

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА ФРАКЦИИ ВЫБРОСА СЕРДЦА ПЛОДА С КАРДИОМЕГАЛИЕЙ ПРИ ГЕСТАЦИОННОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ У МАТЕРИ

М. М. Усманова¹, Н. М. Нормуродова², Д. К. Алимухамедова³

¹Андижанский государственный медицинский институт, Андижан,

²Центр развития профессиональной квалификации медицинских работников,
Ташкент, Узбекистан

³Казахстанский медицинский университет «Высшая школа общественного здравоохранения», Алматы, Казахстан

Ключевые слова: фракция выброса сердца плода, кардиомегалия, гестационный сахарный диабет у матери.

Tayanch soʻzlar: homila yuragining chiqarish fraksiyasi, kardiomegalya, onada homiladorlik qandli diabeti.

Key words: fetal cardiac ejection fraction, cardiomegaly, maternal gestational diabetes mellitus.

В статье представлены результаты изменения фракции выброса желудочков сердца плода в зависимости от наличия гестационного сахарного диабета у матери и макросомии плода, с развитием диабетической фетопатии, в частности гипертрофической кардиомиопатии. Результаты показали, что у плодов беременных с гестационным сахарным диабетом отмечается снижение фракции выброса обоих желудочков, наиболее выраженное при сочетании гестационного сахарного диабета с макросомией плода. Выявлена отрицательная корреляционная связь между кардиофеморальным индексом и фракцией выброса желудочков, что свидетельствует о взаимосвязи структурного ремоделирования сердца со снижением его сократительной функции. Полученные данные подтверждают диагностическую ценность комплексной ультразвуковой оценки фракции выброса и кардиофеморального индекса для раннего выявления сердечной дисфункции у плода.

ONADA HOMILADORLIK QANDLI DIABETI HOMILA KARDIOMEGALIYASI BILAN KECHGANIDA YURAK CHIQRISH FRAKSIYASINI ULTRATOVUSH BAHOLASH

M. M. Usmanova¹, N. M. Normurodova², D. K. Alimuxamedova³

¹Andijon davlat tibbiyot instituti, Andijon,

²Tibbiyot xodimlarining kasbiy malakasini rivojlantirish markazi, Toshkent, O'zbekiston

³Qozog'iston tibbiyot universiteti "Jamoat salomatligi oliy maktabi", Almati, Qozog'iston

Maqolada onadagi gestatsion qandli diabet va homila makrosomiyasi, diabetik fetopatiya, xususan gipertrofik kardiomiopatiya rivojlanishi bilan bog'liq holda homila yuragi qorinchalari chiqarish fraksiyasidagi o'zgarishlar natijalari keltirilgan. Natijalar gestatsion qandli diabet bilan kechgan homiladorliklarda homila yuragining har ikkala qorinchasi chiqarish fraksiyasi pasayishini, eng yaqqol o'zgarishlar esa gestatsion qandli diabet homila makrosomiyasi bilan birga kuzatilgan hollarda aniqlanishini ko'rsatdi. Kardiofemoral indeks bilan qorinchalar chiqarish fraksiyasi o'rtasida manfiy korrelyatsion bog'liqlik aniqlandi, bu esa yurakning strukturaviy remodellashtirilishi va uning qisqarish funksiyasi pasayishi o'rtasidagi bog'liqlikni tasdiqlaydi. Olingan natijalar homilada yurak disfunktsiyasini erta aniqlashda chiqarish fraksiyasi va kardiofemoral indeksni kompleks ultratovush baholashning diagnostik ahamiyatini tasdiqlaydi.

ULTRASOUND ASSESSMENT OF FETAL CARDIAC EJECTION FRACTION IN FETUSES WITH CARDIOMEGALY OF MOTHERS WITH GESTATIONAL DIABETES MELLITUS

M. M. Usmanova¹, N. M. Normuradova², D. K. Alimukhamedova³

¹Andijan State Medical Institute, Andijan,

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

³Kazakhstan Medical University "Higher School of Public Health", Almaty, Kazakhstan

This article presents the results of changes in fetal ventricular ejection fraction according to the presence of maternal gestational diabetes mellitus and fetal macrosomia associated with diabetic fetopathy, particularly hypertrophic cardiomyopathy. The findings demonstrated a reduction in the ejection fraction of both ventricles in fetuses of mothers with gestational diabetes mellitus, with the most pronounced decrease observed in cases complicated by fetal macrosomia. A significant negative correlation was found between the cardiofemoral index and ventricular ejection fraction, indicating an association between cardiac structural remodeling and impaired myocardial contractile function. These findings support the diagnostic value of the comprehensive ultrasound assessment of ventricular ejection fraction and the cardiofemoral index for the early detection of fetal cardiac dysfunction.

Гестационный сахарный диабет (ГСД) является одним из наиболее распространенных осложнений беременности, частота которого во всем мире неуклонно возрастает вследствие увеличения распространенности ожирения, метаболических нарушений и позднего репродуктивного возраста женщин [7,8]. Метаболические изменения при ГСД оказывают непосредственное влияние на внутриутробное развитие плода, способствуя формированию структурных и функциональных изменений миокарда еще в антенатальном периоде [6,7]. По данным современных систематических обзоров и метаанализов, у плодов беременных с

сахарным диабетом чаще выявляются гипертрофия миокарда, нарушения диастолической функции и признаки снижения общей эффективности работы сердца, что повышает риск неблагоприятных перинатальных исходов [1,2,7,8].

В последние годы фетальная эхокардиография рассматривается как наиболее информативный неинвазивный метод ранней диагностики сердечной дисфункции плода, позволяющий количественно оценивать как морфометрические, так и функциональные показатели сердца [1,2,7]. Несмотря на широкое использование индекса производительности миокарда (Tei index), показателей трансмитрального и транстрикуспидального кровотока, а также современных технологий оценки деформации миокарда, вопрос диагностической ценности объемных показателей сердца, включая фракцию выброса желудочков плода, остается недостаточно изученным [6,7].

Фракция выброса представляет собой интегральный показатель насосной функции сердца и потенциально может служить ранним маркером нарушения систолической функции миокарда до появления выраженных клинических проявлений сердечной недостаточности у плода [6].

Современные ультразвуковые технологии, включая двумерную эхокардиографию с расчетом объемов желудочков методом Симпсона, позволяют получать объективные количественные характеристики сократительной способности сердца плода и расширяют возможности пренатальной диагностики функциональных нарушений [2,7]. Вместе с тем количество исследований, посвященных изучению фракции выброса сердца плода именно при гестационном сахарном диабете, остается ограниченным, а опубликованные результаты отличаются неоднозначностью, что обуславливает необходимость дальнейшего изучения данного показателя и определения его диагностической значимости в комплексной оценке функционального состояния сердца плода [7,8].

Таким образом, исследование ультразвуковой оценки фракции выброса сердца плода при гестационном сахарном диабете у матери является актуальным, поскольку может способствовать совершенствованию ранней диагностики субклинической сердечной дисфункции плода, оптимизации антенатального наблюдения и улучшению перинатальных исходов [7,11].

Целью исследования явилось оценка фракции выброса правого и левого желудочков сердца плода у беременных с гестационным сахарным диабетом и макросомией плода с использованием эхокардиографии и метода дисков Симпсона.

Материалы и методы исследования. В проспективное сравнительное исследование были включены 104 беременные женщины, распределенные на три группы в зависимости от наличия гестационного сахарного диабета у матери и макросомии плода. Первую (основную) группу составили 33 беременные женщины с ГСД и макросомией плода. Вторую (группу сравнения) вошли 37 беременных женщин с макросомией плода без ГСД. Контрольную группу составили 34 здоровые беременные женщины с физиологическим течением беременности и нормальной массой плода.

Ультразвуковые исследования проводились на аппарате экспертного класса Samsung WS80A (Samsung Medison, Республика Корея). Конечный диастолический объем (КДО) и конечный систолический объем (КСО) правого и левого желудочков определяли с использованием модифицированного метода дисков Симпсона. Фракцию выброса рассчитывали по формуле: $ФВ = (КДО - КСО) / КДО \times 100 \%$, где показатель отражает процент изменения объема желудочка в процессе его сокращения и характеризует глобальную систолическую функцию миокарда (рис.1).

Дополнительно для оценки размеров сердца измеряли ширину сердца на уровне атриоventрикулярных клапанов в диастолу желудочков и рассчитывали кардиофеморальный индекс (КФИ) по формуле: $КФИ = ШС / ДБ$, где ШС — ширина сердца, ДБ — длина бедренной кости. Значение $КФИ \leq 0,59$ считали нормальным на протяжении всей беременности, тогда как $КФИ > 0,60$ свидетельствовал о кардиомегалии плода (рис.2).

Перед проведением статистического анализа была оценена нормальность распределения данных. Поскольку значения ФВ в основной группе не соответствовали нормальному распределению, для сравнения трех независимых групп использовали критерий Краскела–Уоллиса с поправкой Бонферрони, а для попарного сравнения независимых выборок – кри-

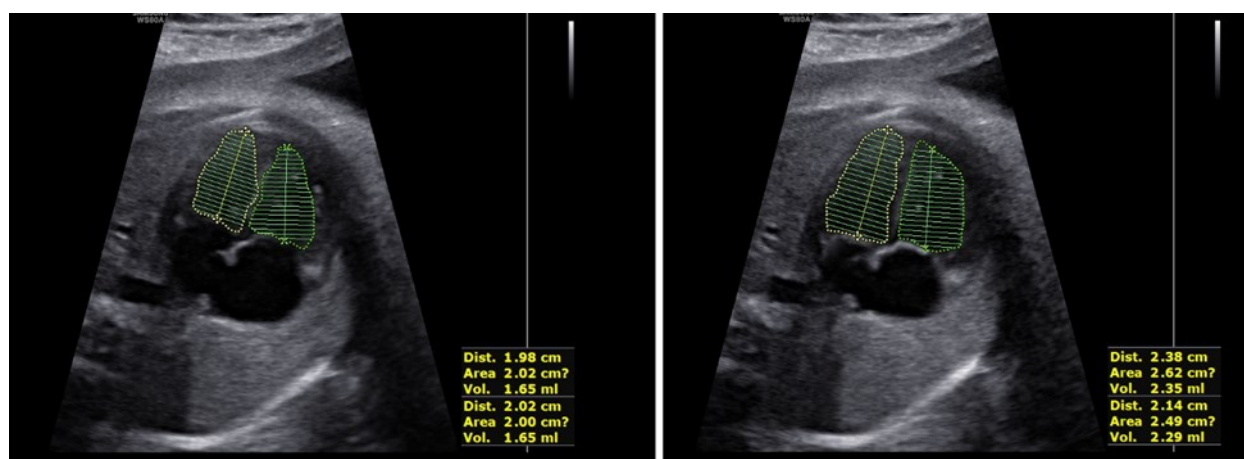


Рис. 1. Оценка объемов желудочков сердца в четырехкамерном срезе методом дисков Симпсона с использованием серошкальной эхографии: а) КСО желудочков; б) КДО желудочков.

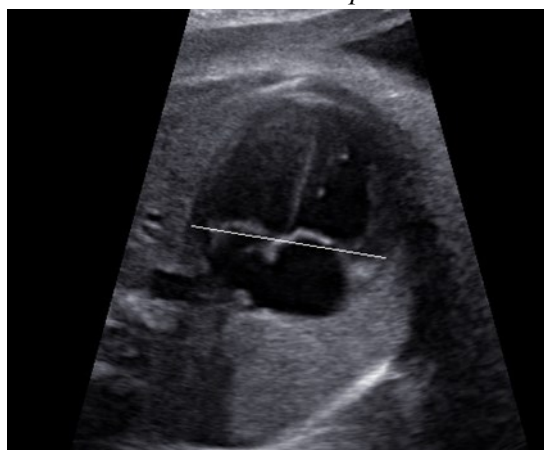


Рис. 2. Измерение ширины сердца плода на уровне атриовентрикулярных клапанов для расчета кардиофеморального индекса (КФИ).

терий Манна-Уитни. Также КФИ в контрольной группе имел отличное от нормального распределения. Для оценки влияния факторов «группа» и «желудочек» на показатели фракции выброса применяли дисперсионный анализ с повторными измерениями (GLM Repeated Measures). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования. Медиана фракции выброса правого желудочка в основной группе составила 56,72 % (49,5–61,7), левого желудочка — 50,90 % (47,7–59,5). В группе сравнения медиана фракции выброса правого желудочка составила 59,0 % (52,14–62,91), левого желудочка — 58,8 % (51,55–61,82). В контрольной группе значения были наиболее высокими: фракция выброса правого желудочка составила 62,15 % (58,69–64,04), а левого желудочка — 60,54 % (56,35–63,43). Для показателей фракции

выброса в основной группе было выявлено ненормальное распределение данных.

Сравнительный анализ показал статистически значимое снижение сократительной функции миокарда у плодов беременных с ГСД. Фракция выброса правого желудочка была достоверно ниже в основной группе по сравнению с контрольной ($\chi^2 = 9,657$; $p = 0,008$), аналогично для левого желудочка различия были еще более выраженными ($\chi^2 = 13,808$; $p = 0,001$). Наиболее низкие значения фракции выброса зарегистрированы у плодов беременных с ГСД, что свидетельствует о снижении сократительной способности миокарда в условиях диабетической беременности.

По результатам дисперсионного анализа с повторными измерениями выявлено статистически значимое влияние фактора «желудочек» ($F = 8,967$; $p = 0,003$; частичная $\eta^2 = 0,082$), что подтверждает наличие достоверных различий между фракцией выброса правого и левого желудочков независимо от исследуемой группы. Взаимодействие факторов «желудочек $\times$ группа» статистически значимым не было ($F = 1,181$; $p = 0,311$; частичная $\eta^2 = 0,023$), что свидетельствует о сходном характере различий между желудочками во всех исследуемых группах. Вместе с тем выявлено статистически значимое влияние фактора «группа» на средние значения фракции выброса желудочков ($F = 6,594$; $p = 0,002$; частичная $\eta^2 = 0,115$), что указывает на существенное влияние метаболического состояния матери на функциональное состояние сердца плода.

Полученные нами результаты свидетельствуют, что функциональное ремоделирование сердца плода при ГСД характеризуется увеличением конечных диастолических и конечных систолических объемов желудочков, повышением ударного и минутного объемов преимущественно правого желудочка, а также снижением фракции выброса обоих желудоч-

ков. Наиболее выраженные изменения наблюдаются у плодов беременных с сочетанием гестационного сахарного диабета и макросомии.

КФИ в основной группе составил 0,64 (0,60;0,66), в группе сравнения – 0,58 (0,56;0,60) и в контрольной группе – 0,56 (0,52;0,58), имея статистически значимое различие при тесте Краскела–Уоллиса $\chi^2=42,307$, $p<0,001$. Анализ простой линейной регрессии показал отсутствие статистически значимой связи между сроком беременности и КФИ. При увеличении срока беременности на одну неделю КФИ возрастал лишь на 0,001 единицы ($B=0,001$), однако данное изменение не достигало статистической значимости ($\beta=0,084$, $t=0,856$, $p=0,394$). Полученные результаты свидетельствуют о том, что в исследуемой выборке КФИ практически не зависит от срока беременности. По данным корреляционного анализа Спирмена выявлена сильная положительная взаимосвязь между фракцией выброса правого и левого желудочков сердца плода ($\rho=0,718$; $p<0,001$). Кроме того, КФИ имел статистически значимую отрицательную корреляцию с фракцией выброса правого желудочка ($\rho=-0,244$; $p=0,012$) и левого желудочка ($\rho=-0,346$; $p<0,001$). При этом связь с фракцией выброса левого желудочка была более выраженной, чем с фракцией выброса правого желудочка. Полученные результаты свидетельствуют, что увеличение КФИ ассоциируется со снижением сократительной функции сердца плода. Более тесная отрицательная связь КФИ с фракцией выброса левого желудочка позволяет предположить, что при ремоделировании сердца плода функциональные изменения левого желудочка могут проявляться раньше или быть более выраженными. Сильная положительная корреляция между фракцией выброса правого и левого желудочков отражает согласованную работу обоих желудочков и подтверждает, что ухудшение сократительной функции, как правило, затрагивает сердце плода комплексно. Эти данные поддерживают целесообразность комплексной оценки КФИ и фракции выброса обоих желудочков при пренатальном эхокардиографическом исследовании, особенно у беременных с повышенным риском развития сердечной дисфункции плода.

Обсуждение. В исследовании D'Ambrosi F. и соавт. [6] приняли участие 35 женщин с гестационным диабетом и 217 женщин без диабета. Время наполнения правого желудочка (RVFT) было значительно ниже в группе с гестационным диабетом (среднее значение RVFT = $39,2 \pm 4,4$ против $43,6 \pm 4,6$; $p < 0,01$). Аналогично, время наполнения левого желудочка (LVFT) было короче в группе с гестационным диабетом по сравнению с группой без гестационного диабета, хотя разница не была статистически значимой (среднее значение LVFT = $43,6 \pm 4,6$ против $44,6 \pm 5,5$; $p = 0,33$). Результаты их исследования подтверждают, что нарушения функции правого желудочка сердца плода наблюдаются также при беременности, когда гестационный диабет хорошо контролируется.

В рамках исследования Özalp M. и соавт. [11] были оценены в первой группе 36 женщин с ГСД без введения инсулина, во второй группе 33 случая с введением инсулина и 124 случая в контрольной группе. Взаимосвязь между структурными и функциональными параметрами сердца плода и перинатальными исходами оценивалась с помощью фетальной эхокардиографии. Результаты показали, что значения индекса Теи левого желудочка плода были статистически значимо выше при сравнении групп с гестационным диабетом первой и второй и контрольной группы ($p<0,001$ и $p<0,001$ соответственно), в то время как соотношение Е/А было значительно ниже ($p<0,001$ и $p<0,001$ соответственно). Было установлено, что уровень HbA1c в крови матери показал значительную отрицательную корреляцию с соотношением Е/А сердца плода и значительную положительную корреляцию со временем изоволюметрической релаксации и индексом Теи ($p<0,001$, $p = 0,000$ и $p<0,001$ соответственно). Частота неблагоприятных перинатальных исходов была выше в группе с диабетом (46,4%-2,6%). При анализе случаев гестационного диабета с точки зрения перинатальных исходов было выявлено значительное различие в уровнях HbA1c, соотношении Е/А и значениях индекса Теи между случаями в группе с неблагоприятными перинатальными исходами и группой с нормальными результатами ($p = 0,001$, $p<0,001$ и $p<0,001$ соответственно). Все это показывает тесную взаимосвязь между нарушением функции сердца и неблагоприятными перинатальными исходами позволяет предположить, что доплерография сердца может быть ценным инструментом для мониторинга и ведения плода у пациенток с гестационным сахарным диабетом.

В исследование Nou Q. и соавт. [9] были включены 56 беременных женщин с диагно-

зом ГСД и 55 беременных женщин без ГСД на сроке от 24 до 30 недель беременности. Для измерения скорости притока крови через митральный и трикуспидальный клапаны (Е-волны, А-волны) при импульсно-волновой доплерографии, а также скорости движения митрального и трикуспидального кольца (е'-волны, а'-волны) при тканевой доплерографии применялись традиционный метод и метод ДД. Были рассчитаны соотношения Е/А, е'/а' и Е/е'. По результатам данного исследования функция правого желудочка показала значительно более низкие соотношения Е/е' в группе с ГСД по сравнению с контрольными плодами при использовании традиционного метода (6,35 против 6,79; $P = 0,001$). Как левая (6,16 против 6,59; $P = 0,036$), так и правая (6,28 против 6,75; $P = 0,01$) желудочковые функции показали значительно более низкие значения соотношения Е/е' в группе плодов с гестационным сахарным диабетом (ГСД) по сравнению с контрольными плодами. Авторы пришли к выводу, что воздействие высоких уровней глюкозы в крови матери приводит к нарушению диастолической функции у плодов. Измерение соотношения Е/е' с использованием метода тканевой доплерографии считается перспективным методом оценки диастолической функции сердца плода. Также авторы утверждают, что степень контроля ГСД не оказывает существенного влияния на диастолическую функцию плода, поэтому необходимо раннее выявление дисфункции сердца плода, связанных с ГСД.

В работе Patey O. и соавт. [12] в исследование включены данные 75 беременных женщин, родивших в срок, в том числе 54 с нормальной беременностью и 21 с диагнозом предгестационного или гестационного сахарного диабета. По сравнению с нормальными беременностями, диабетические беременности продемонстрировали значительные различия в геометрии желудочков плода, деформации миокарда и функции сердца. Полученные результаты дали возможность сделать выводы о том, что у женщин с диабетом у их плодов сердечные показатели, указывающие на нарушение функции миокарда значительно выше, чем в контрольной группе.

Таким образом, анализ современной литературы свидетельствует о недостаточности данных, посвященных оценке фракции выброса сердца плода при гестационном сахарном диабете у матери. Большинство исследований сосредоточено на изучении сердечной дисфункции с использованием различных эхокардиографических методик, тогда как диагностическая значимость фракции выброса остается недостаточно изученной, что определяет необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

Выводы. У плодов беременных с гестационным сахарным диабетом выявляются признаки функционального ремоделирования сердца, проявляющиеся снижением фракции выброса обоих желудочков и изменением объемных показателей, наиболее выраженные при сочетании ГСД с макросомией. Увеличение кардиофеморального индекса ассоциируется со снижением сократительной функции миокарда, что подтверждает его диагностическую ценность в сочетании с оценкой фракции выброса обоих желудочков для раннего выявления сердечной дисфункции плода.

Использованная литература:

1. Нормурадова Н.М., Усманова М.М. Ультразвуковая оценка морфометрических показателей сердца плодов от матерей с гестационным сахарным диабетом. Тиббиёт таълим ва инновацион тадқиқотлар. 2026; 9 (3): 21-29.
2. Усманова М.М., Нормурадова Н.М. Эхокардиографическая оценка показателей функции сердца плода при сахарном диабете у матери. Доктор ахборотномаси. 2025;4 (121): 116-123.
3. American Diabetes Association. Standards of Care in Diabetes—2025. Diabetes Care. 2025;48(Suppl.1)—S350.
4. Bhorat I., Pillay M., Reddy T. Determination of the fetal myocardial performance index in women with gestational impaired glucose tolerance and to assess whether this parameter is a possible prognostic indicator of adverse fetal outcome. The journal of maternal-fetal & neonatal medicine. 2018;31(15): 2019-2026.
5. Chen Y., Huang D., Liu J., et al. Non-invasive detection of fetal vascular endothelial function in gestational diabetes mellitus. Frontiers in Endocrinology. 2021;12: 763683.
6. D'Ambrosi F., Rossi G., Soldavini, C. M., et al. Evaluation of fetal cardiac function in pregnancies with well-controlled gestational diabetes. Archives of Gynecology and Obstetrics. 2021; 304(2): 337-344.
7. Depla A. L., De Wit L., Steenhuis T. J., et al. Effect of maternal diabetes on fetal heart function on echocardiog-

- raphy: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2021;57(4):539–550.
8. Ghaderian M., Hemmat M., Behdad S., et al. Fetal cardiac functional abnormalities assessed by echocardiography in mothers suffering gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Current problems in cardiology*. 2021; 46(3): 100658.
9. Hou Q., Yan F., Dong X., et al. Assessment of fetal cardiac diastolic function of gestational diabetes mellitus using dual-gate Doppler. *Medicine*. 2021; 100(28): e26645.
10. International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. ISUOG Practice Guidelines (updated): Performance of the fetal cardiac ultrasound examination. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2023; 61:788-803.
11. Özalp M., Demir O., Dinç G., et al. Fetal cardiac Doppler changes in gestational diabetic pregnancies and its relationship with perinatal outcomes. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*. 47(10); 3480-3487.
12. Patey O., Carvalho J. S., Thilaganathan B. Perinatal changes in fetal cardiac geometry and function in diabetic pregnancy at term. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 2019;54(5):634-642.