

A SITUAÇÃO ATUAL DO ESTUDO DE CARDIOPATIAS FETAIS PELO EXAME DE IMAGENS: UMA REVISÃO NARRATIVA

THE CURRENT SITUATION OF THE STUDY OF FETAL HEART DISEASES USING IMAGE EXAMINATION: A NARRATIVE REVIEW

Lucas Henrique de Araújo Muniz¹

Jéssica Bicalho de Pinho Sá²

Pedro Souza Lacerda³

Márcio José Rosa Requeijo⁴

RESUMO: As doenças cardíacas congênitas (DCC) se constituem como um desafio crítico à saúde pública brasileira, consolidando-se como a principal causa de óbito por anomalias congênitas no primeiro ano de vida. Diante desse cenário, esta revisão investiga como os avanços nos métodos de imagem estão redefinindo o diagnóstico pré-natal e o manejo clínico dessas patologias. Para tanto, foi realizada busca no PubMed com descritores sobre cardiopatias congênitas e imagem fetal, sem limite de tempo e com filtro para textos gratuitos. Foi incluído artigos em inglês, relevantes ao tema e sobre diagnóstico e tecnologias e excluíram duplicados ou irrelevantes. Ao final, 9 estudos foram analisados. Observa-se que, embora a ecocardiografia fetal seja padrão-ouro, ela encontra limitações importantes no biotipo materno e na janela acústica. Nesse sentido, os dados analisados reforçam o papel da ressonância magnética cardíaca (RMC) como um recurso complementar, especialmente para a precisão volumétrica e a avaliação detalhada do arco aórtico. A literatura demonstra que o diagnóstico das DCC atravessa uma transição fundamental: deixa de ser puramente anatômico para se tornar uma avaliação hemodinâmica de precisão, impulsionada pelo uso do 4D Flow, inteligência artificial e navegação inteligente. Por fim, os achados confirmam que o futuro da cardiologia fetal depende da convergência entre tecnologia avançada e cuidado interdisciplinar, evidenciando que a padronização de protocolos é o passo necessário para converter esse potencial tecnológico em benefícios reais no desfecho neonatal.

Palavras-chave: Cardiopatias congênitas. Coração fetal. Ecocardiografia fetal. Ressonância magnética cardíaca fetal.

¹Acadêmico do sexto período do curso de Medicina da Faculdade de Minas Campus Belo Horizonte.

²Acadêmica do sexto período do curso de Medicina da Faculdade de Minas Campus Belo Horizonte.

³Acadêmico do sexto período do curso de Medicina da Faculdade de Minas Campus Belo Horizonte.

⁴Orientador: Professor titular do departamento de radiologia da Faculdade de Minas.

ABSTRACT: Congenital heart disease (CHD) constitutes a critical challenge to Brazilian public health, becoming the leading cause of death from congenital anomalies in the first year of life. Given this scenario, this review investigates how advances in imaging methods are redefining prenatal diagnosis and clinical management of these pathologies. To this end, a search was conducted in PubMed using descriptors related to congenital heart disease and fetal imaging, without time limits and filtered for free texts. Articles in English relevant to the topic and on diagnosis and technologies were included, while duplicates or irrelevant articles were excluded. In the end, 9 studies were analyzed. It is observed that, although fetal echocardiography is the gold standard, it encounters important limitations in maternal biotype and acoustic window. In this sense, the analyzed data reinforce the role of cardiac magnetic resonance imaging (CMR) as a complementary resource, especially for volumetric precision and detailed evaluation of the aortic arch. Literature shows that the diagnosis of congenital heart disease (CHD) is undergoing a fundamental transition: it is shifting from a purely anatomical approach to a precise hemodynamic assessment, driven by the use of 4D Flow, artificial intelligence, and intelligent navigation. Finally, the findings confirm that the future of fetal cardiology depends on the convergence of advanced technology and interdisciplinary care, highlighting that the standardization of protocols is the necessary step to convert this technological potential into real benefits in neonatal outcomes.

Keywords: Congenital heart disease (CHD). Fetal heart. Fetal echocardiography. Fetal cardiac magnetic resonance imaging (fetal CMR).

INTRODUÇÃO

As anomalias congênitas configuram-se como a segunda principal causa de óbito em crianças menores de um ano. Entre elas, a doença cardíaca congênita (DCC) destaca-se como a mais prevalente e a que apresenta maior taxa de mortalidade no primeiro ano de vida no Brasil, além de ocupar a segunda posição entre as causas de morte no período neonatal, especialmente nos primeiros 30 dias de vida. Nesse cenário, a incidência de Doenças cardíacas congênitas (DCC) é de 8 a 10 por 1.000 nascidos vivos, ou seja, 1 caso em 100 nascimentos no Brasil (SOARES AM, 2021). Dentre as DCC, destacam-se a transposição dos grandes vasos (TGV), tetralogia de Fallot, síndrome do coração esquerdo hipoplásico (SCEH) e atresia pulmonar.

Aliado a essa significativa epidemiologia, o alto impacto que o diagnóstico precoce e conduta adequada trazem na qualidade de vida dos afetados, tornam a revisão sobre o tema fundamental. A detecção pré-natal de DCC por meio de ultrassom permite um melhor manejo perinatal dessas gestações, levando à redução da mortalidade neonatal, morbidade e complicações no (PATEY O, et al., 2025).

Por fim, nas últimas décadas, houve avanços significativos nas técnicas de imagem, incluindo o uso do Doppler, reconstruções tridimensionais e, mais recentemente, a ressonância magnética fetal. Entretanto, desafios persistem, como a variabilidade na qualidade do rastreamento, dependência do operador, limitações técnicas relacionadas à posição fetal e ao biotipo materno, além do acesso desigual a exames especializados. Ademais, ainda existem lacunas quanto à padronização dos protocolos diagnósticos e à integração entre diferentes modalidades de imagem (KÜHLE H, et al., 2023).

Assim, objetiva-se realizar uma revisão narrativa na literatura vigente para investigar os conhecimentos e diretrizes vigentes sobre o tema, sob a perspectiva dos métodos de imagem, abordando suas principais aplicações, avanços, limitações e desafios na prática clínica.

MÉTODOS

Nesta revisão, objetiva-se estudar quais são os principais métodos de exame de imagem utilizados para diagnóstico de cardiopatias fetais, suas indicações, principais benefícios e falhas, assim como as perspectivas futuras para tais estudos. Além disso, temos a finalidade de observar quais são os principais fatores que influenciam a qualidade dos exames e se existe alguma maneira de resolvê-los que sejam amplamente divulgados.

A presente revisão narrativa objetiva avaliar o atual cenário da triagem e diagnóstico de cardiopatias fetais por exames de imagem. Sendo assim, a busca científica foi realizada na base de dados PubMed com os descritores: “cardiopatias congênitas”, “coração fetal”, “ecocardiografia fetal”, “ressonância magnética cardíaca fetal”. Não foram utilizados critérios de exclusão temporal, mas utilizamos o filtro “free full text”, para acessar apenas textos gratuitamente disponíveis.

A estratégia de busca foi estruturada com base no cruzamento de MeSH Terms e termos livres, organizados em três pilares fundamentais, sendo eles as cardiopatias congênitas e coração fetal, as modalidades de imagem ecocardiografia e ressonância magnética e a natureza dos documentos (diretrizes, declarações científicas e avanços tecnológicos). Os operadores booleanos OR foram empregados para a agregação de sinônimos e termos correlatos dentro de um mesmo pilar, enquanto o operador AND foi utilizado para a intersecção entre os eixos temáticos.

Dentre critérios de inclusão usados para realização da revisão estão: artigos que discutem a acurácia diagnóstica, novas tecnologias (como o 3D/4D e o pós-processamento em MRI) e as indicações clínicas atuais, apenas artigos de acesso livre (free full text), artigos publicados em inglês, indexados na base de dados PubMed, sendo estudos originais e revisões de literatura que abordassem diretamente a relação com o tema proposto (de acordo com título, resumo e leitura integral). Não houve restrição severa de tempo, visando incluir as diretrizes fundamentais vigentes que norteiam a prática clínica contemporânea.

Os critérios de exclusão usados são: artigos repetidos entre os resultados, falta de pertinência temática (avaliada por meio de leitura dos títulos e resumos dos artigos triados), especificidade excessiva (estudos que não possibilitassem generalização) e irrelevância ao tema central.

Ao fim da triagem, 9 publicações foram incluídas para a realização da revisão de literatura.

RESULTADOS

Moon-Grady AJ, et al. (2023) e de Donofrio MT, et al. (2014), aprofunda-se no caráter consensual da ecocardiografia como padrão ouro na abordagem da DCC. O quanto as tecnologias avançaram, convergindo, inclusive, para a criação de um cuidado integrado em equipes multidisciplinares especializadas em cardiologia fetal. Sobre as indicações para essa ecocardiografia, foram analisados fatores maternos e fetais que determinam a necessidade ou não do exame e sua periodicidade, além de instruções técnicas básicas e consensuais para a realização do exame. Entre os fatores maternos estão diabetes, fenilcetonúria, infecções, uso de medicamentos e histórico familiar de doenças cardíacas ou cromossômicas. Entre os fatores fetais estão hidropsia, anomalias extracardíacas, alterações cromossômicas, gemelaridade monocoriônica, translucência nuchal aumentada e artéria umbilical única.

Segundo Donofrio MT, et al. (2014), a ecocardiografia fetal apresenta maior sensibilidade em comparação à ultrassonografia obstétrica de rotina na detecção de cardiopatias congênitas, especialmente quando realizada por profissionais experientes, podendo identificar a maioria dos casos graves mesmo em populações de baixo risco. Considerando que grande parte dos fetos acometidos não possui fatores de risco reconhecíveis, o rastreamento deve ser amplo, com atenção a todos os casos. A acurácia diagnóstica tende a aumentar com a

padronização das técnicas e o adequado treinamento dos examinadores, sendo o exame particularmente indicado diante de achados suspeitos na ultrassonografia. Além disso, a ecocardiografia fetal constitui o principal método para avaliação detalhada do sistema cardiovascular fetal, podendo ser realizada desde o final do primeiro trimestre até o termo. Seu rendimento diagnóstico é especialmente elevado quando há alterações na triagem inicial, como anormalidades na visão de quatro câmaras, situação em que a taxa de detecção de cardiopatias congênitas supera 40%.

Já sobre a Ressonância Magnética, sua aplicação na avaliação do coração fetal ainda enfrenta limitações importantes. Entre os principais desafios estão o reduzido tamanho das estruturas cardíacas, os movimentos fetais imprevisíveis e a dificuldade de sincronização do ciclo cardíaco na ausência de eletrocardiograma fetal. Soma-se a isso a necessidade de equipamentos de alto custo, menor disponibilidade e exigência de expertise técnica. Por outro lado, a ressonância magnética apresenta vantagens em relação à ultrassonografia, uma vez que sua qualidade de imagem é menos influenciada por fatores como posição fetal, obesidade materna, calcificação das costelas ou oligodrômio, especialmente no terceiro trimestre. Com a superação das limitações relacionadas ao movimento e à sincronização, o método pode oferecer imagens multiplanares de alta resolução, além de possibilitar avaliação quantitativa da função cardíaca, dos volumes das câmaras e da anatomia vascular. Também permite melhor caracterização do situs visceral e de malformações torácicas extracardíacas com repercussão cardíaca (DONOFRIO MT, et al., 2014)

Estudos iniciais utilizaram sequências de aquisição rápida com resultados variáveis, enquanto abordagens mais recentes, combinando diferentes técnicas, têm proporcionado melhora na qualidade das imagens. Com o desenvolvimento de sequências mais rápidas, maior resolução espacial e novos métodos de sincronização, a ressonância magnética cardíaca fetal tem potencial para atuar como método complementar à ultrassonografia na avaliação anatômica e funcional do coração fetal. Em relação à segurança, embora existam preocupações teóricas relacionadas à exposição a campos eletromagnéticos, aquecimento e ruído, as evidências atuais indicam que o exame é seguro tanto para o feto quanto para a gestante quando realizado de acordo com as recomendações apropriadas. Por fim, esse artigo trouxe a investigação da função da cardiotocografia, método amplamente utilizado na vigilância do bem-estar fetal em gestações de alto risco, permitindo o registro contínuo da frequência

cardíaca fetal e da atividade uterina. Por meio dela, são analisados parâmetros como frequência basal, variabilidade, presença de acelerações e desacelerações. Entretanto, em fetos com arritmias, particularmente nos casos de bradicardia e bloqueio atrioventricular completo, sua utilidade é limitada. Ainda assim, pode ser empregada como ferramenta complementar de monitoramento em gestações com cardiopatias fetais de maior gravidade, sejam elas estruturais, funcionais ou relacionadas ao ritmo, sobretudo no terceiro trimestre até o momento do parto, embora sua efetividade nesse contexto ainda não esteja bem estabelecida (DONOFRIO MT, et al., 2014)

Com relação ao impacto da realização de exames adicionais de imagem para detecção de cardiopatias congênitas ainda durante a gestação, um estudo de março de 2021 realizado no Hospital Universitário de Skåne, em Lund, Suécia, revelou dados interessantes. Como relatado no artigo por Salehi D, et al. (2021), os pacientes incluídos no estudo foram submetidos a triagem com ultrassonografia de rotina, sendo que o resultado de tal exame mostrou suspeita de cardiopatia congênita. Todos os pacientes foram submetidos a um ecocardiograma fetal, e quando os resultados foram inconclusivos para o diagnóstico, os pacientes foram então encaminhados para a realização de ressonância magnética cardíaca (RMC) fetal.

Em tal estudo, para os 20 pacientes encaminhados para ressonância magnética cardíaca fetal para avaliação da morfologia do arco aórtico, informações adicionais para o diagnóstico foram obtidas em 16 deles, ou seja, 80%. Sendo assim, após os resultados, novas condutas para o planejamento de parto puderam ser tomadas, de acordo com o risco alto ou baixo de desenvolvimento de coarctação de aorta. Em alguns casos, a visualização completa do arco da aorta por ressonância magnética cardíaca foi desafiadora, mas nesses casos foram usadas sequências rápidas não sincronizadas bSSFP ou iGRASP, sendo que dessa forma novas informações diagnósticas puderam ser adquiridas.

No mesmo estudo, nos pacientes com ventrículo esquerdo limítrofe, atresia pulmonar com septo interventricular intacto e defeito do septo atrioventricular, a RMC fetal conseguiu avaliar o tamanho do anel da valva atrioventricular, função e morfologia ventricular. Por meio da RMC fetal, novos dados úteis para o diagnóstico foram adquiridos, sendo que eles fizeram a diferença na avaliação pré-natal do prognóstico univentricular ou biventricular. No entanto, entre tais casos houve resultados incorretos na avaliação dos desfechos pós-natais em dois deles. Um dos casos com informações errôneas era um feto com defeito do septo atrioventricular

desequilibrado no qual não foi possível detectar uma anomalia da valva atrioventricular esquerda. Os autores do artigo justificaram tal impossibilidade por meio da resolução limitada das sequências atuais de RMC fetal.

No segundo caso no qual houve disparidade entre a informação obtida na avaliação pré-natal e a ocorrência pós-natal, a RMC fetal apresentou resultado incorreto com relação à possibilidade de desenvolvimento de coarctação da aorta, e a justificativa dada para tal foi o fato de que a morfologia do istmo aórtico não configura um biomarcador definitivo para avaliação de tal risco.

Ainda neste estudo, a RMC fetal revelou dados que influenciaram a via de parto e o planejamento da intervenção pós-natal precoce naqueles fetos com síndrome do coração esquerdo hipoplásico.

Em uma revisão publicada por Bravo-Valenzuela NJ, et al. (2024), há uma discussão acerca do fato de a RMC fetal ser ainda limitada pelo tamanho pequeno das estruturas do coração fetal e pelas altas frequências cardíacas fetais. Além disso, outra limitação citada, mas voltada para as gestantes, é o tempo necessário para o exame. Possíveis benefícios relacionados à RMC fetal citados no estudo são o fato de a estática fetal desfavorável não ser uma limitação para o exame, ser capaz de avaliar a oxigenação de forma não invasiva através do cálculo da saturação de oxigênio e hematócrito dentro de um vaso. Sendo assim, a revisão corrobora com o fato de que a RMC fetal é de grande utilidade quando a ecocardiografia fetal convencional é inconclusiva.

Na mesma revisão já anteriormente citada, publicada por Bravo-Valenzuela NJ, et al. (2024), há uma discussão acerca do uso da ecocardiografia de navegação inteligente (FINE) e o uso de IA para a avaliação dos exames. A tecnologia FINE otimiza a obtenção de imagens cardíacas fetais, visto que possibilita a geração das nove vistas diagnósticas padrão do coração fetal a partir da marcação de pontos estratégicos na vista de quatro câmaras. Tal tecnologia pode ser aplicada em diversos âmbitos de diagnóstico, visto que possibilita a identificação de estruturas, medições automatizadas e fornecimento de alertas sobre diagnósticos prováveis, sendo que tais ferramentas foram recentemente adicionadas. Na revisão, há uma discussão acerca do HeartAssist™ (Samsung Co., Seul, Coreia do Sul), um software de inteligência artificial (IA) capaz de reconhecer as estruturas cardíacas e realizar, de forma automática, as medições necessárias. Tais benefícios do uso da IA ajudariam, de acordo com a revisão, a

reduzir o tempo do exame e a dependência da experiência do operador. É dito que tal software possui a possibilidade de gerar alertas para possíveis diagnósticos, como tetralogia de Fallot.

A evolução da cardiologia fetal moderna tem sido marcada pela substituição progressiva de impressões subjetivas, como o "parece pequeno", por protocolos de mensuração rigorosos e reprodutíveis entre diferentes centros (DE ROBERTIS V, et al., 2025). Nesse contexto, a integração de novas modalidades de imagem e ferramentas de análise funcional tem permitido que o diagnóstico das cardiopatias congênitas (CHD) deixe de ser puramente anatômico para se tornar uma avaliação hemodinâmica de precisão (SACHDEVA R, et al., 2024).

Conforme descrito no posicionamento científico do *Journal of the American College of Cardiology* (JACC), a Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) fetal estabeleceu-se como o padrão-ouro para a quantificação de volumes e função ventricular (SACHDEVA R, et al., 2024). Diferente da ecocardiografia bidimensional, que depende de fórmulas geométricas limitadas e da experiência subjetiva do operador, a RMC permite a medição direta de volumes sistólicos e diastólicos, sendo particularmente superior na avaliação do ventrículo direito devido à sua geometria complexa (SACHDEVA R, et al., 2024). Além disso, a incorporação de técnicas como o 4D Flow por RMC possibilita a medição do fluxo sanguíneo em qualquer plano anatômico, eliminando os vieses de ângulo comuns ao Doppler convencional e tornando o diagnóstico de estenoses e regurgitações mais acurado (SACHDEVA R, et al., 2024).

Complementarmente, o uso sistemático de Z-scores para a avaliação de válvulas e grandes vasos permite que o examinador categorize a gravidade de uma lesão com base em desvios padrão populacionais, o que reduz drasticamente a variabilidade entre diferentes operadores e instituições (DE ROBERTIS V, et al., 2025). No que tange à aplicação de tecnologias avançadas de ultrassom, o uso da correlação de imagem espaço-temporal (STIC) apresenta a oportunidade de expandir o diagnóstico para além do momento do exame em tempo (BRAVO-VALENZUELA NJ, et al., 2024).

Tal ferramenta permite que os volumes cardíacos sejam processados de forma automatizada, gerando dados para biometria cardíaca e permitindo que as avaliações sejam feitas de maneira *offline* ou discutidas remotamente via internet por meio da tecnologia tele-STIC (BRAVO-VALENZUELA NJ, et al., 2024). Essa transição para o dado quantitativo é reforçada pela necessidade de identificar a base genética das malformações, uma vez que o diagnóstico genético pré-natal é o melhor preditor de desfechos neurodesenvolvimentais e

complicações pós-operatórias que a imagem isolada não consegue prever (PIERPONT ME, et al., 2018).

Por fim, a literatura enfatiza que essa precisão quantitativa e o uso de diretrizes baseadas em evidências impactam diretamente o desfecho pós-natal. A capacidade de prever a necessidade de intervenção imediata através de medidas exatas permite um planejamento de parto em centros de nível terciário, o que tem demonstrado reduzir significativamente a mortalidade neonatal em cardiopatias críticas (DE ROBERTIS V, et al., 2025).

DISCUSSÃO

Diante do padrão ouro da ecocardiografia, destaca-se que mulheres com diabetes prévio à gestação apresentam maior risco de terem fetos com cardiopatias congênitas, especialmente quando há mau controle glicêmico no início da gravidez (MOON-GRADY, et al., 2023), (DONOFRIO, et al., 2014). Por outro lado, quando a glicemia é bem controlada, esse risco se aproxima do observado na população geral (MOON-GRADY, et al., 2023). Nesses casos, o ecocardiograma fetal é recomendado. Já o diabetes gestacional, em geral, não está associado a aumento significativo desse risco e não indica avaliação rotineira; entretanto, se houver controle inadequado, pode ocorrer hipertrofia cardíaca fetal no final da gestação, justificando investigação adicional.

Sobre a fenilcetonúria materna, quando ela não é controlada, há maior risco de complicações na gestação, como deficiência intelectual, microcefalia, restrição do crescimento fetal e doença cardíaca congênita no bebê (DONOFRIO, et al., 2014), (MOON-GRADY, et al., 2023). Por outro lado, quando a doença está bem controlada, com níveis de fenilalanina inferiores a 10 mg/dL antes da concepção e durante o primeiro trimestre, não há indicação de ecocardiograma fetal. Já em situações em que esses níveis ultrapassam esse valor, o exame passa a ser recomendado.

O lúpus materno e outras doenças do tecido conjuntivo aumentam o risco de bloqueio cardíaco congênito completo no feto, mesmo sem sintomas maternos, quando há anticorpos SSA/SSB positivos, assim, recomenda-se ecocardiografia fetal a partir de 16-18 semanas para detectar precocemente e prevenir danos inflamatórios (DONOFRIO, et al., 2014).

A exposição materna a determinadas medicações, como inibidores da enzima conversora de angiotensina, ácido retinóico e paroxetina, constitui indicação para ecocardiograma fetal (MOON-GRADY, et al., 2023), (DONOFRIO, et al., 2014).

Infecções virais durante a gravidez, por si só, não são mandatórias da realização de um ecocardiograma fetal, ele se torna necessário se houver sinais de inflamação cardíaca, como pericardite ou miocardite (DONOFRIO, et al., 2014).

O histórico familiar constitui um fator relevante na avaliação do risco de cardiopatias congênitas. A presença da doença na mãe está associada a um risco mais elevado para o feto quando comparado à ocorrência em pai ou irmãos, embora a cardiopatia paterna também represente um risco aumentado, a depender do tipo de lesão (MOON-GRADY, et al., 2023), (DONOFRIO, et al., 2014). Dessa forma, a ecocardiografia fetal é recomendada nesses contextos, especialmente quando há mais de um filho previamente afetado. Em casos de história familiar de cardiopatia congênita isolada em parentes de segundo grau, a realização do exame pode ser considerada, não sendo indicada rotineiramente para parentes de terceiro grau.

Além disso, situações que envolvem doenças genéticas hereditárias elevam significativamente o risco fetal, como nos casos de herança autossômica dominante com acometimento cardíaco ou histórico prévio de doença recessiva. Síndromes associadas a microdeleções, como 22q11, Alagille e Williams, frequentemente cursam com alterações cardíacas e podem apresentar expressão clínica variável. Nesses cenários, a ecocardiografia fetal torna-se essencial para a detecção precoce de anomalias, considerando as limitações do ultrassom obstétrico convencional. Já em casos de reprodução assistida, o ecocardiograma fetal é sempre recomendado (PIERPONT, et al., 2018), (DONOFRIO, et al., 2014).

A taquicardia fetal raramente está associada a cardiopatias congênitas, enquanto a bradicardia decorrente de bloqueio atrioventricular apresenta relação mais frequente com alterações estruturais cardíacas. Assim, a presença de arritmias fetais justifica a realização de ecocardiografia fetal, exame que permite avaliar detalhadamente a anatomia, a função cardíaca e a etiologia do distúrbio do ritmo, auxiliando na definição da conduta clínica (DONOFRIO, et al., 2014), (MOON-GRADY, et al., 2023).

O risco de cardiopatia na presença de malformações extracardíacas é variável, mas recomenda-se a realização de ecocardiograma fetal sempre que houver anomalias fora do coração. Exceções podem ser consideradas em casos de achados isolados com baixo risco

conhecido, desde que uma avaliação ultrassonográfica minuciosa comprove normalidade das quatro câmaras e dos tratos de saída (DONOFRIO, et al., 2014).

Alterações identificadas em testes genéticos fetais, como mutações, deleções, rearranjos cromossômicos ou aneuploidias, estão associadas a maior probabilidade de malformações congênitas, tornando indicada a ecocardiografia fetal. Em relação à translucência nuchal, o exame não é recomendado quando isoladamente inferior a 3,0 mm. Entretanto, na presença de fluxo reverso no ducto venoso, especialmente associado ao aumento da translucência nuchal, a avaliação ecocardiográfica fetal é indicada (DE ROBERTIS, et al., 2025), (MOON-GRADY, et al., 2023).

O período mais indicado para a realização da ecocardiografia fetal situa-se entre 18 e 22 semanas de gestação, podendo haver avaliação mais precoce, entre 12 e 14 semanas, em casos considerados de alto risco. Em situações específicas, exames seriados podem ser necessários ao longo da gestação, especialmente no terceiro trimestre, com o objetivo de acompanhar possíveis alterações progressivas. A utilização de equipamentos de alta resolução, aliada à capacitação técnica dos profissionais, é fundamental para garantir a qualidade diagnóstica. A padronização das aquisições, o registro adequado das imagens e a incorporação de recursos como Doppler e análise segmentar contribuem para maior acurácia, sendo o exame parte integrante do planejamento perinatal (MOON-GRADY, et al., 2023).

11

Do ponto de vista técnico, o exame deve incluir, no mínimo, os modos bidimensional e M, além do uso de Doppler colorido e pulsado. Ajustes adequados de parâmetros como frequência, profundidade e foco são essenciais para otimizar a resolução e a taxa de quadros. O armazenamento das imagens deve ser realizado de forma segura e padronizada, com identificação completa do exame. Métodos complementares, como a avaliação tridimensional e técnicas avançadas de análise funcional, podem ser utilizados em situações selecionadas (MOON-GRADY, et al., 2023).

A avaliação ecocardiográfica deve contemplar cortes fundamentais, como a visão de quatro câmaras, os tratos de saída ventriculares e os arcos aórtico e ductal, obtidos em diferentes planos. A qualidade do exame também depende de adequada preparação materna e ajustes na técnica, incluindo posicionamento, manipulação do transdutor e otimização da janela acústica. A análise deve ser sistemática, incluindo diferentes eixos e planos cardíacos, além de medidas

biométricas padronizadas que permitam comparação com valores de referência para a idade gestacional (MOON-GRADY, et al., 2023).

O uso do Doppler é indispensável para a avaliação hemodinâmica, permitindo análise dos fluxos em estruturas como veia umbilical, ducto venoso, válvulas cardíacas e grandes vasos. A abordagem segmentar possibilita a análise detalhada da anatomia cardíaca e de suas conexões. A avaliação do ritmo e da função cardíaca também deve ser realizada, com identificação de possíveis arritmias e análise de parâmetros funcionais. Em conjunto, essas informações permitem uma avaliação abrangente do sistema cardiovascular fetal e auxiliam na definição do prognóstico e da conduta clínica (MOON-GRADY, et al., 2023), (DONOFRIO, et al., 2014).

Frente a consonância do potencial da ultrassonografia para a abordagem da DCC, vale destacar também as suas limitações. A aquisição de imagens do coração fetal é desafiadora em razão das pequenas dimensões das estruturas cardíacas, da elevada frequência cardíaca do feto e da necessidade de visualização em maior profundidade através do abdome materno. Além disso, fatores como janelas acústicas restritas, obesidade materna e posicionamento fetal desfavorável, como a posição prona, podem comprometer a qualidade das imagens obtidas (Adriaanse, et al., 2016), (MOON-GRADY, et al., 2023).

Sendo assim, diante do que foi exposto, a RMC fetal têm se mostrado como um possível método de diagnóstico por imagem que é capaz de ampliar as possibilidades de diagnóstico das cardiopatias congênitas ainda durante o período fetal, visto que parece existir uma importância diagnóstica de tal método principalmente para as anomalias de arco aórtico, sendo capaz de modificar o planejamento de parto em 80% dos pacientes em um estudo realizado em fetos com cardiopatias congênitas suspeitas e com ecocardiografia inconclusiva (SALEHI D, et al., 2021). No entanto, mesmo quando nos casos de avaliação dos defeitos do arco aórtico, ainda existem avanços a serem feitos, visto que mesmo na população em que houve impacto significativo no planejamento do parto, houve casos de insucesso e disparidade entre o que foi avaliado no período pré-natal e o desfecho pós-natal, o que parece advir do fato de não existir ainda um parâmetro que possa ser visualizado por RMC fetal e que seja confiável para exclusão de possibilidade de coarctação de aorta, por exemplo (SALEHI D, et al., 2021).

Ainda nesse sentido, já existem técnicas que são capazes de melhorar a acurácia diagnóstica da RMC fetal, principalmente ao minimizar a limitação de os movimentos fetais

serem um fator que corrobora para os erros diagnósticos na RMC fetal em 2D (LLOYD DFA, et al., 2019). Como descrito na publicação de Março de 2019, realizada por Lloyd DFA, et al., (2019), que descreveu um estudo realizado no Hospital Infantil Evelina London (Londres, Reino Unido), com mulheres elegíveis com gestação de 18 semanas ou mais no momento do exame e idade igual ou superior a 18 anos, o uso de softwares para tratamento das imagens 2D para 3D é capaz de melhorar a acurácia diagnóstica. Em tal estudo, foram excluídas mulheres com peso superior a 125 kg, claustrofobia, contraindicação à ressonância magnética ou incapacidade de compreender as informações do estudo.

O software utilizado, descrito na publicação em questão, processa as imagens 2D por meio de um algoritmo de reconstrução, produzindo, assim, um volume 3D do tórax fetal. Após o tratamento por tal software, de acordo com o estudo, houve a geração de imagens 3D com alta resolução, minimizando os movimentos fetais e gerando aumento da qualidade diagnóstica em 90% das reconstruções realizadas, sendo que em 10 pacientes do estudo, os novos dados possibilitaram a identificação de novas características anatômicas que anteriormente ainda não haviam sido descritas. Mesmo que as técnicas que foram usadas no estudo em questão já sejam sedimentadas em ambiente acadêmico, foi a primeira vez na qual foram utilizadas na prática clínica, de acordo com o estudo, o que mostra que, mesmo com a RMC fetal mostrando-se

como um possível avanço diagnóstico, ainda existem possíveis avanços a serem realizados. Um de tais possíveis avanços poderia ser a incorporação de softwares baseados em IA para interpretação dos resultados dos exames de imagem. De acordo com Sachdeva R, et al., (2024)., o uso de ferramentas de assistência diagnóstica apresenta a oportunidade de expandir o diagnóstico de tal forma a possibilitar que mesmo profissionais da área que não sejam especialistas sejam capazes de interpretar as imagens, visto que o software é capaz de gerar alertas para possíveis diagnósticos, utilizando avaliação de válvulas e artérias por meio de cálculos de Z-scores. Além disso, o uso de novas tecnologias é apresentado como benéfico pelo fato de haver a possibilidade de as avaliações dos volumes cardíacos serem feitas de maneira offline, assim como via internet por meio de centros terciários com a tecnologia da tele-STIC

Desse modo, percebe-se a concordância nos artigos estudados sobre pontos importantes como: superioridade do diagnóstico multimodal, limitações físicas da ultrassonografia, impacto no planejamento do parto e importância da padronização tecnológica. No que diz respeito a esse diagnóstico multimodal, o avanço das tecnologias de imagem possibilitou maiores

variações nos exames e criação de novos métodos de imagem, os quais se complementam para melhor diagnóstico e acompanhamento do quadro, destacando-se, por exemplo, a Ressonância Magnética.

CONCLUSÃO

A partir do que foi analisado em nossa revisão, conclui-se que atualmente o diagnóstico de cardiopatias fetais por exames de imagem tem passado por várias mudanças importantes, com novos métodos sendo incorporados e mostrando cada vez mais benefícios em diagnosticar alterações que antes não eram vistas. Dessa forma, observa-se que há um impacto real no planejamento de parto e dos cuidados pós-natais com tais novas tecnologias. No entanto, a ecocardiografia fetal mantém-se ainda como método de primeira escolha e como padrão ouro, mesmo diante dos avanços vistos, visto que ainda existe uma dificuldade com relação à padronização de parâmetros para diagnóstico nos exames complementares, como a RMC. Além disso, percebe-se que mesmo com tais benefícios estando cada vez mais claros, permanece a necessidade de mais estudos que evidenciem a acurácia diagnóstica dos novos métodos, como a RMC, visto que ainda existem discrepâncias entre os achados pré-natais e pós-natais. Assim, investir em estudos que possibilitem o uso de novos métodos para avaliação da morfologia cardíaca fetal, em equipes qualificadas, no estudo de formas para sedimentar parâmetros de diagnóstico por novos métodos e no financiamento de softwares cada vez mais sofisticados configura um caminho possível para ampliar ainda mais as possibilidades de diagnóstico pré-natal de defeitos cardíológicos.

14

REFERÊNCIAS

- ADRIAANSE BME, VAN VUGT JMG, HAAK MC. Three- and four-dimensional ultrasound in fetal echocardiography: an up-to-date overview. *Journal of Perinatology*, 2016; 36(9): 685–693.
- BRAVO-VALENZUELA NJ, et al. Three-dimensional ultrasound for physical and virtual fetal heart models: Current status and future perspectives. *Journal of Clinical Medicine*, 2024; 13(24): 7605.
- DE ROBERTIS V, et al. Indications for fetal echocardiography: consensus and controversies among evidence-based national and international guidelines. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 2025; 65(6): 682–693.

DONOFRIO MT, et al. Diagnosis and treatment of fetal cardiac disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2014; 129(21): 2183–2242.

KÜHLE H, et al. Advanced imaging of fetal cardiac function. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 2023; 10: e1163435. (*Nota: substitua pelo número da página/ID correto do artigo se necessário, removendo o dia e mês*).

LLOYD DFA, et al. Three-dimensional visualisation of the fetal heart using prenatal MRI with motion-corrected slice-volume registration: a prospective, single-centre cohort study. *Lancet*, 2019; 393(10181): 1619–1627.

MOON-GRADY AJ, et al. Guidelines and Recommendations for Performance of the Fetal Echocardiogram: An Update from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2023; 36(7): 679–723.

PATEY O, et al. Prenatal detection of congenital heart defects using the deep learning-based image and video analysis: protocol for Clinical Artificial Intelligence in Fetal Echocardiography (CAIFE), an international multicentre multidisciplinary study. *BMJ open*, 2025; 15(6): e101263.

PIERPONT ME, et al. Genetic Basis for Congenital Heart Disease: Revisited: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 2018; 138(21): e422–e488. (*Nota: adicionei o intervalo de páginas padrão deste documento da AHA para ficar completo*).

SACHDEVA R, et al. Novel Techniques in Imaging Congenital Heart Disease: JACC Scientific Statement. *Journal of the American College of Cardiology*, 2024; 83(1): 63–81.

15

SALEHI D, et al. Utility of Fetal Cardiovascular Magnetic Resonance for Prenatal Diagnosis of Complex Congenital Heart Defects. *JAMA Network Open*, 2021; 4(3): e213538.

SOARES AM. Mortalidade em Doenças Cardíacas Congênitas no Brasil - o que sabemos? *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2021; 115(6): 1174–1175.