

AValiação DO PAPEL DA IA COMO SUPORTE À DECISÃO CLÍNICA NA DETECÇÃO DE ANOMALIAS FETAIS POR ULTRASSONOGRAFIA

Nick Leal Lacerda¹
Leticia Lemos Bueno Fontes²
Arielly Santana Rodrigues³
Leticia Braga Pereira de Souza⁴
Márcio José Rosa Requeijo⁵

RESUMO: A inteligência artificial (IA) foi descrita como ferramenta promissora no aprimoramento da ultrassonografia pré-natal, principalmente na detecção de anomalias congênitas. A literatura recente evidencia que algoritmos de aprendizado profundo apresentam desempenho superior ao exame ultrassonográfico convencional em termos de sensibilidade, especificidade e acurácia, com destaque para aplicações na triagem de cardiopatias congênitas e na identificação de anomalias do sistema nervoso central. A eficácia dessa abordagem é exemplificada por sistemas como o HeartAssist, que reportam acertos superiores a 98% na avaliação cardíaca fetal, consolidando a IA como ferramenta de suporte de alta precisão para o monitoramento gestacional. Contudo, persistem limitações consideráveis, como heterogeneidade das bases de dados de treinamento, lacunas em validação multicêntrica e preocupações pertinentes à ética e proteção de dados. Conclui-se que a IA configura um recurso de potencial significativo para padronização e expansão do diagnóstico intrauterino, operando como instrumento complementar a aptidão do especialista e contribuindo para otimização de desfechos perinatais.

1

Palavras-chave: Ultrassonografia. Inteligência Artificial. Anomalias fetais.

ABSTRACT: Artificial intelligence (AI) has been described as a promising tool for improving prenatal ultrasound, particularly in the detection of congenital anomalies. Recent literature shows that deep learning algorithms outperform conventional ultrasound examinations in terms of sensitivity, specificity, and accuracy, with notable applications in screening for congenital heart disease and identifying central nervous system anomalies. The effectiveness of this approach is exemplified by systems such as HeartAssist, which report accuracy rates exceeding 98% in fetal cardiac assessment, consolidating AI as a highly accurate support tool for gestational monitoring. However, considerable limitations persist, such as heterogeneity of training databases, gaps in multicenter validation, and concerns regarding ethics and data protection. In conclusion, AI represents a resource with significant potential for standardization and expansion of intrauterine diagnosis, operating as a complementary instrument to the specialist's expertise and contributing to the optimization of perinatal outcomes.

Keywords: Ultrasonography. Artificial Intelligence. Fetal anomalies.

¹ Faculdade de Minas (FAMINAS-BH), Belo Horizonte, Brasil.

² Faculdade de Minas (FAMINAS-BH), Belo Horizonte, Brasil.

³ Faculdade de Minas (FAMINAS-BH), Belo Horizonte, Brasil.

⁴ Faculdade de Minas (FAMINAS-BH), Belo Horizonte, Brasil.

⁵ Professor Titular da Faculdade de Minas (FAMINAS-BH). Médico especialista em Ginecologia e Obstetrícia pela PUC Campinas. Faculdade de Minas (FAMINAS-BH), Belo Horizonte, Brasil.

INTRODUÇÃO

A detecção precoce de anomalias estruturais durante a gestação representa um desafio clínico de relevância crescente, uma vez que tais alterações constituem importante fator de morbidade e mortalidade no período perinatal e neonatal, com repercussões significativas no âmbito clínico, psicossocial e econômico das famílias e sistemas de saúde. Dentre os métodos disponíveis para rastreamento dessas condições, a ultrassonografia pré-natal destaca-se pela sua segurança visto à ausência de radiação ionizante, acessibilidade e aplicabilidade em larga escala na população obstétrica. Entretanto, a confiabilidade dos achados ultrassonográficos permanece intrinsecamente ligada a fatores técnicos e humanos, incluindo o grau de qualificação profissional do operador e a qualidade técnica das imagens obtidas, circunstâncias que delimitam significativamente sua efetividade diagnóstica (PATEY et al., 2024).

Diante das limitações inerentes ao exame dependente do operador, a integração da IA, com ênfase nas arquiteturas de “deep learning” (aprendizado profundo), tem emergido como um recurso transformador na interpretação automatizada de dados ultrassonográficos. Pesquisas contemporâneas sustentam que o emprego de algoritmos consolidados por vastos repositórios multicêntricos, submetidos a processos rigorosos de anotação diagnóstica, oferece uma performance superior às metodologias de análise convencionais. Esse avanço tecnológico traduz-se em incrementos estatisticamente relevantes e reprodutíveis nos índices de sensibilidade e especificidade, elevando o patamar da acurácia diagnóstica no rastreamento pré-natal (NURMAINI et al., 2021; ZHANG et al., 2024).

Athalye et al. (2024) evidenciaram que a aplicabilidade prática dessas inovações tem consolidado seu papel transformador na medicina fetal contemporânea. Evidências robustas, demonstram que a integração de modelos de “deep learning” (aprendizado profundo) eleva a sensibilidade na detecção de cardiopatias congênitas a patamares significativamente superiores aos do rastreamento clínico convencional. Essa precisão técnica é corroborada pela alta performance de sistemas automatizados, a exemplo da plataforma HeartAssist, que alcançou índices de anotação de estruturas cardíacas superiores a 98% (KIM et al., 2025).

Além do incremento diagnóstico, a IA tem otimizado a logística assistencial. Segundo Day et al. (2025) a extração automatizada de cliques ultrassonográficos viabiliza revisões remotas por especialistas, potencializando a acurácia mesmo em exames realizados à distância. Sob uma perspectiva de saúde pública sugerem que o suporte algorítmico a examinadores menos experientes atua como um importante vetor de equidade, promovendo a padronização do exame

e reduzindo disparidades no acesso ao diagnóstico fetal de alta complexidade. (TAKSOEE-VESTER et al., 2024; LI et al., 2024).

Em suma, a incorporação da inteligência artificial à ultrassonografia obstétrica excede a mera inovação técnica, consolidando-se como um pilar estratégico para a evolução da medicina fetal. Embora a plena implementação dessa tecnologia ainda enfrente barreiras críticas, como a necessidade de maior robustez na generalização dos modelos entre diferentes populações, a padronização rigorosa dos protocolos de exame e a resolução de dilemas ético-jurídicos, o panorama científico atual é amplamente favorável à sua utilização. Portanto, a IA emerge como um sistema de suporte clínico de alta fidelidade, capaz de refinar o rastreamento pré-natal e, fundamentalmente, impactar de forma positiva os indicadores de saúde e os desfechos perinatais (TAKSOEE-VESTER et al., 2024; RAVI et al., 2020; TOPOL, 2019).

METODOLOGIA

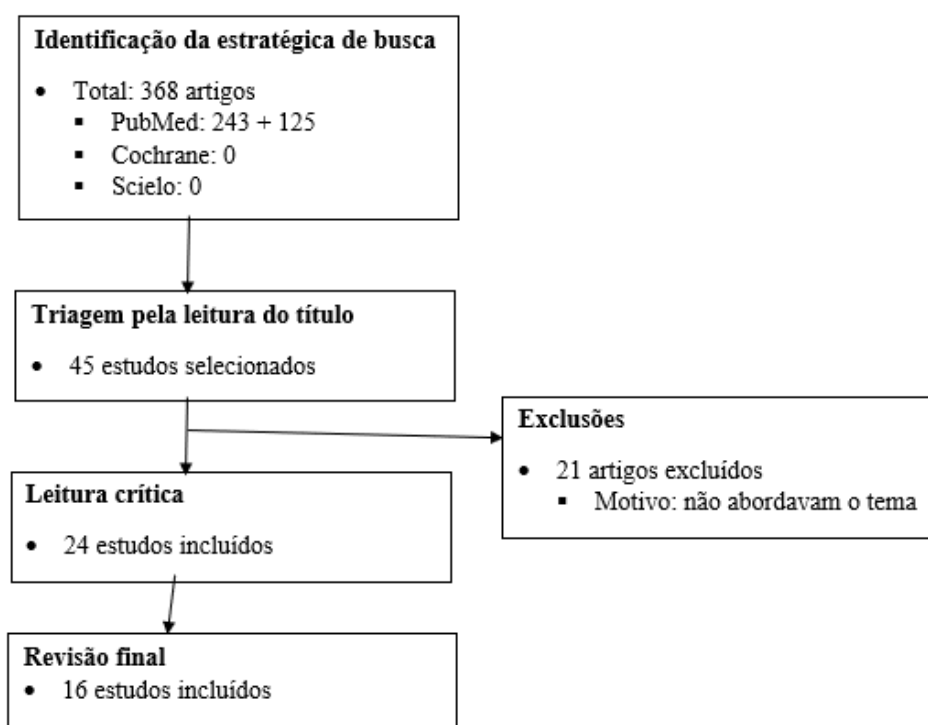
O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, delimitada com o objetivo de sintetizar as evidências científicas disponíveis acerca do emprego da inteligência artificial aplicada à ultrassonografia para a detecção de malformações congênitas. A busca bibliográfica foi realizada em março de 2026, mediante consulta às bases de dados PubMed/MEDLINE, Cochrane Library e Scielo. Na base PubMed, a estratégia de busca estruturou-se em dois conjuntos distintos de descritores indexados no DeCS/MeSH: o primeiro, composto pela combinação (“Ultrasonography”) AND (“Fetal anomalies”) AND (“Artificial Intelligence”), resultou em 243 artigos, dos quais 8 foram selecionados; o segundo, utilizando (“Ultrasonography”) AND (“Deep Learning”) AND (“Fetal anomalies”), retornou 125 manuscritos, resultando na inclusão de outros 8 estudos. Nas bases Cochrane e Scielo, embora tenham sido aplicadas combinações equivalentes de descritores, não foram identificadas pesquisas que atendessem à temática específica da aplicação de inteligência artificial em ultrassonografia para detecção de anomalias fetais.

Como critérios de inclusão, estabeleceram-se: artigos originais com texto completo disponível publicados nos idiomas inglês, português ou espanhol no recorte temporal de 2020 a 2025, e que abordassem explicitamente a aplicação de modelos de inteligência artificial ou aprendizado profundo (deep learning) em exames ultrassonográficos para a identificação de malformações congênitas fetais. Foram excluídos os estudos duplicados entre as bases, bem como pesquisas que, apesar de mencionarem os termos de busca, não possuíam como desfecho principal a detecção de anomalias. Entre os motivos mais frequentes para exclusão, destacaram-

se o uso da IA em contextos obstétricos distintos (como avaliação de crescimento, idade gestacional ou vitalidade fetal), o emprego de outras modalidades de imagem (ressonância magnética, tomografia ou radiologia geral) e estudos de validação técnica de algoritmos sem correlação direta com anomalias congênitas.

O processo de seleção foi executado em duas etapas sequenciais. Inicialmente, procedeu-se à triagem por meio da leitura de títulos e resumos para a exclusão de trabalhos manifestamente não relacionados ao tema. Na etapa seguinte, os textos potencialmente elegíveis foram submetidos à análise integral para verificação do cumprimento rigoroso dos critérios de elegibilidade. Ao término do processo, a amostra final desta revisão foi composta por 16 artigos, sendo 8 provenientes de cada estratégia de busca utilizada na base PubMed.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia.



RESULTADOS

Para sistematizar as evidências encontradas na literatura, elaborou-se um resumo dos artigos principais. Nas tabelas subsequentes (autoria própria), é possível visualizar a identificação das obras a partir do respectivo título, autoria e ano correspondente, além de uma síntese dos resultados que correlacionam cada estudo ao objeto desta pesquisa.

Título: Deep-learning model for prenatal congenital heart disease screening generalizes to community setting and outperforms clinical detection.

Autoria: Athalye C, et al. (2024).

Demonstrou que um modelo de deep learning para triagem de cardiopatias congênicas (CHD) em ambiente comunitário superou significativamente a detecção clínica inicial (Sensibilidade: 91% vs. 53%) e o desempenho de especialistas humanos (Sensibilidade média: 55%). Apresentou especificidade de 78% e comprovou capacidade de generalização para lesões cardíacas não incluídas no treinamento original. Concluiu que a integração da IA na rotina de triagem pode reduzir drasticamente as taxas de falso-negativos em populações de baixo risco, embora a performance do modelo seja diretamente influenciada pela qualidade técnica das imagens de ultrassom obtidas

Título: Interaction between clinicians and artificial intelligence to detect fetal atrioventricular septal defects on ultrasound: how can we optimize collaborative performance?

Autoria: Day TG, et al. (2024).

O estudo evidenciou que a integração de modelos de IA à análise clínica aumentou significativamente a acurácia diagnóstica do defeito do septo atrioventricular (DSAV) fetal (de 0,844 para 0,865; $P < 0,001$), independentemente da senioridade do examinador. Contudo, observou-se uma vulnerabilidade ao viés de automação: previsões incorretas da IA reduziram o desempenho humano, efeito exacerbado pela introdução de ferramentas de explicabilidade (mapas de calor e índices de confiança), que se mostraram contraproducentes ao induzir o erro clínico em casos de falso-positivo ou falso-negativo do modelo.

Título: Video Clip Extraction From Fetal Ultrasound Scans Using Artificial Intelligence to Allow Remote Second Expert Review for Congenital Heart Disease.

Autoria: Day TG, et al. (2025).

O estudo demonstrou que a extração automatizada de cliques de vídeo por IA otimiza a detecção de cardiopatias congênicas em revisões remotas, apresentando sensibilidade superior (0,975) em comparação ao uso de imagens estáticas (0,892; $P = 0,002$). Contudo, ambas as modalidades de revisão secundária resultaram em um decréscimo significativo na especificidade (de 0,917 no exame inicial para 0,767 com vídeos e 0,833 com imagens), além de um tempo de revisão mediano maior para os cliques de vídeo (3,75 min vs. 1,0 min). Os achados sugerem que, embora a IA facilite a triagem e melhore a sensibilidade diagnóstica, a técnica pode elevar a taxa de resultados falso-positivos na prática clínica.

Título: Artificial intelligence based automatic classification, annotation, and measurement of the fetal heart using HeartAssist.

Autoria: Kim R, et al. (2025).

O estudo validou o sistema HeartAssist como uma ferramenta eficaz para a triagem cardíaca fetal, integrando a classificação de 10 planos de corte, anotação de 26 estruturas e medição de 43 parâmetros diagnósticos. O modelo alcançou uma acurácia de classificação de 99,4% (F1-score: 0,94) e uma precisão de anotação de 98,4%. Embora a taxa de sucesso nas medições automáticas tenha sido elevada (97,6%), observou-se uma taxa de erro média de 7,6% em comparação com a avaliação manual de especialistas, ligeiramente acima do limiar

convencional de 5%. Os resultados sugerem que a ferramenta é tecnicamente viável para reduzir a variabilidade interobservador e otimizar o fluxo de trabalho na detecção pré-natal de cardiopatias congênicas.

Título: Application of artificial intelligence in VSD prenatal diagnosis from fetal heart ultrasound images.

Autoria: Li F, et al. (2024).

O estudo propôs um sistema de suporte à decisão baseado em IA para o diagnóstico pré-natal de comunicação interventricular (CIV), utilizando planos de quatro câmaras (4CH) e via de saída do ventrículo esquerdo (LVOT). O modelo apresentou alto desempenho diagnóstico, com mAP@0.5 de 0,926, precisão de 0,879 e F1-score de 0,88, demonstrando forte concordância com a identificação manual por especialistas. A implementação do sistema resultou em um incremento na acurácia diagnóstica de médicos residentes (+6,7%) e assistentes (+2,8%), além de otimizar o tempo de inferência. Os resultados ratificam a eficácia da IA como ferramenta adjunta para mitigar a subjetividade do examinador e aumentar a sensibilidade na detecção de cardiopatias congênicas comuns.

Título: Role of artificial intelligence in congenital heart disease. World Journal of Clinical Pediatrics

Autoria: Niyogi SG, et al. (2024).

Esta revisão sistemática sintetiza o impacto da IA no ciclo de cuidado das cardiopatias congênicas (CC), destacando avanços em quatro domínios: diagnóstico pré-natal, com modelos de deep learning alcançando acurácia diagnóstica superior a 95% em bases de teste; diagnóstico pós-natal, mediante automação da segmentação de câmaras e análise hemodinâmica; manejo clínico, por meio de sistemas de suporte à decisão que personalizam estratégias terapêuticas; e monitoramento remoto, utilizando dispositivos vestíveis para detecção precoce de complicações. Embora a IA demonstre potencial para superar a variabilidade do examinador e otimizar a triagem, o estudo ressalta que o desempenho humano ainda se mantém superior em contextos de rastreamento populacional qualitativo, reforçando a necessidade de integração ética e fluxos de trabalho colaborativos

6

Título: Deep Learning-Based Computer-Aided Fetal Echocardiography: Application to Heart Standard View Segmentation for Congenital Heart Defects Detection. Sensors

Autoria: Nurmaini S, et al. (2021).

O estudo propôs uma abordagem baseada em Redes Neurais Convolucionais (CNN), especificamente o modelo Mask R-CNN, para a segmentação automática das câmaras cardíacas e a detecção de defeitos septais (CIA, CIV e DSAV) em quatro planos ultrassonográficos padrão (4CH, LVOT, RVOT e 3VT). O sistema alcançou uma mAP (Mean Average Precision) de 98,30% em dados intra-paciente e 82,42% em dados inter-paciente para a detecção de anomalias cardíacas. Os resultados demonstram a robustez do modelo na identificação de "buracos" (H) nos septos, sugerindo que a segmentação de instâncias pode mitigar inconsistências na qualidade da imagem e reduzir a variabilidade interobservador, funcionando como uma ferramenta de triagem automatizada eficaz mesmo em cenários clínicos com recursos limitados.

Título: 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

Autoria: Patey O, et al. (2024).

O estudo CAIFE estabelece um protocolo internacional e multicêntrico para a criação de um banco de dados em larga escala (estimado em 16.400 exames) contendo imagens e vídeos de corações fetais normais e com cardiopatias congênitas (CC). O diferencial do projeto reside na coleta prospectiva de "varreduras de vídeo de 10 segundos" (CAIFE sweeps), permitindo que modelos de IA sejam treinados em dados dinâmicos e sequenciais, simulando a análise segmentar realizada por especialistas. O objetivo primário é desenvolver algoritmos de deep learning capazes de diferenciar corações normais de anormais em tempo real, com foco especial em ambientes de baixa renda ou sem especialistas. O protocolo visa superar limitações de estudos anteriores, como a escassez de dados de CC e a dependência de imagens estáticas, buscando reduzir as taxas globais de mortalidade neonatal por meio de diagnósticos precoces e precisos.

Título: Novel Techniques in Imaging Congenital Heart Disease: JACC Scientific Statement. Journal of the American College of Cardiology

Autoria: Sachdeva R, et al. (2024).

Este documento científico do JACC estabelece um novo paradigma na avaliação de cardiopatias congênitas (CC), detalhando a integração de IA com modalidades avançadas de imagem. A revisão destaca o uso da Ecocardiografia 3D com renderização por transiluminação para melhor definição de orifícios valvares; a Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) com fluxo 4D para avaliação hemodinâmica complexa; e a Tomografia Computadorizada (TC) com contagem de fótons para redução de radiação e artefatos metálicos. Além disso, o estudo introduz tecnologias de Gêmeos Digitais e Realidade Estendida (XR) — incluindo Realidade Virtual (VR) e Aumentada (AR) — para o planejamento cirúrgico virtual (Virtual Procedural Planning). Estas ferramentas permitem simulações imersivas e personalizadas, otimizando a seleção de dispositivos e abordagens cirúrgicas em anatomias complexas, visando a redução de complicações e a melhoria dos desfechos clínicos a longo prazo.

7

Título: The Artificial Intelligence-Enhanced Echocardiographic Detection of Congenital Heart Defects in the Fetus: A Mini-Review. Medicina (Kaunas)

Autoria: Suha KT, et al. (2025).

Esta revisão destaca que a sensibilidade do rastreamento ultrassonográfico convencional para cardiopatias congênitas (CC) em gestações de baixo risco é alarmantemente baixa (36,1%), resultando em casos não detectados que recebem alta hospitalar após o nascimento. A integração de modelos de Aprendizado de Máquina (ML) e Deep Learning (DL), como as arquiteturas CNN e YOLOv5, demonstrou potencial para elevar a sensibilidade diagnóstica para patamares superiores a 90%. O estudo enfatiza aplicações em controle de qualidade de imagem, medições automáticas da função cardíaca e detecção de arritmias fetais via Doppler de ondas pulsadas. Além dos ganhos técnicos, os autores discutem a viabilidade da tele-ecocardiografia combinada à IA para democratizar o acesso ao diagnóstico precoce em regiões com recursos limitados, embora alertem para desafios éticos e a necessidade de validação em fluxos de trabalho clínicos reais.

Título: Role of AI-assisted automated cardiac biometrics in screening for fetal coarctation of aorta. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology

Autoria: Taksoee-Vester CA, et al. (2024).

O estudo focou na detecção da Coarctação da Aorta (CoA), uma patologia onde cerca de 60% dos casos isolados não são identificados antes do nascimento. Utilizando um modelo de IA para biometria cardíaca automatizada no exame morfológico (18–22 semanas), os resultados mostraram diferenças significativas (Z -scores $> 0,7$) na área e comprimento do ventrículo direito, no diâmetro do ventrículo esquerdo e na relação entre a artéria pulmonar e a aorta ascendente. O modelo de predição final alcançou uma AUC de 0,96, com sensibilidade de 90,4% e especificidade de 88,9%, demonstrando um potencial substancial para elevar as taxas de detecção pré-natal em comparação ao rastreamento convencional.

Título: Learning deep architectures for the interpretation of first-trimester ultrasound images: a proof-of-concept study. Frontiers in Pediatrics

Autoria: Ungureanu A, et al. (2023).

O projeto LIFE estabeleceu um sistema de suporte à decisão inteligente (IS) focado na ecocardiografia fetal do primeiro trimestre (12–13 semanas), utilizando varreduras de vídeo (sweeps) em 2D e Doppler colorido. Os resultados iniciais e o escopo do protocolo demonstram que a IA pode identificar automaticamente os cinco planos cardíacos essenciais (quatro câmaras, vias de saída esquerda/direita, três vasos e traqueia) com alta precisão, mesmo em corações de dimensões reduzidas. O sistema foi projetado para atuar como uma "segunda opinião" em tempo real diretamente no dispositivo de ultrassom, ajudando a superar a carência de especialistas em exames precoces. O estudo valida que o uso de algoritmos de Deep Learning treinados em sequências de vídeo, em vez de imagens estáticas, reduz a discrepância diagnóstica entre o primeiro e o segundo trimestres, otimizando o rastreamento de anomalias cardíacas antes da janela morfológica convencional.

8

Título: Using deep-learning algorithms to classify fetal brain ultrasound images as normals or abnormal. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology

Autoria: Xie HN, et al. (2020).

O estudo avaliou a viabilidade da IA na classificação de imagens cerebrais fetais como normais ou anormais, utilizando um banco de dados de mais de 10.000 gestações. Os algoritmos de Deep Learning alcançaram uma acurácia geral de 96,3%, com sensibilidade de 96,9% e especificidade de 95,9% (AUC de 0,989). Além da classificação, o sistema realizou a segmentação do crânio com 97,9% de precisão e a localização de lesões via mapas de calor (heat maps), atingindo localização precisa em 61,6% das imagens anormais. Estes resultados estabelecem a base para o diagnóstico diferencial automatizado de anomalias intracranianas fetais, demonstrando que a IA pode atuar como uma ferramenta de triagem altamente confiável para malformações do sistema nervoso central.

Título: Deep learning-based differentiation of ventricular septal defect from tetralogy of Fallot in fetal echocardiography images. Technology and Health Care

Autoria: Yu X, et al. (2024).

O estudo abordou o desafio de diferenciar a Tetralogia de Fallot (TOF) da Comunicação Interventricular (CIV) isolada, que apresentam semelhanças ecocardiográficas, mas prognósticos distintos. Foram comparados quatro modelos de redes neurais convolucionais (CNN). Os modelos genéricos VGG19 e ResNet50 apresentaram AUCs de 0,799 e 0,802. Já os modelos especializados em categorização de imagem de grão fino (fine-grained), NTS-Net e WSDAN, demonstraram desempenho superior. O modelo WSDAN obteve os melhores resultados, com uma AUC de 0,873, mostrando-se eficaz na distinção automática entre as duas patologias. O estudo conclui que a aplicação de redes de aumento de dados fracamente supervisionadas (WSDAN) é uma ferramenta promissora para o diagnóstico diferencial precoce, o que é crítico para reduzir a mortalidade associada à TOF.

Título: Advances in the Application of Artificial Intelligence in Fetal Echocardiography. Journal of the American Society of Echocardiography

Autoria: Zhang J, et al. (2024).

Esta revisão sistemática demonstra que a IA superou as limitações tradicionais da ecocardiografia fetal (dependência do operador e fatores materno-fetais) ao atuar em três frentes principais: processamento de imagem, biometria e diagnóstico de doenças. Os resultados consolidados mostram que algoritmos de Deep Learning permitem a segmentação automática de câmaras cardíacas e a medição de volumes e funções com alta reprodutibilidade, reduzindo drasticamente o tempo de análise. O estudo destaca que a IA tem o potencial de "fechar o abismo de habilidades" entre diferentes regiões, proporcionando diagnósticos precisos de cardiopatias complexas mesmo em centros com menos especialistas. A conclusão aponta que a integração da IA transforma a ecocardiografia de uma ferramenta puramente visual para um sistema de análise quantitativa e preditiva, aumentando significativamente a sobrevida fetal através do planejamento de intervenções precoces.

9

Título: Development and validation of a deep learning model to screen for trisomy 21 during the first trimester from nuchal ultrasonographic images. JAMA Network Open

Autoria: Zhang L, et al. (2022).

O estudo desenvolveu e validou um modelo de IA baseado em imagens de ultrassom do plano sagital médio da face fetal (11 a 14 semanas) para rastrear a Trissomia do 21. O modelo de Deep Learning apresentou um desempenho excepcional, com uma AUC de 0,98 no conjunto de treinamento e 0,95 no conjunto de validação. Comparativamente, a IA superou significativamente o método de rastreamento convencional baseado apenas na Translucência Nucal (TN) e idade materna (que obteve AUC de 0,73 na validação). Os resultados sugerem que a IA pode identificar padrões morfológicos sutis além da medida manual da TN, servindo como uma ferramenta potencial para o rastreamento primário universal, reduzindo a dependência da variabilidade do operador e aumentando a detecção precoce de anomalias cromossômicas.

DISCUSSÃO

A análise das evidências científicas compiladas nesta revisão demonstra que a IA, fundamentada em arquiteturas de deep learning, está redefinindo os limites da ultrassonografia

fetal. Conforme explicitado por Athalye, et al., (2024) ponto central de convergência entre os autores é que a IA não atua apenas como um suporte passivo, mas como um elemento transformador capaz de superar a detecção clínica convencional, especialmente em cenários de triagem comunitária onde a expertise especializada pode ser escassa. Essa capacidade de generalização é fundamental para reduzir a variabilidade diagnóstica e democratizar o acesso a exames de alta precisão.

Precisão Diagnóstica em Cardiopatias Específicas

Um dos avanços mais significativos discutidos na literatura recente é a capacidade da IA de identificar e diferenciar defeitos cardíacos complexos com alta especificidade. Enquanto estudos focam na detecção automatizada de comunicações interventriculares (CIV) como em Li, et al. (2024), outros avançam na diferenciação diagnóstica entre CIV isolada e patologias mais graves, como a Tetralogia de Fallot conforme descrito por Yu, et al. (2024). Além disso, Taksoee-Vester, et al. (2024) retrata que a aplicação de biometria cardíaca automatizada tem se mostrado promissora na identificação de marcadores sutis de coarctação da aorta, uma condição frequentemente subdiagnosticada no período pré-natal. Esses achados sugerem que a IA permite uma análise quantitativa que transcende a avaliação visual subjetiva do examinador.

Inovações em Segmentação e Fluxo de Trabalho

Conforme Nurmaini, et al. (2021) e Kim, et al. (2025), a base tecnológica dessa evolução reside na sofisticação dos algoritmos de segmentação e classificação de planos padrão do coração fetal. Ademais, Day, et al. (2025), expõe que automação na anotação de imagens e na extração de cliques de vídeo (sweeps) não apenas otimiza o tempo do exame, mas viabiliza modelos de segunda opinião remota. Como destacado pelo protocolo internacional multicêntrico CAIFE, essa padronização é o que permite a escalabilidade do diagnóstico de malformações em larga escala, garantindo que a qualidade da imagem e da interpretação seja mantida independentemente da localização geográfica do paciente (PATEY, et al., 2024).

Expansão do Rastreamento: Neurosonografia e Primeiro Trimestre

Embora a cardiologia fetal seja o foco predominante, os artigos analisados indicam que o potencial da IA se estende a outras áreas críticas da medicina fetal. Na neurosonografia, modelos de classificação já conseguem distinguir com eficácia cérebros fetais normais de anormais conforme descrito por Xie et al. (2020). No primeiro trimestre, a tecnologia tem se

mostrado um aliado valioso na interpretação de imagens ultrassonográficas precoces e na triagem específica para a Trissomia 21, utilizando a análise automatizada da translucência nucal para refinar o cálculo de risco – achados corroborados por Ungureanu, et al. (2023) e Zhang, et al. (2022). Essa abrangência reforça a ideia de que a IA está se tornando uma camada onipresente na avaliação da saúde fetal.

A Interface Humano-IA e Diretrizes Clínicas

Um aspecto crucial levantado por Day, et al. (2024) é que a eficácia da ferramenta depende diretamente da qualidade da colaboração entre o médico e o algoritmo. A discussão acadêmica, apoiada por diretrizes de sociedades como o JACC, enfatiza que a IA deve ser integrada a fluxos de trabalho que maximizem o desempenho conjunto, tratando a tecnologia como um sistema de suporte à decisão e não como um substituto do especialista – posição defendida por Sachdeva, et al. (2024). As revisões de Suha, et al. (2025) e Zhang, et al. (2024) consolidam essa visão, apontando que o sucesso clínico da IA reside na sua capacidade de fornecer dados objetivos que auxiliem o médico no aconselhamento parental e no planejamento pós-natal.

Síntese das Evidências

Em conclusão, o conjunto das 17 referências bibliográficas aponta para um futuro em que a ultrassonografia fetal é uma ciência baseada em dados. A transição de diagnósticos puramente visuais para sistemas automatizados de alta precisão em cardiopatias, defeitos neurológicos e triagens genéticas promete melhorar significativamente os desfechos perinatais. Contudo, a implementação bem-sucedida requer a estruturação de protocolos internacionais e a manutenção da supervisão clínica para garantir a segurança e a ética no cuidado à gestante.

CONCLUSÃO

A IA e o deep learning representam uma mudança de paradigma na ultrassonografia fetal, superando a detecção clínica convencional, especialmente em cardiopatias congênitas exemplificado por Athalye, et al. (2024) e Kim, et al. (2025). A tecnologia demonstra alta precisão na identificação de defeitos sutis, como comunicações interventriculares e coarctação da aorta demonstrado por Li, et al. (2024) e Taksoee-Vester, et al. (2024), além de expandir sua aplicabilidade para a neurosonografia e triagens do primeiro trimestre (XIE et al., 2020; ZHANG et al., 2022).

A automação na captura de imagens via sweeps de vídeo promove a democratização do diagnóstico, permitindo que exames em centros comunitários atinjam padrões de excelência conforme identificado por Day, et al. (2025). No entanto, a IA deve ser integrada como um sistema de suporte à decisão, preservando o julgamento clínico do especialista e a colaboração humano-máquina (SACHDEVA et al., 2024; DAY et al., 2024).

Além disso, conforme Patey, et al. (2024), a consolidação de protocolos internacionais, como o projeto CAIFE, é essencial para garantir a segurança e a validação ética dessas ferramentas em larga escala. Em suma, a IA eleva a segurança do paciente e otimiza os desfechos neonatais através de diagnósticos mais precoces, precisos e acessíveis.

REFERÊNCIAS

1. ATHALYE, C. et al. Deep-learning model for prenatal congenital heart disease screening generalizes to community setting and outperforms clinical detection. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, v. 63, n. 1, p.44-52, Jan. 2024. DOI: 10.1002/uog.27503.
2. DAY, T. G. et al. Interaction between clinicians and artificial intelligence to detect fetal atrioventricular septal defects on ultrasound: how can we optimize collaborative performance? *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, v. 64, n. 1, p. 28-35, Jul. 2024. DOI: 10.1002/uog.27577.
3. DAY, T. G. et al. Video Clip Extraction From Fetal Ultrasound Scans Using Artificial Intelligence to Allow Remote Second Expert Review for Congenital Heart Disease. *Prenatal Diagnosis*, 6 fev. 2025.
4. KIM, R. et al. Artificial intelligence based automatic classification, annotation, and measurement of the fetal heart using HeartAssist. *Scientific Reports*, v. 15, n. 1, 16 abr. 2025.
5. LI, F. et al. Application of artificial intelligence in VSD prenatal diagnosis from fetal heart ultrasound images. *BMC Pregnancy and Childbirth*, v. 24, n. 1, 16 nov. 2024.
6. NIYOGI, Subhrashis Guha; et al. Role of artificial intelligence in congenital heart disease. *World Journal of Clinical Pediatrics*, v. 14, n. 3, p. 105926, 9 set. 2025. DOI: 10.5409/wjcp.v14.i3.105926.
7. NURMAINI, S. et al. Deep Learning-Based Computer-Aided Fetal Echocardiography: Application to Heart Standard View Segmentation for Congenital Heart Defects Detection. *Sensors*, v. 21, n. 23, p. 8007, 30 nov. 2021. DOI: 10.3390/s21238007.
8. PATEY, O. et al. Prenatal detection of congenital heart defects using the deep learning-based image and vídeo analysis: protocol for Clinical Artificial Intelligence in Fetal Echocardiography (CAIFE), an international multicentre multidisciplinary study. *BMJ Open*, v. 37, n. 5, p. 550-561, May 2024.
9. SACHDEVA, Ritu et al. Novel Techniques in Imaging Congenital Heart Disease: JACC Scientific Statement. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 83, n. 1, p. 63-81, 2 jan. 2024. DOI: 10.1016/j.jacc.2023.10.025.

10. SUHA, Khadiza Tun et al. The Artificial Intelligence-Enhanced Echocardiographic Detection of Congenital Heart Defects in the Fetus: A Mini-Review. *Medicina (Kaunas)*, v. 61, n. 4, p. 561, 21 mar. 2025. DOI: 10.3390/medicina61040561.
11. TAKSOEE-VESTER, C. A. et al. Role of AI-assisted automated cardiac biometrics in screening for fetal coarctation of aorta. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 9 fev. 2024.
12. UNGUREANU, A.; et al. Learning deep architectures for the interpretation of first-trimester ultrasound images: a proof-of-concept study. *Frontiers in Pediatrics*, 2023. DOI: 10.1186/s12884-023-05825-w.
13. XIE, H. N.; et al. Using deep-learning algorithms to classify fetal brain ultrasound images as normal or abnormal. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, v. 56, n. 4, p. 579-587, out. 2020. DOI: 10.1002/uog.21967.
14. YU, X.; et al. Deep learning-based differentiation of ventricular septal defect from tetralogy of Fallot in fetal echocardiography images. *Technology and Health Care*, v. 32, supl. 1, p. 457-464, 2024. DOI: 10.3233/THC248040.
15. ZHANG, J. et al. Advances in the Application of Artificial Intelligence in Fetal Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, v. 37, n. 5, p. 550-561, maio 2024. DOI: 10.1016/j.echo.2023.12.013.
16. ZHANG, L.; et al. Development and validation of a deep learning model to screen for trisomy 21 during the first trimester from nuchal ultrasonographic images. *JAMA Network Open*, v. 5, n. 6, e2217854, jun. 2022. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2022.17854.