



Tomografia Computadorizada na detecção de doenças cardiovasculares congênitas: avanços, eficiência e desafios clínicos

Computed Tomography in the detection of congenital cardiovascular diseases: advances, efficiency, and clinical challenges

Tomografía Computarizada en la detección de enfermedades cardiovasculares congénitas: avances, eficiencia y desafíos clínicos

Victoria Ferrari Machado¹, Clara Rocha Dantas², Melina Soares Grangeiro³, Carla Fabiana Castelo Hinojosa⁴, Felipe Freitas de Paula⁵, Eldevan Santos de Santana⁶, Giulia Oliveira Ramalho⁷, Greyce Kelly Ferreira da Silva⁶, Isabela Camila Alves⁸, Neidejany de Assunção do Sacramento⁹.

RESUMO

Objetivo: Analisar a eficácia e a precisão da Tomografia Computadorizada Cardiovascular na detecção e diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas em diferentes faixas etárias e contextos clínicos, comparando essa tecnologia com outros métodos de imagem, como a ressonância magnética e o ecocardiograma. **Métodos:** Estudo de revisão integrativa que utilizou 10 artigos da base de dados PubMed Central (PMC), publicados entre 2019 e 2024, que abordam o uso da Tomografia Computadorizada Cardiovascular (TCC) no diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas. **Resultados:** A TCC mostrou-se uma ferramenta essencial para o diagnóstico precoce de malformações cardíacas, oferecendo precisão elevada em relação a outros métodos de imagem. Os estudos selecionados evidenciaram que a TCC proporciona diagnósticos rápidos e detalhados, auxiliando no planejamento cirúrgico e melhorando os desfechos clínicos, especialmente em crianças. No entanto, a exposição à radiação e a limitação de acesso a essa tecnologia em alguns contextos de saúde são apontados como desafios. **Conclusão:** A TCC é uma tecnologia eficaz no diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas, mas a exposição à radiação e o custo são fatores limitantes. Estudos futuros devem focar em estratégias para minimizar esses desafios e expandir o acesso à TCC.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada, Doenças cardiovasculares congênitas, Diagnóstico precoce, Ressonância magnética, Ecocardiograma.

ABSTRACT

Objective: To analyze the efficacy and accuracy of Cardiovascular Computed Tomography (CCT) in the detection and diagnosis of congenital cardiovascular diseases across different age groups and clinical contexts, comparing this technology with other imaging methods, such as magnetic resonance imaging (MRI) and echocardiography. **Methods:** An integrative review study using 10 articles from the PubMed Central

¹ Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC), Colatina – ES.

² Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires – AR.

³ Universidade Do Sul De Santa Catarina – (UNISUL), Florianópolis – SC.

⁴ Universidade de Taubaté (UNITAU), Taubaté – SP.

⁵ Universidade São Francisco (USF), Bragança Paulista – SP.

⁶ Universidad Nacional de Rosario (UNR), Rosário – AR.

⁷ Centro Universitário Christus (Unichristus), Fortaleza – CE.

⁸ Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), Buenos Aires – AR.

(PMC) database, published between 2019 and 2024, addressing the use of Cardiovascular Computed Tomography (CCT) in the diagnosis of congenital cardiovascular diseases. **Results:** CCT proved to be an essential tool for the early diagnosis of cardiac malformations, offering higher accuracy compared to other imaging methods. The selected studies showed that CCT provides rapid and detailed diagnoses, aiding in surgical planning and improving clinical outcomes, especially in children. However, radiation exposure and limited access to this technology in some healthcare contexts are highlighted as challenges. **Conclusion:** CCT is an effective technology for diagnosing congenital cardiovascular diseases, but radiation exposure and cost are limiting factors. Future studies should focus on strategies to minimize these challenges and expand access to CCT.

Keywords: Computed tomography, Congenital cardiovascular diseases, Early diagnosis, Magnetic resonance imaging, Echocardiography.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la eficacia y precisión de la Tomografía Computarizada Cardiovascular (TCC) en la detección y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares congénitas en diferentes grupos de edad y contextos clínicos, comparando esta tecnología con otros métodos de imagen, como la resonancia magnética y el ecocardiograma. **Métodos:** Estudio de revisión integrativa que utilizó 10 artículos de la base de datos PubMed Central (PMC), publicados entre 2019 y 2024, que abordan el uso de la Tomografía Computarizada Cardiovascular (TCC) en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares congénitas. **Resultados:** La TCC demostró ser una herramienta esencial para el diagnóstico temprano de malformaciones cardíacas, ofreciendo una precisión elevada en relación con otros métodos de imagen. Los estudios seleccionados evidenciaron que la TCC proporciona diagnósticos rápidos y detallados, ayudando en la planificación quirúrgica y mejorando los resultados clínicos, especialmente en niños. Sin embargo, la exposición a la radiación y la limitación de acceso a esta tecnología en algunos contextos de salud se señalan como desafíos. **Conclusión:** La TCC es una tecnología eficaz en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares congénitas, pero la exposición a la radiación y el costo son factores limitantes. Los estudios futuros deben centrarse en estrategias para minimizar estos desafíos y ampliar el acceso a la TCC.

Palabras clave: Tomografía computarizada, Enfermedades cardiovasculares congénitas, Diagnóstico precoz, Resonancia magnética, Ecocardiograma.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas (DCC) tem ganhado crescente importância, acompanhando o aumento da prevalência dessas condições, que afetam uma proporção significativa da população mundial. As DCC são defeitos estruturais presentes no coração desde o nascimento e, embora algumas possam ser identificadas logo após o nascimento, muitas outras permanecem assintomáticas por anos, sendo detectadas apenas em exames de rotina ou em estágios mais avançados da vida.

Com a evolução das tecnologias de imagem, como a tomografia computadorizada (TC) e a ressonância magnética (RM), tem-se obtido diagnósticos mais rápidos e precisos, permitindo intervenções mais eficazes e redução de complicações (BATOUTY NM, et al., 2023; RAMIREZ-SUAREZ KI, et al., 2021). Esses avanços tecnológicos vêm possibilitando a detecção precoce de anomalias que antes eram diagnosticadas apenas em casos sintomáticos graves, o que tem grande impacto nos desfechos clínicos e na qualidade de vida dos pacientes (SAMYN MM, 2004). A TC, em particular, tem se destacado como uma ferramenta indispensável na identificação de malformações cardíacas congênitas.

Embora o diagnóstico de cardiopatias congênitas seja tradicionalmente realizado na infância ou na fase adulta por meio de exames de rotina, muitos desses pacientes permanecem assintomáticos por longos períodos, o que reforça a necessidade de exames de imagem de alta precisão para o rastreamento adequado. De acordo com GOO HW, et al. (2021), a prevalência de anomalias venosas torácicas, como a persistência da veia cava superior esquerda, é significativamente maior em pacientes com cardiopatias congênitas do que na população geral. Isso torna essencial que especialistas em radiologia e cardiologia pediátrica estejam preparados para identificar essas condições e determinar seu impacto no prognóstico do paciente.

Além disso, a persistência da veia cava superior esquerda é uma anomalia que pode ocorrer isoladamente ou estar associada a outras malformações cardíacas, o que demanda uma abordagem diagnóstica precisa e abrangente (BEDAYAT A, et al., 2021). Os avanços tecnológicos recentes em tomografia computadorizada, com maior rapidez na aquisição de imagens e resolução espacial aprimorada, têm permitido uma avaliação cada vez mais detalhada da anatomia cardíaca e das grandes artérias.

Segundo BEDAYAT A, et al. (2021), essa melhora na tecnologia de TC não só resultou em diagnósticos mais sensíveis, mas também permitiu uma avaliação mais completa e precisa de pacientes com DCC. A tomografia computadorizada cardiovascular (TCC) oferece vantagens significativas em relação a outros métodos de imagem, como a RM e o ecocardiograma, especialmente quando se considera a rapidez de aquisição de imagens, que é crucial em cenários clínicos que exigem decisões rápidas, como em pacientes pediátricos e em casos de maior complexidade estrutural.

A capacidade da TC de fornecer imagens de alta resolução e detalhamento anatômico permite uma melhor visualização das estruturas cardíacas e vasculares, auxiliando não apenas no diagnóstico, mas também no planejamento cirúrgico, o que pode melhorar significativamente os desfechos clínicos e reduzir o risco de complicações (FRESSE KW, et al., 2020). A TCC tem se consolidado como um dos principais métodos diagnósticos para doenças cardiovasculares congênitas, devido à sua capacidade de fornecer informações detalhadas sobre a morfologia e a função cardíaca. A detecção precoce dessas anomalias é fundamental para o manejo adequado e oportuno das DCC, permitindo que os pacientes recebam tratamentos mais eficazes.

Estudos indicam que a TCC, além de sua alta precisão diagnóstica, impacta positivamente no planejamento cirúrgico e nos desfechos clínicos, garantindo que os procedimentos sejam menos invasivos e mais seguros para os pacientes, particularmente em crianças, onde o tempo de recuperação é crítico. Além disso, o uso da TC para visualizar detalhadamente as estruturas anatômicas e funcionais do coração tem sido fundamental para evitar complicações pós-cirúrgicas e para o acompanhamento de pacientes após intervenções (FRESSE KW, et al., 2020; HAN BK, et al., 2016).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar a eficácia e a precisão da tomografia computadorizada cardiovascular na detecção e diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas em diferentes faixas etárias e contextos clínicos. Também busca-se comparar essa tecnologia com outras modalidades de imagem, como a ressonância magnética e o ecocardiograma, discutindo suas vantagens e limitações no diagnóstico precoce e no manejo dessas condições.

A partir dessa avaliação, espera-se fornecer uma análise abrangente sobre os benefícios clínicos da TC cardiovascular e seu papel cada vez mais importante no tratamento de doenças cardiovasculares congênitas, destacando sua relevância no planejamento terapêutico e na melhora dos desfechos clínicos.

A capacidade da TC cardiovascular de combinar rapidez diagnóstica, precisão e segurança, torna-a uma ferramenta indispensável no arsenal de diagnóstico das cardiopatias congênitas, proporcionando melhores perspectivas para os pacientes e uma abordagem mais eficaz para os profissionais de saúde (SACHDEVA S e GUPTA SK, 2020; BATOUTY NM, et al., 2023).

Com isso, o objetivo do presente estudo é analisar a eficácia e a precisão da Tomografia Computadorizada Cardiovascular na detecção e diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas em diferentes faixas etárias e contextos clínicos, com ênfase na comparação com outros métodos de imagem diagnóstica.

MÉTODOS

Esta revisão integrativa foi elaborada com base na estratégia PVO, que corresponde a População ou Problema, Variáveis e Desfecho, metodologia amplamente utilizada em pesquisas para garantir uma análise estruturada e consistente dos dados. A população analisada nesta revisão foi composta por indivíduos diagnosticados com doenças cardiovasculares congênitas, uma categoria de condições que afeta as estruturas cardíacas e vasos sanguíneos desde o nascimento.

A variável de interesse focou no uso da Tomografia Computadorizada Cardiovascular (TCC) como uma ferramenta de diagnóstico, visando investigar sua eficácia no diagnóstico precoce e preciso dessas anomalias. O desfecho esperado consistiu em avaliar a capacidade da TCC de fornecer diagnósticos rápidos e confiáveis, comparando seus resultados com outros métodos de imagem diagnóstica, como a ressonância magnética (RM) e o ecocardiograma.

A pergunta de pesquisa que orientou esta revisão foi: “Como a Tomografia Computadorizada Cardiovascular contribui para o diagnóstico precoce e preciso de doenças cardiovasculares congênitas, e quais são suas vantagens e limitações em relação a outros métodos de imagem disponíveis?”. O interesse principal foi examinar os benefícios clínicos da TCC na identificação de malformações cardíacas congênitas, especialmente em comparação com outras ferramentas diagnósticas, considerando também seus desafios, como a exposição à radiação e a acessibilidade da tecnologia em diferentes contextos de saúde.

As buscas bibliográficas foram realizadas na base de dados PubMed Central (PMC), uma das mais relevantes e amplamente reconhecidas fontes de literatura científica na área da saúde. A estratégia de busca envolveu a combinação de termos específicos relacionados ao sistema cardiovascular, à tomografia computadorizada e ao diagnóstico de doenças congênitas.

Utilizou-se a seguinte estratégia de pesquisa em combinação com operadores booleanos (AND, OR, NOT): (("cardiovascular system"[MeSH Terms] OR ("cardiovascular") AND ("tomography, x ray computed"[MeSH Terms] OR ("tomography" AND "x ray" AND "computed" OR "x-ray computed tomography") AND ("diagnosable" OR "diagnosi" OR "diagnosis"[MeSH Terms]) AND ("congenital" OR "congenitally") AND ("cardiovascular diseases"[MeSH Terms] OR ("cardiovascular"))).

A busca inicial resultou em 906 artigos, que foram revisados de acordo com critérios rigorosos de inclusão e exclusão, garantindo a relevância e qualidade dos estudos selecionados. Os critérios de inclusão englobaram artigos publicados nos idiomas inglês, português e espanhol; dentro do período de 2019 a 2024, de forma a garantir a inclusão de pesquisas recentes e atualizadas. Além disso, foram considerados apenas estudos que abordassem diretamente o uso da Tomografia Computadorizada no diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas, com foco em revisões sistemáticas e meta-análises, que são considerados níveis elevados de evidência científica.

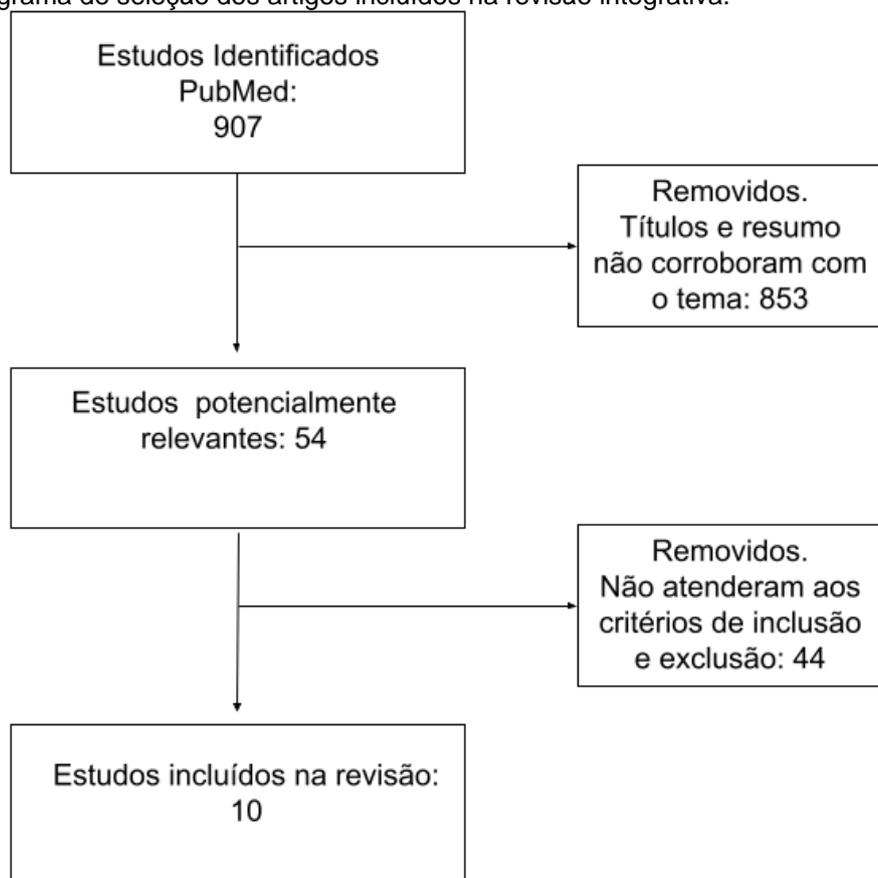
Somente artigos completos, acessíveis na íntegra, foram incluídos, assegurando uma análise detalhada dos dados. Por outro lado, os critérios de exclusão abrangeram artigos duplicados, que poderiam gerar redundância nos resultados, bem como estudos publicados apenas na forma de resumo, que não permitiriam uma análise aprofundada.

Adicionalmente, foram excluídos estudos que, embora mencionassem o uso de TCC, não tratavam especificamente do diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas, nem abordavam as questões principais propostas pela pesquisa. Após a aplicação rigorosa desses critérios, 10 artigos foram selecionados para compor o presente estudo, como demonstrado na **Figura 1**, oferecendo uma visão abrangente sobre o uso da Tomografia Computadorizada Cardiovascular no diagnóstico precoce de doenças congênitas do coração.

A relevância deste estudo reside no fato de que a Tomografia Computadorizada Cardiovascular, embora seja uma ferramenta amplamente utilizada, ainda enfrenta algumas barreiras, como a exposição à radiação, especialmente em pacientes pediátricos, e a necessidade de equipamentos de alta tecnologia, que podem não estar disponíveis em todos os centros de saúde.

Portanto, além de destacar os benefícios da TCC no diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas, este estudo também aborda suas limitações e as implicações para o uso clínico, contribuindo para a discussão de futuras direções na melhoria dos métodos de imagem no manejo dessas condições complexas.

Figura 1 - Fluxograma de seleção dos artigos incluídos na revisão integrativa.



Fonte: Machado VF., et al, 2024.

RESULTADOS

Após a aplicação da estratégia de pesquisa, um total de 907 artigos foi identificado. Esses artigos foram inicialmente filtrados de acordo com critérios rigorosos de inclusão e exclusão, visando garantir que apenas estudos relevantes e de alta qualidade fossem selecionados para análise. Durante o processo de triagem, 38 artigos foram removidos devido à duplicação, ou seja, esses estudos apareceram mais de uma vez nas bases de dados utilizadas, o que poderia comprometer a integridade da revisão. Como resultado, 54 artigos passaram para a fase de avaliação detalhada.

Após uma análise mais aprofundada, que incluiu a leitura completa dos textos e a verificação de sua conformidade com os objetivos e critérios estabelecidos, foi decidido que 10 artigos preenchiam integralmente os requisitos necessários para compor o presente estudo. Esses artigos foram selecionados com base em sua relevância para a investigação das contribuições da Tomografia Computadorizada Cardiovascular no diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas, além de compararem essa técnica com outras modalidades de imagem diagnóstica. A totalidade dos artigos selecionados foi considerada de alta qualidade científica, oferecendo evidências robustas sobre os benefícios e limitações da TCC no contexto das cardiopatias congênitas.

Os resultados dessa seleção foram sistematizados e apresentados de duas maneiras complementares: no **Quadro 1**, que oferece uma síntese clara e objetiva dos principais achados de cada estudo, e de forma descritiva, com uma análise mais detalhada que destaca as implicações clínicas dos resultados, suas vantagens no diagnóstico precoce, e as eventuais limitações técnicas da Tomografia Computadorizada Cardiovascular quando comparada a outros métodos de imagem, como a ressonância magnética e o ecocardiograma. Esta apresentação permite uma visão abrangente e crítica sobre o tema, facilitando a compreensão do papel da TCC no manejo das doenças cardiovasculares congênitas.

Quadro 1 - Síntese dos principais achados dos estudos selecionados sobre o uso da Tomografia Computadorizada (TC) no diagnóstico de doenças cardiovasculares congênitas.

Nº	Local de Publicação	Autores (Ano)	Principais Achados
1	Open Heart	Garot P, et al. (2020)	Ensaio clínico que demonstrou que o planejamento pré-procedimental por simulações computadorizadas melhora os resultados clínicos na oclusão do apêndice atrial esquerdo, comparado ao planejamento padrão.
2	Korean Journal of Radiology	Goo HW, et al. (2020)	Estudo retrospectivo sobre remodelação ventricular esquerda em cardiopatia congênita usando TC. Diferentes padrões de remodelação foram observados, permitindo prever o curso clínico de pacientes pediátricos.
3	BMC Medical Imaging	Guo C, et al. (2019)	Estudo sobre a precisão da TC multi-slice (MSCT) na malformação de Abernethy. O MSCT mostrou 85,7% de precisão, sendo útil no diagnóstico de malformações tipo II de Abernethy.
4	Open Heart	Khayata M, et al. (2020)	Estudo retrospectivo que avaliou exames de imagem para diagnóstico de defeito pericárdico congênito. A ETT e a RMC foram essenciais no diagnóstico, com a TC desempenhando um papel complementar.
5	Pediatric Radiology	Stalhammar F, et al. (2024)	Estudo sobre a qualidade diagnóstica da TC de contagem de fótons (PCCT) cardiovascular em crianças, com doses baixas de radiação. A PCCT mostrou alta qualidade diagnóstica em 70 kV e 90 kV.
6	Journal of Cardiovascular Computed Tomography	Epstein R, et al. (2024)	Estudo multicêntrico sobre o aumento do uso de TC cardíaca em crianças com cardiopatias congênitas. A TC foi mais utilizada em 2021, destacando a importância de expandir o treinamento médico em TC.
7	Scientific Reports	Kravchenko D, et al. (2022)	Estudo retrospectivo sobre TC de alta velocidade em crianças com cardiopatias congênitas, mostrando baixa radiação e alta qualidade diagnóstica.
8	Pediatric Radiology	Hadeed K, et al. (2021)	Estudo sobre a viabilidade de modelos 3D impressos a partir de TC de crianças com cardiopatias congênitas complexas. Os modelos foram precisos e úteis no planejamento cirúrgico.
9	Academic Radiology	Schindler P, et al. (2020)	Estudo retrospectivo com neonatos submetidos à angiografia por TC cardíaca. A TC de alta velocidade reduziu a radiação e manteve alta qualidade de imagem para planejamento terapêutico.
10	Pediatric Radiology	Maeda E, et al. (2019)	Estudo comparativo sobre TC com ECG real e sintético em crianças menores de 3 anos. A TC com ECG sintético apresentou qualidade de imagem comparável, sendo uma alternativa viável para reduzir interferências de eletrodos.

Fonte: Machado VF., et al, 2024.

DISCUSSÃO

Redução da radiação e qualidade de imagem na tomografia computadorizada em DCC

Estudos recentes têm explorado a qualidade da imagem e a dosagem individualizada de radiação em TC de alta rotação com dupla fonte, incorporando protocolos específicos de injeção de contraste para pacientes pediátricos com DCC (KRAVCHENKO D, et al., 2022). Segundo Kravchenko D et al. (2022), as limitações da TC são evidentes, principalmente em populações pediátricas, uma vez que a exposição à radiação ionizante eleva o risco de desenvolvimento de malignidades.

Além disso, a fisiologia particular dos recém-nascidos apresenta desafios, como a alta frequência cardíaca e a impossibilidade de realizar apneia, o que resulta em artefatos e problemas de sincronização, afetando a qualidade das imagens. O estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das imagens e as doses efetivas de radiação na TC para a visualização de anomalias cardíacas e extracardíacas em pacientes com DCC.

Outro estudo avaliou a possibilidade de reduzir a dose de radiação ao eliminar o uso do teste de bolus – um pequeno volume de contraste utilizado para determinar o tempo de chegada do agente de contraste – ou o rastreamento de bolus, que é um método automatizado de monitoramento da chegada do contraste. A proposta consistiu em realizar a TC diretamente após a injeção de contraste, com o objetivo de diminuir a exposição desnecessária à radiação.

Os resultados revelaram que a omissão dessas etapas pode ser uma estratégia eficaz para reduzir a exposição à radiação, mantendo a qualidade adequada das imagens para o diagnóstico e planejamento cirúrgico de anatomias cardíacas complexas. Os autores concluíram que essa abordagem representa uma melhoria significativa na segurança dos exames, especialmente em pacientes pediátricos, mais suscetíveis aos efeitos adversos da radiação, e pode ser adotada como prática de otimização da dose em neonatos com DCC (SCHINDLER P, et al., 2020).

Além da TC convencional, é essencial utilizar outras estratégias diagnósticas para DCC, buscando métodos que ofereçam maior precisão e doses ainda menores de radiação. No estudo de Stålhammar F et al. (2024), que incluiu 70 crianças com DCC, foi avaliado o uso da tomografia computadorizada com detecção de fótons (PCCT) na identificação de defeitos cardíacos congênitos. Compararam-se os protocolos de 70 kV e 90 kV quanto à qualidade da imagem e à dosagem de radiação.

Os resultados mostraram que o protocolo de 70 kV, com uma dose de radiação mais baixa (mediana de 0,30 mSv), foi tão eficaz quanto o protocolo de 90 kV (mediana de 0,39 mSv), mas com menor exposição à radiação. Os autores concluíram que ambas as voltagens resultaram em imagens de alta qualidade diagnóstica. No entanto, a PCCT destaca-se como uma técnica promissora, pois proporciona precisão diagnóstica com doses significativamente reduzidas de radiação, o que é particularmente vantajoso para pacientes pediátricos, mais sensíveis à exposição radiológica (STÅLHAMMAR F, et al., 2024).

Utilização da tomografia computadorizada na avaliação anatômica e funcional da cardiopatia congênita

A DCC é comumente diagnosticada e avaliada por meio da ecocardiografia, mas muitas vezes exige exames de imagem adicionais, como a TC e a ressonância magnética (RNM), para melhor demonstrar a complexidade anatômica. A ecocardiografia é uma técnica dependente do operador e é limitada a visualizações bidimensionais (2D), o que pode resultar em avaliações incompletas ou interpretações equivocadas em alguns casos. Um estudo recente destacou que modelos tridimensionais (3D) impressos a partir de imagens de TC cardíaca são uma ferramenta promissora para aprimorar a compreensão da anatomia complexa em crianças com DCC.

Os autores demonstraram que tais modelos podem ser gerados com precisão, apresentando mínimas diferenças em relação às imagens originais, sem impacto clínico significativo. Além disso, relataram que esses modelos auxiliam no planejamento cirúrgico e na educação de médicos e pacientes, fornecendo uma visão mais clara das estruturas cardíacas. A técnica mostrou-se altamente confiável e eficaz para representar com precisão os detalhes anatômicos em crianças com anomalias cardíacas complexas (HADEED K, et al., 2021). Outro estudo investigou se a TC cardíaca pediátrica poderia ser realizada sem a colocação de eletrodos, já que este procedimento pode causar lesões dermatológicas em crianças pequenas. Foi avaliado o uso do eletrocardiograma (ECG) sintético como alternativa.

O trabalho comparou a qualidade das imagens obtidas por TC cardíaca pediátrica de 320 cortes, com sincronização por ECG sintético e ECG real dos pacientes. A amostra consistiu em 60 exames retrospectivos de crianças menores de três anos com anomalias cardíacas congênitas: 30 exames utilizaram o ECG dos pacientes e os outros 30 utilizaram ECG sintético configurado a 150 batimentos por minuto (Maeda et al., 2020). Os resultados do estudo mostraram que o ECG sintético não foi inferior ao ECG real dos pacientes na representação das estruturas cardíacas e na qualidade geral das imagens, exceto na visualização subjetiva das artérias coronárias médias e distais. A qualidade das imagens foi avaliada para várias estruturas cardíacas e vasos, incluindo a presença de artefatos de endurecimento de feixe. Os autores concluíram que o ECG sintético pode ser utilizado de forma eficaz em TC cardíaca pediátrica, com qualidade de imagem comparável ao ECG real dos pacientes (MAEDA E, et al., 2020).

No estudo de Khayata M, et al. (2020), foram abordados os defeitos pericárdicos congênitos (DPC) e a importância de uma seleção adequada dos métodos diagnósticos e terapêuticos para o manejo eficiente dos pacientes. Essa série de casos incluiu oito pacientes, com predominância de homens (63%) e idade média de 48 anos. A maioria apresentou defeitos pericárdicos parciais à esquerda e dilatação ventricular direita, identificados por ecocardiografia transtorácica (TTE) e ressonância magnética cardíaca (CMR).

Além dessas modalidades, o estudo ressalta a importância da TC no planejamento cirúrgico e no diagnóstico preciso de anomalias estruturais raras, como os DPC. Um dos pacientes foi diagnosticado com interposição pulmonar entre os grandes vasos por meio da TC, destacando a importância dessa técnica na visualização detalhada de estruturas cardíacas e na identificação de anormalidades pericárdicas, especialmente em situações que demandam imagens de alta resolução.

Tomografia computadorizada na previsão e planejamento clínico em DCC

A TC cardíaca tem se mostrado uma ferramenta valiosa na identificação de padrões de remodelação ventricular direita (RVD) em crianças com cardiopatia congênita. Estudos recentes indicam que tais padrões são úteis na previsão da evolução clínica desses pacientes. Segundo Goo HW, et al. (2020), a análise da TC pode identificar padrões específicos, como o padrão 2, que se caracteriza pela diminuição do volume de ejeção intracardiaca (MVEi) e do volume do ventrículo direito (RVVE), associado a melhores desfechos clínicos. Em contraste, o padrão 3, que demonstra um aumento do MVEi e uma diminuição do RVVE, está correlacionado com resultados clínicos desfavoráveis. Já o padrão 1, caracterizado por um aumento tanto do MVEi quanto do RVVE, está relacionado a desfechos intermediários.

O estudo também discute a hipertrofia ventricular esquerda (HVE) como uma resposta adaptativa a sobrecargas de pressão, sugerindo que a regressão incompleta da HVE está associada a maiores taxas de mortalidade e morbidade. A avaliação da carga no ventrículo esquerdo por meio do MVEi e do RVVE foi uma abordagem utilizada para indicar a presença de hipertrofia compensatória. Além disso, o padrão 4, que envolve uma redução do volume ventricular, mostrou-se relacionado a desfechos clínicos negativos, destacando a importância de identificar esses padrões para orientar o manejo clínico. O estudo também menciona a presença de fibrose miocárdica como um fator que compromete a função diastólica. No entanto, os autores ressaltam as limitações do estudo, como seu desenho retrospectivo e o tamanho reduzido da amostra, enfatizando a necessidade de pesquisas prospectivas para confirmar esses achados (GOO HW, et al., 2020).

Em outro contexto, o estudo PREDICT-LAA explorou o uso da TC associada a simulações computacionais no fechamento percutâneo do apêndice atrial esquerdo (AAE) em pacientes com fibrilação atrial não valvar (FANV). Este foi o primeiro ensaio clínico randomizado a comparar o planejamento pré-procedimental padrão com simulações computacionais específicas para o paciente, utilizando a ferramenta FEops HEARTguide. A hipótese central do estudo é que essas simulações poderiam otimizar a seleção do dispositivo Amplatzer Amulet, resultando em maior eficiência do procedimento e melhores resultados clínicos.

Os resultados preliminares sugeriram que a simulação baseada em tomografia computadorizada facilita a previsão da anatomia do AAE, aumentando a precisão na escolha do dispositivo e, conseqüentemente, influenciando positivamente os desfechos primários, como a redução do fechamento incompleto do AAE e a prevenção de trombos relacionados ao dispositivo. Apesar das limitações, incluindo a variabilidade nas práticas entre centros, o estudo propõe uma abordagem inovadora que pode ser aplicada não apenas ao fechamento do AAE, mas também a outros procedimentos intervencionistas na cardiologia (GAROT P, et al., 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tomografia Computadorizada Cardiovascular demonstrou ser uma ferramenta de grande relevância no diagnóstico precoce e preciso de doenças cardiovasculares congênitas, proporcionando vantagens significativas em relação a outros métodos de imagem, especialmente no que se refere à rapidez e detalhamento anatômico. Apesar de sua eficácia comprovada, existem desafios a serem superados, como a

exposição à radiação e o custo elevado, que podem limitar o acesso à tecnologia em determinados contextos clínicos. Portanto, é fundamental o desenvolvimento de estratégias que minimizem esses obstáculos, expandindo o uso da TCC de forma mais segura e acessível. A continuidade de estudos voltados à otimização dessa tecnologia é essencial para melhorar ainda mais os desfechos clínicos e garantir o manejo adequado dessas condições complexas.

REFERÊNCIAS

1. BATOUTY NM, et al. Computed tomography and magnetic resonance imaging of congenital thoracic systemic venous anomalies. *Pediatric Radiology*, 2023; 53(5): 1005-1018.
2. BEDAYAT A, et al. CT evaluation of unrepaired/incidental congenital cardiovascular diseases in adults. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 2021; 102(4): 213-224.
3. EPSTEIN R, et al. Trends in cardiac CT utilization for patients with pediatric and congenital heart disease: A multicenter survey study. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, 2024; 18(3): 267-273.
4. FRESSE KW, 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). *Archives of cardiovascular diseases*, 2020; 113(8-9): 579-586.
5. GAROT P, et al. Value of FEops HEARTguide patient-specific computational simulations in the planning of left atrial appendage closure with the Amplatzer Amulet closure device: rationale and design of the PREDICT-LAA study. *Open heart*, 2020; 7: 1326.
6. GOO HW, et al. Pattern Analysis of Left Ventricular Remodeling Using Cardiac Computed Tomography in Children with Congenital Heart Disease: Preliminary Results. *Korean Journal of Radiology*, 2020; 21(6): 717-725.
7. GOO HW, 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*, 2021; 22(8): 1397-1415.
8. GUO C, et al. Diagnostic accuracy of multi-slice computed tomography in children with Abernethy malformation. *BMC Medical Imaging*, 2019; 19: 1-8.
9. HADEED K, et al. Feasibility and accuracy of printed models of complex cardiac defects in small infants from cardiac computed tomography. *Pediatric Radiology*, 2021; 51(11): 1983-1990.
10. HAN BK, et al. Cardiovascular imaging trends in congenital heart disease: a single center experience. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2013; 7(6): 361-6.
11. KHAYATA M, et al. Case series, contemporary review and imaging guided diagnostic and management approach of congenital pericardial defects. *Open Heart* 2020; 7: 1103.
12. KRAVCHENKO D, et al. Image quality and radiation dose of dual source high pitch computed tomography in pediatric congenital heart disease. *Scientific Reports*, 2022; 12(1): 9934.
13. MAEDA E, et al. Comparison of image quality between synthetic and patients' electrocardiogram-gated 320-row pediatric cardiac computed tomography. *Pediatric Radiology*, 2020; 50: 180-187.
14. PAPAZOGLU AS, et al. Current clinical applications and potential perspective of micro-computed tomography in cardiovascular imaging: A systematic scoping review. *Hellenic Journal of Cardiology*, 2021; 62(6): 399-407.
15. RAMIREZ-SUAREZ KI, et al. Optimizing neonatal cardiac imaging (magnetic resonance/computed tomography). *Pediatr Radiol*, 2022; 52(4): 661-675.
16. SACHDEVA S, GUPTA SK. Imaging modalities in congenital heart disease. *The Indian Journal of Pediatrics*, 2020; 87(5): 385-397.
17. SAMYN MM. A review of the complementary information available with cardiac magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography (CT) during the study of congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2004; 20(6): 569-78.
18. SCHINDLER P, et al. Cardiac CT in the preoperative diagnostics of neonates with congenital heart disease: radiation dose optimization by omitting test bolus or bolus tracking. *Academic Radiology*, 2020; 27(5): 102-108.
19. STALHAMMAR F, et al. Photon-counting computed tomography for pediatric congenital heart defects yields images of high diagnostic quality with low radiation doses at both 70 kV and 90 kV. *Pediatric Radiology*, 2024; 54: 1187-1196.
20. ZIELIŃSKI P, et al. Is there any role for computed tomography imaging in anticipating the functional status in adults late after total cavopulmonary connection? A retrospective evaluation. *Kardiologia Polska*, 2019; 77(11): 1062-1069.