



Каримов Музаффар Мухсинович¹, Нормуродова Нодира Муродуллаевна^{1,2}

1 - Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр здоровья матери и ребенка, Республика Узбекистан, г. Ташкент;

2 - Центр развития профессиональной квалификации медицинских работников, Республика Узбекистан, г. Ташкент

ҲОМИЛАНИНГ ЮРАК ФУНКЦИЯСИНИ БАҲОЛАШДА УЛТРАТОВУШ ДИАГНОСТИКАСИ

Каримов Музаффар Мухсинович¹, Нормуродова Нодира Муродуллаевна^{1,2}

1 - Республика ихтисослаштирилган она ва бола саломатлигини муҳофаза қилиш илмий-амалий тиббиёт маркази, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.;

2 - Тиббиёт ходимларининг касбий малакасини ривожлантириш маркази, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.

ULTRASONIC DIAGNOSTICS IN THE ASSESSMENT OF FETAL HEART FUNCTION

Karimov Muzaffar Mukhsinovich¹, Normurodova Nodira Murodullaevna^{1,2}

1 - Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Maternal and Child Health, Republic of Uzbekistan, Tashkent;

2 - Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers, Republic of Uzbekistan, Tashkent

e-mail: n.normuradova@mail.ru

Резюме. Фетал эхокардиография ҳомила юрагининг анатомияси ва функциясими баҳолашда муҳим диагностик усул ҳисобланади. Мақолада замонавий ултратовуш усуллари – M-режим, веноз проток Допплери, Tei индекси, E/A нисбати, спекл-трекинг, STIC технологияси ва Симпсон дисклари усули ҳақида тўлиқ адабиёт шарҳи келтирилган. Ҳар бир усулнинг қўлланиши услуги, нормал қийматлари, клиник аҳамияти, бошقا усуллар билан таққосланиши ва амалиётдаги ўрни кўриб чиқилган. Таҳлиллар шуну кўрсатадики, комплекс қўлланганда ушбу усуллар ҳомила юрак етишимовчилиги, аритмиялар, анемия ва тугма юрак нуқсонларини эрта аниqlashi ва перинатал прогнозни баҳолаи имконини беради.

Калим сўзлар: ҳомила эхокардиографияси; Tei индекси; Симпсон диски усули.

Abstract. Fetal echocardiography is a crucial diagnostic tool for assessing cardiac anatomy and function in utero. This literature review provides a comprehensive analysis of modern ultrasound modalities, including M-mode, ductus venosus Doppler, Tei index, atrioventricular valve E/A ratio, speckle tracking echocardiography, spatio-temporal image correlation (STIC), and Simpson's method of discs. For each technique, methodology, reference values, clinical applications, comparative advantages, and limitations are discussed. The review highlights that the combined use of these methods enables early detection of fetal cardiac dysfunction, arrhythmias, anemia, and congenital heart defects, thereby improving perinatal outcomes and guiding clinical management.

Keywords: fetal echocardiography, Tei index, Simpson's method.

Актуальность темы определяется растущей значимостью фетальной эхокардиографии как основного метода пренатальной диагностики, позволяющего выявлять структурные и функциональные нарушения сердца плода на ранних сроках. Современные ультразвуковые технологии расширяют возможности оценки гемодинамики и сократительной функции, что повышает точность

прогноза и эффективность перинатального ведения. В исследовании функции сердца плода в настоящее время используются следующие методы, как M-режим, допплерография венозного протока, индекс Теи, соотношение Е/А атриовентрикулярного клапана, спекл-трекинг эхокардиография, STIC-технология и метод дисков Симпсона.

М-режим (Motion mode) является одним из фундаментальных методов ультразвуковой визуализации, позволяющим оценивать движение структур сердца вдоль одной линии сканирования во времени [2]. Впервые предложенный в 1950-х годах для оценки движения клапанов сердца, М-режим стал основой для разработки количественных методов анализа функции сердца. В пренатальной кардиологии этот метод получил широкое распространение благодаря своей высокой временной разрешающей способности и относительной простоте выполнения [3, 9].

Для регистрации М-режима у плода используется стандартный секторный датчик ультразвукового аппарата с высокой частотой кадров. Линия сканирования проводится через интересующую область — чаще всего через межжелудочковую перегородку и стенку левого или правого желудочка. Это позволяет оценивать систоло-диастолические движения стенок, амплитуду смещения и частоту сердечных сокращений [6, 18]. Особое значение методика имеет для анализа атриовентрикулярного взаимодействия. С помощью М-режима можно оценить движение створок митрального и триkuspidального клапанов, что позволяет косвенно судить о наполнении желудочек и функции предсердий. В норме у плода регистрируются регулярные колебания межжелудочковой перегородки и стенок желудочек с четко выраженным фазами систолы и диастолы [2, 11]. Амплитуда движений и скорость смещения зависят от гестационного возраста, частоты сердечных сокращений и состояния гемодинамики. Согласно данным крупных исследований, толщина межжелудочковой перегородки у плода к концу беременности не превышает 4–5 мм [16]. Увеличение толщины рассматривается как возможный признак гипертрофии миокарда, например, при диабете матери или анемии плода [1, 26].

М-режим играет ключевую роль в диагностике аритмий у плода. В частности, одновременная регистрация движений предсердий и желудочек позволяет точно определять тип аритмии — суправентрикулярная тахикардия, трепетание предсердий, полная атриовентрикулярная блокада [6, 10]. Кроме того, методика полезна для оценки

системической функции сердца. Измерение фракции укорочения (fractional shortening) в М-режиме является одним из наиболее доступных способов количественной оценки сократимости миокарда плода [7, 11, 24]. В условиях гемолитической болезни плода М-режим позволяет выявлять признаки дилатации и гипертрофии миокарда, что имеет прогностическое значение для оценки риска развития сердечной недостаточности [15].

Несмотря на свою простоту, М-режим имеет ряд ограничений. Он не позволяет оценить глобальную геометрию сердца и сложные деформационные параметры, что возможно при использовании технологий speckle tracking и STIC [3, 12]. Тем не менее М-режим часто используется в комплексе с допплерографией и двухмерной эхокардиографией. Например, при подозрении на дисфункцию миокарда данные о фракции укорочения из М-режима сопоставляются с индексом Теи и спектрами наполнения желудочек [8, 20, 23].

Таким образом, эхокардиография в М-режиме стала первым и до сих пор остаётся одним из базовых методов оценки сократительной функции сердца плода. Её основные преимущества заключаются в простоте и доступности, а также в возможности прямого измерения размеров сердечных полостей и толщины стенок в разные фазы сердечного цикла. Это позволяет рассчитывать такие показатели, как фракция укорочения и глобальная систолическая функция, что делает М-режим ценным и быстрым методом первичной оценки состояния миокарда плода. [2, 3, 11, 18]. Сравнительная характеристика различных ультразвуковых технологий приведена в таблице 1.

Допплерография венозного протока, индекс Теи и Е/А атриовентрикулярного клапана. Функциональная оценка сердца плода невозможна без анализа венозного возврата и показателей наполнения желудочек. Допплерография венозного протока, измерение индекса Теи и соотношения Е/А на уровне атриовентрикулярных клапанов широко применяются в современной пренатальной кардиологии.

Таблица 1. Сравнительные данные различных ультразвуковых технологий в исследовании сердца плода

Метод	Преимущества	Недостатки	Временное разрешение
М-режим	Высокое временное разрешение, не зависит от угла	Не оценивает кровоток	800–1000 Гц
Импульсный допплер	Оценивает скорость потока	зависит от угла инсонирования	200–400 Гц
Speckle tracking	Оценивает деформацию миокарда	Требует высокого качества изображения	60–90 Гц
STIC	3D-визуализация сердца	Длительное время анализа	20–30 Гц

Эти методы позволяют оценивать как систолическую, так и диастолическую функцию сердца, а также выявлять ранние признаки сердечной дисфункции [4, 26].

Для регистрации кровотока в венозном протоке используется цветовая и импульсно-волновая допплерография. Линия сканирования устанавливается в области впадения пупочной вены в нижнюю полую вену. При этом получают характерный трёхфазный кровоток, включающий пик систолы, диастолы и предсердного сокращения [3, 7, 28]. Индекс Теи (myocardial performance index, MPI) рассчитывается как отношение суммы изоволюметрического сокращения и релаксации к времени изгнания крови. Для его измерения используют импульсно-волновую допплерографию на уровне атриовентрикулярных клапанов [18, 25]. Соотношение E/A определяется по спектру трансмитрального или транс-триkuspidального кровотока, отражая соотношение между ранним и поздним диастолическим наполнением [3].

У здорового плода кровоток в венозном протоке всегда направлен вперёд, включая фазу предсердного сокращения. Появление ретроградного потока или снижение амплитуды А-волны рассматривается как патологический признак, связанный с сердечной недостаточностью или повышением центрального венозного давления [15, 18]. Современные данные показывают, что значения индекса Теи у плода не демонстрируют выраженного снижения с увеличением гестационного возраста. При использовании модифицированного метода (mod-MPI) показатели остаются относительно стабильными либо имеют тенденцию к лёгкому увеличению, что связано с изменениями соотношений изоволюметрических фаз и систолического времени по мере роста плода [15, 20]. Согласно многоцентровым исследованиям, средние значения LV mod-MPI составляют около 0,40–0,45 во втором триместре и достигают 0,50–0,55 в третьем, отражая физиологические адаптации сердечно-сосудистой системы плода [25]. Соотношение E/A (отношение раннего диастолического наполнения к позднему, обусловленному систолой предсердий) у плода демонстрирует поступательный рост с увеличением гестационного возраста. На ранних сроках беременности оно обычно находится в пределах 0,6–0,8, отражая ограниченную диастолическую релаксацию. К концу гестации показатели достигают 0,9–1,0 и выше, что соответствует физиологическому созреванию миокарда и улучшению его диастолических свойств [1, 18, 23, 26].

Допплерография венозного протока имеет большое значение для выявления фетальной гипоксии и анемии. При гемолитической болезни плода именно изменение спектра кровотока в венозном протоке служит ранним маркером сердеч-

ной декомпенсации [15]. Индекс Теи зарекомендовал себя как надёжный интегральный показатель систолической и диастолической функции миокарда. Его повышение ассоциируется с миокардиальной дисфункцией при задержке внутриутробного развития, артериальной гипертензии матери и диабете [18, 20]. Соотношение E/A отражает наполнение желудочков и позволяет диагностировать диастолическую дисфункцию. Нарушение E/A встречается у плодов с аритмиями и врождёнными пороками сердца [15, 23].

Методы допплерографии обладают преимуществом в оценке гемодинамики по сравнению с М-режимом, поскольку позволяют анализировать кровоток и временные интервалы [23]. Однако они зависят от угла инсонации и требуют высокого уровня подготовки специалиста. По сравнению со speckle tracking и STIC, индекс Теи и E/A более просты в применении, но менее чувствительны к субклиническим изменениям миокарда [26].

Таким образом, допплерография венозного протока, индекс Теи и соотношение E/A — это базовые и хорошо валидированные методы оценки функции сердца у плода. Они обладают высокой клинической значимостью, особенно в диагностике анемии, задержки роста и сердечной недостаточности. Несмотря на ограниченную пространственную информацию, их интеграция с другими эхокардиографическими методами повышает точность пренатальной диагностики [3, 15, 28].

Технология speckle tracking (спекл-трекинг) является современным методом количественной оценки деформации миокарда, позволяя анализировать продольную, радиальную и циркулярную деформацию сердца плода. В отличие от допплеровских методов, speckle tracking не зависит от угла инсонации и основан на отслеживании уникальных ультразвуковых «пятен» (speckles), возникающих в тканях при взаимодействии с ультразвуковой волной [13, 27]. Для анализа speckle tracking используют двумерные изображения сердца в серошкальном режиме с достаточной частотой кадров (обычно > 60 кадров/с). Специальные программные алгоритмы выделяют характерные узоры (спеклы) и отслеживают их смещение в течение сердечного цикла. Это позволяет рассчитывать показатели продольного, радиального и циркулярного стрейна, а также скорость деформации (strain rate) [3, 8, 13]. Наиболее часто в фетальной кардиологии применяется продольная деформация (longitudinal strain), поскольку она наиболее чувствительна к изменениям систолической функции миокарда [5, 13].

В норме показатели продольного стрейна варьируют от –15% до –25% в зависимости от желудочка и срока гестации [15, 27]. При этом на-

блудается постепенное увеличение амплитуды деформации по мере прогрессирования беременности, что связано с ростом миокардиальной массы и изменением геометрии сердца. Радиальный стрейн имеет более выраженные колебания и менее воспроизводим, однако также используется для комплексной оценки [2, 8, 13, 27].

Speckle tracking зарекомендовал себя как чувствительный метод для выявления субклинической миокардиальной дисфункции. Например, при анемии плода снижение продольного стрейна предшествует клиническим признакам сердечной недостаточности [15]. При гемолитической болезни плода снижение глобального продольного стрейна используется для оценки тяжести состояния и принятия решения о внутриутробной трансфузии [12]. У плодов с врождёнными пороками сердца (например, транспозиция магистральных артерий, гипоплазия левых отделов сердца) выявляются выраженные изменения стрейна даже при нормальных показателях фракции выброса. Кроме того, снижение деформации миокарда отмечается у плодов матерей с преэклампсией и сахарным диабетом [13, 15].

По сравнению с М-режимом и индексом Теи, speckle tracking предоставляет более детализированную информацию о региональной функции миокарда [3, 23]. Его преимущество заключается в способности выявлять ранние субклинические изменения, когда стандартные методы ещё не демонстрируют отклонений [13]. Однако данный метод зависит от качества изображения и частоты кадров, что ограничивает его применение у пациентов с неблагоприятными акустическими условиями [5, 27].

Таким образом, Speckle tracking является перспективным методом количественной оценки функции миокарда плода, обладающим высокой чувствительностью к ранним нарушениям. Он дополняет традиционные методы (М-режим, допплерография, индекс Теи, Е/А) и имеет особое значение в диагностике анемии, гемолитической болезни и врождённых пороков сердца [3, 12, 15, 18, 23].

STIC-технология у плода - Spatio-Temporal Image Correlation (STIC) представляет собой инновационную технологию трёхмерной и четырёхмерной эхокардиографии, позволяющую получать динамические объёмные изображения сердца плода в реальном времени. Технология была разработана для улучшения диагностики врождённых пороков сердца и количественной оценки сердечной функции [3, 21].

STIC основан на автоматическом сканировании области сердца с последующей реконструкцией объёмных данных, синхронизированных с сердечным циклом. Это позволяет воспроизводить сердечные сокращения в различных проек-

циях и плоскостях, включая нестандартные, недоступные при двумерной эхокардиографии [17, 19]. В ходе исследования оператор получает объёмный dataset, который можно анализировать offline с использованием специализированного программного обеспечения [17]. Это значительно расширяет диагностические возможности, особенно при подозрении на сложные врождённые пороки [21, 22]. С помощью STIC возможно рассчитывать параметры фракции выброса, ударного объёма, минутного объёма сердца, а также более сложные индексы (например, индекс сферичности желудочков). Установлено, что нормальные значения sistолической функции, полученные при STIC, сопоставимы с результатами Simpson's method и допплеровской оценки [6, 14, 23].

STIC является ключевым инструментом для диагностики врождённых пороков сердца, позволяя визуализировать анатомию камер, перегородок, магистральных сосудов и потоков крови в разных проекциях [21, 22]. При гемолитической болезни и анемии плода технология применяется для оценки сократимости миокарда и выявления ранних признаков сердечной дисфункции [15, 18]. STIC также незаменим в ситуациях, когда стандартные двухмерные методы ограничены из-за положения плода, ожирения матери или маловодия [19, 21].

В отличие от М-режима и индекса Теи, которые отражают лишь отдельные аспекты функции сердца, STIC обеспечивает целостную трёхмерную визуализацию [3, 19]. По сравнению со speckle tracking, STIC даёт преимущество в комплексной анатомической оценке, но уступает в точности количественного анализа деформации миокарда [6, 18, 27]. Главным ограничением метода остаются технические сложности (необходимость высокого качества изображения, артефакты движения, время обработки данных) [17, 19, 26].

Таким образом, STIC-технология открывает новые возможности для пренатальной диагностики и количественной оценки функции сердца плода. Она особенно ценна при подозрении на сложные врождённые пороки и для мониторинга состояния плода при гемолитической болезни и анемии [12, 18, 21, 22].

Метод дисков Симпсона (biplane Simpson's rule) является одним из наиболее признанных методов количественной оценки фракции выброса и объёмов желудочков в клинической кардиологии [6, 24].

В последние годы он активно адаптируется для применения в пренатальной эхокардиографии. Суть метода заключается в разделении полости желудочка на серию дисков одинаковой высоты, объём которых суммируется для вычисления конечного диастолического и sistоличе-

ского объёмов [14, 15, 21]. У плода этот метод реализуется с использованием двухкамерной и четырёхкамерной проекций сердца, полученных при двумерной эхокардиографии или с помощью STIC-технологии [7, 14]. Точность метода во многом зависит от качества изображения и правильности трассировки эндокардиальных контуров [2, 23].

Установлены нормативные значения конечного диастолического объёма (EDV), конечного систолического объёма (ESV) и фракции выброса (EF) у плодов на различных сроках гестации [14, 16, 24]. Исследования показывают, что значения EF у здоровых плодов обычно превышают 50–55%, что сопоставимо с данными, полученными при использовании других методов (M-режим, допплерография) [11, 20].

Метод дисков Симпсона является важным инструментом для диагностики сердечной недостаточности у плода, особенно при анемии, аритмиях и врождённых пороках сердца [15, 18]. При гемолитической болезни плода метод позволяет объективно фиксировать снижение фракции выброса и нарастание сердечной дисфункции [10, 14]. Он также применяется для мониторинга эффективности внутриутробного лечения, включая трансфузии крови при тяжёлой анемии [18, 23].

По сравнению с M-режимом и индексом Теи, метод дисков Симпсона более точно отражает глобальную сократимость миокарда, так как учитывает объёмные параметры [3, 6, 26]. В отличие от speckle tracking, который оценивает регионарную деформацию миокарда, метод Симпсона ориентирован на глобальные показатели функции [14]. STIC-технология значительно расширяет возможности метода Симпсона, облегчая реконструкцию объёмных данных и повышая точность измерений [19, 21].

Таким образом, метод дисков Симпсона впренатальной эхокардиографии представляет собой надёжный и воспроизводимый способ количественной оценки функции сердца плода. Его применение особенно важно при гемолитической болезни, анемии и врождённых пороках сердца [12, 14].

Фетальная эхокардиография является высоконформативным методом пренатальной диагностики, обеспечивающим комплексную оценку анатомии и функции сердца плода. Использование современных ультразвуковых технологий, таких как допплерография венозного протока, индекс Теи, спектр-трекинг эхокардиография, STIC-технология и метод дисков Симпсона, значительно повышает диагностическую точность и позволяет выявлять сердечно-сосудистую патологию на доклиническом этапе. Это открывает перспективы для ранней коррекции ведения беременности и улучшения перинатальных исходов.

Литература:

- Батаева Р.С. Скрининговое исследование сердца плода во II триместре беременности. На примере школы Великобритании. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2012;(4):30-52.
- Быков С.В., Лященко Д.Н. Пренатальная эхокардиография сердца плода человека в норме. Фундаментальные исследования. 2013;2-1:217-220.
- Бурякова С.И., Медведев М.В. Возможности применения speckle tracking эхокардиографии для оценки функции миокарда плода. Часть 1. Методы оценки функции сердца плода. Пренатальная диагностика. 2019;18(4):297-303.
- Иванова О.Ю., Пономарева Н.А., Алексашкина К.А., Кулакова М.В. Особенности кровотока в венозном протоке плода при беременности, осложненной преэкламсией. Российский вестник акушера-гинеколога. 2019;19(4):53-57.
- Косовцева Н.В., Маркова Т.В., Чумарная Т.В., Гусарова Е.О., Павличенко М.В. и др. Пренатальная эхокардиографическая методика спектр-трекинг в исследовании сердца у плодов из монохориальных диамниотических двоен. РМЖ. Мать и дитя. 2024;7(3):192-198.
- Ланг Р.М., Бериг М., Деверо Р.Б., Флахскампф Ф.А., Фостер Э. и Пелликка П.А. Рекомендации по количественной оценке структуры и функции камер сердца. Российский кардиологический журнал. 2012; 3(95), 1-28.
- Мочалова М.Н., Пономарева Ю.Н., Мудров В.А., и др. Современные методы диагностики внутриутробного состояния плода. Астраханский медицинский журнал. 2015;10(3):15-26.
- Никифоров В.С., Никищенко Ю.В. Современные возможности speckle tracking эхокардиографии в клинической практике. Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2017;13(2):248-255.
- Нормурадова Н.М., Хужакулов О.А. Фетофетальный трансфузион синдромида хомила юрагининг фаолиятини баҳолаш. Педиатрия. 2024;4:374-386.
- Яннаева Н.Е., Бокерия Е.Л., Сенча А.Н. Особенности пренатальной ультразвуковой диагностики фетальных тахиаритмий (обзор литературы). Acta Medica Eurasica. 2024;(4):95-110.
- Allan L.D., Joseph M.C., Boyd E.G., Campbell S., Tynan M. M-mode echocardiography in the developing human fetus. Heart. 1982;47(6):573-583.
- Anuwutnavin S., Russameecharoen K., Ruangvutilert P., Viboonchard S., Yaiyiam C. et al. Evaluation of cardiac findings using speckle-tracking echocardiography in fetuses with hemoglobin Bart's disease. Ultrasound in Obstetrics & Gynecology. 2024; 64(6): 755-767.
- DeVore G.R., Polanco B., Satou G., Sklansky M. Two-dimensional speckle tracking of the fetal heart: a

- practical step-by-step approach for the fetal sonologist. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2016;35(8): 1765-1781.
14. DeVore G.R., Klas B., Satou G., Sklansky M. Evaluation of fetal left ventricular size and function using speckle-tracking and the Simpson rule. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2019; 38(5): 1209-1221.
 15. Eckersley L., Hornberger L.K. Cardiac function and dysfunction in the fetus. *Echocardiography*. 2017;34(12):1776-1787.
 16. García-Otero L., Soveral I., Sepúlveda-Martínez Á., Rodríguez-López M., Torres X. et al. Reference ranges for fetal cardiac, ventricular and atrial relative size, sphericity, ventricular dominance, wall asymmetry and relative wall thickness from 18 to 41 gestational weeks. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2021;58(3): 388-397.
 17. Gembicki M., Scharf J.L., Dracopoulos C., Welp A., Weichert J. Maximal Reduction of STIC Acquisition Time for Volumetric Assessment of the Fetal Heart—Benefits and Limitations of Semiautomatic Fetal Intelligent Navigation Echocardiography (FINE) Static Mode. *Journal of Clinical Medicine*. 2022; 11(14): 4062.
 18. Godfrey M.E., Messing B., Cohen S.M., Valsky D.V., Yagel, S. Functional assessment of the fetal heart: a review. *Ultrasound in obstetrics & gynecology*. 2012; 39(2): 131-144.
 19. Hamill N., Romero R., Hassan S.S., Lee W., Myers S.A. et al. Repeatability and reproducibility of fetal cardiac ventricular volume calculations using spatiotemporal image correlation and virtual organ computer-aided analysis. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2009; 28(10):1301-1311.
 20. Ichizuka K., Hasegawa J., Shirato N., Jimbo M., Otsuki K. et al. The Tei index for evaluation of fetal myocardial performance in sick fetuses. *Early human development*. 2005; 81(3): 273-279.
 21. Karmegaraj B., Kumar S., Srimurugan B., Sudhakar A., Simpson J.M. et al. 3D/4D spatiotemporal image correlation (STIC) fetal echocardiography provides incremental benefit over 2D fetal echocardiography in predicting postnatal surgical approach in double-outlet right ventricle. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2021; 57(3):423-430.
 22. Li H., Peng F., Wu C., Kong D., Zhang Q. et al. Diagnostic value of four-dimensional ultrasonography with STIC combined with two-dimensional ultrasonography for fetal cardiac malformation and chromosomal abnormalities in early pregnancy. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2020; 19(2): 1161-1166.
 23. Simpson J. Echocardiographic evaluation of cardiac function in the fetus. *Prenatal Diagnosis: Published in Affiliation With the International Society for Prenatal Diagnosis*. 2004; 24(13): 1081-1091.
 24. Simpson J.M., Cook A. Repeatability of echocardiographic measurements in the human fetus. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2002; 20(4): 332-339.
 25. Sun L., Wang J., Su X., Chen X., Zhou Y. et al. Reference ranges of fetal heart function using a Modified Myocardial Performance Index: a prospective multicentre, cross-sectional study. *BMJ open*. 2021; 11(7): e049640.
 26. Van Mieghem T., DeKoninck P., Steenhaut P., Deprest, J. Methods for prenatal assessment of fetal cardiac function. *Prenatal Diagnosis: Published in Affiliation with the International Society for Prenatal Diagnosis*. 2009; 29(13): 1193-1203.
 27. Man Oostrum N.H., de Vet C.M., van der Woude D.A., Kemps H.M., Oei S.G. et al. Fetal strain and strain rate during pregnancy measured with speckle tracking echocardiography: A systematic review. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*. 2020; 250: 178-187.
 28. Wu J., Ruan Y., Gao X., Wang H., Guan Y. et al. The reference ranges for fetal ductus venosus flow velocities and calculated waveform indices and their predictive values for right heart diseases. *Journal of Perinatal Medicine*. 2025; 53(4): 491-502.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ДИАГНОСТИКА В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИИ СЕРДЦА ПЛОДА

Каримов М.М., Нормуродова Н.М.

Резюме. Фетальная эхокардиография является ключевым методом пренатальной диагностики, позволяющим оценивать анатомию и функцию сердца плода. В литературном обзоре представлены современные ультразвуковые методы исследования: М-режим, допплерография венозного протока, индекс Tei, соотношение E/A атриовентрикулярного клапана, спекл-трекинг эхокардиография, STIC-технология и метод дисков Симпсона. Для каждого метода рассмотрены методология, нормальные значения, клиническая значимость, преимущества и ограничения. Анализ данных показывает, что комплексное использование этих технологий позволяет выявлять субклиническую сердечную дисфункцию, аритмии, анемию и врожденные пороки сердца у плода, а также прогнозировать перинатальные исходы и оптимизировать тактику ведения беременности.

Ключевые слова: фетальная эхокардиография, индекс Tei, метод дисков Симпсона.