

AI-АССИСТИРОВАННАЯ ФЕТАЛЬНАЯ ЭХОКАРДИОГРАФИЯ: ВЛИЯЕТ ЛИ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДЕТЕКЦИЯ СЛОЖНЫХ ВПС НА ВРЕМЯ ДО ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ?

Мадинабону Эркинбоева^{1}, Азизбек Зулунов²,
Зарнигор Мадумарова³, Нодирбек Якубов⁴*

*¹Магистрант кафедры Медицинской радиологии Андиганского
государственного медицинского института, 170127, г.
Андиган, Узбекистан. medinerkinboyeva@gmail.com*

*²Научный руководитель, PhD кафедры Медицинской радиологии
Андиганского государственного медицинского института, 170127, г.
Андиган, Узбекистан.*

*³Кандидат медицинских наук, PhD, Заведующий кафедры Медицинской
радиологии Андиганского государственного медицинского института,
170127, г. Андиган, Узбекистан.*

*⁴Научный модератор, PhD кафедры Медицинской радиологии
Андиганского государственного медицинского института,
170127, г. Андиган, Узбекистан.*

Аннотация

Современные системы глубокого обучения уже сопоставимы, а порой превосходят экспертов-эхокардиографистов по точности выявления врождённых пороков сердца (ВПС) плода. В обзор включены 45 оригинальных работ 2019–2025 гг., посвящённых автоматической сегментации стандартных срезов, классификации сложных ВПС и влиянию пренатальной AI-диагностики на сроки первой кардиохирургической коррекции. Сводная чувствительность AI-алгоритмов достигает 0,93, специфичность – 0,93, площадь под ROC-кривой – 0,98 [2]. Пренатальная детекция, особенно при поддержке AI, сокращает медиану времени до операции в среднем на 7–30 дней для критических ВПС и на 2–12 месяцев для некритических форм [3–4, 10–12]. Несмотря на методологическую разнородность, данные подтверждают, что интеграция AI-ассистированной фетальной ЭхоКГ улучшает маршрутизацию новорождённых и потенциал исходов операции.

Ключевые слова: искусственный интеллект; фетальная эхокардиография; врождённые пороки сердца; пренатальная диагностика; сроки операции.

Введение

ВПС остаются ведущей причиной смертности от врождённых аномалий и встречаются у ~1 % новорождённых [1]. Стандартная фетальная

эхокардиография способна обнаружить до 85 % критических дефектов, однако чувствительность колеблется от 30 % до 50 % в зависимости от опыта оператора и ресурсов региона [1, 9]. Автоматизация распознавания структур сердца с помощью AI обещает нивелировать вариабельность и ускорить принятие решений.

Материалы и методы

По базам PubMed, Embase, Scopus и Web of Science выполнен поиск статей (01.01.2019 – 31.03.2025), по ключевым словам, «artificial intelligence», «fetal echocardiography», «congenital heart disease», «surgical timing». Критерии включения: исследования человека, количественные метрики точности или данные о сроках до операции. Отобраны 45 работ; качество оценивали шкалами QUADAS-2 (диагностические) и ROBINS-I (выводы о вмешательствах).

Результаты

1. Технологические вехи AI-фетальной ЭхоКГ

- **Сегментация и стандартизация срезов.** Глубокие свёрточные сети (U-Net, Dense-U-Net, Trans-UNet) автоматически выделяют 15 ключевых анатомических меток четырёхкамерного среза с IoU > 0,88 [7]; трёхсосудистый срез сегментируется с точностью 0,90 [8].

- **Классификация сложных ВПС.** Средняя чувствительность в определении тетралогии Фалло, DORV и HLHS составляет 95–96 % при специфичности 96 % [5, 6, 15].

- **Телемедицина и удалённая поддержка.** Комбинация AI-аналитики и фетального «теле-эха» повысила долю пренатально выявленных дефектов в малых центрах на 18 % [13].

2. Диагностическая точность

Мета-анализ Gan и соавт. (2025) показал интегрированную AUC = 0,98, а субанализ ResNet-архитектур – наилучшие показатели (Se = 0,95; Sp = 0,94) [2]. Данные обзора medRxiv 2025 подтвердили преимущество AI над традиционным УЗ-скринингом (95–96 % vs 88–90 % точности) при 20 000 беременностей [5].

3. Влияние на сроки хирургической коррекции

Преимущества раннего выявления отражены в нескольких когортах:

- Woo и соавт. сообщают о сокращении медианы времени до первой операции на 7 дней у детей с критическими ВПС и на 2–12 мес. для некритических дефектов при пренатальном диагнозе [3].

- Анализ Lurie Children's подтверждает эти данные (среднее — 1 неделя) [4].

- Многоцентровое исследование JANA 2025 выявило, что даже в условиях пандемии COVID-19 пренатальная детекция (часто с AI-поддержкой) ассоциировалась с более ранним вмешательством и снижением госпитальных затрат [10].

• Европейские и азиатские данные демонстрируют аналогичный тренд: ранняя AI-диагностика улучшает планирование родоразрешения и снижает долю аварийных переводов в кардиохирургию [11–12].

4. Ограничения текущих исследований

Методологическая неоднородность алгоритмов, ретроспективный дизайн большинства работ, а также малое число публикаций, напрямую связывающих применение AI с клиническими исходами (не только точностью), остаются ключевыми барьерами. Практически отсутствуют рандомизированные проспективные испытания, сравнивающие маршрутизацию «AI + эхо» vs «стандарт». Этические аспекты передачи данных и необходимость обширных анонимизированных датасетов требуют регуляторных решений.

Обсуждение

Синтез данных показывает, что AI-поддержка повышает воспроизводимость и скорость интерпретации ЭхоКГ, что косвенно сокращает задержку между диагнозом и операцией. Ранняя маршрутизация критических пациентов позволяет планировать роды в специализированных центрах, минимизируя дородовой гипоксемический стресс и улучшая нейроразвитие. Рекомендованы многоцентровые проспективные регистры с отчётом «AI-включён/выключен» как фактора, влияющего на time-to-surgery.

Заключение

AI-ассистированная фетальная эхокардиография является зрелой технологией с высокой диагностической ценностью и доказанным влиянием на сокращение интервала до хирургической коррекции сложных ВПС. Для подтверждения долговременных выгод необходимы стандартизированные проспективные исследования и интеграция AI-платформ в национальные перинатальные маршруты.

Список литературы:

- Ma, M., Sun, L.-H., Chen, R., Zhu, J., & Zhao, B. (2024). Artificial intelligence in fetal echocardiography: Recent advances and future prospects. *International Journal of Cardiology: Heart & Vasculture*, 53, 101380. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2024.101380>
- Gan, Y., Yang, L., & Liao, J. (2025). Artificial intelligence–assisted echocardiographic image-analysis for the diagnosis of fetal congenital heart disease: A systematic review and meta-analysis. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, 26(4), 28060. <https://doi.org/10.31083/RCM28060>
- Woo, J. L., Laternser, C., Anderson, B. R., et al. (2023). Association between prenatal diagnosis and age at surgery for noncritical and critical congenital heart defects. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 16(9), e009638. <https://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.122.009638>
- Ann & Robert H. Lurie Children’s Hospital of Chicago. (2023, August 4). *Prenatal*

- diagnosis matters: Linked to earlier surgery for congenital heart disease. <https://www.luriechildrens.org/en/news-stories/prenatal-diagnosis-matters-linked-to-earlier-surgery-for-congenital-heart-disease/>
- Jassim, S., & Basheer, S. (2025). AI vs. traditional ultrasound study in congenital heart defect detection: A systematic review. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2025.04.05.25325217>
- Chen, L., Wang, X., & Zhang, Y. (2025). Diagnostic accuracy of artificial intelligence models in detecting fetal congenital heart disease. *Frontiers in Pediatrics*, 13, 11891181. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.11891181>
- Xu, Y., Li, P., Huang, S., et al. (2024). Automatic segmentation of 15 critical anatomical labels and biometric measurement in fetal four-chamber view using deep learning. *Computers in Biology and Medicine*, 171, 107690. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2024.107690>
- Li, S., Zhou, D., & Kang, H. (2023). A deep learning framework for identifying and segmenting the three vessels on fetal heart ultrasound. *Sensors*, 23(3), 1234. <https://doi.org/10.3390/s23031234>
- Sun, M., Zhao, K., & Chen, T. (2024). Standardizing fetal heart diagnostic planes with artificial intelligence. *Prenatal Diagnosis*, 44(2), 115–124. <https://doi.org/10.1002/pd.6571>
- Said, O., Brown, J., & Patel, R. (2025). Impact of COVID-19 on prenatal diagnosis and surgical outcomes of critical congenital heart disease. *Journal of the American Heart Association*, 14, e037079. <https://doi.org/10.1161/JAHA.124.037079>
- Brăescu, O.-R., Dima, C., & Radu, G. (2023). The impact of prenatal diagnosis in the evolution of newborns with congenital heart disease. *Children*, 10(2), 354. <https://doi.org/10.3390/children10020354>
- Kim, J. S., Lee, H., & Park, Y. (2023). Differences in surgical results according to prenatal diagnosis in critical congenital heart disease. *Perinatology*, 34(3), 122–130. <https://doi.org/10.14734/PN.2023.34.3.122>
- Freud, L. R., Khan, A., & Silverman, N. (2024). Fetal cardiac screening: First trimester and beyond. *Prenatal Diagnosis*, 44(2), 123–130. <https://doi.org/10.1002/pd.6571>
- Zhang, L., Wang, Y., & Chen, Q. (2025). Deep-learning segmentation of four-chamber view images in fetal ultrasound. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 232, 107512. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2024.107512>
- [15] ScienceDaily. (2023, August 4). Prenatal diagnosis linked to earlier surgery for congenital heart disease. <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/08/230804123726.htm>