



Горячко А.Н.¹ ✉, Сукало А.В.¹, Иванова Е.В.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

² Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», Минск, Беларусь

Прогностическая значимость показателей эхокардиографии, ассоциированных с развитием острой сердечной недостаточности у новорожденных с врожденной пневмонией на первой неделе жизни

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, сбор материала, обработка, написание текста – Горячко А.Н.; концепция и редактирование – Сукало А.В.; сбор материала – Иванова Е.В.

Подана: 19.01.2022

Принята: 18.04.2022

Контакты: goryachko1966@mail.ru

Резюме

Введение. Проведен анализ параметров эхокардиографии у 281 новорожденного с различной массой тела.

Цель. Определить прогностическую значимость показателей эхокардиографии, ассоциированных с развитием острой сердечной недостаточности у новорожденных с врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде.

Материалы и методы. В первую исследуемую группу вошли 53 доношенных новорожденных с врожденной пневмонией, во вторую – 55 младенцев с низкой массой тела при рождении, синдромом дыхательных расстройств и врожденной пневмонией, в третью – 57 недоношенных новорожденных с очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении, синдромом дыхательных расстройств и врожденной пневмонией. Контрольную группу составили 63 здоровых доношенных новорожденных, группу сравнения – 53 условно здоровых недоношенных с низкой массой тела при рождении и синдромом дыхательных расстройств.

Результаты. Установлены статистически значимо низкие показатели эхокардиографии недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией по сравнению с группой условно здоровых недоношенных: значения ударного индекса ($OR=3,94$ ($3,2-4,86$)), сердечного индекса ($OR=5,10$ ($4,10-6,34$)), минутного объема кровообращения ($OR=13,62$ ($11,58-16,02$)) и растяжимости правого желудочка ($OR=25,50$ ($21,14-30,74$)) на фоне высокого общего периферического сопротивления ($OR=13,62$ ($11,58-16,02$)).

Выводы. Прогностически значимыми показателями эхокардиографии, ассоциированными с развитием острой сердечной недостаточности у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде, являются низкие значения ударного индекса (<26 мл/м²), сердечного индекса ($<3,4$ л/мин/м²), минутного объема кровообращения ($<0,57$ л/мин), растяжимости

правого желудочка ($<7,8 \text{ мм}^2/\text{мм рт. ст.}$) на фоне высокого общего периферического сопротивления ($>900 \text{ дин}\cdot\text{с}/\text{см}^5$). Полученные результаты подтверждены данными ROC-анализа: универсальным коэффициентом, равным $\chi^2=69,29$, $p<0,001$, чувствительностью – 92,1%, специфичностью – 76,4% и площадью под ROC-кривой $\text{AUC}=0,88\pm0,054$ (0,81–0,96), $p<0,001$.

Ключевые слова: новорожденные, эхокардиография, сердечная недостаточность, врожденная пневмония, ROC-анализ

Goryachko A.¹ , Sukalo A.¹, Ivanova E.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

² Republican Scientific and Practical Center "Mother and Child", Minsk, Belarus

Prognostic Significance of Echocardiography Indicators Associated with the Development of Acute Heart Failure in Newborns with Congenital Pneumonia in the First Week of Life

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept and design of the study, the collection of material, processing, writing – Goryachko A.; concept and editing – Sukalo A.; collection of material – Ivanova E.

Submitted: 19.01.2022

Accepted: 18.04.2022

Contacts: goryachko1966@mail.ru

Abstract

Introduction. The analysis of the parameters of echocardiography in 281 newborns with different body weights was carried out.

Purpose. To determine the prognostic significance of echocardiography indicators associated with the development of acute heart failure in newborns with congenital pneumonia in the early neonatal period.

Materials and methods. The first study group included 53 full-term newborns with congenital pneumonia. The second study group consisted of 55 infants with low birth weight, respiratory disorders syndrome and congenital pneumonia. The third study group included 57 premature newborns with very low and extremely low birth weight, respiratory disorders syndrome and congenital pneumonia. There were 63 healthy full-term newborns in the control group. In the comparison group, 53 conditionally healthy premature infants with low birth weight and respiratory disorders syndrome were observed.

Results and discussion. Compare of the echocardiography of premature newborns with congenital pneumonia with the data of the group of conditionally healthy statistically lower values of the shock index ($\text{OR}=3.94$ (3.2–4.86)), cardiac index ($\text{OR}=5.10$ (4.10–6.34)), minute blood circulation volume ($\text{OR}=13.62$ (11.58–16.02)) and right ventricular extensibility ($\text{OR}=25.50$ (21.14–30.74)) against the background of high total peripheral resistance ($\text{OR}=13.62$ (11.58–16.02)) were established.

Conclusions. Prognostic significant echocardiography indicators associated with the development of acute heart failure in premature newborns with congenital pneumonia in the early neonatal period are: low values of shock index ($<26 \text{ ml/m}^2$), cardiac index ($<3.4 \text{ l/min/m}^2$), minute blood circulation volume ($<0.57 \text{ l/min}$), right ventricular extensibility ($<7.8 \text{ mm}^2/\text{mmHg}$) against the background of high total peripheral resistance ($>900 \text{ din}\times\text{s}\times\text{cm}^{-5}$). The results obtained are confirmed by ROC analysis data: a universal coefficient equal $\chi^2=69.29$, $p<0.001$, sensitivity – 92.1%, specificity – 76.4% and the area under the ROC curve $\text{AUC}=0.88\pm0.054$ (0.81–0.96), $p<0.001$.

Keywords: newborns, echocardiography, heart failure, congenital pneumonia, ROC analysis

■ ВВЕДЕНИЕ

Состояние новорожденного в раннем неонатальном периоде характеризуется реакциями адаптации органов и систем к новым условиям окружающей среды. Функционирование сердечно-сосудистой системы после рождения зависит от своевременности закрытия фетальных коммуникаций и эффективности легочной вентилиции. Наличие ante- и интранатальной гипоксии при врожденной пневмонии приводит к дезадаптации в работе органов кровообращения как за счет нарушения нейрогуморальной регуляции сосудистого тонуса, так и за счет нарушения метаболизма в кардиомиоцитах [1, 2].

Предрасполагающими факторами в развитии врожденной пневмонии являются наличие гинекологических заболеваний и экстрагенитальной патологии у матери, особенности течения беременности и родов, что приводит к гипоксии плода, внутриутробной асфиксии с развитием патологического ацидоза и спазмом легочных сосудов. В результате легочной гипертензии у новорожденного пролонгируется закрытие овального окна и артериального протока (ОАП). Частота встречаемости этих коммуникаций у недоношенных детей с массой тела менее 1000 г составляет 42%, с массой 1000–1500 г – 21%, с массой 1500–1750 г – 7%. Длительное функционирование ОАП расценивается как порок и может потребовать хирургической коррекции [3–7].

Особенности структуры сердца, такие как небольшое по сравнению со взрослыми количество миофибрилл и молекулярная структура миозина и актина, обуславливают низкую сократительную способность со слабыми компенсаторными возможностями миокарда новорожденного. Сочетание гемодинамических нарушений и сниженной сократительной функцией приводит к развитию сердечной недостаточности (СН) [8–10].

При проведении реанимационных мероприятий у новорожденных обязательным является мониторинг гемодинамических показателей. СН расценивается как жизнеугрожающее состояние, возникшее в постнатальном периоде, и обусловлено нарушением функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) младенца. Для нормализации гемодинамических показателей назначается инфузионная и кардиотоническая терапия, эффективность которой зависит от своевременности начатого лечения [11–14].

Определение предикторов СН с использованием клинических и инструментальных методов исследования остается чрезвычайно актуальной, так как является ключом к современной диагностике врожденных пороков сердца и сердечно-легочной патологии. Единые подходы, которые включали бы общепринятую терминологию СН, классификацию, критерии тяжести с соответствующими практическими рекомендациями относительно лечения остаются нерешенными и дискуссионными [15–19].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить прогностическую значимость показателей эхокардиографии, ассоциированных с развитием острой сердечной недостаточности у новорожденных с врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено обследование 281 новорожденного, находившегося в родильном физиологическом отделении, педиатрическом отделении для новорожденных, в отделении анестезиологии и реанимации (с палатами для новорожденных детей) и педиатрическом отделении для недоношенных новорожденных ГУ «РНПЦ «Мать и дитя» в период с 2017 по 2019 год. Все новорожденные были разделены на пять групп.

В первую исследуемую группу вошли 53 доношенных новорожденных с врожденной пневмонией, родившихся в сроке гестации 39,0 (39,0–40,0) недели, массой тела 3370,0 (2980,0–3650,0) г, длиной тела 53,0 (50,0–54,0) см, окружностью головы 35,0 (34,0–35,0) см и окружностью груди 34,0 (33,0–35,0) см.

Контрольную группу составили 63 здоровых доношенных новорожденных, родившихся в сроке гестации 39,0 (39,0–40,0) недели, массой тела 3370,0 (3250,0–3620,0) г, длиной тела 52,0 (52,0–53,0) см, окружностью головы 35,0 (34,0–36,0) см, окружностью груди 34,0 (33,0–34,0) см.

При сравнении антропометрических показателей доношенных новорожденных статистических различий не выявлено.

Во вторую исследуемую группу включены 55 младенцев с низкой массой тела при рождении, синдромом дыхательных расстройств и врожденной пневмонией, родившихся в сроке гестации 35,0 (33,0–36,0) недели, массой тела 2080,0 (1870,0–2420,0) г, длиной тела 45,0 (42,0–46,0) см, окружностью головы 31,0 (31,0–33,0) см и окружностью груди 30,0 (28,0–31,0) см.

Третью исследуемую группу составили 57 недоношенных новорожденных с очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении, синдромом дыхательных расстройств и врожденной пневмонией, родившихся в сроке гестации 28,0 (27,0–29,0) недели, массой тела 980,0 (820,0–1250,0) г, длиной тела 36,0 (33,0–38,0) см, окружностью головы 26,0 (24,0–27,0) см и окружностью груди 23,0 (22,0–25,0) см.

В группу сравнения вошли 53 условно здоровых недоношенных с низкой массой тела при рождении и синдромом дыхательных расстройств, родившихся в сроке гестации 35,0 (35,0–36,0) недели, массой тела 2300,0 (2140,0–2400,0) г, длиной тела 45,0 (45,0–47,0) см, окружностью головы 32,0 (31,0–33,0) см и окружностью груди 30,0 (29,0–32,0) см.

При сравнении антропометрических показателей недоношенных новорожденных с низкой массой тела статистических различий не выявлено.

Критерии постановки диагноза «врожденная пневмония»: клинические и лабораторные данные, наличие инфильтративных теней на рентгенограмме органов грудной клетки в первые 72 часа жизни. Критериями исключения являлись: антенатально выявленные пороки развития, наличие генетических заболеваний и хромосомной патологии, рождение в результате применения вспомогательных репродуктивных технологий, пороки сердца у новорожденных, выявленные пренатально или в раннем неонатальном периоде.

Средний возраст матерей новорожденных первой исследуемой группы составил 31,2 (27,0–34,0) года, контрольной группы – 31,0 (27,0–35,0), группы сравнения – 32,0 (26,0–34,0) года, второй группы – 31,0 (27,0–34,0), третьей группы – 32,0 (29,0–35,0). Статистически значимых различий между группами не выявлено.

Комплексное эхокардиографическое (Эхо-КГ) и ультразвуковое доплерографическое исследование сердца проводилось на аппарате «Toshiba Artida (SSH-880CV)» (Япония) с 3-х по 6-е сутки жизни. Измерялись 24 стандартных параметра, принятых в отделении функциональной диагностики РНПЦ «Мать и дитя», и 16 – дополнительных, 7 показателей рассчитывались по исходным данным. Проводилась оценка частоты сердечных сокращений (Hr), размеров аорты (Ao), размеров левого предсердия (LA), длины левого предсердия (lLA), ширины левого предсердия (bLA), размеров левого желудочка (LVDd), длины левого желудочка (lLVDd), ширины левого желудочка (bLVDd), длины правого предсердия (lRA), ширины правого предсердия (bRA), размеров правого желудочка (RV), длины правого желудочка (lRV), ширины правого желудочка (bRV), толщины стенки правого желудочка (RVW), толщины межжелудочковой перегородки (IVSd), толщины задней стенки левого желудочка (LVPWd), состояния легочного клапана (PV-R), градиента давления в легочной артерии (PV-R), транстрикуспидального кровотока E, транстрикуспидального кровотока A, соотношение E/A, состояния трикуспидального клапана (TV-R), трикуспидального градиента регургитации (TV-R), систолического давления в легочной артерии (RVSP), среднего давления легочной артерии (PAAP), состояния аортального клапана (AoV-R), градиента давления в аорте (AoV-R), градиента давления в восходящей части аорты (Ao asc), градиента давления в нисходящей части аорты (Ao desc), состояния митрального клапана (MV-R), трансмитрального кровотока E, трансмитрального кровотока A, соотношение E/A, конечно-диастолического объема левого желудочка (EDV), ударного объема (SV), минутного объема кровообращения (CO), фракции укорочения (FS), фракции выброса (EF), среднего артериального давления (СрАД). Использовали методы М и 2D-режима, импульсную и непрерывную волновую, цветовую и тканевую доплеровскую визуализацию. Длину и ширину предсердий и желудочков измеряли в четырехкамерной позиции. Для сравнения эхокардиографических показателей у новорожденных разных групп проведена унификация показателей с перерасчетом на массу тела (MT), длину тела (ДТ) или площадь поверхности тела (ППТ= $0,007184 \times MT_{(кг)}^{0,425} \times DT_{(см)}^{0,725}$): ударный индекс (УИ= $SV \div ППТ$), минутный объем кровообращения (МОК= $SV \times Hr$), сердечный индекс (СИ= $МОК \div ППТ$), индекс кровообращения (ИК= $SV \times Hr \div MT$), общее периферическое сопротивление (ОПСС= $(1333 \times 60 \times СрАД \div МОК) \div 9,99$), изгоняемая фракция крови (ИФ= $SV \div EDV$), растяжимость правого желудочка (РПЖ= $lRV \times bRV \div PV-R$) [20–26].

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью пакета программ Statistica 10 и Microsoft Excel. Нормальность распределения количественных признаков оценивалась тестами Колмогорова – Смирнова и Лиллиефорса. При нормальном распределении величин рассчитывали среднее и его среднеквадратичное отклонение ($M \pm SD$) с указанием доверительного интервала ($\pm 95,5\%$ CI), критерий Стьюдента (t), при отличном от нормального – медиану (Me), интерквартильный размах ($25\%–75\%$) и интервал процентильного размаха (P) ($5\%–95\%$) критерий Манна – Уитни (U). При сравнении показателя в нескольких независимых группах использовался непараметрический критерий Краскела – Уоллиса (H) и критерий z для множественности сравнения. Для определения статистически значимых различий качественных величин использовался метод хи-квадрат Пирсона (χ^2), уточняющий критерий с поправкой Йетса (χ^2_{adj}), или точный критерий Фишера (F), уточняющий критерий – Фишер двусторонний ($F_{дв}$). При статистически значимых различиях проводился расчет отношения шансов (OR) с доверительным интервалом ($\pm 95\%$ CI). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Прогностическая ценность каждого из факторов и их совокупность оценивались с помощью бинарной логистической регрессии: универсального коэффициента, площади под ROC-кривой, чувствительности и специфичности ROC-анализа [27].

Работа выполнена в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № M17-002, сроки выполнения 18.04.2017 – 31.03.2019.

Карты обследования новорожденных детей и информированное согласие родителей на выполнение исследований были утверждены на заседании комиссии по медицинской этике ГУ «РНПЦ «Мать и дитя».

Для каждого из обследованных новорожденных получено информированное согласие законных представителей на участие в исследовании.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные заболевания у новорожденных первой исследуемой группы: врожденная пневмония (код МКБ-10: P23) – у 53 (100%), инфекционные болезни, специфичные для перинатального периода (код МКБ 10: P37, P39), – у 20 (37,7%); младенцев второй группы: врожденная пневмония – у 55 (100,0%), инфекционные болезни, специфичные для перинатального периода, – у 29 (52,7%), бронхолегочная дисплазия (БЛД) (код МКБ-10: P27.1) – у 1 (1,8%); детей третьей группы: врожденная пневмония – у 57 (100,0%), БЛД – у 37 (64,90%), инфекционные болезни, специфичные для перинатального периода, – у 27 (47,4%), сепсис новорожденного (код МКБ-10: P36) – у 9 (15,8%); младенцев в группе условно здоровых: дыхательное расстройство у новорожденного (код МКБ-10: P22) – у 37 (69,8%) и неонатальная желтуха (код МКБ-10: P59) – у 16 (30,2%) младенцев.

Осложнение основного заболевания в виде СН I–II ст. (код МКБ-10: P29.0) регистрировалось во второй исследуемой группе у 4 (7,3%), в третьей – у 34 (59,6%) младенцев. В первой исследуемой группе, группе контроля и сравнения СН не установлена.

Для доношенных новорожденных проведен сравнительный анализ показателей эхокардиографии в раннем неонатальном периоде (табл. 1).

При сравнительном анализе анатомических и функциональных показателей эхокардиографии у доношенных новорожденных исследуемой группы и группы

Таблица 1

Анализ показателей ультразвукового исследования сердца у доношенных новорожденных с врожденной пневмонией, Me (25%–75%), P (5%–95%)

Table 1

Analysis of indicators of ultrasound examination of the heart in full-term newborns with congenital pneumonia, Me (25%–75%), P (5%–95%)

Показатели	Первая исследуемая группа, n=53	Группа контроля, n=63	Статистическая значимость различий
1	2	3	4
Hr, bpm	139,0 (130,0–150,0) (119,0–159,0)	135,0 (126,0–142,0) (119,0–152,0)	U=1361,0, p=0,088
Ao, mm	10,0 (10,0–11,0) (9,0–12,0)	11,0 (10,0–11,0) (9,0–12,0)	U=1344,0, p=0,072
LA, mm	12,0 (11,0–13,0) (10,0–14,0)	13,0 (12,0–14,0) (11,0–14,5)	U=1312,0, p=0,048
ILA, mm	18,0 (17,0–19,0) (15,0–21,0)	18,0 (16,0–18,0) (16,0–20,0)	U=1439,0, p=0,202
bLA, mm	14,0 (13,0–15,0) (12,0–16,0)	14,0 (12,5–14,0) (11,0–16,0)	U=1415,0, p=0,159
LVDd, mm	19,0 (18,0–20,0) (16,5–20,0)	19,0 (18,0–19,0) (17,0–20,0)	U=1648,5, p=0,910
ILVDd, mm	28,0 (26,0–30,0) (23,0–31,0)	27,0 (26,0–28,0) (23,0–30,0)	U=1456,0, p=0,238
bLVDd, mm	18,0 (17,0–18,0) (16,0–19,0)	17,0 (17,0–18,0) (16,0–19,0)	U=1543,5, p=0,487
IRA, mm	18,0 (16,0–19,0) (15,0–20,0)	18,0 (17,0–18,0) (16,0–20,0)	U=1649,0, p=0,912
bRA, mm	14,0 (13,0–16,0) (12,0–17,0)	15,0 (14,0–16,0) (12,0–17,0)	U=1385,5, p=0,116
RV, mm	9,0 (8,0–10,0) (7,0–12,0)	9,0 (8,0–10,0) (7,0–10,0)	U=1643,0, p=0,885
IRV, mm	20,0 (19,0–20,0) (16,0–23,0)	19,0 (17,0–20,0) (16,0–23,0)	U=1313,5, p=0,049
bRV, mm	13,0 (11,0–14,0) (11,0–15,0)	12,0 (12,0–13,0) (10,0–15,0)	U=1536,5, p=0,463
RVW, mm	2,0 (1,9–2,2) (1,5–2,5)	2,0 (2,0–2,3) (1,5–2,5)	U=1350,0, p=0,077
IVSd, mm	4,0 (3,5–4,0) (3,0–4,5)	4,0 (3,5–4,0) (3,0–4,3)	U=1546,0, p=0,495
LVPWd, mm	2,8 (2,5–3,0) (2,0–3,5)	2,5 (2,5–3,0) (2,0–3,0)	U=1285,5, p=0,034
PV-R	0,50 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	0,50 (0,00–1,00) (0,00–1,00)	U=1515,5, p=0,395
PV-R, mmHg	3,0 (2,0–3,0) (2,0–3,0)	2,5 (2,0–3,0) (2,0–3,0)	U=1423,5, p=0,174
Транстрикуспидальный кровоток E, cm/s	53,0 (48,0–59,0) (41,0–68,0)	52,0 (48,0–57,0) (41,0–63,0)	U=1537,0, p=0,464
Транстрикуспидальный кровоток A, cm/s	44,0 (38,0–50,0) (32,0–60,0)	46,0 (40,0–52,0) (33,0–58,0)	U=1499,0, p=0,346
TV-R	1,0 (1,0–1,0) (0,50–1,50)	1,0 (1,0–1,0) (0,50–1,50)	U=1621,5, p=0,792



Окончание таблицы 1

TV-R, mmHg	18,0 (15,0–19,0) (14,0–22,0)	18,0 (15,0–20,0) (13,0–24,0)	U=1641,0, p=0,877
RVSP, mmHg	24,0 (22,0–26,0) (20,0–31,0)	24,0 (22,0–27,0) (20,0–30,0)	U=1518,0, p=0,403
PAAP, mmHg	13,7 (12,3–14,7) (11,4–19,0)	13,6 (12,3–14,7) (10,7–16,7)	U=1580,5, p=0,624
AoV-R	0,00 (0,00–0,50) (0,00–0,50)	0,00 (0,00–0,50) (0,00–0,50)	U=1558,0, p=0,538
AoV-R, mmHg	3,0 (3,0–3,0) (2,0–5,0)	3,0 (3,0–3,5) (2,0–4,0)	U=1556,5, p=0,533
Ao asc, mmHg	3,0 (2,0–4,0) (2,0–6,0)	3,0 (2,0–4,0) (2,0–5,0)	U=1580,5, p=0,624
Ao desc, mmHg	6,0 (4,0–7,0) (3,0–10,0)	5,0 (4,0–6,0) (3,5–8,0)	U=1410,0, p=0,151
MV-R	1,00 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	0,50 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	U=1666,5, p=0,989
Трансмитральный кровоток E, см/с	62,0 (57,0–68,0) (48,0–81,0)	59,0 (55,0–67,0) (48,0–81,0)	U=1455,0, p=0,236
Трансмитральный кровоток A, см/с	52,0 (45,0–58,0) (35,0–64,0)	54,0 (48,0–58,0) (37,0–75,0)	U=1509,5, p=0,377
EDV, mm	11,0 (10,0–12,0) (9,0–14,0)	10,0 (9,0–12,0) (9,0–13,0)	U=1479,0, p=0,292
SV, ml	8,0 (7,0–8,0) (5,0–10,0)	8,0 (7,0–8,0) (6,0–9,0)	U=1594,5, p=0,680
CO, l/min	1,00 (0,90–1,10) (0,80–1,40)	1,00 (0,90–1,10) (0,70–1,20)	U=1643,0, p=0,886
FS, %	34,0 (32,0–37,0) (30,0–42,0)	36,0 (34,0–37,0) (32,0–40,0)	U=1341,5, p=0,070
EF, %	67,0 (63,0–70,0) (60,0–75,0)	68,0 (66,0–70,0) (63,0–74,0)	U=1447,5, p=0,220
Соотношение транс- трикуспидального кровотока E/A	1,26 (1,00–1,41) (0,95–1,56)	1,14 (1,00–1,23) (0,88–1,48)	U=1387,0, p=0,118
Соотношение трансмитрального кровотока E/A	1,21 (1,00–1,41) (1,00–1,67)	1,10 (1,00–1,24) (1,00–1,59)	U=1330,0, p=0,060
УИ, мл/м ²	36,0 (31,9–40,6) (25,0–45,7)	35,8 (32,2–38,8) (27,9–45,7)	U=1624,0, p=0,803
СИ, л/мин/м ²	5,0 (4,3–5,5) (3,6–6,7)	4,8 (4,3–5,2) (3,8–5,9)	U=1456,0, p=0,238
МОК, л/мин	1,04 (0,91–1,17) (0,76–1,43)	1,02 (0,90–1,13) (0,81–1,25)	U=1613,0, p=0,756
ИК, мл/мин/кг	303,4 (270,5–362,4) (218,0–429,4)	299,2 (272,4–325,2) (231,4–378,5)	U=1466,5, p=0,262
ОПСС, дин×с×см ⁻⁵	483,1 (431,8–554,3) (352,5–667,2)	492,6 (444,8–562,9) (403,2–622,7)	U=1580,0, p=0,622
ИФ	0,70 (0,62–0,75) (0,56–0,82)	0,70 (0,67–0,78) (0,64–0,89)	U=1388,0, p=0,119
РПЖ, мм ² /мм рт. ст.	14,3 (12,4–16,6) (9,4–20,8)	13,1 (11,6–15,8) (8,4–21,5)	U=1618,0, p=0,777

контроля не выявлено статистически значимых различий, что свидетельствует о компенсаторной адаптации сердечно-сосудистой системы у доношенных новорожденных с врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде.

Для недоношенных новорожденных с различной массой тела и врожденной пневмонией проведен сравнительный анализ показателей эхокардиографии в раннем неонатальном периоде (табл. 2).

Таблица 2

Анализ показателей ультразвукового исследования сердца у недоношенных новорожденных с различной массой тела и врожденной пневмонией, Me (25%–75%), P (5%–95%)

Table 2

Analysis of indicators of ultrasound examination of the heart in premature newborns with different body weight and congenital pneumonia, Me (25%–75%), P (5%–95%)

Показатели	Третья исследуемая группа, n=57	Вторая исследуемая группа, n=55	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий
1	2	3	4	5
Hr, bpm	157,0 (149,0–165,0) (134,0–191,0)	154,0 (142,0–162,0) (126,0–180,0)	148,0 (137,0–157,0) (115,0–170,0)	H=11,8, p=0,003; Z ₂₋₄ =3,4, p=0,002
Ao, mm	7,0 (7,0–8,0) (6,0–9,0)	9,0 (8,3–10,0) (7,5–11,0)	9,0 (9,0–10,0) (8,0–11,0)	H=84,2, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,8, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,8, p<0,001
LA, mm	9,0 (9,0–10,0) (7,0–11,0)	11,0 (10,2–12,0) (8,5–14,0)	11,0 (10,0–12,0) (10,0–13,0)	H=71,8, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,3, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,0, p<0,001
ILA, mm	13,0 (12,0–14,0) (10,0–15,0)	16,0 (15,0–17,0) (12,0–19,0)	16,0 (15,0–17,0) (14,0–19,0)	H=78,1, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,1, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,9, p<0,001
bLA, mm	10,0 (9,0–11,0) (8,0–12,0)	13,0 (12,0–14,0) (10,0–14,0)	13,0 (12,0–13,0) (10,0–14,0)	H=71,6, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,7, p<0,001; Z ₂₋₄ =6,5, p<0,001
LVDd, mm	13,5 (12,0–14,0) (11,0–16,0)	17,0 (16,0–18,0) (14,0–20,0)	17,0 (16,0–18,0) (15,0–19,0)	H=97,2, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,3, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,0, p<0,001
ILVDd, mm	19,0 (18,0–20,0) (16,0–22,0)	24,0 (23,0–25,0) (19,0–29,0)	25,0 (24,0–26,0) (21,0–28,0)	H=94,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,7, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,9, p<0,001
bLVDd, mm	13,0 (12,0–14,0) (11,0–15,0)	16,0 (16,0–17,0) (13,0–18,0)	16,0 (15,0–17,0) (14,0–18,0)	H=90,1, p<0,001; Z ₂₋₃ =8,3, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,8, p<0,001
IRA, mm	12,0 (11,0–12,0) (9,0–15,0)	15,0 (14,0–16,0) (11,0–18,0)	16,0 (15,0–17,0) (13,0–18,0)	H=83,5, p<0,001; Z ₂₋₃ =6,8, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,5, p<0,001
bRA, mm	9,0 (9,0–10,0) (8,0–12,0)	12,0 (11,0–14,0) (10,0–15,0)	13,0 (12,0–14,0) (11,0–16,0)	H=88,4, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,2, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,7, p<0,001
RV, mm	6,0 (5,0–7,0) (5,0–8,0)	8,0 (7,0–9,0) (6,0–10,0)	8,0 (7,0–8,5) (6,0–10,0)	H=59,6, p<0,001; Z ₂₋₃ =6,9, p<0,001; Z ₂₋₄ =6,1, p<0,001
IRV, mm	12,0 (11,0–13,0) (10,0–15,0)	17,0 (16,0–18,0) (14,0–20,0)	17,0 (16,0–18,0) (14,0–19,0)	H=100,4, p<0,001; Z ₂₋₃ =8,9, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,2, p<0,001



Продолжение таблицы 2

bRV, mm	8,0 (7,0–8,0) (6,0–9,0)	11,0 (9,5–11,0) (8,0–13,0)	10,0 (10,0–11,0) (8,0–13,0)	H=86,4, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,9, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,9, p<0,001
RVW, mm	1,5 (1,4–1,8) (1,0–2,2)	1,8 (1,7–2,0) (1,4–2,6)	1,9 (1,7–2,0) (1,3–2,5)	H=22,0, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,6, p<0,001; Z ₂₋₄ =4,3, p<0,001
IVSd, mm	3,0 (2,8–3,0) (2,1–4,0)	3,0 (3,0–3,5) (2,5–4,5)	3,4 (3,0–3,7) (2,5–4,1)	H=29,2, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,9, p<0,001; Z ₂₋₄ =4,8, p<0,001
LVPWd, mm	2,0 (2,0–2,0) (1,5–3,0)	2,5 (2,0–2,5) (2,0–3,0)	2,5 (2,0–2,5) (2,0–3,0)	H=35,0, p<0,001; Z ₂₋₃ =4,2, p<0,001; Z ₂₋₄ =5,1, p<0,001
PV-R	1,0 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	0,50 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	0,50 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	H=1,7, p=0,432; Z ₂₋₃ =0,9, p=1,0; Z ₂₋₄ =1,2, p=0,737
PV-R, mmHg	2,5 (2,0–3,0) (1,0–5,0)	2,8 (2,0–3,0) (2,0–5,0)	2,5 (2,0–3,0) (1,5–5,5)	H=1,4, p=0,494; Z ₂₋₃ =0,9, p=1,0; Z ₂₋₄ =1,0, p=0,9
Транстрикуспи- дальный кровото- к E, cm/s	55,0 (51,0–62,0) (40,0–75,0)	56,0 (52,0–65,0) (42,0–75,0)	52,0 (48,0–56,0) (40,0–66,0)	H=9,6, p=0,008; Z ₂₋₃ =7,3, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,0, p<0,001
Транстрикуспи- дальный кровото- к A, cm/s	42,0 (37,0–50,0) (28,0–66,0)	49,0 (44,0–55,0) (33,0–64,0)	44,0 (38,0–48,0) (33,0–58,0)	H=11,8, p=0,003; Z ₂₋₃ =3,1, p=0,006; Z ₂₋₄ =2,8, p=0,013
TV-R	1,0 (1,0–1,0) (0,00–1,50)	1,0 (1,0–1,0) (0,50–2,00)	1,0 (1,0–1,0) (0,50–1,50)	H=2,8, p=0,249; Z ₂₋₃ =1,1, p=0,787; Z ₂₋₄ =1,2, p=0,653
TV-R, mmHg	16,0 (15,0–17,0) (14,0–21,0)	18,0 (16,0–20,0) (14,0–23,0)	17,0 (15,0–18,0) (13,0–21,0)	H=12,9, p=0,002; Z ₂₋₃ =3,5, p=0,001
RVSP, mmHg	21,0 (20,0–23,0) (19,0–27,0)	23,0 (22,0–25,0) (19,0–31,0)	22,0 (21,0–23,0) (19,0–31,0)	H=15,0, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,8, p<0,001
PAAP, mmHg	13,5 (11,9–15,1) (10,7–17,8)	14,2 (12,9–15,7) (10,7–23,5)	13,8 (12,6–14,7) (11,4–19,0)	H=3,0, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,3, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,0, p<0,001
AoV-R	0,50 (0,00–0,50) (0,00–1,00)	0,50 (0,00–0,50) (0,00–1,00)	0,00 (0,00–0,50) (0,00–0,50)	H=9,3, p=0,010; Z ₂₋₄ =2,4, p=0,043
AoV-R, mmHg	2,2 (2,0–3,0) (1,5–4,0)	3,0 (2,5–4,0) (2,0–4,5)	2,5 (2,0–3,0) (1,5–4,0)	H=9,1, p=0,01; Z ₂₋₃ =2,7, p=0,021
Ao asc, mmHg	3,0 (2,5–4,0) (1,5–6,0)	3,0 (2,0–4,0) (2,0–5,0)	3,0 (2,0–3,0) (2,0–4,0)	H=1,4, p=0,499; Z ₂₋₃ =0,6, p=1,0; Z ₂₋₄ =1,1, p=0,755
Ao desc, mmHg	5,0 (4,0–6,0) (3,0–8,0)	5,0 (4,0–7,0) (3,0–10,0)	4,0 (3,5–6,0) (3,0–8,0)	H=3,9, p=0,144; Z ₂₋₃ =1,3, p=0,609; Z ₂₋₄ =0,7, p=1,0
MV-R	1,0 (0,50–1,00) (0,00–1,50)	0,50 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	0,50 (0,50–1,00) (0,00–1,00)	H=3,8, p=0,148; Z ₂₋₃ =0,8, p=1,0; Z ₂₋₄ =1,8, p=0,217
Трансмитраль- ный кровото- к E, cm/s	68,0 (58,0–76,0) (48,0–90,0)	67,0 (61,0–78,0) (48,0–93,0)	60,0 (56,0–66,0) (48,0–76,0)	H=14,4, p<0,001; Z ₂₋₄ =2,9, p=0,01; Z ₂₋₃ =3,6, p=0,001
Трансмитраль- ный кровото- к A, cm/s	53,0 (46,0–61,0) (33,0–78,0)	61,0 (50,0–66,0) (37,0–78,0)	56,0 (48,0–59,0) (40,0–66,0)	H=8,7, p=0,013; Z ₂₋₃ =2,7, p=0,018

Окончание таблицы 2

EDV, mm	5,0 (4,0–5,0) (3,0–6,0)	9,0 (8,0–10,0) (7,0–14,0)	9,0 (7,0–10,0) (5,5–12,0)	H=101,7, p<0,001; Z ₂₋₃ =9,2, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,9, p<0,001
SV, ml	3,0 (2,9–4,0) (2,0–5,0)	6,0 (5,0–7,0) (4,3–9,0)	6,0 (5,0–7,0) (4,0–8,0)	H=103,7, p<0,001; Z ₂₋₃ =8,5, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,9, p<0,001
CO, l/min	0,50 (0,46–0,60) (0,30–0,80)	0,90 (0,70–1,00) (0,60–1,30)	0,80 (0,70–1,00) (0,60–1,20)	H=85,4, p<0,001; Z ₂₋₃ =8,4, p<0,001; Z ₂₋₄ =7,3, p<0,001
FS, %	35,0 (32,0–38,0) (28,0–43,0)	34,0 (31,0–37,0) (26,0–42,0)	34,0 (32,0–36,0) (30,0–44,0)	H=1,3, p=0,520; Z ₂₋₃ =1,1, p=0,790 Z ₂₋₄ =0,7, p=1,0
EF, %	68,0 (64,0–72,0) (58,0–78,0)	66,0 (62,0–69,0) (55,0–75,0)	67,0 (64,0–70,0) (61,0–78,0)	H=4,3, p=0,117; Z ₂₋₃ =2,1, p=0,117; Z ₂₋₄ =1,1, p=0,829
Соотношение транстрику- спидального кровотока Е/А	1,35 (1,18–1,49) (1,00–1,65)	1,22 (1,00–1,39) (0,89–1,57)	1,21 (1,06–1,38) (1,00–1,61)	H=10,7, p=0,005; Z ₂₋₃ =2,8, p=0,015; Z ₂₋₄ =2,8, p=0,014
Соотношение трансмитраль- ного кровотока Е/А	1,24 (1,13–1,46) (1,00–1,67)	1,20 (1,07–1,31) (1,00–1,48)	1,10 (1,00–1,25) (0,98–1,43)	H=16,5, p<0,001; Z ₂₋₄ =4,0, p<0,001
УИ, мл/м ²	31,1 (25,9–40,9) (16,6–55,0)	39,6 (32,0–47,5) (28,7–56,5)	38,2 (33,7–46,8) (26,5–52,9)	H=16,2, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,6, p<0,001; Z ₂₋₄ =3,3, p=0,003
СИ, л/мин/м ²	5,0 (3,9–6,4) (2,7–9,4)	6,1 (4,9–6,9) (4,1–9,3)	5,6 (4,9–6,8) (3,4–8,0)	H=8,1, p=0,018; Z ₂₋₃ =2,8, p=0,016
МОК, л/мин	0,50 (0,42–0,61) (0,27–0,72)	0,91 (0,76–1,08) (0,65–1,44)	0,92 (0,75–1,11) (0,57–1,29)	H=94,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =8,5, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,3, p<0,001
ИК, мл/мин/кг	444,9 (360,0–607,7) (251,4–1001,3)	443,8 (359,6–519,2) (282,2–734,7)	414,6 (350,4–489,3) (246,3–562,1)	H=5,0, p=0,082; Z ₂₋₃ =1,0, p=0,903 Z ₂₋₄ =2,2, p=0,076
ОПСС, дин×см ⁵	1006,7 (829,6–1200,9) (700,5–1882,0)	553,1 (467,0–663,2) (350,3–778,4)	549,4 (453,6–672,5) (391,6–892,7)	H=94,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =8,5, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,3, p<0,001
ИФ	0,67 (0,64–0,75) (0,50–1,17)	0,67 (0,63–0,73) (0,56–0,80)	0,71 (0,67–0,78) (0,60–1,33)	H=8,6, p=0,013; Z ₃₋₄ =2,9, p=0,012
РПЖ, мм ² /мм рт. ст.	5,8 (4,6–6,9) (3,7–8,4)	10,2 (8,8–11,4) (5,0–14,1)	10,2 (9,3–11,8) (7,9–14,4)	H=88,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,6, p<0,001; Z ₂₋₄ =8,6, p<0,001

При сравнительном анализе показателей эхокардиографии младенцев второй исследуемой группы с группой условно здоровых отмечались статистически более высокие значения транстрикуспидального (p=0,013) и трансмитрального (p=0,001) кровотоков. Показатели Эхо-КГ указывают на напряженность гемодинамической адаптации ССС без нарушения сократительной функций сердца у недоношенных новорожденных с низкой массой тела и врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде.

При анализе показателей Эхо-КГ младенцев третьей исследуемой группы и группы условно здоровых наблюдались статистически более низкие значения УИ



($p=0,003$), МОК ($p<0,001$), РПЖ ($p<0,001$) на фоне высокого ОПСС ($p<0,001$), что свидетельствует о наличии у недоношенных с очень низкой и экстремально низкой массой тела и врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде синдрома дезадаптации ССС с нарушением сократительной функции сердца и спазма периферических сосудов.

Для определения границ нормального колебания показателей Эхо-КГ у недоношенных новорожденных были использованы данные условно здоровых младенцев, находящихся в интервале 5–95% процентильного размаха. Выполнен

Таблица 3

Прогностическая значимость показателей эхокардиографии при гемодинамических нарушениях у недоношенных новорожденных с различной массой тела и врожденной пневмонией, абс. (%)

Table 3

Prognostic significance of echocardiography indicators in hemodynamic disorders in premature newborns with different body weight and congenital pneumonia, abs. (%)

Показатели	Исследуемые группы, n=112		Группа условно здоровых, n=53	Статистическая значимость различий	OR (± 95 CI)
	Третья группа, n=57	Вторая группа, n=55			
1	2	3	4	5	6
Ударный индекс, <26 мл/м ²	15 (13,4)		2 (3,8)	$F=0,02$ $p=0,046$	OR=3,94 (3,2–4,86)
Ударный индекс, <26 мл/м ²	14 (24,6)	1 (1,8)	2 (3,8)	$F_{дв_{2-3}}=0,11$ $p<0,001$; $F_{дв_{2-4}}=0,09$ $p=0,002$	OR ₂₋₃ =17,58 (13,54–22,81) OR ₂₋₄ =11,06 (8,37–14,62)
Сердечный индекс, $<3,4$ л/мин/м ²	10 (8,9)		1 (1,9)	$F=0,02$ $p=0,080$	OR=5,10 (4,10–6,34)
Сердечный индекс, $<3,4$ л/мин/м ²	10 (17,5)	0 (0,0)	1 (1,9)	$F_{дв_{2-3}}=0,09$ $p=0,001$; $F_{дв_{2-4}}=0,07$ $p=0,009$	OR ₂₋₄ =11,06 (8,37–14,62)
Минутного объема кровообращения, $<0,57$ л/мин	39 (34,8)		2 (3,8)	$F=0,11$ $p<0,001$	OR=13,62 (11,58–16,02)
Минутного объема кровообращения, $<0,57$ л/мин	38 (66,7)	1 (1,8)	2 (3,8)	$F_{дв_{2-3}}=0,46$ $p<0,001$; $F_{дв_{2-4}}=0,43$ $p<0,001$	OR ₂₋₃ =110,84 (75,02–163,6) OR ₂₋₄ =52,34 (35,42–77,27)
Общее периферическое сопротивление, >900 дин·с/см ⁵	39 (34,8)		2 (3,8)	$F=0,11$ $p<0,001$	OR=13,62 (11,58–16,02)
Общее периферическое сопротивление, >900 дин·с/см ⁵	38 (66,7)	1 (1,8)	2 (3,8)	$F_{дв_{2-3}}=0,46$ $p<0,001$; $F_{дв_{2-4}}=0,43$ $p<0,001$	OR ₂₋₃ =110,84 (75,02–163,6) OR ₂₋₄ =52,34 (35,42–77,27)
Растяжимость правого желудочка, $<7,8$ мм ² /мм рт. ст.	56 (50,0)		2 (3,8)	$F=0,20$ $p<0,001$	OR=25,50 (21,14–30,74)
Растяжимость правого желудочка, $<7,8$ мм ² /мм рт. ст.	48 (84,2)	8 (14,5)	2 (3,8)	$F_{дв_{2-3}}=0,49$ $p<0,001$; $F_{дв_{2-4}}=0,65$ $p<0,001$	OR ₂₋₃ =31,33 (17,05–57,53) OR ₂₋₄ =136,00 (74,23–248,91)

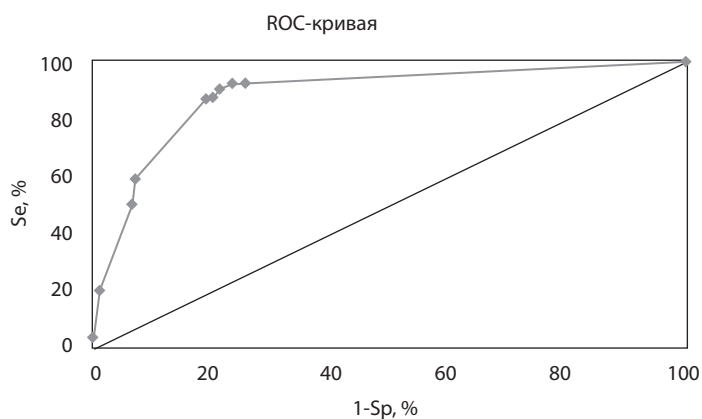
перевод количественных показателей в бинарные переменные. Выбраны следующие цифры, выходящие за границы процентильного размаха в группе сравнения: УИ <26 мл/м²; СИ <3,4 л/мин/м²; МОК <0,57 л/мин; ОПСС >900 дин·с·см⁻⁵; РПЖ <7,8 мм²/мм рт. ст. Количественные показатели, выходящие за интервал процентильного размаха условно здоровых недоношенных (для УИ <26; СИ <3,4; МОК <0,57; ОПСС >900; РПЖ <7,8), шифровались в бинарные значения как «1», находящиеся в нормативном интервале – как «0».

Для определения прогностической значимости показателей эхокардиографии у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первой неделе жизни, ассоциированных с острой сердечной недостаточностью, проведен сравнительный анализ (табл. 3).

При сравнении результатов эхокардиографии недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией с данными группы условно здоровых наблюдались значимо низкие показатели ударного индекса (OR=3,94 (3,2–4,86)), сердечного индекса (OR=5,10 (4,10–6,34)), минутного объема кровообращения (OR=13,62 (11,58–16,02)) и растяжимости правого желудочка (OR=25,50 (21,14–30,74)) на фоне высокого общего периферического сопротивления (OR=13,62 (11,58–16,02)).

В результате обработки бинарных показателей с помощью логистической регрессии и ROC-анализа получена математическая формула с универсальным коэффициентом $\chi^2=69,29$, $p<0,001$, что свидетельствует о высокой статистической значимости вышеуказанных параметров с развитием острой сердечной недостаточности у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде (см. рисунок).

По результатам ROC-анализа пяти вышеперечисленных показателей определена чувствительность и специфичность. Чувствительность, направленная на определение предиктора заболевания и отражающая долю положительных результатов, была равна 92,1%, специфичность, отражающая долю отрицательных результатов, – 76,4% с площадью под ROC-кривой AUC=0,88±0,054 (0,81–0,96), $p<0,001$.



Значимость показателей эхокардиографии при развитии острой сердечной недостаточности у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первой неделе жизни
The significance of echocardiography indicators in the development of acute heart failure in premature newborns with congenital pneumonia in the first week of life

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прогностически значимыми показателями эхокардиографии, ассоциированными с развитием острой сердечной недостаточности у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией в раннем неонатальном периоде, являются низкие значения ударного индекса ($<26 \text{ мл/м}^2$), сердечного индекса ($<3,4 \text{ л/мин/м}^2$), минутного объема кровообращения ($<0,57 \text{ л/мин}$), растяжимости правого желудочка ($<7,8 \text{ мм}^2/\text{мм рт. ст.}$) на фоне высокого общего периферического сопротивления ($>900 \text{ дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$). Полученные результаты могут быть использованы для ранней диагностики острой сердечной недостаточности у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первой неделе жизни.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Volodin N.N., Mukhina J.G. (ed.) (2011) *Detskie bolezni* [Children diseases]. Moscow: «Dynastia». (in Russian)
- Shabalov N.P. (2004) *Neonatologiya: Uchebnoe posobie: v 2 t.* [Neonatology: training manuals in 2 vol.]. Moscow: Medpressinform. (in Russian)
- Harachka A.N., Sukalo A.V. (2019) Prognosticheskaja model' dlja opredelenija verojatnosti razvitiya vrozhdennoj pnevmonii u donoshennyh novorozhdennyh [Predictive model for determining the likelihood of developing congenital pneumonia in term infants]. *Zdorov'ja diti, vol. 14*, no 4, pp. 256–261. doi: 10.22141/2224-0551.14.4.2019.174040
- Harachka A.N., Sukalo A.V. (2021) Prognosticheskaja model' dlja opredelenija verojatnosti razvitiya vrozhdennoj pnevmonii u nedonoshennyh novorozhdennyh s nizkoj massoj [Predictive model for determining the likelihood of developing congenital pneumonia in premature infants with low birth weight]. *Vesci Nacyjanal'naj akademii navuk Belarusi. Seryja medycynskih navuk*, vol. 18, no 2, pp. 228–233. doi: 10.29235/1814-6023-2021-18-2-228-233.
- Tkachenko A.K., Ustinovich A.A. (ed.) (2021) *Neonatologiya* [Neonatology]. Minsk: Vyshejschaya shkola. (in Russian)
- Patel M.D. et al. (2019) Echocardiographic assessment of right ventricular afterload in preterm infants: maturational patterns of pulmonary artery acceleration time over the first year of age and implications for pulmonary hypertension. *JASE*, vol. 32, no 7, pp. 884–894. doi.org/10.1016/J.ECHO.2019.03.015
- Syamasundar Rao P. (2018) The role of echocardiography in the evaluation of preterm infants with patent ductus arteriosus. *Congenital cardiology today*, vol. 16, no 4, pp. 1–10.
- Yunlong S. et al. (2021) Exploring the NT-proBNP expression in premature infants with patent ductus arteriosus (PDA) by echocardiography. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, vol. 36, no 6, pp. 1615–1619. doi: doi.org/10.12669/pjms.37.6-WIT.4853
- Shanin V.Y. (2018) *Patofiziologija kriticheskikh sostojanij* [Pathophysiology of critical conditions]. SPb.: Medizdat-SPb. (in Russian)
- Shkarin N. et al. (2019) Aspects of diagnostics of neonatal pulmonary hypertension in the premature newborns. *Bulletin of Science and Practice*, vol. 5, no 7, pp. 40–46. doi.org/10.33619/2414-2948/44/04
- Savchenko O.A., Pavlina E.B., Polyanskaya N.A., Kirshina I.A., Gubich A.A., Chuprik Yu.V. (2021) Prognosticheskaja cennost' biomarkerov serdechnoj nedostatochnosti v ocenke kardial'noj disfunkcii u ploda i novorozhdenного [Prognostic value of heart failure biomarkers in the assessment of cardiac dysfunction in the fetus and newborn]. *Ros. Vestn. Perinatol. i Pediatr.*, vol. 66, no 2, pp. 41–48. doi: 10.21508/1027-4065-2021-66-2-41-48
- Midgett M., Thornburg K., Rugonyi S. (2017) Blood flow patterns underlie developmental heart defects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, vol. 312, no 3, pp. 632–642. doi: 10.1152/ajpheart.00641.2016
- Toyoshima K., Kawataki M., Ohyama M., Shibasaki J., Yamaguchi N., Hoshino R. (2013) Tailor-made circulatory management based on the stress-velocity relationship in preterm infants. *J Formos Med Assoc*, vol. 112, no 9, pp. 510–517. doi: 10.1016/j.jfma.2013.02.011
- Giussani D.A., Camm E.J., Niu Y., Richter H.G., Blanco C.E., Gottschalk R., Blake E.Z. (2012) Developmental programming of cardiovascular dysfunction by prenatal hypoxia and oxidative stress. *PLoS One*, vol. 7, no 2, pp. 31017. doi: 10.1371/journal.pone.0031017
- Senatorova A.S., Gonchar' M.A., Boychenko A.D. (2012) Sindrom serdechnoj nedostatochnosti u novorozhdennyh [Heart failure syndrome in newborns]. *Ditjachijskij likar*, vol. 7, no 20, pp. 12–16.
- Vazemiller O.A., Vaganov A.A., Golubenko N.K., Aksanova R.Kh., Salmina A.B., Emelyanchik E.Yu. (2019) Diagnostika povrezhdenija miokarda u nedonoshennyh detej s tranzitornoj ishemiej serdca v rannem neonatal'nom periode [Diagnostics of myocardial damage in premature newborns with transient heart disease in the early neonatal period]. *Ros. Vestn. Perinatol. i Pediatr.*, vol. 64, no 5, pp. 38–43. doi: 10.21508/1027-4065-2019-64-5-38-43
- Levy P.T., Tissot C., Horsberg Eriksen B., Nestaas E., Rogerson S., McNamara P.J. European Special Interest Group «Neonatologist Performed Echocardiography» (NPE) (2018). Application of Neonatologist Performed Echocardiography in the Assessment and Management of Neonatal Heart Failure unrelated to Congenital Heart Disease. *Pediatr Res*, vol. 84, no 1, pp. 78–88. doi: 10.1038/s41390-018-0075-z
- McMurray J.J., Adamopoulos S., Anker S.D. et al. (2012) ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. Heart. J.*, vol. 33, pp. 1787–1847. doi: 10.1093/eurheartj/ehs104
- Kantor P.F. et al. (2013) Presentation, diagnosis, and medical management of heart failure in children: Canadian Cardiovascular Society guidelines. *Can. J. Cardiol.*, vol. 29, no 12, pp. 1535–1552. doi: 10.1016/j.cjca.2013.08.008
- Vorobyov A.S., Zimina V.Y. (2015) *Jehokardiografija u detej i vzroslyh: ruk. dlja vrachej* [Echocardiography in children and adults: a guide for physicians]. SPb.: SpecLit. (in Russian)

21. Hapiy H.H., Kassil' V.L., Sapicheva Y.Y., Lopatin A.F., Hapiy I.H., Petrovskaya E.L., Fillipovskaya Z.S., Zhgulev D.A. (2014) Monitoring gemodinamiki kriticheskikh sostojanij (ostroyj respiratornyj distress-sindrom, tjazhelyj sepsis) i agressivnyh metodov respiratornoj podderzhki (posobie dlja vrachej) [Monitoring the hemodynamics of critical conditions (acute respiratory distress syndrome, severe sepsis) and aggressive respiratory support methods (manual for doctors)]. M., MONIKI. (in Russian)
22. Kraeva O.A., Kovalev V.V., Permyakova Y.A. (2013) Jehokardiograficheskie harakteristiki serdca u nedonoshennyh novorozhdennyh pri tranzitornoj legochnoj gipertenzii [Echocardiographic characteristics of the heart in premature infants with transient pulmonary hypertension]. Rossijskij vestnik akushera-ginekologa, vol. 13, no 5, pp.48–52.
23. Medvedev M.V., Jenti F. (2008) Osnovy jehokardiografii ploda [Fundamentals of Fetal Echocardiography]. M.: Real Time (in Russian).
24. Clainman S.C., Seri I., Polin R.A. (ed.) (2015) Gemodinamika i kardiologija. Problemy i protivorechija v neonatologii [Hemodynamics and Cardiology. Problems and controversies in neonatology]. M.: Logosfera. (in Russian)
25. Zmitrovich O.A., Kushnerev M.I., Ivanovskaya M.I. (2010) Osnovnye pokazateli razмеров serdca i gemodinamiki u detej i vzroslyh pri jehokardiografii [The main indicators of the size of the heart and hemodynamics in children and adults with echocardiography]. Minsk: BelMAPO. (in Russian)
26. Sokolov A.A., Martinkevich G.I. (2014) Sopostavlenie rezul'tatov fetal'noj i postnatal'noj jehokardiografii [Comparison of fetal and postnatal echocardiography results]. Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii, vol. 59, no 3, pp. 66–70.
27. Petri A., Sabin K., Leonov V.P. (ed.) (2015) Nagljadnaja medicinskaja statistika [Clear medical statistics]. GJeOTAR-Media. (in Russian)