 16 de octubre de 2021;73:90.
 10. Darbari A, Sharma G, Patil PL, Kumar B, Sharma R. Cardiac Computed Tomography as a Diagnostic Modality for the Assessment of Complex Congenital Heart Disease Management. *Cureus.* 2021;13(8):e16838.
 11. Chaosuwanakit N, Makarawate P, Jantachum N. Cardiac computed tomography angiography in the pre-operative assessment of congenital heart disease in Thailand. *Kardiochir Torakochirurgia Pol.* junio de 2021;18(2):92-9.
 12. De Oliveira Nunes M, Witt DR, Casey SA, Rigsby CK, Hlavacek AM, Chowdhury SM, et al. Multi-institution assessment of the use and risk of cardiovascular computed tomography in pediatric patients with congenital heart disease. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2021;15(5):441-8.
 13. Goo HW, Siripornpitak S, Chen SJ, Lilyasari O, Zhong YM, Latiff HA, et al. Pediatric Cardiothoracic CT Guideline Provided by the Asian Society of Cardiovascular Imaging Congenital Heart Disease Study Group: Part 2. Contemporary Clinical Applications. *Korean Journal of Radiology.* 1 de agosto de 2021;22(8):1397-415.
 14. Fresse KW, Isorni MA, Dacher JN, Pontana F, Gorincour G, Boddaert N, et al. Cardiac computed tomography angiography in the paediatric population: Expert consensus from the Filiale de cardiologie pédiatrique et congénitale (FCPC) and the Société française d'imagerie cardiaque et vasculaire diagnostique et interventionnelle (SFICV). *Arch Cardiovasc Dis.* 2020;113(8-9):579-86.
 15. Raimondi F, Warin-Fresse K. Computed tomography imaging in children with congenital heart disease: Indications and radiation dose optimization. *Arch Cardiovasc Dis.* febrero de 2016;109(2):150-7.