

DOI: <https://doi.org/10.17816/RFD641961>

EDN: SLJZXA



Прогнозирование риска развития кардиоваскулярных нарушений у детей с бронхолегочной дисплазией

Ж.А. Царева¹, С.А. Царькова², Ю.А. Трунова², Ю.Л. Белкина²¹ Детская городская клиническая больница № 9, Екатеринбург, Россия;² Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Известны респираторные, неврологические и иные исходы бронхолегочной дисплазии у детей, однако частота и тяжесть развития кардиоваскулярных нарушений подлежат дополнительному изучению.

Цель — установить критерии риска развития кардиоваскулярных нарушений у детей с бронхолегочной дисплазией и разработать математическую модели прогнозирования этих нарушений.

Материалы и методы. Проанализирована 1931 медицинская карта пациентов, выписанных из перинатальных центров. В итоговый анализ включено 274 первичных документа. Основная группа разделена на две подгруппы: 91 ребенок с кардиоваскулярными нарушениями и 46 детей без них. Анализировали 225 показателей перинатального анамнеза, лабораторной и функциональной диагностики. Статистическая обработка данных осуществлена с помощью SPSS, дискриминантного и корреляционного анализов.

Результаты. Кардиоваскулярные нарушения к 3 мес. жизни, выявленные у 66,4% детей с бронхолегочной дисплазией, были представлены морфологическими изменениями: функционирующим овальным окном, открытым артериальным протоком, задержкой сроков их закрытия. Регистрировали недостаточность кровообращения, транзиторную легочную гипертензию и сочетания кардиоваскулярных нарушений.

Установлены девять значимых факторов риска развития кардиоваскулярных нарушений: открытый артериальный проток, срок гестации до 32 нед., использование двух доз сурфактанта, срок постановки на учет по беременности, длительность искусственной вентиляции легких и кислородозависимость более 28 сут, церебральная ишемия III–IV степеней, тяжелая ретинопатия, масса тела менее 1 кг.

Получена формула, позволяющая прогнозировать низкий, средний или высокий риск развития кардиоваскулярных нарушений (98%).

Заключение. У детей с бронхолегочной дисплазией в возрасте 3 мес. рассчитанный индивидуальный уровень риска развития кардиоваскулярных нарушений позволит реализовать дифференцированный подход к предотвращению возможности поражения сердца и сосудов.

Ключевые слова: прогнозирование; риск; кардиоваскулярные нарушения; бронхолегочная дисплазия; дети.

Как цитировать

Царева Ж.А., Царькова С.А., Трунова Ю.А., Белкина Ю.Л. Прогнозирование риска развития кардиоваскулярных нарушений у детей с бронхолегочной дисплазией // Российский семейный врач. 2025. Т. 29. № 1. С. 27–34. DOI: 10.17816/RFD641961 EDN: SLJZXA

DOI: <https://doi.org/10.17816/RFD641961>

EDN: SLJZXA

Prediction of Cardiovascular Risk in Infants with Bronchopulmonary Dysplasia

Zhanna A. Tsareva¹, Sofya A. Tsarkova², Yuliya A. Trunova², Yuliya L. Belkina²¹ Children's City Clinical Hospital No. 9, Yekaterinburg, Russia;² Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Respiratory, neurological and other outcomes of bronchopulmonary dysplasia in infants are well documented. However, the incidence and severity of cardiovascular abnormalities require further research.

AIM: The aim of the study was to establish cardiovascular risk criteria in infants with bronchopulmonary dysplasia and develop a mathematical model to predict cardiovascular abnormalities.

METHODS: A total of 1931 perinatal discharge records were analyzed. The final analysis included 274 source records. The main group was divided into two subgroups: 91 infants with cardiovascular abnormalities and 46 infants without cardiovascular abnormalities. The analysis included 225 parameters of perinatal history, laboratory and functional diagnostic tests. Discriminant and correlation analyses were performed using SPSS for statistical data processing.

RESULTS: Cardiovascular abnormalities were found in 66.4% of infants with bronchopulmonary dysplasia at 3 months of age and were represented by morphological changes such as functional patent foramen ovale, patent ductus arteriosus, and prolonged exposure to these conditions. Circulatory failure, transient pulmonary hypertension and combinations of cardiovascular abnormalities were reported.

Nine significant cardiovascular risk factors were identified, such as patent ductus arteriosus, gestational age ≤ 32 weeks, use of two doses of surfactant, time of prenatal care enrollment, duration of mechanical ventilation and oxygen dependence > 28 days, grade III–IV cerebral ischemia, severe retinopathy, body weight < 1 kg.

A formula was developed to predict a low, moderate, or high cardiovascular risk (98%).

CONCLUSION: In infants with bronchopulmonary dysplasia at 3 months of age, estimated individual cardiovascular risk helps differentiate the approach to preventing heart and blood vessel damage.

Keywords: prediction; risk; cardiovascular abnormalities; bronchopulmonary dysplasia; infants.

To cite this article

Tsareva ZhA, Tsarkova SA, Trunova YuA, Belkina YuL. Prediction of Cardiovascular Risk in Infants with Bronchopulmonary Dysplasia. *Russian Family Doctor*. 2025;29(1):27–34. DOI: 10.17816/RFD641961 EDN: SLJZXA

ОБОСНОВАНИЕ

Бронхолегочная дисплазия (БЛД) — хроническое диффузное паренхиматозное (интерстициальное) заболевание легких, развивающееся у недоношенных новорожденных в исходе респираторного дистресс-синдрома и/или недоразвития легких, диагностируемое на основании кислородозависимости в возрасте 28 сут жизни и/или 36 нед. постконцептуального возраста, стойкого паренхиматозного поражения легких, подтверждаемого при исследовании газов крови и рентгенографии органов грудной клетки. БЛД опасна развитием осложнений, таких как хроническая и острая дыхательная недостаточность, белково-энергетическая недостаточность, легочная гипертензия, легочное сердце, артериальная гипертензия), характеризуется регрессом клинических проявлений по мере роста ребенка при персистенции морфологических изменений легочной ткани и нарушений функции внешнего дыхания [1].

Клинически БЛД проявляется кислородозависимостью после 28 дней жизни, бронхиальной обструкцией и признаками дыхательной недостаточности [2]. Согласно сведениям отечественных и зарубежных источников частота встречаемости БЛД в разных регионах варьирует от 5 до 97% среди новорожденных с массой тела менее 1500 г [3–5]. Несмотря на достижения в лечении недоношенных пациентов, включая применение сурфактанта и искусственную вентиляцию легких (ИВЛ), распространенность БЛД остается высокой [6]. Анализ состояния 24 896 младенцев, проведенный в 715 больницах США в рамках сети Vermont Oxford Network в 2018 г., показал, что 10,3% (2574) детей с БЛД не дожили до 36-недельного постконцептуального возраста. За период 2003–2016 гг. доля выживших детей с БЛД увеличилась с 46 до 52%, а общая выживаемость — с 81 до 92% [7]. Подавляющее большинство случаев приходится на новорожденных с массой тела 1250 г и менее. Частота БЛД у недоношенных с гестационным возрастом 28 нед. и менее достигает 40%, риск увеличивается с уменьшением срока гестации [8]. Дети с легкой и среднетяжелой БЛД, как правило, выздоравливают. Хорошо изучены респираторные, неврологические и иные последствия БЛД, но частота и тяжесть развития кардиоваскулярных нарушений (КВН) подлежат дополнительному изучению.

Актуальность исследования КВН у пациентов с БЛД заключается в оценке их влияния на течение заболевания и долгосрочные исходы, что важно для прогнозирования исходов болезни и оптимизации тактики ведения пациентов. Легочная гипертензия является распространенным осложнением БЛД с высокой смертностью [9]. Сопутствующие состояния, такие как преходящая артериальная гипертензия или открытые фетальные коммуникации, могут усугублять течение БЛД, ухудшая функцию легких [10]. Согласно исследованиям у недоношенных детей с открытым артериальным протоком (ОАП) риск формирования

тяжелой БЛД повышен [11], что в свою очередь может приводить к задержке роста и развития [12].

По данным литературы, у подростков, ранее перенесших БЛД, возрастает риск развития хронической сердечной недостаточности [13] и системной артериальной гипертензии, особенно характерной для детей раннего возраста [14].

Таким образом, влияние БЛД на риск развития КВН в долгосрочной перспективе остается недостаточно изученным. Углубление понимания этих механизмов и разработка эффективных критериев прогнозирования развития КВН поможет улучшить кардиоваскулярные исходы у пациентов с БЛД в анамнезе.

Цель — установить критерии риска развития КВН у детей с БЛД и разработать математическую модель прогнозирования этих нарушений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения цели исследования методом сплошной выборки сформирована когорта из 1931 пациента с БЛД, отобранного из перинатальных центров г. Екатеринбурга.

В исследование включены медицинские документы детей по критериям гестационного возраста 28–32 нед. и наличия информированного согласия родителей или законных представителей на участие в исследовании. В итоговый анализ вошли 274 медицинские карты на момент выписки из перинатальных центров: 137 детей с БЛД (основная группа) и 137 недоношенных детей без БЛД с респираторным дистресс-синдромом (контрольная группа). Средний постконцептуальный возраст детей на момент выписки составил 2,6 (1,5–3,1) мес. в основной группе и 0,73 (0,57–1,0) мес. в контрольной группе. Критерии не включения в основную группу: наличие пороков развития легких, гемодинамически значимые тяжелые врожденные пороки сердца и сосудов, патология центральной нервной системы с потребностью в ИВЛ.

Для анализа использованы 225 различных показателей, содержащихся в медицинских картах пациентов, включая данные перинатального анамнеза, неонатального периода, сопутствующих и фоновых заболеваний, лабораторной и функциональной диагностики.

Основная группа из 137 детей разделена на две подгруппы. В первую подгруппу вошли дети с КВН ($n=91$; 66,4%), включая 42,8% человек с легкой формой БЛД, 37,3% — со среднетяжелой и 19,7% — с тяжелой. Вторую группу составили дети без КВН ($n=46$; 33,6%), включая 54,3, 28,2 и 17,3% детей с легкой, среднетяжелой и тяжелой формами БЛД соответственно. Статистически достоверные различия в подгруппах по форме тяжести БЛД отсутствовали ($p > 0,05$).

Для статистической обработки полученных данных использовали персональный компьютер и пакет прикладных программ Microsoft Office 2019 и SPSS for Win-

dows 20.0. Значимость различий определяли по параметрическим критериям (t -критерию Стьюдента, критерию Фишера). Вероятность ошибки цифровых данных рассматривали в пределах 1–5%. Для оценки тесноты связи исследуемых признаков и сравнения групп по частоте выявления факторов риска вычисляли отношения шансов (ОШ). Для оценки качественных признаков и значимости долей (в процентах) применяли непараметрический критерий χ^2 , для определения прогноза вероятности развития КВН — метод пошаговой линейной регрессии. Для определения независимых переменных с достоверным уровнем различия ($p < 0,05$) использовали методы дискриминантного и корреляционного анализа.

Для каждого параметра определяли его значения по наличию или отсутствию признака, присваивая соответствующий диагностический балл (1 балл — наличие признака, 0 баллов — отсутствие признака). Полученные данные использовали как вводные для вычисления канонических линейных дискриминантных функций. После регрессионного анализа рассчитывали значения этих функций для каждого пациента, что позволило определить риск развития КВН.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ медицинской документации (274 выписок из перинатальных центров) выявил у 91 из 137 детей с БЛД нарушения со стороны сердца и сосудов к 3-месячному возрасту, что составило 66,4% пациентов с БЛД. Данные нарушения были представлены морфологическими изменениями в виде пороков развития: функционирующего овального окна — 89,0%, ОАП — 31,9% и задержки сроков закрытия этих фетальных коммуникаций (2,2%).

Другая группа нарушений со стороны сердца и сосудов, обусловленная кардиоваскулярной недостаточностью, выявлена на основании результатов эхокардиографического исследования. Так, у 4,4% детей установлена транзиторная легочная гипертензия, у 29,5% — нарушение работы митрального клапана и недостаточность

кровообращения (8,7%): I степени — у 5,5%, IIA — у 2,2% и IIB — у 1,1% обследованных.

Ряд нарушений со стороны сердца и сосудов, не влияющих на кровообращение, относились к гемодинамическим изменениям: гемодинамически незначимому дефекту межжелудочковой перегородки и расширению легочной артерии.

В работе установлены сочетания функционирующего овального окна как с ОАП (20,3%), так и с нарушением работы митрального клапана (из-за его недостаточности; 8,7%), а также наличие ОАП и относительный стеноз легочной артерии (10,1%). У 8,4% пациентов наблюдали сочетание функционирующего овального окна, гемодинамически незначимого дефекта межжелудочковой перегородки и расширения легочной артерии.

Для установления факторов риска развития КВН и возможности их ранней верификации на этапе выписки детей из перинатальных центров проанализировано 225 различных показателей, содержащихся в первичной документации. Методом регрессионного анализа выделено 9 факторов риска формирования КВН при БЛД, представленных в табл. 1 в порядке убывания их значимости.

Согласно данным из табл. 1 установлено, что наиболее неблагоприятным фактором риска формирования КВН у детей с БЛД является ОАП. Следующими по значимости факторами риска формирования КВН были возраст детей со сроком гестации до 32 нед. и введение более 120 мг (1,0 мл) сурфактанта, что составило 100 мг/кг массы тела. Младенцы матерей, не вставших или поздно вставших на учет по беременности (с отсутствием первого скринингового ультразвукового исследования), также показали высокий риск формирования КВН. Кроме того, риск развития КВН был значимо высоким у детей, находившихся на ИВЛ с кислородозависимостью более 28 сут, с церебральной ишемией III–IV степеней и массой тела менее 1 кг.

Для каждого фактора рассчитана вероятность его влияния на развитие КВН с помощью ОШ: ОАП (ОШ 81,33), срока гестации до 32 нед. (ОШ 9,3), использования двух доз

Таблица 1. Факторы риска развития кардиоваскулярных нарушений у детей, по данным регрессионного анализа

Table 1. Cardiovascular risk factors in infants by regression analysis

№ п/п	Фактор риска	Отношение шансов	95% доверительный интервал	Уровень p
1	Открытый артериальный проток	81,33	10,06–620,40	$p \leq 0,001$
2	Срок гестации до 32 нед.	9,37	1,05–89,99	$p \leq 0,001$
3	Потребность в повторном введении сурфактанта (две дозы)	9,73	1,05–89,90	$p \leq 0,001$
4	Отсутствие первого пренатального скрининга у женщин	7,89	1,01–61,95	$p \leq 0,001$
5	Искусственная вентиляция легких более 28 сут	4,81	1,06–21,80	$p \leq 0,02$
6	Кислородотерапия более 28 сут	2,34	1,35–11,06	$p \leq 0,001$
7	Церебральная ишемия III–IV степеней	2,34	1,03–5,30	$p \leq 0,03$
8	Тяжелая ретинопатия	2,76	1,10–6,93	$p \leq 0,01$
9	Экстремально низкая масса тела (менее 1 кг)	2,16	1,01–4,64	$p \leq 0,01$

сурфактанта (ОШ 9,73), женщин, не вставших или поздно вставших на учет по беременности (ОШ 7,89), длительности ИВЛ более 28 сут (ОШ 4,81), кислородозависимости более 28 сут (ОШ 2,34), наличия у ребенка церебральной ишемии III–IV степеней (ОШ 2,34), тяжелой ретинопатии (ОШ 2,76), массы тела менее 1 кг (ОШ 2,16).

В ходе исследования выявлена статистически значимая связь между особенностями постановки на учет по беременности и развитием патологий у детей, находившихся на ИВЛ. Проведена сравнительная характеристика показателей у матерей, не вставших на учет по беременности, в двух группах: первая группа включала матерей детей с КВН ($n=15$), а вторая — без КВН ($n=7$). Матери первой группы отличались более высокими социальными показателями, включая наличие собственного жилья (94,0 и 56,0% соответственно; $p=0,04$) и трудоустройства (40,0 и 14,2% соответственно; $p=0,04$). В то же время только у матерей первой группы встречался вирусный гепатит В (33,3 и 0% соответственно; $p=0,01$), а также гестационный сахарный диабет (27,0 и 0% соответственно; $p=0,03$) и артериальная гипертензия (46,0 и 0% соответственно; $p<0,05$). Преэклампсию также чаще регистрировали у матерей первой группы (53,0 и 14,2% соответственно; $p<0,05$). Естественную беременность одним плодом и естественные роды наблюдали у всех женщин первой группы (100%) и только у 57% обследованных группы сравнения ($p=0,07$).

Установлена умеренная прямая корреляционная зависимость ($r=0,31$) между поздним началом наблюдения женщины во время беременности и длительностью ИВЛ у новорожденных. Кроме того, выявлена сильная прямая корреляционная зависимость ($r=0,76$) между поздней постановкой на учет по беременности и частотой развития ОАП у детей. Для определения наиболее значимых прогностических предикторов КВН у детей с БЛД применен метод множественной линейной регрессии. Путем последовательного исключения менее значимых факторов выведено уравнение регрессии с коэффициентом множественной корреляции R , равным 0,52. В ходе анализа данных оценили информативность следующих выделенных признаков и получили коэффициенты для правила прогнозирования риска развития КВН (K_i).

- применение больше 120 мг (одной дозы) сурфактанта (x_1 ; $K_i=0,0013$);
- наличие тяжелой ретинопатии (x_2 ; $K_i=0,1230$);
- ОАП (x_3 ; $K_i=0,3581$);
- недостаточный пренатальный скрининг (x_4 ; $K_i=0,2643$).

Получена формула с уровнем достоверности $p<0,0001$ для вычисления значения дискриминантной функции (Y), позволяющего прогнозировать возникновение КВН в высокой доле случаев (98%):

$$Y=1,5585-0,0013x_1-0,1230x_2-0,3581x_3+0,2643x_4,$$

где первое число — свободный член (K_{n+1} ; K_n — константа); x_1 , x_2 , x_3 , x_4 — аналитически канонические линей-

ные дискриминантные функции, обозначающие наличие или отсутствие соответствующего признака у пациентов с БЛД (1 — есть; 0 — нет).

При $Y \leq 1,65$ у детей с БЛД выявляли риск развития КВН, что обосновывает необходимость своевременной профилактической и коррекционной терапии в дальнейшем.

Установлено, что значение прогностического критерия Y от 1,46 до 1,65 соответствует низкому риску развития КВН у детей с БЛД, от 1,34 до 1,46 — среднему, а менее 1,3418 — высокому. Низкий риск (значение Y в диапазоне 1,46–1,65) развития КВН обнаружен у 27 (29,6%) детей, средний (1,34–1,46) — у 21 (23%) пациента, высокий ($Y<1,34$) — у 8 (8,7%) детей. У 35 (38,4%) человек отсутствовали данные, необходимые для определения группы риска.

Градация прогностических значений позволила выявить возможность выделения пациентов с высоким риском развития КВН и планировать персонализированные алгоритмы профилактики и лечения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Эмбриогенез легочной сосудистой системы тесно связан с формированием легких и происходит в соответствии с этапами их развития [15]. Преждевременное рождение, особенно в сроке до 28 нед., приводит к нарушению роста и развития альвеол, сосудов малого круга кровообращения, уменьшению количества альвеол с истонченными септами и капилляров при минимально выраженном фиброзе, что способствует формированию «новой» формы БЛД [16]. Воздействие внеутробной среды на незрелые легкие недоношенного новорожденного, а также их повреждение на фоне ИВЛ, образование активных форм кислорода и воспаление могут значительно нарушить развитие сосудов и привести к аномальному легочному кровообращению и в итоге возникновению такого тяжелого осложнения БЛД, как легочная гипертензия [17]. При БЛД ее сопровождают повышение сосудистого тонуса и вазореактивности, гипертензивное ремоделирование и ухудшение роста сосудов, что со временем ограничивает площадь их поверхности, вызывая дополнительное увеличение легочного сосудистого сопротивления, особенно в ответ на высокий сердечный выброс при физической нагрузке или стрессе.

С клинической точки зрения снижение площади сосудистой поверхности означает, что даже относительно небольшое увеличение сброса крови слева направо через открытое овальное отверстие, септальные дефекты или ОАП могут способствовать намного более выраженному гемодинамическому повреждению у детей грудного возраста при БЛД, чем при нормальном росте легочных сосудов [18]. В публикациях, посвященных проблемам БЛД доказано, что персистирующий ОАП у младенцев с умеренной/тяжелой БЛД связан с более тяжелым ее течением, развитием легочной гипертензии и выраженными

изменениями легких по результатам магнитно-резонансной томографии [17].

Известно, что ИВЛ с положительным давлением, применяемая у недоношенных детей, может как негативно, так и положительно влиять на функцию правого желудочка. Повышенное внутригрудное давление при ИВЛ приводит к снижению венозного возврата, способствуя уменьшению преднагрузки на правый желудочек. Напротив, неоптимальные режимы вентиляции могут увеличить пред- и постнагрузку на правый желудочек, зависящую в первую очередь от величины остаточного легочного сосудистого сопротивления, нарастающего в условиях метаболического ацидоза, повышенного парциального давления углекислого газа, гипоксемии и перерастяжения или коллапса альвеол с изменениями среднего артериального давления. Кроме того, персистенция ОАП, влияя на легочное сосудистое сопротивление, создает дополнительную нагрузку на правый желудочек [19]. Это подтверждают полученные данные о наиболее неблагоприятном влиянии ОАП на формирование КВН у детей с БЛД и позволяет учитывать его как неблагоприятный прогностический фактор риска развития БЛД у недоношенных детей в целом.

Гемодинамически значимый ОАП у недоношенных детей нарушает церебральную перфузию, вызывая тяжелые ишемические повреждения головного мозга, ухудшающие состояние сердечно-сосудистой системы, создавая порочный круг взаимного отягощения [20].

Потребность в двукратном введении дозы сурфактанта, как и в настоящем исследовании, оказалась одним из ключевых факторов, связанных с неблагоприятными исходами в отношении развития КВН. Результаты показали у детей с потребностью во введении двух доз сурфактанта более высокий риск развития БЛД и смерти, а также более длительную респираторную поддержку. Факторами риска для повторного введения сурфактанта были рождение от матерей с артериальной гипертензией в период беременности и низкая масса тела при рождении для гестационного возраста [21].

Паттерны извилистости сосудов сетчатки у недоношенных могут быть уникальными для различных состояний и иметь терапевтическое значение. Анализ сосудистых паттернов сетчатки может дать важную информацию о системных патологиях, включая КВН [22]. Именно поэтому, вполне закономерно тяжелая ретинопатия также стала значимым фактором риска формирования КВН у детей с БЛД и вошла в правило прогноза.

Доказано, что кислород жизненно необходим для поддержания дыхания у детей с БЛД. Однако применение кислорода в целевом диапазоне крайне важно, так как длительное использование высоких концентраций способствует развитию окислительного стресса. Это негативно влияет на состояние сердечно-сосудистой системы, приводит к эндотелиальной дисфункции, нарушению сосудистого тонуса и риску развития легочной

гипертензии [23]. Закономерно, что длительная кислородотерапии также вошла в прогностические критерии формирования КВН.

Несвоевременное обследование женщины во время беременности повышает вероятность развития преэклампсии, ассоциированной с нарушениями в функционировании сердечно-сосудистой системы, включая эндотелиальную дисфункцию и гипертензию. Данные материнские факторы риска могут способствовать более высокой распространенности кардиоваскулярных патологий у недоношенных младенцев, рожденных от таких матерей [24]. Отсутствие первого пренатального скрининга в исследуемой когорте детей также стало прогностически значимым в определении риска развития КВН.

Используя предложенное авторами правило прогноза, участковые педиатры и врачи общей практики, принимающие детей с БЛД для наблюдения после выписки из перинатальных центров, смогут оценить наличие факторов риска формирования КВН и рассчитать индивидуальный риск их развития с помощью прогностической формулы. Это позволит своевременно выявлять группы высокого и среднего риска и проводить в отношении них целенаправленную профилактику КВН и реабилитационные мероприятия.

Разделение пациентов на группы низкого, среднего и высокого риска формирования КВН позволит врачу дифференцированно подходить к наблюдению и лечению ребенка, сосредоточив более интенсивные меры на детях с высоким риском развития КВН, что способствует оптимизации наблюдения и профилактических/лечебных мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У недоношенных детей с БЛД отмечают высокий риск развития КВН (64,6%). В ходе исследования выявлены ключевые факторы риска развития КВН, не зависящие от тяжести БЛД. Разработанная математическая модель прогнозирования КВН позволяет эффективно оценивать риск у детей с БЛД и осуществлять дифференцированный подход к профилактике.

Особое внимание при переводе детей с БЛД на амбулаторный этап врачи общей практики и участковые педиатры должны уделять выявленным факторам риска формирования КВН.

Прогнозирование исхода БЛД с использованием разработанной формулы позволяет своевременно идентифицировать группы риска и проводить профилактические и реабилитационные мероприятия, предотвращая осложнения со стороны сердечно-сосудистой системы. Оценка долгосрочных кардиоваскулярных исходов у детей с БЛД с использованием прогностической модели представляет собой важное направление для дальнейшей практики и научных исследований в педиатрии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ж.А. Царева — разработка концепции, проведение исследования, написание черновика рукописи; Ю.А. Трунова — формальный анализ в кардиологических аспектах; С.А. Царькова — формальный анализ, пересмотр и редактирование рукописи; Ю.Л. Белкина — экспертная поддержка в вопросах бронхолегочной дисплазии. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Аркадию Афанасьевичу Лившицу за помощь в статистической обработке материала.

Этический комитет. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Уральского государственного медицинского университета (№ 1 от 24.01.2020). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной

процедуре. В рецензировании участвовали два внутренних рецензента из состава редакционной коллегии.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: Zh.A. Tsareva: conceptualization, investigation, writing the draft; Yu.A. Trunova: formal analysis of cardiologic factors; S.A. Tsarkova: formal analysis, review and editing; Yu.L. Belkina: expert assistance on issues related to bronchopulmonary dysplasia. All authors approved the version of the manuscript to be published, and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of it are appropriately reviewed and resolved.

Acknowledgments: The authors would like to thank Arkadiy A. Livshits for his assistance in the statistical data processing.

Ethics approval: The study was approved by the local ethics committee of the Ural State Medical University (No. 1 dated January 24, 2020). Written informed consent was voluntarily obtained from all participants prior to be included in the study.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors declare no commercial or non-commercial relationship, activity, or interest with any third party in the past three years that could be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published information (text, illustrations, or data) was used in this work.

Data availability statement: All study data are available in the article.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this paper.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two members of the editorial board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Schmidt AR, Ramamoorthy C. Bronchopulmonary dysplasia. *Paediatr Anaesth*. 2022;32(2):174–180. doi: 10.1111/pan.14365
- Eriksson L, Haglund B, Odland V, et al. Prenatal inflammatory risk factors for development of bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr Pulmonol*. 2014;49(7):665–672. doi: 10.1002/ppul.22881
- Kusuda S, Fujimura M, Sakuma I, et al. Morbidity and mortality of infants with very low birth weight in Japan: center variation. *Pediatrics*. 2006;118(4):e1130–1138. doi: 10.1542/peds.2005-2724
- Stoll BJ, Hansen NI, Bell EF, et al. Trends in care practices, morbidity, and mortality of extremely preterm neonates, 1993–2012. *JAMA*. 2015;314(10):1039–1051. doi: 10.1001/jama.2015.10244
- Sahni M, Mowes AK. Bronchopulmonary dysplasia. [Updated 2023 Jun 12]. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539879/>
- Poindexter BB, Feng R, Schmidt B, et al. Comparisons and limitations of current definitions of bronchopulmonary dysplasia for the Pre-maturity and Respiratory Outcomes Program. *Ann Am Thorac Soc*. 2015;12(12):1822–1830. doi: 10.1513/AnnalsATS.201504-2180C
- Walsh MC, Szeffler S, Davis J, et al. Summary proceedings from the bronchopulmonary dysplasia group. *Pediatrics*. 2006;117(3 Pt 2):S52–S56. doi: 10.1542/peds.2005-06201
- Lagatta JM, Hysinger EB, Zaniletti I, et al. The impact of pulmonary hypertension in preterm infants with severe bronchopulmonary dysplasia through 1 year. *J Pediatr*. 2018;203:218–224.e3. doi: 10.1016/j.jpeds.2018.07.035
- Valenzuela D, Moya F, Luco M, Tapia JL. The role of pulmonary hypertension on bronchopulmonary dysplasia. *Rev Chil Pediatr*. 2017;88(6):699–706. (In Spanish) doi: 10.4067/S0370-41062017000600699
- Mezu-Ndubuisi OJ, Agarwal G, Raghavan A, et al. Patent ductus arteriosus in premature neonates. *Drugs*. 2012;72(7):907–916. doi: 10.2165/11632870-000000000-00000
- Collaco JM, Romer LH, Stuart BD, et al. Frontiers in pulmonary hypertension in infants and children with bronchopulmonary dysplasia. *Pediatr Pulmonol*. 2012;47(11):1042–1053. doi: 10.1002/ppul.22609
- Bhandari A, McGrath-Morrow S. Long-term pulmonary outcomes of patients with bronchopulmonary dysplasia. *Semin Perinatol*. 2013;37(2):132–137. doi: 10.1053/j.semperi.2013.01.010

13. Starr MC, Wilson AC. Systemic hypertension in infants with bronchopulmonary dysplasia. *Curr Hypertens Rep.* 2022;24(6):193–203. doi: 10.1007/s11906-022-01179-4
14. Bjorkman KR, Miles KG, Bellew LE, et al. Patent ductus arteriosus and lung magnetic resonance imaging phenotype in moderate and severe bronchopulmonary dysplasia-pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med.* 2024;210(3):318–328. doi: 10.1164/rccm.202310-17330C
15. Barkhuizen M, Abella R, Vles JSH, et al. Antenatal and perioperative mechanisms of global neurological injury in congenital heart disease. *Pediatr Cardiol.* 2021;42(1):1–18. doi: 10.1007/s00246-020-02440-w
16. Lanciotti L, Pasqualini M, Correani A, et al. Who needs a second dose of exogenous surfactant? *J Pediatr.* 2023;261:113535. doi: 10.1016/j.jpeds.2023.113535
17. Arriola-Lopez AE, Martinez-Perez ME, Martinez-Castellanos MA. Retinal vascular changes in preterm infants: heart and lung diseases and plus disease. *J AAPOS.* 2017;21(6):488–491.e1. doi: 10.1016/j.jaapos.2017.08.004
18. Sehgal A, Ruoss JL, Stanford AH, et al. Hemodynamic consequences of respiratory interventions in preterm infants. *J Perinatol.* 2022;42(9):1153–1160. doi: 10.1038/s41372-022-01422-5 Erratum in: *J Perinatol.* 2022;42(8):1147–1148. doi: 10.1038/s41372-022-01453-y
19. Kayton A, Timoney P, Vargo L, Perez JA. A review of oxygen physiology and appropriate management of oxygen levels in premature neonates. *Adv Neonatal Care.* 2018;18(2):98–104. doi: 10.1097/ANC.0000000000000434
20. Rolnik DL, Selvaratnam RJ, Wertaschnigg D, et al. Routine first trimester combined screening for preterm preeclampsia in Australia: A multicenter clinical implementation cohort study. *Int J Gynaecol Obstet.* 2022;158(3):634–642. doi: 10.1002/ijgo.14049

ОБ АВТОРАХ

* Царева Жанна Александровна:

адрес: Россия, 620134, Екатеринбург, Решетская ул., д. 51;
ORCID: 0009-0005-6459-763X;
eLibrary SPIN: 6185-9920;
e-mail: dmb9zhanna@yandex.ru

Царькова Софья Анатольевна, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0003-4588-5909;
eLibrary SPIN: 8649-9681;
e-mail: tsarkova_ugma@bk.ru

Трунова Юлия Александровна, канд. мед. наук, доцент;

ORCID: 0000-0001-9261-4111;
eLibrary SPIN: 1938-9892;
e-mail: trunovaj@bk.ru

Белкина Юлия Львовна, канд. мед. наук, доцент;

ORCID: 0009-0000-3925-9122;
eLibrary SPIN: 2492-6800;
e-mail: ybelkina287@gmail.com

AUTHORS INFO

* Zhanna A. Tsareva, MD;

address: 51 Reshetskaya St., Yekaterinburg, 620134, Russia;
ORCID: 0009-0005-6459-763X;
eLibrary SPIN: 6185-9920;
e-mail: dmb9zhanna@yandex.ru

Sofya A. Tsarkova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0003-4588-5909;
eLibrary SPIN: 8649-9681;
e-mail: tsarkova_ugma@bk.ru

Yuliya A. Trunova, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;

ORCID: 0000-0001-9261-4111;
eLibrary SPIN: 1938-9892;
e-mail: trunovaj@bk.ru

Yuliya L. Belkina, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor;

ORCID: 0009-0000-3925-9122;
eLibrary SPIN: 2492-6800;
e-mail: ybelkina287@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author