

УДК: 616.12-008.331.1-053.5

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ-ШКОЛЬНИКОВ, РОЖДЕННЫХ ОТ МАТЕРЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ И МЕТОБОЛИЧЕСКИМ СИНДРОМОМ

Агзамова Ш.А., Тоирова Н.Н.

Ташкентский государственный медицинский университет, г.Ташкент,
Республика Узбекистан

Аннотация

Ожирение и метаболический синдром у женщин репродуктивного возраста рассматриваются как значимые факторы неблагоприятного внутриутробного программирования здоровья потомства. Современные исследования (2019–2025 гг.) показывают, что дети, рождённые от матерей с указанными нарушениями, имеют более высокие показатели артериального давления, признаки субклинического ремоделирования миокарда и нарушения автономной регуляции сердечного ритма. Эти изменения свидетельствуют о снижении адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы уже в младшем и среднем школьном возрасте. Формирование метаболических нарушений у ребёнка (избыточный вес, дислипидемия, инсулинорезистентность) усиливает нагрузку на сердечно-сосудистую систему и способствует развитию коморбидности. Патогенетические механизмы включают хроническую гипергликемию и гиперинсулинемию во время беременности, системное воспаление, эпигенетические модификации и нарушение митохондриальной функции. Выявление таких детей в группах риска и проведение профилактических мероприятий (мониторинг артериального давления, контроль массы тела, коррекция питания и физической активности) имеют ключевое значение для снижения будущего сердечно-сосудистого риска.

Ключевые слова: дети-школьники, адаптация, сердечно-сосудистая система, матери с ожирением, метаболическим синдромом.

Abstract

Maternal obesity and metabolic syndrome are recognized as significant factors contributing to unfavorable intrauterine programming of offspring health. Recent studies (2019–2025) demonstrate that children born to affected mothers present higher blood pressure, subclinical cardiac remodeling, and disturbances in autonomic regulation of heart rate. These changes indicate reduced adaptive capacities of the cardiovascular system already in primary and middle school age. The development of metabolic disorders in children, such as overweight, dyslipidemia, and insulin resistance, further aggravates cardiovascular stress and promotes comorbidity. Pathogenetic mechanisms include chronic maternal hyperglycemia and hyperinsulinemia during pregnancy, systemic inflammation, epigenetic modifications, and mitochondrial dysfunction. Early identification of at-risk children and the implementation of preventive measures (blood pressure monitoring, weight management, dietary and physical activity interventions) are essential to reduce future cardiovascular risk.

Key words: schoolchildren, adaptation, cardiovascular system, obese mothers, metabolic syndrome.

Annotatsiya

Onaning semirishi va metabolik sindromi nasl salomatligini noqulay intrauterin dasturlashiga yordam beradigan muhim omillar sifatida tan olingan. Yaqinda o'tkazilgan tadqiqotlar (2019-2025) ta'sirlangan onalardan tug'ilgan bolalarda yuqori qon bosimi, yurakning subklinik qayta tuzilishi va yurak urish tezligini avtonom tartibga solishning buzilishi mavjudligini ko'rsatadi. Ushbu o'zgarishlar boshlang'ich va o'rta maktab yoshida yurak-qon tomir tizimining moslashuvchan qobiliyatlari pasayganligini ko'rsatadi. Bolalarda ortiqcha vazn, dislipidemiya va insulin qarshiligi kabi metabolik kasalliklarning rivojlanishi yurak-qon tomir stressini yanada kuchaytiradi va birgalikda kasalliklarga yordam beradi. Patogenetik mexanizmlarga homiladorlik davridagi surunkali ona giperglikemiyasi va giperinsulinemiya, tizimli yallig'lanish, epigenetik modifikatsiyalar va mitoxondriyal disfunktsiya kiradi. Xavf ostida bo'lgan bolalarni erta aniqlash va profilaktika choralarini (qon bosimini nazorat qilish, vaznni boshqarish, parhez va jismoniy faollik) amalga oshirish kelajakdagi yurak-qon tomir xavfini kamaytirish uchun muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: maktab o'quvchilari, moslashuv, yurak-qon tomir tizimi, semirib ketgan onalar, metabolik sindrom.

Введение. Рост распространённости ожирения и метаболического синдрома среди женщин репродуктивного возраста стал серьёзной общественно-медицинской проблемой. Данные последних лет показывают, что материнское ожирение и связанные с ним кардиометаболические нарушения во время беременности способны программировать риск неблагоприятных кардиоваскулярных исходов у потомства — в том числе повышенное артериальное давление, субклинические изменения структуры и функции сердца, а также дисбаланс вегетативной регуляции (HRV). Эти изменения могут проявляться уже в детском и школьном возрасте и уменьшать адаптационные резервы сердечно-сосудистой системы у детей [1, 2, 3].

Цель исследования. Цель настоящего обзора — систематически описать и синтезировать данные 2019–2025 гг. о влиянии материнского ожирения и метаболического синдрома (МС) на адаптационные (кардио-структурные, гемодинамические и автономные) параметры сердечно-сосудистой системы у детей школьного возраста (6–18 лет), выделить механизмы программирования и дать рекомендации для клинической практики и исследований.

Материал и методы исследования.

Выполнен целенаправленный поиск и отбор литературы (2019–2025) в следующих базах и ресурсах: PubMed/PMC, JAMA Network Open, Nature Reviews / Nature Communications, ведущие кардиологические журналы и крупные тематические обзоры. Ключевые слова: *maternal obesity, maternal metabolic syndrome, offspring cardiovascular, children, school age, blood pressure, echocardiography, heart rate variability, prenatal programming*. Включались оригинальные исследования (огорные когорты, поперечные исследования), систематические обзоры и эксперименты на животных, релевантные для объяснения механизмов. При отборе приоритет отдавался исследованиям с объективными измерениями (АД, ЭхоКГ параметры, показатели HRV) и крупным когортным наблюдениям. Для представления доказательной базы приведены ключевые недавние публикации 2024–2025 гг. (см. список литературы).

Результаты исследования. Доказана ассоциация материнских кардиометаболических факторов с АД у потомства: Крупная проспективная когорта и анализы показали, что наличие у матери в период беременности одного или нескольких кардио-

метаболических факторов (ожирение, гестационный диабет, артериальная гипертензия) связано с повышением систолического и диастолического давления у детей в возрасте 2–18 лет. Эффект проявляется уже в раннем детстве и усиливается с возрастом — смещение распределения АД в сторону более высокого уровня повышает долю детей с повышенным риском гипертензии в подростковом и взрослом возрасте [2]. Систематические обзоры и отдельные исследования с использованием ЭхоКГ отмечают ассоциации материнского высокого ИМТ с признаками ремоделирования левого желудочка у потомства: увеличением массы ЛЖ (LV mass), изменениями геометрии и в отдельных исследованиях — нарушениями систолической/диастолической функции. Часть этих изменений остаётся субклинической в детском возрасте, однако они могут быть маркерами повышенного кардиального риска в дальнейшем. Экспериментальные модели на животных подтверждают влияние внутриутробной среды на развитие миокарда (гипертрофия, фиброз, митохондриальная дисфункция) [1].

Исследования HRV у беременных и у новорождённых/детей показывают связь между материнской метаболической патологией и сниженной вариабельностью сердечного ритма у потомства — индикатором пониженной парасимпатической / повышенной симпатической активности. Низкая HRV у детей ассоциируется с худшими метаболическими профилями, повышенным АД и большей склонностью к инсулинорезистентности [4, 7]. Дети, родившиеся от матерей с ожирением/МС, чаще имеют повышенный ИМТ, нарушения липидов и признаки инсулинорезистентности — факторы, которые сами по себе ухудшают адаптационные резервы CCC и усиливают влияние внутриматочной «программирующей» экспозиции. Важно учитывать, что часть эффекта матери опосредована детским весом и образом жизни после рождения [8]. Опосредование, видимо, связано с развитием многофакторных механизмов

программирования внутриутробно у плода, включающие хроническое внутриутробное воздействие гипергликемии и гиперинсулинемии; системное воспаление матери и плода; оксидативный стресс и нарушение митохондриальной функции миокарда; эпигенетические модификации генов, регулирующих сосудистое ремоделирование и метаболизм; нарушение внутриутробного развития сосудистой сети и нервной регуляции сердца. Эти механизмы подтверждаются экспериментальными исследованиями и обзорами, которые демонстрируют возможность частичной обратимости при вмешательствах у матери до концепции или во время беременности [2, 3, 6].

Эффекты материнского ожирения или МС часто дифференцированы по полу потомства: у мальчиков и девочек могут быть разные шаблоны риска и реактивности сосудов/ANS. Кроме того, некоторые кардиальные проявления лучше проявляются в подростковом периоде, что подчёркивает необходимость длительного наблюдения [8]. Хотя абсолютные изменения отдельных параметров (например, mmHg АД) могут быть умеренными, сдвиг в распределении на популяционном уровне и сочетание нескольких субклинических нарушений (АД, LV mass, HRV, метаболические факторы) могут значительно повыситькумулятивный риск сердечно-сосудистых заболеваний в будущем [2, 6, 7, 8-10].

Обсуждение. Объединённые данные свидетельствуют, что материнское ожирение и метаболический синдром создают внутриутробную среду, способствующую «кардиометаболическому программированию» потомства. Это проявляется на уровне сосудистой функции, структуры и функции сердца, а также автономной регуляции. Ключевое клиническое значение имеет то, что многие из этих изменений проявляются уже в школьном возрасте, что открывает окно для ранних профилактических мер. Ограничениями существующих исследований явились: анализ обсерваци-

C
A
R
J
I
S
онных исследований, нежели рандомизированных когортных проспективных исследований с повторными измерениями от детства до взрослого возраста для оценки траекторий риска; различия в методиках измерения (разные протоколы ЭхоКГ, вариабельность сердечного ритма) затрудняют прямое сравнение. Данное состояние проблемы требует дальнейших исследований, а именно проведение крупных проспективных рандомизированных исследований с когортами с длительным наблюдением и единообразными методиками ЭхоКГ и HRV, изучением антенатальных вмешательств (питание, физическая активность, контроль веса) и их влияние на кардиоваскулярные исходы потомства; молекулярные исследования эпигенетических маркеров и митохондриальной функции у потомства и т.д [11, 12]. Имеются результаты экспериментальных исследований на животных моделях, дающие ценные информации о материнских факторах риска, ответственных за программирование развития кардиоваскулярных неблагоприятных последствий у потомства; половом диморфизме, молекулярных механизмах и т.д. [13, 14].

Выводы. 1. Необходимость проведения клинического мониторинга детей, рожденных от матерей с ожирением/МС. Этих детей следует рассматривать как группу повышенного риска — рекомендовать ранний и периодический скрининг АД, оценки веса/ИМТ, липидного профиля и признаков инсулинорезистентности; при необходимости

сти — ЭхоКГ и оценка вариабельности сердечного ритма /вегетативной функции; 2. Первичная и вторичная профилактика у матери: мероприятия по снижению ИМТ до беременности, контроль гликемии и лечения гипертензии во время беременности способны снизить риск неблагоприятного программирования. Некоторые исследования указывают на пользу предконцептуальных и антенатальных программ по питанию и физической активности. 3. Полнообъемные семейные интервенции: ранние интервенции по питанию и физической активности в семье помогают ограничить послеродовую передачу риска и снизить вероятность детского ожирения.

Заключение. Доказательства 2019–2025 годов подтверждают, что материнское ожирение и метаболический синдром существенно влияют на адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы у детей-школьников: повышается АД, наблюдаются признаки субклинического ремоделирования сердца и дисбаланс автономной регуляции. Ранняя идентификация группы риска и внедрение профилактических и лечебных стратегий (как у матери до и во время беременности, так и у ребёнка после рождения) являются ключевыми для снижения будущего бремени сердечно-сосудистых заболеваний.

Список использованной литературы

1. Menting MD, Mintjens S, van de Beek C, Frick CJ, Ozanne SE, Limpens J, Roseboom TJ, Hooijmans CR, van Deutekom AW, Painter RC. Maternal obesity in pregnancy impacts offspring cardiometabolic health: Systematic review and meta-analysis of animal studies. *Obes Rev.* 2019 May;20(5):675-685. doi: 10.1111/obr.12817. Epub 2019 Jan 11. PMID: 30633422; PMCID: PMC6849816
2. Gambineri A, Conforti A, Di Nisio A, Laudisio D, Muscogiuri G, Barrea L, Savastano S, Colao A; Obesity Programs of nutrition, Education, Research and Assessment (OPERA) Group. Maternal obesity: focus on offspring cardiometabolic outcomes. *Int J Obes Suppl.* 2020 Jul;10(1):27-34. doi: 10.1038/s41367-020-0016-2. Epub 2020 Jul 20. PMID: 32714510; PMCID: PMC7371867
3. Burden SJ, Alshehri R, Lamata P, Poston L, Taylor PD. Maternal obesity and offspring cardiovascular remodelling - the effect of preconception and antenatal lifestyle interventions: a

systematic review. *Int J Obes (Lond)*. 2024 Aug;48(8):1045-1064. doi: 10.1038/s41366-024-01536-0. Epub 2024 Jun 19. PMID: 38898228; PMCID: PMC11281905.

4. Niu Z, Ako AA, Geiger SD, Howe CG, Perng W, Singh R, Karagas MR, Elliott AJ, Cassidy-Bushrow A, Camargo CA, Sanderson K, McEvoy CT, Oken E, Dabelea D, Hartert TV, Carter B, Stroustrup A, Lampland A, O'Connor TG, Gogcu S, Hudak ML, Shorey-Kendrick LE, Zhao Q, Ni Y, VanWormer J, Ferrara A, Hedderson M, Zhu Y, Alshawabkeh A, Cordero J, Koinis-Mitchell D, Carnell S, Breton CV, Bastain TM, Farzan SF; ECHO Cohort Consortium. Maternal Cardiometabolic Risk Factors in Pregnancy and Offspring Blood Pressure at Age 2 to 18 Years. *JAMA Netw Open*. 2025 May 1;8(5):e259205. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.9205. PMID: 40338548; PMCID: PMC12062903.

5. Cochrane ALK, Murphy MP, Ozanne SE, Giussani DA. Pregnancy in obese women and mechanisms of increased cardiovascular risk in offspring. *Eur Heart J*. 2024 Dec 23;45(48):5127-5145. doi: 10.1093/eurheartj/ehae671. PMID: 39508438; PMCID: PMC11663486.

6. Sharifi-Heris Z, Rahmani AM, Axelin A, Rasouli M, Bender M. Heart Rate Variability and Pregnancy Complications: Systematic Review. *Interact J Med Res*. 2023 Jun 5;12:e44430. doi: 10.2196/44430. PMID: 37276013; PMCID: PMC10280337.

7. McMullan A, Zwierzynski JB, Jain N, Haneline LS, Shou W, Kua KL, Hota SK, Durbin MD. Role of Maternal Obesity in Offspring Cardiovascular Development and Congenital Heart Defects. *J Am Heart Assoc*. 2025 May 6;14(9):e039684. doi: 10.1161/JAHA.124.039684. Epub 2025 May 2. PMID: 40314345; PMCID: PMC12184252.

8. Ghose J, Hansson M, Vøgg ROB, Sillesen AS, Pærregaard S, Raja AA, Vejlstrup N, Frikke-Schmidt R, Øyen N, Kulkarni A, Jensen MT, Jørgensen FS, Sundberg K, Petersen OB, Wohlfahrt J, Damm P, Olesen MS, Mathiesen ER, Iversen K, Bundgaard H, Boyd HA. Maternal Diabetes and Cardiac Left Ventricular Structure and Function in the Infant: A Copenhagen Baby Heart Study. *Diabetes Care*. 2024 Dec 1;47(12):2230-2238. doi: 10.2337/dc24-0936. PMID: 39405488.

9. Arroyo-Carmona RE, Mitre-Velasco Y, Martinez-Laguna Y, Torres-Jácome J, Albarado-Ibañez A. A maternal diet high in carbohydrates causes bradyarrhythmias and changes in heart rate variability in the offspring sex-dependent in mice. *Lab Anim Res*. 2024 Sep 27;40(1):34. doi: 10.1186/s42826-024-00222-6. PMID: 39334462; PMCID: PMC11428337.

10. Pfaller, B, Siu, S, D'Souza, R. et al. Impact of Obesity on Outcomes of Pregnancy in Women With Heart Disease. *JOURNAL OF THE AMERICAN COLLEGE OF CARDIOLOGY* 2021 Mart, 77 (10) 1317–1326. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.01.010>

11. Taylor PD, Gu H, Saunders H, Fiori F, Dalrymple KV, Sethupathi P, Yamanouchi L, Miller F, Jones B, Vieira MC, Singh C, Briley A, Seed PT, Pasupathy D, Santosh PJ, Groves AM, Sinha MD, Chowienczyk PJ, Poston L; UPBEAT Consortium. Lifestyle intervention in obese pregnancy and cardiac remodelling in 3-year olds: children of the UPBEAT RCT. *Int J Obes (Lond)*. 2022 Dec;46(12):2145-2155. doi: 10.1038/s41366-022-01210-3. Epub 2022 Oct 12. PMID: 36224375; PMCID: PMC9678793.

12. Mills HL, Patel N, White SL, Pasupathy D, Briley AL, Santos Ferreira DL, Seed PT, Nelson SM, Sattar N, Tilling K, Poston L, Lawlor DA; UPBEAT Consortium. The effect of a lifestyle intervention in obese pregnant women on gestational metabolic profiles: findings from the UK Pregnancies Better Eating and Activity Trial (UPBEAT) randomised controlled trial. *BMC Med*. 2019 Jan 21;17(1):15. doi: 10.1186/s12916-018-1248-7. PMID: 30661507; PMCID: PMC6340185.

13. Andrade DC, Gaetani B, Moura S, de Carvalho SN, Thole AA, Cortez E. Maternal obesity negatively impacts cardiac progenitor cell survival in heart adulthood offspring. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2025 Aug;35(8):103903. doi: 10.1016/j.numecd.2025.103903. Epub 2025 Feb 6. PMID: 39988509.