



Горячко А.Н.¹ ✉, Устинович Ю.А.²

¹ Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

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

Применение логистического регрессионного анализа для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первом месяце жизни по данным общего анализа крови

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Горячко А.Н. – выбор тематики публикации, обзор публикаций по теме статьи, сбор данных, разработка дизайна статьи, подготовка списка литературы, написание и редактирование статьи, составление резюме; Устинович Ю.А. – разработка дизайна и редактирование статьи.

Финансирование: работа выполнена в рамках программ Министерства здравоохранения Республики Беларусь, проводимых 1-й кафедрой детских болезней учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований Национальной академии наук Беларуси, № госрегистрации: 20171040.

Подана: 24.01.2025

Принята: 04.04.2025

Контакты: goryachko1966@mail.ru

Резюме

Введение. Проведен сравнительный анализ 18 показателей общего анализа крови у 221 недоношенного новорожденного при рождении, в раннем и позднем неонатальном периоде.

Цель. Разработать математическую модель с компьютерной программой сопровождения для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первом месяце жизни по данным общего анализа крови.

Материалы и методы. Все недоношенные новорожденные были разделены на 3 группы.

Результаты. По результатам общего анализа крови недоношенных младенцев с врожденной пневмонией определены прогностические значения, позволяющие контролировать выраженность воспалительного процесса на первом месяце жизни: лейкопения ($<5 \times 10^9/\text{л}$) или лейкоцитоз (ЛПЛЦ) (на 1–2-е сутки жизни $>30 \times 10^9/\text{л}$, на 5–7-е сутки жизни $>20 \times 10^9/\text{л}$, после 7-х суток жизни $>17 \times 10^9/\text{л}$), тромбоцитопения (ТП) ($<150 \times 10^9/\text{л}$) и рассчитанного нейтрофильного индекса (НИ) ($>0,2$). Разработана математическая модель $z = -0,25 + 2,40 \text{ ТП} + 2,02 \text{ ЛПЛЦ} + 1,85 \text{ НИ}$ для вычисления вероятности $p = e^z / (1 + e^z)$ при компьютерной обработке данных и программы сопровождения с возможностью дистанционного подключения. Высокие значения отрицательного удвоенного логарифма функции правдоподобия $-2LL = 163,067$, меры определенности $R^2 = 0,457$ и достоверность критерия $\chi^2 = 80,42$, $p < 0,001$, подтверждают ее статистическую значимость. С помощью ROC-анализа определена площадь под

ROC-кривой $AUC = 0,85 \pm 0,046$ (95% ДИ 0,80–0,90), $p < 0,001$, что при точке разделения 0,854 для данной модели имеет чувствительность 73,8% и специфичность 86,8%.

Заключение. Использование в практическом здравоохранении математической модели с компьютерной программой сопровождения и возможностью дистанционно-го подключения (<http://pneu.bsmtu.by>) позволяет проводить оценку выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией на первом месяце жизни по данным общего анализа крови.

Ключевые слова: общий анализ крови, новорожденные, врожденная пневмония, математическая модель, компьютерная программа сопровождения

Harachka A.¹ , Ustsinovich Y.²

¹ Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

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

The Use of Logistic Regression Analysis to Assess the Severity of the Inflammatory Process in Premature Newborns with Congenital Pneumonia in the First Month of Life According to a General Blood Test

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Harachka A. – selection of the publication topic, review of publications on the topic of the article, data collection, design of the article, preparation of a list of references, writing and editing of the article, preparation of a summary; Ustsinovich Y. – design development and editing of the article.

Funding: the work was carried out within the framework of programs of the Ministry of Health of the Republic of Belarus conducted by the 1st Department of Childhood Diseases of the educational institution "Belarusian State Medical University" with the Belarusian Republican Foundation for Basic Research of the National Academy of Sciences of Belarus, state registration number: 20171040.

Submitted: 24.01.2025

Accepted: 04.04.2025

Contacts: goryachko1966@mail.ru

Abstract

Introduction. A comparative analysis of 18 indicators of the total blood count in 221 premature newborns at birth, in the early and late neonatal period was carried out.

Purpose. To develop a mathematical model with a computer support program to assess the severity of the inflammatory process in premature newborns with congenital pneumonia in the first month of life according to a general blood test.

Materials and methods. All premature newborns were divided into 3 groups.

Results. Based on the results of a general blood test of premature infants with congenital pneumonia, the prognostic values of the indicators were determined, allowing to control the severity of the inflammatory process in the first month of life: leukopenia ($< 5 \times 10^9/l$) or leukocytosis (LPLC) (on the 1–2 day of life $> 30 \times 10^9/l$, on the 5–7 day of life $> 20 \times 10^9/l$, after 7 days of life $> 17 \times 10^9/l$), thrombocytopenia (TP) ($< 150 \times 10^9/l$) and the calculated neutrophil index (NI) (> 0.2). A mathematical model $z = -0.25 + 2.40 TP + 2.02 LPLC + 1.85 NI$ has been developed to calculate the probability $p = e^z / (1 + e^z)$ for computer data processing and a support program with the possibility of remote connection. High values

of the negative doubled logarithm of the likelihood function $-2LL=163.067$, measures of certainty $R^2=0.457$ and the reliability of the criterion $\chi^2=80.42$, $p<0.001$, confirm its statistical significance. Using ROC analysis, the area under the ROC-curve $AUC=0.85\pm 0.046$ (95% CI 0.80–0.90), $p<0.001$, was determined, which at the separation point 0.854 for this model has a sensitivity 73.8% and specificity 86.8%.

Conclusion. A mathematical model developed with the help of logistic regression analysis with a computer support program and the possibility of remote connection (<http://pneu.bsmu.by>) according to the general blood test data, it allows assessing the severity of the inflammatory process in premature newborns with congenital pneumonia during the first month of life.

Keywords: general blood test, newborns, congenital pneumonia, mathematical model, computer support program

■ ВВЕДЕНИЕ

Приоритетным направлением социально-экономической политики ряда государств является снижение заболеваемости, инвалидизации и смертности детского населения. Использование высоких технологий в лечении и выхаживании глубоко недоношенных младенцев в последние десятилетия позволило уменьшить процент младенческой смертности. Однако это повлекло за собой повышение инвалидизации в данной категории детей, что в будущем приведет к уменьшению численности трудоспособного населения [1–3].

Применение логистического регрессионного анализа в медицине позволяет прогнозировать вероятность развития событий по сочетанию факторов риска и результатов инструментальных исследований. Данный метод используется для создания математических моделей и компьютерных программ прогнозирования развития заболеваний, клинических проявлений и результатов лечения [4–6].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработать математическую модель с компьютерной программой сопровождения для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с врожденной пневмонией (ВП) на первом месяце жизни по данным общего анализа крови.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено обследование 221 новорожденного, находившегося в отделении анестезиологии и реанимации (с палатами для новорожденных детей) и педиатрическом отделении для недоношенных новорожденных ГУ «РНПЦ «Мать и дитя». Дети поступали на лечение и выхаживание из 22 роддомов и отделений анестезиологии и реанимации учреждений здравоохранения Республики Беларусь в период с 2017 по 2022 г.

Все новорожденные были разделены на 3 группы.

Первую исследуемую группу составили 55 младенцев с ВП, низкой массой тела при рождении и синдромом дыхательных расстройств (СДР) в сроке гестации 35,0 (33,0; 36,0) недель, с 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 груди 30,0 (28,0; 31,0) см.

Во второй исследуемой группе наблюдались 113 недоношенных новорожденных с ВП, очень низкой и экстремально низкой массой тела при рождении и СДР в сроке гестации 28,0 (27,0; 30,0) недель, с массой тела 990,0 (880,0; 1350,0) г, длиной тела 36,0 (34,0; 39,0) см, окружностью головы 26,0 (25,0; 28,0) 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 СДР в сроке гестации 35,0 (35,0; 36,0) недель, с 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.

Критериями постановки диагноза ВП являлись: клинические и лабораторные данные, наличие инфильтративных теней на рентгенограмме легких в первые 72 часа жизни. Критериями исключения являлись: наличие хромосомной патологии и генетических заболеваний, антенатально выявленные пороки развития, рождение в результате применения вспомогательных репродуктивных технологий.

Данные результатов общего анализа крови получены на гематологических анализаторах Horiba ABX Pentra 60 (Франция) и Mythic 22 (Швейцария). Проведен анализ следующих параметров: эритроциты (RBC), гемоглобин (HGB), гематокрит (HCT), средний объем эритроцитов (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC), анизоцитоз эритроцитов (RDW), ретикулоциты (RTC), тромбоциты (PLT), лейкоциты (WBC), базофилы (BAS), эозинофилы (EOS), палочкоядерные нейтрофилы (RNEU), сегментоядерные нейтрофилы (SNEU), лимфоциты (LYM) и их абсолютное число, моноциты (MON), нормобласты; рассчитан нейтрофильный индекс (RNEU / (RNEU + SNEU)) [7].

Статистическая обработка данных выполнялась с помощью пакета программ Statistica 10 и Microsoft Excel. Проведен расчет медианы (Me), интерквартильный размах (25%; 75%) и интервал процентильного размаха (P) (5%; 95%) по Манну – 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 Йейтса (χ^2_{ij}) или точный критерий Фишера (F), уточняющий критерий Фишера двусторонний (Fдв). При статистически значимых различиях проводился расчет отношения шансов (ОШ) с доверительным интервалом ($\pm 95\%$ ДИ). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$ [8].

Построение ROC-кривой осуществлялось с помощью уравнения логистической регрессии. По его данным компьютерной программой рассчитывались таблицы с переменными по Вальду, позволяющие построить математическую модель (z). Выбор модели производился на основании чувствительности, специфичности, оценки площади под ROC-кривой (AUC) с доверительным интервалом ($\pm 95\%$ ДИ), учетом расчетных параметров удвоенного логарифма функции правдоподобия (-2LL) и меры определенности (R^2 Нэйджелкерка) [9].

С целью практического использования и вычисления вероятности (p) на основании ROC-анализа и полученной математической модели применялась формула $p = e^z / (1 + e^z)$ для компьютера и программ сопровождения с возможностью дистанционного подключения [10].

Карты обследования новорожденных детей и информированное согласие родителей для участия в исследовании были утверждены на заседании комиссии по медицинской этике ГУ «РНПЦ «Мать и дитя».

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование гематологических показателей выполнено на 1–2-е, 5–7-е и 19–21-е сутки жизни.

Проведен сравнительный анализ данных общего анализа крови у недоношенных новорожденных в неонатальном периоде (табл. 1–3).

По данным анализа, у недоношенных новорожденных обеих исследуемых групп при сопоставлении с группой сравнения на 1–2-е, 5–7-е и 19–21-е сутки жизни наблюдались значимо более низкие показатели RBC ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$), HGB ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$), HCT ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$), что связано с токсическим влиянием на эритропоэз и повышенным разрушением эритроцитов у младенцев с ВП.

На наличие воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с ВП на протяжении всего неонатального периода указывали значимо более высокие значения лейкоцитов ($p=0,008$, $p=0,031$, $p<0,001$) и нейтрофилов ($p<0,001$, $p<0,001$, $p<0,001$).

Низкие значения тромбоцитов у младенцев исследуемых групп с первых суток жизни и до конца неонатального периода ($p<0,001$, $p<0,001$, $p=0,003$) свидетельствовали о нарушениях в системе гемостаза с риском развития геморрагического синдрома.

Для определения прогностической значимости показателей общего анализа крови проведен перевод количественных показателей в бинарные переменные. Выбраны значения, выходящие за границы процентильного размаха 5–95% младенцев группы сравнения: лейкопения ($<5\times 10^9/\text{л}$) или лейкоцитоз (на 1–2-е сутки жизни $>30\times 10^9/\text{л}$, на 5–7-е сутки жизни $>20\times 10^9/\text{л}$, после 7 суток жизни $>17\times 10^9/\text{л}$) и тромбоцитопения ($<150\times 10^9/\text{л}$), а также рассчитанное значение повышенного уровня нейтрофильного индекса ($>0,2$) (табл. 4).

Согласно данным табл. 4, у недоношенных младенцев обеих исследуемых групп в сопоставлении с новорожденными группы сравнения значимо чаще наблюдалось изменение количества лейкоцитов (лейкопения или лейкоцитоз) ($\chi^2=39,46$, $p<0,001$, ОШ=14,47 (12,32–16,98)), тромбоцитопения ($F=0,12$, $p<0,001$, ОШ=17,77 (15,73–20,06)) и высокий нейтрофильный индекс ($F=0,14$, $p<0,001$, ОШ=15,89 (13,89–18,17)).

Проведен перевод значимых различий в бинарные переменные. Значения, выходящие за границы процентильного размаха 5–95%, младенцев группы сравнения шифровали как «1», находящиеся в нормативном интервале – как «0», для персонификации показателей ОАК зависимой переменной выбрали наличие или отсутствие ВП.

В табл. 5 представлена характеристика независимых переменных, вошедших в модель с критерием по Вальду.

Высокие значения отрицательного удвоенного логарифма функции правдоподобия $-2LL=163,067$, меры определенности $R^2=0,457$ и достоверность критерия $\chi^2=80,42$, $p<0,001$, подтверждают высокую статистическую значимость модели.



Таблица 1

Показатели общего анализа крови у недоношенных новорожденных с различной массой тела при рождении на 1–2-е сутки жизни, Me (25–75%), (5–95%)

Table 1

Indicators of the general blood test in premature newborns with different birth weights on the 1st – 2nd day of life, Me (25–75%), (5–95%)

Показатель	Первая исследуемая группа, n=55	Вторая исследуемая группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий
RBC, $\times 10^{12}/l$	5,1 (4,6–5,4) (4,2–6,1)	4,3 (3,8–4,9) (3,4–5,7)	5,3 (4,9–5,8) (4,4–6,1)	H=63,0, p<0,001; Z ₂₋₃ =5,3, p<0,001; Z ₃₋₄ =7,3, p<0,001
HGB, g/l	197,0 (179,0–210,0) (163,0–235,0)	170,0 (157,0–188,0) (128,0–224,0)	196,0 (182,0–210,0) (163,0–223,1)	H=45,6, p<0,001; Z ₂₋₃ =5,5, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,5, p<0,001
HCT, %	55,2 (50,0–60,0) (44,5–68,1)	47,1 (43,4–52,6) (36,8–60,3)	56,3 (51,0–60,0) (45,0–63,4)	H=45,4, p<0,001; Z ₂₋₃ =5,5, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,7, p<0,001
MCV, fl	108,0 (104,0–114,3) (100,0–118,9)	112,8 (106,0–119,1) (100,0–127,0)	105,7 (103,0–107,0) (97,9–113,0)	H=28,9, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,3, p<0,001
MCH, pg	39,6 (37,5–41,4) (34,8–43,0)	40,2 (38,0–42,5) (34,0–45,1)	37,5 (36,6–39,1) (35,4–41,3)	H=18,7, p<0,001; Z ₂₋₄ =5,2, p=0,012; Z ₃₋₄ =4,3, p<0,001
MCHC, g/l	357,5 (346,6–374,0) (327,3–384,0)	351,0 (341,0–368,5) (331,0–384,0)	352,4 (341,5–366,0) (323,0–388,0)	–
RDW, %	14,6 (13,8–16,0) (10,3–16,8)	14,9 (12,5–16,9) (9,7–19,6)	14,5 (13,0–15,7) (11,7–16,4)	–
PLT, $\times 10^9/l$	221,0 (172,0–261,0) (130,0–306,0)	191,0 (149,0–223,0) (112,0–263,0)	237,0 (203,0–292,0) (158,0–403,0)	H=30,7, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,1, p=0,006; Z ₃₋₄ =5,4, p<0,001
WBC, $\times 10^9/l$	15,4 (11,6–20,5) (7,5–23,9)	12,7 (6,9–17,1) (3,8–40,1)	15,3 (11,7–17,6) (7,9–29,5)	H=9,7, p=0,008; Z ₂₋₃ =2,6, p=0,027; Z ₃₋₄ =2,5, p=0,042
BAS, %	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	–
EOS, %	2,0 (1,0–4,0) (1,0–5,0)	1,0 (1,0–3,0) (1,0–6,0)	2,0 (1,0–4,0) (1,0–7,0)	H=7,4, p=0,024
RNEU, %	4,0 (2,0–7,0) (1,0–10,0)	4,0 (2,0–8,5) (1,0–20,0)	4,0 (2,0–6,0) (2,0–10,0)	–
SNEU, %	47,0 (40,0–59,0) (26,0–70,0)	30,5 (20,0–47,0) (12,0–56,0)	50,0 (39,0–58,0) (25,0–72,0)	H=42,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =5,2, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,4, p<0,001
LYM, %	31,0 (24,0–42,0) (15,0–55,0)	43,0 (31,0–60,0) (17,0–76,0)	31,0 (23,0–41,0) (18,0–48,0)	H=28,7, p<0,001; Z ₂₋₃ =4,2, p<0,001; Z ₃₋₄ =4,5, p<0,001
MON, %	8,0 (6,0–12,0) (4,0–16,0)	10,0 (8,0–15,0) (2,0–23,0)	8,0 (6,0–11,0) (4,0–14,0)	H=9,6, p<0,001; Z ₃₋₄ =2,8, p=0,016

Таблица 2

Показатели общего анализа крови у недоношенных новорожденных с различной массой тела при рождении на 5–7-е сутки жизни, Me (25–75%), (5–95%)

Table 2

Indicators of the general blood test in premature newborns with different birth weights on the 5th–7th day of life, Me (25–75%), (5–95%)

Показатель	Первая исследуемая группа, n=55	Вторая исследуемая группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий
RBC, $\times 10^{12}/l$	4,7 (4,2–5,0) (3,2–5,5)	4,1 (3,6–4,4) (2,6–5,2)	5,0 (4,5–5,3) (3,9–5,9)	H=55,7, p<0,001; Z ₂₋₃ =4,5, p<0,001; Z ₃₋₄ =7,0, p<0,001
HGB, g/l	171,8 (155,3–191,0) (113,0–218,9)	156,0 (134,0–171,9) (97,0–194,0)	179,1 (163,0–196,0) (148,0–212,2)	H=35,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,7, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,6, p<0,001
HCT, %	49,0 (44,2–52,8) (33,7–61,6)	43,8 (39,1–47,8) (26,4–55,2)	50,0 (45,0–53,8) (41,4–61,6)	H=36,3, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,9, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,6, p<0,001
MCV, fl	104,0 (101,0–111,0) (97,5–114,9)	107,6 (101,6–113,4) (94,0–123,3)	102,0 (100,0–104,3) (96,8–108,0)	H=21,2, p<0,001; Z ₂₋₄ =2,4, p=0,043; Z ₃₋₄ =4,6, p<0,001
MCH, pg	38,5 (37,0–39,4) (33,8–40,8)	38,8 (36,4–40,7) (33,1–43,1)	36,9 (35,8–38,0) (34,0–42,0)	H=9,9, p=0,007; Z ₃₋₄ =3,1, p=0,005
MCHC, g/l	352,0 (346,9–369,5) (333,0–394,0)	351,0 (341,0–368,5) (331,0–384,0)	353,0 (345,0–385,0) (337,0–400,0)	–
RDW, %	14,5 (12,6–16,4) (10,8–17,5)	14,9 (12,5–16,9) (9,7–19,6)	14,0 (13,0–15,3) (11,6–16,4)	–
PLT, $\times 10^9/l$	227,5 (179,5–280,0) (144,0–332,0)	172,5 (127,5–257,5) (78,0–366,0)	272,5 (231,0–346,0) (152,0–479,0)	H=40,6, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,0, p=0,01; Z ₂₋₄ =2,9, p=0,012; Z ₃₋₄ =6,3, p<0,001
WBC, $\times 10^9/l$	14,0 (10,4–17,0) (5,0–21,8)	9,6 (6,7–19,7) (4,3–44,0)	13,4 (11,7–16,2) (8,2–19,8)	H=7,0, p=0,031
BAS, %	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	–
EOS, %	3,0 (2,0–6,0) (1,0–14,0)	3,0 (1,0–5,0) (1,0–12,0)	4,0 (2,0–6,0) (1,0–13,0)	–
RNEU, %	4,0 (2,0–5,0) (1,0–10,0)	7,0 (3,0–10,0) (1,0–16,0)	3,0 (2,0–6,0) (1,0–8,0)	H=22,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,8, p<0,001; Z ₃₋₄ =3,9, p<0,001
SNEU, %	40,0 (32,0–49,0) (25,0–59,0)	36,0 (24,0–49,0) (14,0–62,0)	22,0 (19,0–26,0) (14,0–31,0)	–
LYM, %	39,0 (34,0–51,0) (18,0–61,0)	38,0 (29,0–50,0) (11,0–62,0)	59,0 (51,0–64,0) (45,0–71,0)	–
MON, %	10,0 (7,0–12,0) (4,0–20,0)	12,5 (9,0–15,0) (4,0–22,0)	11,0 (8,0–14,0) (6,0–18,0)	H=6,2, p=0,045; Z ₂₋₃ =2,4, p=0,044

Таблица 3

Показатели общего анализа крови у недоношенных новорожденных с различной массой тела при рождении на 19–21-е сутки жизни, Me (25–75%), (5–95%)

Table 3

Indicators of the general blood test in premature newborns with different birth weights on the 19th–21st day of life, Me (25–75%), (5–95%)

Показатель	Первая исследуемая группа, n=55	Вторая исследуемая группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий
RBC, $\times 10^{12}/l$	4,0 (3,7–4,3) (3,1–4,7)	3,5 (3,1–3,9) (2,4–5,0)	4,2 (3,9–4,6) (3,4–5,1)	H=44,7, p<0,001; Z ₂₋₃ =4,1, p<0,001; Z ₃₋₄ =6,3, p<0,001
HGB, g/l	131,0 (121,0–146,0) (113,0–152,0)	119,5 (107,5–138,5) (87,0–167,0)	145,5 (135,0–156,0) (123,0–171,0)	H=41,1, p<0,001; Z ₂₋₃ =2,4, p=0,044; Z ₂₋₄ =3,3, p=0,003; Z ₃₋₄ =6,4, p<0,001
HCT, %	41,0 (36,0–44,0) (30,0–51,7)	33,9 (29,2–38,4) (24,9–47,9)	41,0 (37,0–44,2) (31,0–49,0)	H=44,1, p<0,001; Z ₂₋₃ =5,3, p<0,001; Z ₃₋₄ =5,5, p<0,001
MCV, fl	102,4 (97,0–105,0) (92,0–109,0)	98,8 (91,0–103,0) (84,0–111,1)	99,0 (97,0–100,8) (92,0–106,4)	H=8,0, p=0,018; Z ₂₋₃ =2,8, p=0,014
MCH, pg	36,0 (35,0–38,1) (32,0–40,0)	35,5 (32,2–37,8) (29,1–41,1)	35,0 (33,3–38,0) (32,0–39,1)	–
MCHC, g/l	355,0 (345,0–370,0) (336,0–405,0)	353,0 (341,0–379,0) (327,8–395,0)	352,4 (341,5–366,0) (323,0–388,0)	–
RDW, %	15,0 (14,0–16,3) (12,8–18,2)	16,2 (14,9–18,3) (12,7–23,9)	14,0 (13,0–15,1) (12,0–16,4)	H=43,8, p<0,001; Z ₂₋₃ =3,2, p=0,004; Z ₃₋₄ =6,5, p<0,001
PLT, $\times 10^9/l$	317,0 (281,0–352,0) (137,0–416,0)	326,0 (234,0–375,0) (90,0–443,0)	360,5 (298,0–403,0) (244,0–445,0)	H=11,5, p=0,003; Z ₂₋₄ =3,0, p=0,007; Z ₃₋₄ =3,0, p=0,008
WBC, $\times 10^9/l$	11,7 (10,8–14,0) (8,1–19,2)	19,4 (14,1–24,7) (8,5–35,6)	11,5 (10,2–13,1) (8,5–15,2)	H=58,0, p<0,001; Z ₂₋₃ =5,4, p<0,001; Z ₃₋₄ =6,8, p<0,001
BAS, %	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,0) (1,0–1,0)	–
EOS, %	6,0 (4,0–9,0) (2,0–19,0)	6,0 (3,0–14,0) (1,0–24,0)	5,0 (3,0–8,0) (1,0–12,0)	–
RNEU, %	2,0 (2,0–4,0) (1,0–10,0)	6,0 (3,0–11,0) (1,0–18,0)	2,0 (1,0–3,0) (1,0–6,0)	H=55,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =4,7, p<0,001; Z ₃₋₄ =6,9, p<0,001
SNEU, %	26,0 (23,0–34,0) (16,0–42,0)	34,0 (24,0–43,0) (14,0–59,0)	22,0 (19,0–26,0) (14,0–31,0)	H=37,8, p<0,001; Z ₂₋₄ =3,3, p=0,003; Z ₃₋₄ =6,1, p<0,001
LYM, %	59,0 (51,0–65,0) (42,0–70,0)	37,0 (25,0–47,0) (18,0–64,0)	59,0 (51,0–64,0) (45,0–71,0)	H=86,9, p<0,001; Z ₂₋₃ =7,1, p<0,001; Z ₃₋₄ =7,9, p<0,001
MON, %	9,0 (6,0–13,0) (5,0–18,0)	10,0 (7,0–14,0) (4,0–21,0)	9,0 (7,0–11,0) (4,0–14,0)	–

Таблица 4

Значимость показателей общего анализа крови у недоношенных новорожденных с различной массой тела при рождении в неонатальном периоде, % (абс.)

Table 4

The significance of the indicators of the general blood test in premature newborns with different birth weights in the neonatal period, % (abs.)

Показатель	Первая группа, n=55	Вторая группа, n=113	Группа сравнения, n=53	Статистическая значимость различий	ОШ (±95% ДИ)
Лейкопения (<5×10 ⁹ /л) или лейкоцитоз (на 1–2-е сутки жизни >30×10 ⁹ /л, на 5–7-е сутки жизни >20×10 ⁹ /л, более 7 суток жизни >17×10 ⁹ /л)	60,1 (101)		9,4 (5)	χ ² =39,46, p<0,001	ОШ=14,47 (12,32–16,98)
	32,7 (18)	73,5 (83)	9,4 (5)	χ ² _{И2-3} =23,92, p<0,001; χ ² _{И2-4} =7,40, p=0,007; χ ² _{И3-4} =56,82, p<0,001	ОШ ₂₋₃ =5,69 (4,29–7,53); ОШ ₂₋₄ =4,67 (3,38–6,46); ОШ ₃₋₄ =26,56 (19,96–35,32)
Тромбоцитопения (<150×10 ⁹ /л)	41,1 (69)		3,8 (2)	F=0,12, p<0,001	ОШ=17,77 (15,73–20,06)
	18,2 (10)	52,2 (59)	3,8 (2)	χ ² _{И2-3} =16,32, p<0,001; F _{ДВ2-4} =0,05, p=0,029; F _{ДВ3-4} =0,22, p<0,001	ОШ ₂₋₃ =4,92 (4,01–6,03); ОШ ₂₋₄ =5,67 (4,07–7,89); ОШ ₃₋₄ =27,86 (23,00–33,73)
Нейтрофильный индекс (>0,2)	48,8 (82)		5,6 (3)	F=0,14, p<0,001	ОШ=15,89 (13,89–18,17)
	16,4 (9)	64,6 (73)	5,6 (3)	χ ² _{И2-3} =32,55, p<0,001; F _{ДВ2-4} =0,03, p=0,124; F _{ДВ3-4} =0,30, p<0,001	ОШ ₂₋₃ =9,33 (7,34–11,84); ОШ ₂₋₄ =3,26 (2,21–4,80); ОШ ₃₋₄ =30,42 (24,03–38,48)

Представлена формула для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с ВП на первом месяце жизни по данным общего анализа крови:

$$p=e^z/(1+e^z), z = -0,25 + 2,40 \text{ ТП} + 2,02 \text{ ЛПЛЦ} + 1,85 \text{ НИ},$$

где ТП – тромбоцитопения (<150×10⁹/л) (0 – нет, 1 – есть);

ЛПЛЦ – лейкопения (<5×10⁹/л) или лейкоцитоз (на 1–2-е сутки жизни >30×10⁹/л, на 5–7-е сутки жизни >20×10⁹/л, после 7 суток жизни >17×10⁹/л) (0 – нет, 1 – есть);

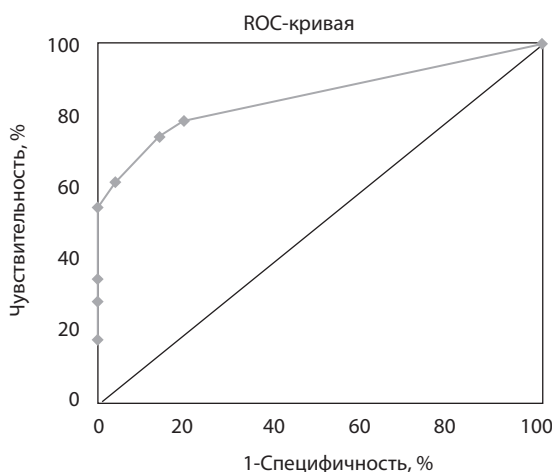
НИ – нейтрофильный индекс (>0,2) (0 – нет, 1 – есть).

С помощью ROC-анализа определена площадь под ROC-кривой AUC=0,85±0,046 (95% ДИ 0,80–0,90), p<0,001, что при точке разделения 0,854 имеет чувствительность 73,8% и специфичность 86,8% (см. рисунок).

Таблица 5
Характеристика независимых переменных в регрессионном уравнении
Table 5

Characterization of independent variables in the regression equation

Переменная	B	S. E.	Wald	df	Sig	EXP (B)	95% CI for EXP (B)	
							Lower	Upper
Тромбоцитопения	2,40	0,77	9,81	1	0,002	10,98	2,45	49,15
Лейкопения или лейкоцитоз	2,02	0,53	14,71	1	0,000	7,56	2,69	21,26
Нейтрофильный индекс	1,85	0,66	8,01	1	0,005	6,39	1,77	23,06
Константа	-0,25	0,22	1,30	1	0,25	0,78		



Соотношение чувствительности и специфичности модели для оценки выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с ВП на первом месяце жизни по данным общего анализа крови
The ratio of sensitivity and specificity of the model for assessing the severity of the inflammatory process in premature infants with CP in the first month of life according to the general blood analysis

Разработана и размещена на сайте Белорусского государственного медицинского университета математическая модель (<http://pneu.bsmu.by>), позволяющая дистанционно проводить оценку выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с ВП на первом месяце жизни по данным общего анализа крови. Ресурс находится в открытом доступе. С помощью данной программы определена степень значимости в цифровом эквиваленте при наличии только одного из признаков: тромбоцитопении – 0,896, лейкопении или лейкоцитоза – 0,854, нейтрофильного индекса – 0,832.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование в практическом здравоохранении математической модели с компьютерной программой сопровождения и возможностью дистанционного подключения (<http://pneu.bsmu.by>) позволяет проводить оценку выраженности воспалительного процесса у недоношенных новорожденных с ВП на первом месяце жизни по данным общего анализа крови.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Suchkov S., Abe H., Antonova E., et al. Personalized medicine as an updated model of national health-care system. Part 1. Strategic aspects of infrastructure. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2017;62(3):7–14. (In Russian) DOI: 10.21508/1027-4065-2017-62-3-7-14
2. World Health Organization. UN report: maternal and child survival rates have never been as high as they are today. <https://www.who.int/ru/news/item/19-09-2019-more-women-and-children-survive-today-than-ever-before-un-report> (Access date: 06/01/2025)
3. Rep. scientific-practical medical center technologies, information, ex. and health economics. Healthcare in the Republic of Belarus: official. stat. sat. for 2017. Minsk: RNMB, 2018. http://med.by/content/stat/stat2018/2017_1.pdf (Access date: 05/17/2022)
4. Luchinin A. Predictive models in medicine. *Klinicheskaya onkogematologiya*. 2023;16(1):27–36. (In Russian) DOI: 10.21320/2500-2139-2023-16-1-27-36
5. Van Smeden M., Reitsma J.B., Riley R.D., et al. Clinical prediction models: diagnosis versus prognosis. *J Clin Epidemiol*. 2021;132:142–145. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2021.01.009
6. Harachka A., Sukalo A. Prognostic model for determining the probability of developing congenital pneumonia in preterm infants with low body weight. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. *Medical series*. 2021;18(2):228–233. (In Russian) DOI: 10.29235/1814-6023-2021-18-2-228-233
7. Antonov A., Baibarina E., Balashova E., et al. Congenital pneumonia (clinical recommendations). *Neonatology: news, opinions, education*. 2017;4:133–148. (In Russian) DOI: 10.24411/2308-2402-2017-00049
8. Lang T.A., Sesik M. (2011) *Kak opisan' statistiku v medicine: annotirovannoe rukovodstvo dlya avtorov, redaktorov i recenzentov* [How to describe statistics in medicine: an annotated guide for authors, editors and reviewers]. Moskva: Prakticheskaya medicina. (In Russian)
9. Petri A., Sebin K. (2015) *Naglyadnaya medicinskaya statistika: uchebnoe posobie* [Visual medical statistics: textbook]. Moskva: GEOTAR-Media. (In Russian)
10. Goryachko A. Application of Mathematical Models to Determine the Probability of Developing Congenital Pneumonia and Hemorrhagic Syndrome in Newborns. *Reproductive health, Eastern Europe*. 2023;13(3):268–278. (In Russian) DOI: 10.34883/PI.2023.13.3.007