

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ У НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

**Ананьева М.А. ORCID ID 0000-0002-8854-2642,
Харламова Н.В. ORCID ID 0000-0003-2867-1693,
Песикина В.С.**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Ивановский научно-исследовательский институт
материнства и детства имени В.Н. Городкова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Иваново, Российская Федерация, e-mail: nataliakhar13@yandex.ru*

Хроническая гипоксия плода является ключевым фактором, приводящим к дезадаптации сердечно-сосудистой системы и развитию транзиторной ишемии миокарда. У недоношенных детей, особенно глубоко недоношенных, данные нарушения имеют более выраженный и более продолжительный характер. Основными методами, позволяющими оценить особенности электрических свойств миокарда при нарушениях адаптации у недоношенных детей, являются электрокардиография, а также суточное электрокардиографическое мониторирование по Холтеру. Цель обзора. Материалы и методы. Выполнен анализ доступной литературы за период с 2002 по 2025 год в поисковых системах Elibrary, PubMed, Scopus, поисковой системе Google, находящихся в свободном доступе в Интернете. Общее количество проанализированных источников составило 100, из них для обзора было отобрано 48 наиболее значимых и актуальных исследований. Результаты и выводы. В обзоре описаны клинические особенности постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы у недоношенных новорожденных, а также симптомы транзиторной ишемии миокарда. Показано, что нарушение постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы и транзиторная ишемия миокарда у недоношенных новорожденных сопровождаются изменениями электрофизиологических свойств миокарда, которые выявляются при проведении электрокардиографии и холтеровском мониторировании. Представлены литературные данные о показателях электрокардиографии у здоровых новорожденных. Показаны преимущества суточного холтеровского мониторирования перед стандартной электрокардиограммой.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, недоношенные дети, электрокардиография, постнатальная адаптация.

FEATURES OF ADAPTATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM AND ELECTROCARDIOGRAPHIC EXAMINATION PARAMETERS IN PREMATURE NEWBORNS

**Ananyeva M.A. ORCID ID 0000-0002-8854-2642,
Kharlamova N.V. ORCID ID 0000-0003-2867-1693,
Pesikina V.S.**

*Federal State Budgetary Institution "V.N. Gorodkov Ivanovo Scientific Research Institute of Motherhood and
Childhood" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ivanovo, Russian Federation, e-mail:
nataliakhar13@yandex.ru*

Chronic fetal hypoxia is a key factor leading to maladaptation of the cardiovascular system and the development of transient myocardial ischemia. In preterm infants, especially very preterm infants, these disorders are more pronounced and last longer. The main methods for assessing the features of the electrical properties of the myocardium in case of adaptation disorders in preterm infants are electrocardiography and 24-hour Holter ECG monitoring. Purpose of the review - to analyze the available literature data on the processes of postnatal adaptation of the cardiovascular system in premature infants, as well as the diagnostic capabilities of electrocardiographic examination in the presence of heart disorders in this category of newborns Materials and methods. An analysis of the available literature for the period from 2002 to 2025 was performed in the search engines E-library, PubMed, Scopus, the Google search engine, which are freely available on the Internet. The total number of analyzed sources was 100, of which 48 most significant and relevant studies were selected for review. Results and conclusions. The review describes the clinical features of postnatal adaptation of the cardiovascular system in preterm infants, as well as symptoms of transient myocardial ischemia. It is shown that impaired postnatal adaptation of the cardiovascular system and transient myocardial ischemia in preterm infants are

accompanied by changes in the electrophysiological properties of the myocardium, which are detected during electrocardiography and Holter monitoring. Literature data on electrocardiography parameters in healthy newborns are also presented. The advantages of daily Holter monitoring over standard ECG are shown.

Keywords: cardiovascular system, premature newborns, electrocardiography, postnatal adaptation

Введение. Здоровье детского населения в Российской Федерации является приоритетной задачей отечественного здравоохранения. Несмотря на значительные успехи современной неонатологии в выхаживании детей, родившихся при сроке гестации менее 32 недель, которые относятся к категории глубоконедоношенных, до сих остается актуальным вопрос об отдаленных последствиях и состоянии здоровья этих детей в будущем [1]. Крайняя недоношенность и, как следствие, выраженная морфофункциональная незрелость всех органов и систем является неблагоприятным фоном, осложняющим процесс постнатальной адаптации, течение заболеваний неонатального периода, а также повышающим риск формирования хронической соматической и неврологической патологии у этих детей в будущем [2; 3].

Известно, что основным фактором риска неблагоприятного исхода недоношенности является гестационный возраст (ГВ) и степень зрелости новорожденного [4]. Тем не менее существуют и другие не менее значимые факторы, негативно влияющие на клиническое состояние недоношенных детей после рождения и осложняющие течение постнатальной адаптации. Среди них большое значение имеет перинатальная (хроническая внутриутробная) гипоксия [5; 6]. Гипоксия нарушает нормальное функционирование дыхательной цепи в митохондриях, что приводит к активации программируемой гибели этих органелл клетки и к образованию свободных радикалов. Итогом этого процесса является изменение мембранного потенциала, нарушение электролитного баланса и развитие метаболического ацидоза. Кроме того, изменяется активность и внутриклеточных ферментов, которая вызывает развитие метаболических нарушений, клинически проявляющихся поражением различных органов и систем организма [7].

На сегодняшний день является очевидным фактом, что перенесенная во внутриутробном периоде гипоксия у 40–70% новорожденных детей приводит к развитию транзиторной ишемии миокарда (ТИМ) и синдрома дезадаптации сердечно-сосудистой системы [8]. Это обусловлено как непосредственным повреждающим действием гипоксии на сердечную мышцу и проводящую систему сердца, так и негативным влиянием гипоксии на высшие вегетативные центры [9; 10].

У недоношенных детей, особенно родившихся с экстремально низкой массой тела (ЭНМТ), ТИМ встречается значительно чаще, что на фоне имеющейся структурно-функциональной незрелости всех органов и систем сопровождается более выраженными и более продолжительными нарушениями адаптации сердечно-сосудистой системы к

внеутробной жизни. В настоящее время под ТИМ понимают временное уменьшение или полное отсутствие кровоснабжения в определенных участках миокарда, что способствует нарушению его функции [11].

ТИМ и нарушение процессов постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы у новорожденных могут протекать бессимптомно или иметь различные клинические проявления [12]. Симптомы, как правило, носят неспецифический характер, и их выраженность зависит от тяжести гипоксического поражения и от общего состояния ребенка [13]. Характерны бледность и мраморность кожных покровов, цианоз носогубного треугольника и акроцианоз, тахипноэ, гиподинамия, мышечная гипотония, слабый крик, угнетение безусловных рефлексов, вялое сосание, при аускультации сердца отмечается приглушенность или глухость сердечных тонов, лабильность частоты сердечных сокращений, непостоянный систолический шум разной продолжительности [14]. Неспецифические симптомы наблюдаются, как правило, когда зона ишемии невелика, при этом неповрежденный миокард компенсаторно справляется с гемодинамической нагрузкой, то есть симптомы сердечно-сосудистой недостаточности отсутствуют. При тяжелой ишемии, которая чаще развивается на фоне хронической внутриутробной гипоксии, имеются обширные зоны повреждения и выраженные изменения миокарда вплоть до очаговых некрозов, могут иметь место признаки выраженной недостаточности кровообращения вплоть до острой сердечной недостаточности, тяжелые расстройства дыхания, застой в легких, цианоз кожи, которые носят продолжительный характер и сочетаются, как правило, с гипоксически-ишемическим поражением центральной нервной системы (ЦНС) [15; 16].

По имеющимся литературным данным, снижение сократительной способности сердечной мышцы в результате перенесенной внутриутробной гипоксии обусловлено реперфузионным повреждением миокарда [17]. Даже незначительная по времени ишемия и последующее восстановление коронарного кровотока вызывают метаболические изменения в миокарде, приводят к повреждению мембран кардиомиоцитов с развитием функциональных нарушений сердечной мышцы [18]. Доказано, что чем продолжительнее период ишемии, тем более выражено повреждение миокарда. При этом после кратковременной ишемии (не более 3-5 минут) метаболические процессы в миокарде и сократительная способность восстанавливаются в полном объеме, при более продолжительной ишемии (более 5 минут), восстановление сердечной функции происходит менее эффективно [19].

Клинические проявления ТИМ и дезадаптации сердечно-сосудистой системы подтверждаются дополнительными инструментальными методами исследования. Современным методом объективной оценки состояния сердечно-сосудистой системы у доношенных и недоношенных новорожденных, позволяющим исследовать

электрофизиологические свойства миокарда, является электрокардиография с возможностью записи вариабельности ритма сердца.

Электрокардиография (ЭКГ) - технически простой, неинвазивный и достаточно информативный метод инструментального обследования, основанный на регистрации электрических полей, возникающих при работе сердца [20, с. 44-57].

В Российской Федерации проведение ЭКГ не входит в стандарты обследования здоровых новорожденных в родильном доме. Выполнение этого исследования у новорожденных и недоношенных детей является обязательным лишь при различных патологических состояниях в отделениях неонатального профиля, однако у клинически здоровых новорожденных это исследование не является необходимым [21]. В ряде стран Европы ЭКГ выполняется всем новорожденным и служит скрининговым методом. Анализ показателей электрокардиограммы у новорожденных проводится с использованием наиболее авторитетного в настоящее время международного консенсуса по интерпретации неонатальной ЭКГ Европейского общества кардиологии (Guidelines for the interpretation of the neonatal electrocardiogram). В этом документе имеются данные об основных особенностях ЭКГ у здоровых новорожденных, а также представлены патологические варианты ЭКГ по дням жизни [22]. Тем не менее в данном документе есть сведения, указывающие на то, что метод ЭКГ не является высокоинформативным для диагностики патологии сердца у новорожденных: даже у здорового новорожденного на ЭКГ могут наблюдаться некоторые отклонения от общепринятой «нормы», при этом у ребенка с сердечной патологией могут быть нормальные показатели ЭКГ. Несмотря на это, авторы данного документа признают значимость метода ЭКГ в неонатологии и призывают не отказываться от его выполнения всем новорожденным [22].

Существует современный метод суточной регистрации ЭКГ во время разных фаз активности (бодрствования, сна, кормления, выраженного беспокойства ребенка и т.д.) - суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру. Данный метод позволяет диагностировать проходящие нарушения сердечного ритма, а также эпизоды ишемии миокарда [23].

В настоящее время в доступной научной литературе имеется ограниченное количество данных о постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы у недоношенных детей и ее расстройствах, а так же об особенностях показателей ЭКГ и динамики их изменений в течение неонатального периода у этих новорожденных, особенно у глубоконедоношенных.

Цель обзора — выполнить анализ доступных литературных данных, касающихся процессов постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы у недоношенных детей, а также диагностических возможностей электрокардиографического исследования при наличии нарушений в работе сердца у данной категории новорожденных.

Материалы и методы исследования

Проведен поиск и анализ научных источников в базах данных Elibrary, Pubmed, Scopus, поисковой системе Google, находящихся в свободном доступе в Интернете за период с 2005 по 2025 г. Поиск проводился с использованием таких запросов, как «постнатальная адаптация у недоношенных», «особенности постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы», «электрокардиография у новорожденных», «транзиторная ишемия миокарда», из которых для написания обзора отобраны 48 наиболее подходящих источников. Критерием отбора публикаций являлся их высокий методологический и доказательный уровень.

Результаты исследования и их обсуждение. Сразу после рождения ребенка происходит перестройка системы кровообращения, связанная с пересечением пуповины и началом легочного дыхания [24, с. 93-110]. Этот процесс сопровождается изменением электрофизиологических свойств миокарда, что отражается в изменении показателей ЭКГ по мере роста и развития ребенка [25]. Согласно данным литературы, особенностями ЭКГ у здоровых новорожденных являются: а) синусовая тахикардия с максимальной частотой ритма до 180 сокращений в минуту (возможны кратковременные эпизоды тахикардии до 230 уд./мин.); в) отклонение электрической оси сердца вправо (с максимальным отклонением до $+190^\circ$); с) относительно низкая амплитуда зубцов комплекса QRS и зубца Т; г) преобладание электрической активности правого желудочка [26].

Известно, что с помощью метода ЭКГ можно получить сведения о нарушениях ритма и проводимости, гипертрофии предсердий и желудочков, электролитных и метаболических нарушениях, о миокардитах и перикардитах, а также об ишемии и инфаркте миокарда. Основным электрофизиологическим критерием для диагностики миокардиальной ишемии у новорожденных детей является изменение полярности и/или амплитуды зубца Т от цикла к циклу, что указывает на электрическую нестабильность миокарда, которое может сочетаться с депрессией или элевацией сегмента ST относительно изолинии, при чем эти изменения регистрируются одновременно в двух и более прекардиальных отведениях [26; 27]. При этом показано, что наличие отклонения сегмента ST от изолинии без других изменений на ЭКГ не следует расценивать как патологическое [28]. Другие исследователи считают, что признаком ишемии миокарда также является удлинение интервала QT, который рассматривается, как «электрическая систола сердца» [29]. Тем не менее, несмотря на имеющиеся в настоящее время литературные данные, вопрос об ЭКГ-критериях в норме и при ТИМ у новорожденных детей до сих пор остается спорным [30].

В исследовании Ваземиллер О.А. с соавторами представлены сведения об электрических свойствах сердца у недоношенных детей с ГВ 31-36 недель, которые перенесли внутриутробную гипоксию. Результаты показали, что более чем у половины детей,

перенесших перинатальную гипоксию, в возрасте 1 суток жизни на ЭКГ отмечается значимое удлинение скорректированного интервала QT (QTc) по сравнению с группой контроля, однако к 7 суткам эти отклонения уже не определяются. При этом такие изменения, как депрессия сегмента ST и альтернации зубца T, у большинства детей основной группы сохранялись и к концу раннего неонатального периода, то есть данные патологические сдвиги являются более устойчивыми. Кроме того, представлен корреляционный анализ патологических отклонений на ЭКГ с уровнем тропонина – I в крови новорожденных. При этом общепризнанный маркер миокардиального повреждения тропонин - I у детей без «классических» ЭКГ-признаков ТИМ также был значимо повышен. На основании этого авторы исследования рекомендуют рассматривать изолированное увеличение интервала QTc как самостоятельный значимый критерий ТИМ у недоношенных новорожденных [11; 13].

В другом исследовании авторы изучали особенности становления электрофизиологических показателей миокарда у доношенных и недоношенных детей различного гестационного возраста в неонатальном периоде, в том числе сроком гестации от 26 до 35 недель. Было показано, что у недоношенных детей, особенно глубоконедоношенных с ОНМТ и ЭНМТ, в раннем неонатальном периоде при проведении стандартной ЭКГ и суточном мониторинге по Холтеру с более высокой частотой регистрируются нодотопные и гетеротопные аритмии, нарушения реполяризации и желудочковой проводимости. При этом группу высокого риска патологии сердечно-сосудистой системы, кроме недоношенных, составляют дети, рожденные путем операции кесарева сечения. Авторы подчеркивают, что проведение холтеровского суточного мониторинга ЭКГ расширяет возможности выявления признаков кардиальной дисфункции у детей из группы риска по формированию патологии сердечно-сосудистой системы. У крайне недоношенных детей регистрируется более высокий базовый уровень частоты сердечных сокращений (ЧСС), что чаще связано с тяжелой анемией, гиповолемией, болевым синдромом. При этом отмечено, что более низкие значения базовой ЧСС и более длительные паузы ритма также наиболее часто фиксируются у данной категории новорожденных. Это исследование также показало, что недоношенные дети, по сравнению с доношенными, значимо чаще демонстрируют на ЭКГ более высокую выявляемость ST-T нарушений в виде изменений амплитуды и полярности зубца T [31].

Научные данные, представленные зарубежными исследователями, показывают, что в первую неделю жизни при проведении ЭКГ у новорожденных такие показатели, как морфология зубца T и сегмент ST даже в норме очень вариабельны. Авторы подчеркивают, что такая изменчивость ЭКГ-показателей может быть обусловлена гипоксическим влиянием на миокард, а также немаловажную роль играют метаболические, электролитные и

вегетативные нарушения. Анализ автономной регуляции сердечного ритма позволил установить, что у глубоко недоношенных детей с ОНМТ и ЭНМТ имеет место выраженный вегетативный дисбаланс на фоне общего снижения вариабельности сердечного ритма. Таким образом, авторы данной работы подчеркивают, что такие методы оценки электрических функций сердца, как стандартная ЭКГ, выполненная в динамике, а также суточное мониторирование по Холтеру, являются информативными методами, существенно повышающими возможности диагностики расстройств адаптации сердечно-сосудистой системы у недоношенных детей [32].

Известно, что миокард, так же как и головной мозг, является одним из самых чувствительных к гипоксии органов. Гипоксическое повреждение мозга нарушает баланс симпатической и парасимпатической нервной систем в сторону симпатикотонии и, как следствие, приводит к нарушению механизмов регуляции вегетативной нервной системы сердечной деятельности и изменению течения электрических и биохимических процессов в клетках миокарда, что часто проявляется нарушениями ритма и проводимости [33; 34]. Расстройства адаптации сердечно-сосудистой системы вследствие гипоксии миокарда и изменений нейровегетативной регуляции функций сердца чаще всего проявляются нарушением сердечного ритма. С другой стороны, аритмия сопровождается увеличением потребности миокарда в кислороде, что в итоге приводит к усилению ишемии [35; 36, с. 439-451].

Группа российских исследователей изучила с помощью стандартной ЭКГ и холтеровского мониторирования особенности сердечного ритма у недоношенных новорожденных разных сроков гестации, имеющих перинатальное гипоксически-ишемическое и гипоксически-геморрагическое поражение ЦНС [37]. Было выявлено, что при выполнении стандартной ЭКГ у обследованных недоношенных новорожденных чаще регистрировались синусовая тахи- и брадикардия, замедление атриовентрикулярной проводимости, неполная блокада правой ножки пучка Гиса, удлинение интервала QT, а также нарушение реполяризации, проявляющееся в виде изменения зубца T и сегмента ST. В настоящее время установлено, что удлинение интервала QT любого генеза является независимым фактором риска развития желудочковых тахикардий и внезапной сердечной смерти. На практике рекомендуется рассчитывать скорректированный QTc, величина которого не зависит от уровня ЧСС. Анализ длительности интервала QTc позволил установить, что максимальные значения QTc, которые фиксировались во время сна, отмечались с одинаковой частотой у недоношенных детей с гипоксически-ишемическими и гипоксически-геморрагическими поражениями ЦНС. Однако изменения в миокарде ишемического характера, выявленные при холтеровском мониторировании, значимо чаще выявлялись у

пациентов с гипоксически-геморрагическими поражениями ЦНС. Авторы этого исследования также сравнили данные показателей стандартной ЭКГ и суточного мониторинга по Холтеру, что позволило установить существенные преимущества суточного мониторинга ЭКГ, так как некоторые нарушения, например гетеротопные аритмии, были диагностированы только при холтеровском мониторинге.

Согласно данным литературы, гипоксически-ишемическое поражение ЦНС способствует возникновению нарушений ритма сердца, а именно экстрасистолии у новорожденных, которая чаще носит суправентрикулярный характер [36, с. 439-451]. Наиболее часто среди гетеротопных аритмий регистрируются суправентрикулярные экстрасистолы, при этом желудочковые экстрасистолы значительно чаще зафиксированы при гипоксически-ишемическом поражении ЦНС по сравнению с гипоксически-геморрагическим, что указывает на электрическую нестабильность миокарда, тогда как нодотопные аритмии, к которым относятся синусовая тахи- и брадикардия и миграция суправентрикулярного водителя ритма, напротив, чаще отмечены при гипоксически-геморрагическом поражении ЦНС. Нарушения проводимости также были выявлены лишь при холтеровском мониторинге. Таким образом, авторы данного исследования считают суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру более информативным и перспективным методом оценки электрофизиологических свойств миокарда у недоношенных новорожденных с перинатальным поражением ЦНС, поскольку оно позволяет выявлять не только различные ЭКГ-изменения, но и отслеживать их в динамике всего дня. В развитии аритмий авторы определенное место отводят и гемодинамическим нарушениям вследствие персистирования фетальных коммуникаций, нарушениям электролитного обмена и метаболическим изменениям [36].

Другая группа исследователей, изучавших суточный мониторинг ЭКГ по Холтеру недоношенным детям различных сроков гестации в постконцептуальном возрасте 37–42 недели и здоровым доношенным новорожденным, показала, что у недоношенных младенцев, по сравнению с доношенными детьми, в постконцептуальном возрасте 37–42 недели отмечаются более высокие значения среднесуточной ЧСС. Авторы исследования полагают, что такие различия могут свидетельствовать о напряженности адаптационных процессов у недоношенных детей. Также была установлена тенденция к увеличению значений QTc у умеренно недоношенных новорожденных в ПКВ 37–42 недель по сравнению с глубоконедоношенными. Паузы ритма отмечены как у доношенных, так и недоношенных детей, однако максимальные паузы ритма, которые отражают снижение функции синусового узла, были наиболее выражены у глубоконедоношенных детей. Это, по мнению авторов, может свидетельствовать о незрелости электрогенераторной функции сердца, а также

недостаточной чувствительности синусового узла к симпатическим влияниям у этих детей. Таким образом, авторы отмечают, что холтеровское мониторирование ЭКГ в течение суток является более информативным, по сравнению со стандартной ЭКГ, и безопасным методом обследования, позволяющим получить более детальную информацию о суточной динамике сердечного ритма новорожденного и оценить состояние постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы [37].

Анализ исследований сердечно-сосудистой системы у новорожденных с перинатальными поражениями центральной нервной системы демонстрирует, что наиболее распространенной формой аритмии у новорожденных детей с нарушениями ритма сердца и проводимости является одиночная наджелудочковая экстрасистолия, а такие отклонения, как синоатриальная блокада, миграция водителя ритма и эпизоды предсердного ритма, встречаются реже, причем чаще у недоношенных детей. У детей с церебральной ишемией (ЦИ) отмечаются более продолжительные паузы ритма, которые прямо коррелируют с тяжестью ЦИ ($r = 0,857$; $p = 0,001$). Наибольшая продолжительность интервала QTc (более 440 мс) в период сна чаще регистрируется у детей с ЦИ. Оценка вариабельности сердечного ритма, который является одним из ключевых маркеров вегетативной регуляции, показала увеличение всех исследуемых показателей у детей основной группы с ЦИ, что указывает на вегетативный дисбаланс, проявляющийся в ослаблении симпатического влияния и, напротив, усиления вагусного, что не свойственно для периода новорожденности. Таким образом, в работе показано, что на становление процесса нейровегетативной регуляции сердечных функций, при нарушении которого возникают расстройства постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы у новорожденных детей, значимое негативное влияние оказывают хроническая внутриутробная гипоксия, оперативное родоразрешение, а также наличие церебральной ишемии, при этом наиболее выражено влияние этих факторов у недоношенных детей [37].

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме уточнения механизмов формирования различных патологических состояний у новорожденных детей, в том числе сердечно-сосудистой системы [38; 39]. Исследованиями установлены концентрации кардиоспецифических маркеров у новорожденных различного гестационного возраста при различных патологических состояниях [40; 41]. Исследование концентрации маркеров миокардиальной напряженности (МВ-фракция креатинфосфокиназы, тропонин Т, мозговой натрийуретический пептид и др.). может быть информативным для диагностики сердечной недостаточности у новорожденных детей [42] и требует дальнейшего всестороннего исследования.

Установлено, что у новорожденных, особенно у недоношенных детей, имеется дефицит карнитина, который связан с недостатком некоторых аминокислот (лизина и метионина),

выступающих в качестве источника предшественника карнитина – триметиллизина, с общими нарушениями метаболизма белков в периоде неонатальной адаптации [43; 44], а также дефицитом поступления карнитина через плаценту и грудное молоко. Эти обстоятельства, по мнению ряда авторов, позволяют считать L-карнитин условно незаменимым метаболитом, необходимым для питания новорожденных детей [44]. В других научных работах было показано участие L-карнитина в процессах синтеза сурфактанта, который определяет степень созревания легочной ткани и необходимость его дотации у глубоконедоношенных младенцев, перенесших дыхательные нарушения в неонатальном периоде, в частности пневмонию [45].

Исследования, касающиеся роли дефицита L-карнитина в развитии дисфункции миокарда и сердечной недостаточности у новорожденных детей, свидетельствуют, что дополнительное назначение L-карнитина имеет кардиопротекторное действие у глубоконедоношенных детей. Оно обусловлено как прямым его влиянием на проницаемость мембран митохондрий [46], так и участием в восстановлении энергозависимых процессов в миокарде и поддержании функции митохондрий за счет улучшения процессов биологического окисления свободных жирных кислот и кетонов, выступающих главным источником энергии для сердца и головного мозга новорожденных, в том числе в условиях дефицита оксида азота [47; 48].

Заключение. Постнатальная адаптация сердечно-сосудистой системы определяет во многом функциональное состояние всего организма и его резервные возможности. На сегодняшний день многими исследованиями показано, что основным неблагоприятным фактором, способствующим нарушению адаптации сердечно-сосудистой системы и развитию транзиторной ишемии миокарда, выступает перинатальная гипоксия. Негативное влияние гипоксии связано с непосредственным повреждающим действием на миокард и проводящую систему сердца, а также угнетением нейровегетативных центров, осуществляющих регуляцию сердечных функций у новорожденных. К тому же сама недоношенность определяет структурно-функциональную незрелость сердца, а также незрелость механизмов центральной и вегетативной регуляции функций сердца, что также способствует развитию в неонатальном периоде дезадаптации сердечно-сосудистой системы и ТИМ. Клинические проявления ТИМ и дезадаптации сердечно-сосудистой системы, по данным многих авторов, могут отсутствовать или сопровождаться неспецифическими симптомами в виде бледности и мраморности кожи, цианоза носогубного треугольника, акроцианоза, тахипноэ, мышечной гипотонии и угнетения безусловных рефлексов, вялого сосания, а также приглушенностью сердечных тонов, лабильностью пульса, систолическим шумом при аускультации сердца. ТИМ и дезадаптация сердечно-сосудистой системы сопровождаются изменениями

электрофизиологических свойств миокарда, диагностика которых осуществляется с помощью метода электрокардиографии.

Электрокардиография – это неинвазивный и информативный метод инструментального обследования, основанный на регистрации электрических полей, возникающих при работе сердца. Существует также современный метод суточной регистрации ЭКГ – мониторирование по Холтеру. Некоторые авторы в своих сравнительных работах показывают его преимущества перед стандартной ЭКГ, поскольку суточное мониторирование позволяет проводить анализ во время разных фаз активности ребенка (бодрствования, сна, кормления) и диагностировать преходящие нарушения сердечного ритма. Известно, что основными электрокардиографическими критериями ТИМ у новорожденных младенцев являются изменение морфологии зубца Т в сочетании с депрессией или элевацией сегмента ST или без них, зафиксированные одновременно в двух и более отведениях. При этом наличие на ЭКГ изменений сегмента ST без других отклонений патологией не является. Удлинение интервала QT, который обозначают «электрической систолой сердца», также можно рассматривать признаком ишемии сердечной мышцы.

Результаты исследования особенностей показателей ЭКГ у недоношенных новорожденных, особенно глубоконедоношенных, при нарушениях постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы и ТИМ представлены немногочисленными работами. Так, многие авторы показывают, что у недоношенных младенцев, в особенности родившихся с ОНМТ и ЭНМТ, период адаптации сердечно-сосудистой системы протекает наиболее сложно. Как при проведении стандартной ЭКГ, так и при холтеровском мониторировании, у этих младенцев значительно чаще обнаруживаются разнообразные нарушения сердечного ритма, процессов реполяризации, а также внутрисердечной проводимости. У этой категории новорожденных регистрируются более длительные паузы сердечного ритма, значимо чаще отмечается более высокая ЧСС в покое и более низкие ее минимальные значения.

Кроме того, у недоношенных новорожденных значимо чаще на ЭКГ отмечается высокая выявляемость ST-T нарушений, однако зарубежные коллеги отмечают, что такие показатели, как зубец Т и сегмент ST, в раннем неонатальном периоде крайне вариабельны и не всегда свидетельствуют о патологии, так же как и отсутствие этих нарушений на ЭКГ при клинических проявлениях ТИМ. Подтверждением этому являются результаты исследования авторов, которые показали изменение уровней кардиоспецифических маркеров у недоношенных детей с «традиционными» признаками ТИМ на ЭКГ, а также в 50% случаев у детей только с удлинением скорректированного интервала QTc.

Исследователи показывают, что гипоксическое поражение миокарда достаточно часто сочетается с гипоксическими поражениями ЦНС, что обусловлено общими механизмами

патогенеза, к тому же гипоксическое поражение ЦНС приводит к нарушению баланса симпатической и парасимпатической нервной систем и приводит к расстройствам вегетативной регуляции сердечной деятельности, что чаще всего проявляется нарушениями сердечного ритма. Согласно литературным данным, гипоксически-ишемическое поражение ЦНС способствует возникновению экстрасистолии у новорожденных, которая чаще носит суправентрикулярный характер. Тем не менее при проведении стандартной ЭКГ не всегда удается выявить преходящие нарушения ритма. Именно поэтому многие авторы указывают на преимущество суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру по сравнению со стандартной ЭКГ. Имеются также научные данные о значении дефицита L-карнитина в развитии дисфункции миокарда и показано положительное влияние дополнительной пероральной дотации этого метаболита на течение постнатальной адаптации сердечно-сосудистой системы у недоношенных детей, особенно у глубоконедоношенных.

Список литературы

1. Гаврилова А.А., Парыгина А.Н. Сверххранние и ранние преждевременные роды: спорные вопросы // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2018. Т. 20. № 1. С. 24-28. DOI: 10.26787/nydha-2226-7425-2018-20-1-24-28.
2. Волянюк Е.В. Результаты мониторинга заболеваемости и исходов развития к 3 годам жизни у недоношенных детей, родившихся с экстремально низкой массой тела // Практическая медицина. 2019. Т. 17 (5). С. 175–179. DOI: 10.32000/2072-1757-2019-5-175-179.
3. Аборин С.В. Комплексная характеристика глубоко недоношенных детей на этапе отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных по данным сплошной выборки // Практическая медицина. 2017. № 7. Т. 108. С. 119-125. EDN: ZFCXLN.
4. Юдицкий А.Д., Дегтярев Д.Н., Коваленко Т.В., Петрова И.Н. Анализ клинических исходов у недоношенных детей, рожденных малыми и маловесными к гестационному возрасту // Неонатология: Новости. Мнения. Обучение. 2025. Т. 13 (47). С. 8-17. DOI: 10.33029/2308-2402-2025-13-1-08-17.
5. Ходкевич П.Е., Куликова К.В., Федорова О.С., Деев И.А., Куликов Е.С. Кардиологический профиль недоношенных новорожденных с массой тела при рождении менее 2 500 граммов в раннем детском возрасте // Педиатрия им. Г.Н. Сперанского. 2024. Т. 103 (1). С. 30–38. DOI: 10.24110/0031-403X-2024-103-1-30-38.
6. Перепелица С.А. Ранняя реабилитация новорожденных, перенесших перинатальную гипоксию // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. 2020. Т. 2 (1). С. 71-78. DOI: 10.17816/rehab19287.

7. Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Бизенкова М.Н. Молекулярно-клеточные механизмы цитотоксического действия гипоксии // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 2. С. 60-63. URL: <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=982> (дата обращения: 03.10.2025).
8. Харламова Н.В., Шилова Н.А., Ласкина М.Ю., Комина Н.И. Постгипоксические нарушения сердечно-сосудистой системы у новорожденных детей: механизмы формирования // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32959> (дата обращения: 03.10.2025). DOI: 10.17513/spno.32959.
9. Лим В.И., Муродова Д. А., Шавази М.Н., Аллаёрова Х.А., Абдухалик-заде Г.А. Состояние сердечно-сосудистой системы у новорожденных с перинатальным повреждением центральной нервной системы // Достижения науки и образования. 2020. № 3 (57). С. 95-97. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-serdechno-sosudistoy-sistemy-u-novorozhdennyh-s-perinatalnym-povrezhdeniem-tsentralnoy-nervnoy-sistemy> (дата обращения: 08.10.2025).
10. Прахов А.В. Неонатальная кардиология: руководство для врачей / 2-е изд., доп. и перераб. Нижний Новгород: НижГМА, 2017. 464 с. ISBN: 978-5-7032-1177-9.
11. Ваземиллер О.А., Ваганов А.А., Голубенко Н.К., Аксанова Р.Х., Салмина А.Б., Емельянчик Е.Ю. Диагностика повреждения миокарда у недоношенных детей с транзиторной ишемией сердца в раннем неонатальном периоде // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2019. Т. 64 (5). С. 38–43. DOI: 10.21508/1027–4065–2019–64–5–38–43.
12. Наumenко Е.И., Гришуткина И.А., Самошкина Е.С., Акашкина Е.Ю., Широкова А.А., Тягушева Е. Состояние сердечно-сосудистой системы у новорожденных с церебральной ишемией // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31800> (дата обращения: 07.09.2025). DOI: 10.17513/spno.31800.
13. Ваземиллер О.А., Ваганов А.А., Самарцев М.Ю., Филиппова Л.А., Меньшикова Т.Н., Салмина А.Б., Емельянчик Е.Ю. Характеристика функций сердца у недоношенных новорожденных детей с транзиторной ишемией миокарда // Педиатрия им. Г.Н. Сперанского. 2019. Т. 98 (4). С. 122-128. DOI: 10.24110/0031-403X-2019-98-4-122-128. DOI: 10.24110/0031-403X-2019-98-4-122-128.
14. Виноградова И.В., Иванов Д.О. Транзиторная ишемия миокарда у новорожденных. // Артериальная гипертензия. 2013. Т. 19 (4). С. 343-347. DOI: 10.18705/1607-419X-2013-19-4-343-347.
15. Третьякова О.С., Заднипряный И.В. Биоэнергетика миокарда в условиях гипоксии: возрастные аспекты // Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал). 2020. № 4. Т. 1. С. 52-62. DOI: 10.17116/operhirurg2020401152.

16. Нароган М.В. Баженова Л.К., Капранова Е.И., Мельникова Е.В., Белоусова Н.А. Постгипоксическая дисфункция сердечно-сосудистой системы у новорожденных детей // Вопросы современной педиатрии. 2007. Т.6. № 3. С. 42-46. URL: <https://medj.rucml.ru/journal/4e432d4355525045442d41525449434c452d323030372d362d332d505249565449544c2d34322d3436/>.
17. Ваземиллер О.А., Васильева Е.М., Карпова Л.Н., Салмина А.Б., Емельянчик Е.Ю. Двухлетний катамнез ребенка с транзиторной ишемией миокарда в периоде новорожденности // Сибирское медицинское обозрение. 2018. Т. 4. № 112. С. 107-110. DOI: 10.20333/2500136-2018-4-107-110.
18. Кулида Л.В., Малышева М.В., Перетятко Л.П., Сарыева О.П., Проценко Е.В. Патоморфология гипоксически-ишемических повреждений миокарда у новорожденных 22-27 недель гестации // Архив патологии. 2021. Т. 83. № 4. С. 29-34 DOI: 10.17116/patol20218304129.
19. Довнар Ю.В., Тарасова А.А., Острейков И.Ф., Подкопаев В.Н. Оценка эффективности лечения новорожденных с преходящей ишемией миокарда // Общая реаниматология. 2018. Т. 14. № 1. С. 12-22. DOI: 10.15360/1813-9779-2018-1-12-22.
20. Нестерова Е.А. Основы электрокардиографии. Нормальная ЭКГ // Кардиология: Новости. Мнения. Обучение. 2016. № 2. Т. 9. С. 77-85. EDN: WFLXIP.
21. Тимофеева Л.А., Караваева А.П., Макиева М.И., Зубков В.В., Рюмина И.И., Байбарина Е.Н., Дегтярев Д.Н. Базовая помощь доношенному новорожденному в родильном зале и объем мероприятий в послеродовом отделении. Обновленные клинические рекомендации // Неонатология: новости, мнение, обучение. 2024. Т. 12. № 2. С 73-81. DOI: 10.33029/2308-2402-2024-12-2-73-81.
22. Schwartz P.J., Garson Jr.A., Paul T., Stramba-Badiale M., Vetter V.L., Villain E., Wren C. Guidelines for the interpretation of the neonatal electrocardiogram // Eur. Heart J. 2002.Vol. 23. Is. 17. P. 1329–1344. DOI: 10.1053/euhj.2002.3274.
23. Кораблева Н.Н., Кораблев А.В., Макаров Л.М., Котлукова Н.П. Циркадная динамика ритма сердца и интервал QT у новорожденных различного гестационного возраста по данным холтеровского мониторирования электрокардиограммы. Неонатология: новости, мнения, обучение. 2016. № 4. С. 55-63. EDN: XIPNQJ.
24. Неонатология: национальное руководство: в 2 т./ под ред. Н.Н. Володина, Д.Н. Дегтярева. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2023. Т. 1. 752 с. ISBN: 978-5-9704-7828-8. DOI: 10.33029/9704-7828-8-NNG-2023-1-752.
25. Макаров Л.М., Киселева И.И., Комолятова В.Н., Федина Н.Н. Новые нормы и интерпретации детской электрокардиограммы // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского.

2015. Т. 94. № 2. С. 63-68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-normy-i-interpretatsii-detskoy-elektrokardiogrammy> (дата обращения: 08.10.2025).
26. Макаров Л.М. ЭКГ в педиатрии. 3-е изд. М. Медпрактика-М, 2013. 696 с. ISBN: 978-5-98803-297-7.
27. Белова Ю.Н., Тарасова А.А., Подкопаев В.Н., Острейков И.Ф. Постгипоксическая ишемия миокарда у новорожденных детей: диагностика и терапия тяжелых форм. Анестезиология и реаниматология. 2012. Т. 1. С. 65 – 68. EDN: PEOLOV.
28. Джаффарова О.Ю., Свинцова Л.И., Созинова Т.А., Врублевский А.В., Завадовский К.В., Гуля М.О., Картофелева Е.О., Якимова Е.В. Анализ причин изменений сегмента ST на электрокардиограмме у детей: подходы к диагностике и лечению. Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2025. Т. 40. № 2. С. 92-103. DOI: 10.29001/2073-8552-2025-40-2-92-103.
29. Сукало А.В, Ткаченко А.К., Хрусталева Е.К., Чичко А.М., Марочкина Е.М. Транзиторные нарушения сердечно-сосудистой системы у новорожденных // Журнал Гродненского ГМУ. 2015. № 3 (51). С. 5–11. URL: <https://medj.rucml.ru/journal/4a4752534d552d41525449434c452d323031352d302d332d35312d302d352d3131>.
30. Миклашевич И.М., Школьников М.А., Калинин Л.А., Абдулатипова И.В., Осокина Г.Г., Деев А.Д., Блинова А.В., Дроздова А.И., Лебедькова С.Е., Муратов Р.А., Вережкина О.Н., Тимукова А.К., Лунегова Е.В., Козлова Л.В., Свинцова Л.И., Холмякова О.И., Ашеулова Н.Л. Нормальные значения временных параметров ЭКГ у детей по результатам клинко-эпидемиологического исследования "ЭКГ-скрининг детей и подростков Российской Федерации" // Кардиология. 2009. Т. 49. № 10. С. 47-54. EDN: NYBZHT.
31. Тумаева Т.С., Балыкова Л.А. Новорожденные группы высокого риска и электрофизиологическая активность сердца в период ранней адаптации // Вопросы современной педиатрии. 2014. Т. 13. № 1. С. 141-146. DOI: 10.15690/vsp.v13i1.925.
32. Wu T.W., Noori S. Recognition and management of neonatal hemodynamic compromise // Pediatr/ Neonatol. 2021. Vol. 62. № 1. P. 22-29.
33. Безкаравайный Б.А., Соловьева Г.А., Репина Г.И., Максименко Ю.В. Особенности сердечного ритма у недоношенных новорожденных с перинатальным поражением центральной нервной системы. 2010. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-serdechnogo-ritma-u-nedonoshennyh-novorozhdennyh-s-perinatalnym-porazheniem-tsentralnoy-nervnoy-sistemy> (дата обращения: 10.06.2025).

34. Oliveira V., Rosenberg W., Montaldo P., Adjei T., Mendoza J., Shivamurthappa V., Mandic D., Thayyil S. Early Postnatal Heart Rate Variability in Healthy Newborn Infants // *Front. Physiol.* 2019. Vol. 10. P. 922. DOI: 10.3389/fphys.2019.00922.
35. Грищенко О.О., Бродовская Т.О., Гришина И.Ф., Перетолчина Т.Ф. Потенциальные аритмогенные механизмы внезапной смерти у пациентов с синдромом обструктивного апноэ сна // *Русский медицинский журнал.* 2017. № 14. С. 1052-1056. EDN: ZMYNNH.
36. Руководство по перинатологии в 2 томах / под ред. Д.О. Иванова. Т. 2. 2-е издание, исправ и допол. СПб. Информ-Навигатор. 2019. 1592 с. ISBN: 978-5-9065572-31-8.
37. Ковалёв И.А., Усенков С.Ю., Свинцова Л.И. Нарушения ритма сердца у новорожденных и детей раннего возраста: характер течения и перинатальные факторы риска возникновения аритмий // *Бюллетень сибирской медицины.* 2013. Т. 12. № 6. С. 31–37. DOI: 10.20538/1682-0363-2013-6-31-37.
38. Кожевникова М.В., Беленков Ю.Н. Биомаркеры сердечной недостаточности: настоящее и будущее // *Кардиология.* 2021. Т. 61. № 5. С. 4–16. DOI: 10.18087/cardio.2021.5.n1530.
39. Масленникова И.Н., Бокерия Е.Л., Иванец Т.Ю., Казанцева И.А., Дегтярев Д.Н. Опыт применения натрийуретического пептида в комплексной диагностике и лечении новорожденных с сердечной недостаточностью // *Педиатрия им. Г.Н. Сперанского.* 2020. Т. 99. № 3. С. 16–22. DOI: 10.24110/0031-403X-2020-99-3-16-22.
40. Вахлова И.В., Саперова Е.В. Прогностическая роль мозгового натрийуретического пептида у детей первого года жизни с врожденными пороками сердца: проспективное когортное исследование // *Российский педиатрический журнал.* 2020. № 1(2). С. 10–17. DOI: 10.15690/rpj.v1i2.2088.
41. Бударова К.В., Шмаков А.Н. Значимость маркеров транзиторной ишемии миокарда и гемодинамической перегрузки у новорожденных в критическом состоянии // *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2022. Т. 19. № 5. С. 79-86. DOI: 10.21292/2078-5658-2022-19-5-79-86.
42. Масленникова И.Н., Бокерия Е.Л., Казанцева И.А., Иванец Т.Ю., Дегтярев Д.Н. Диагностическое значение определения уровня натрийуретического пептида при сердечной недостаточности у новорожденных детей // *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* 2019. Т. 64. № 3. С. 51–59. DOI: 10.21508/1027–4065–2019–64–3–51–59.
43. Николаева Е.А. Недостаточность карнитина – звено патогенеза метаболических заболеваний у детей // *Практика педиатра.* 2024. № 4. С. 23-29. EDN: IMUIVS.

44. Балыкова Л.А., Гарина С.В., Назарова И.С., Буренина Л.В. Оценка эффективности применения Элькара (L-карнитин) у недоношенных новорожденных // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 26. № 2. С. 168–179. DOI: 10.15507/0236-2910.026.201602.168-179.
45. Гармаева В.В., Дементьева Г.М., Кушнарера М.В., Байдакова Г.В., Сухоруков В.С., Кешишян Е.С., Захарова Е.Ю. Нарушения карнитинового обмена у недоношенных новорожденных детей с «вентилятор-ассоциированной» пневмонией // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2019. Т. 64. № 4. С. 45-51. DOI: 10.21508/1027-4065-2019-64-4-45-51.
46. Guideri F., Acampa M., Hayeck Y., Zappella V. Effect of acetyl-Lcarnitine on cardiac dysautonomia in Rett syndrom: prevention of sudden death? // *Pediatr Cardiol*. 2005. Vol. 26. P. 574-577. DOI: 10.1007/s00246-005-0784-z.
47. Oyanagi E., Yano H., Kato Y., Fujita H., Utsumi K., Sasaki J. L-Carnitine suppresses oleic acid-induced membrane permeability transition of mitochondria // *Cell Biochem Funct*. 2008. Vol. 7. P. 778-86. DOI: 10.1002/cbf.1506. PMID: 18683897.
48. Звягина В.И., Урясьев О.М., Бельских Э.С., Медведев Д.В. Влияние карнитина хлорида на функциональное состояние митохондрий в условиях дефицита оксида азота (II) // Пермский медицинский журнал (сетевое издание "Perm medical journal"). 2015. Т. 32. № 3. С. 108-114. DOI: 10.17816/pmj323108-114.
- 49.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.