

УДК 616-053.1-097-07:616.15-053.31-07

DOI: 10.14427/jipai.2026.1.6

Скрининг врождённых ошибок иммунитета в Республике Беларусь: двухлетний пилот и первые клинические итоги

Е.А. Полякова^{1,2}, Т.П. Володащик¹, О.Л. Зобикова³, Е.А. Калинина³, А.В. Любушкин^{1,2}, Ю.С. Жаранкова¹, С.Н. Алешкевич¹, И.С. Сакович¹, А.Н. Купчинская¹, О.Н. Рыжко⁴, И.Е. Гурьянова¹, М.В. Белевцев¹, С.О. Шарапова¹, О.В. Прибушеня³, А.В. Солнцева^{1,2}

¹ ГУ Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии, Минск

² УО Белорусский государственный медицинский университет, Минск

³ ГУ Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», Минск

⁴ Уз Брестская детская областная больница, Брест

Newborn screening for inborn errors of immunity in the Republic of Belarus: a two-year pilot study and initial clinical results

E.A. Polyakova^{1,2}, T.P. Volodashchik¹, O.L. Zobikova³, E.A. Kalinina³, A.V. Liubushkin^{1,2}, Yu.S. Zharankova¹, S.N. Aleshkevich¹, I.S. Sakovich¹, A.N. Kupchinskaya¹, O.N. Ryzhko⁴, I.E. Guryanova¹, M.V. Belevtsev¹, S.O. Sharapova¹, O.V. Pribushenya³, A.V. Solntsava^{1,2}

¹ Belarusian Research Center for Pediatric Oncology and Hematology, Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ Republican Scientific and Practical Center "Mother and Child", Minsk, Belarus

⁴ Brest Regional Children's Hospital, Brest, Belarus

Аннотация

Цель. Оценить результаты 2-летнего пилотного исследования по скринингу врождённых нарушений иммунитета у новорождённых посредством определения уровней TREC и KREC в «сухой капле» крови.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили образцы периферической крови новорождённых детей г. Минска, г. Бреста и Брестской области.

Результаты и обсуждение. Впервые в Республике Беларусь реализован пилотный проект по скринингу новорождённых на врождённые ошибки иммунной системы, использующий одновременное определение TREC и KREC в высушенных пятнах крови. За 24 месяца (январь 2023 – декабрь 2025 г.) обследовано 29 550 новорождённых из двух регионов страны. Выявлено 2 подтверждённых случая врождённых ошибок иммунной системы (синдром Ди Джорджи и X-сцепленная агаммаглобулинемия), 14 детей потребовали повторного забора крови, у 12 из них показатели нормализовались. Частота лабораторно подтверждённых врождённых ошибок иммунной системы составила 1:14 775.

Выводы. Пилотный проект по скринингу врождённых ошибок иммунной системы у новорождённых доказал техническую осуществимость и клиническую значимость двойного TREC/KREC-скрининга в условиях государственной системы здравоохранения.

Summary

Purpose. To evaluate the results of a 2-year pilot study screening for congenital immune defects in newborns using TREC and KREC levels in dried blood spots.

Materials and Methods. The study involved peripheral blood samples from newborns in Minsk, Brest, and the Brest Region. **Results and discussion.** For the first time in the Republic of Belarus, a pilot project screening newborns for congenital immune defects using the simultaneous determination of TREC and KREC in dried blood spots was implemented. Over 24 months (January 2023 – December 2025), 29550 newborns from two regions of the country were screened. Two confirmed cases of congenital immune defects (DiGeorge syndrome and X-linked agammaglobulinemia) were identified. Fourteen children required repeat blood sampling, and in 12 of these cases, the levels returned to normal. The incidence of laboratory-confirmed inborn errors of the immune system was 1 in 14775.

Conclusions. The pilot project for screening newborns for inborn errors of the immune system demonstrated the technical feasibility and clinical significance of dual TREC/KREC screening in a public healthcare system.

Ключевые слова

Скрининг новорождённых, TREC, KREC, врождённые ошибки иммунитета, тяжёлый комбинированный иммунодефицит.

Введение

Современная медицина стремится к улучшению возможностей раннего выявления заболеваний, особенно тех, которые приводят к инвалидизации и ранней неонатальной смертности при отсутствии своевременного лечения. Одним из таких направлений является неонатальный скрининг – массовая программа обследования новорождённых на наличие ряда врождённых заболеваний, протекающих на ранних этапах бессимптомно. Главной задачей неонатального скрининга является обнаружение заболеваний в доклинической стадии, что позволяет начать лечение до развития тяжёлых осложнений, значительно улучшая прогноз, снижая смертность и повышая качество жизни пациентов. Одной из наиболее актуальных патологий, включаемых в расширенные программы скрининга во всём мире, является тяжёлый комбинированный иммунодефицит (ТКИД) – редкое, но потенциально смертельное врождённое нарушение иммунной системы. ТКИД характеризуется отсутствием или выраженным нарушением функции Т- и/или В-лимфоцитов, что делает организм ребёнка практически беззащитным перед инфекциями. Без своевременного специфического лечения дети с ТКИД умирают в первые месяцы жизни от тяжёлых инфекционных осложнений. Однако при своевременной диагностике и трансплантации гемопоэтических стволовых клеток (ТГСК) возможно полное восстановление иммунной функции и нормальное развитие ребёнка [1-3].

В последние годы в арсенале врачей неонатологов и врачей педиатров появился принципиально новый молекулярно-генетический метод скрининга, основанный на определении продуктов генной рекомбинации – TREC (от англ. T-cell receptor excision circles) и KREC (от англ. κ-deleting recombination excision circles). Эти биомаркеры позволяют объективно оценить состояние Т- и В-звеньев иммунной системы у новорождённого и с высокой точностью выявлять ТКИД и другие формы врождённых иммунодефицитов, для которых характерно нарушение лимфопоэза Т- и В-лимфоцитов [4].

Первая программа массового скрининга на ТКИД с применением TREC была внедрена в Соединённых Штатах Америки (штат Висконсин,

Keywords

Newborn screening, TREC, KREC, inborn errors of the immune system, severe combined immunodeficiency.

США) в 2008 году. С тех пор скрининг был внедрён во всех Штатах, а также внедрён в Израиле, Германии, Нидерландах, Швеции, Японии и ряде других стран [5-8]. Во многих странах применяется двойной скрининг (TREC и KREC), что позволяет выявлять не только ТКИД, но и другие формы врождённых ошибок иммунитета (ВОИ).

В США за 10 лет применения скрининга на ТКИД было обследовано более 6 миллионов новорождённых, выявлено более 300 случаев иммунодефицитов, что позволило существенно снизить летальность и улучшить исход заболевания. В Российской Федерации с 2023 года по инициативе Минздрава и при поддержке Национального медицинского исследовательского центра здоровья детей начато внедрение скрининга на ТКИД в ряде регионов.

Скрининг осуществляется в первые дни жизни новорождённого ребёнка (чаще на 3-5 сутки, для недоношенных детей при достижении гестационного возраста 36 недель) из капиллярной крови, нанесённой на специальную фильтровальную бумагу (так называемая «сухая капля крови»). Для анализа используется метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени, позволяющий количественно определить уровни TREC и KREC в образце ДНК, выделенной из «сухого пятна» крови. В стандартный скрининговый протокол включаются также контрольные гены (например, ген альбумина, β-актин) для оценки качества и количества экстрагированной ДНК.

Низкий уровень или отсутствие TREC свидетельствует о дефекте тимопоэза – характерном для ТКИД, а также других состояний, сопровождающихся снижением Т-клеточной продукции (например, синдром Ди Джорджи). Аналогично, снижение KREC может указывать на комбинированный иммунодефицит с нарушением В-клеточного звена.

Критерии Вилсона и Юнгнера (1968), утверждённые Всемирной организацией здравоохранения, до сих пор служат основой для отбора заболеваний, подлежащих включению в программы скрининга. Эти критерии включают: значимость заболевания для общественного здравоохранения; наличие эффективного метода диагностики; доступность и эффективность лечения; возмож-

ность раннего выявления до появления симптомов; экономическую эффективность [9-10].

ТКИД полностью соответствует этим критериям, что делает его включение в национальные или региональные скрининговые программы медицински обоснованным и социально значимым.

В первую очередь неонатальный скрининг ВОИ направлен на раннее выявление ТКИД по причине ранней неонатальной смертности при наличии данного заболевания. По данным различных эпидемиологических исследований, частота ТКИД варьирует от 1:40 000 до 1:100 000 новорождённых, однако в популяциях с высоким уровнем близкородственных браков частота может быть значительно выше. Учитывая высокую летальность без лечения, ТКИД является неотложным состоянием в иммунологии и одной из наиболее опасных форм ВОИ [11].

Раннее выявление ТКИД и проведение трансплантации стволовых клеток до 3 месяцев жизни обеспечивает выживаемость более 90%. Поздняя диагностика снижает эффективность лечения и увеличивает риск инфекционных и органных осложнений. Хотя молекулярно-генетическое тестирование кажется дорогостоящим, затраты на скрининг многократно окупаются за счёт снижения стоимости лечения осложнений, длительной госпитализации и инвалидизации [12].

Однако неонатальный скрининг позволяет выявить и некоторые другие типы ВОИ: агаммаглобулинемию, когда своевременное назначение препаратов иммуноглобулина улучшает качество жизни пациентов, синдром Ниймегена для которого при своевременном проведении ТГСК снижается риск онкологических заболеваний, синдромы, связанные с иммунной дисрегуляцией [13].

Рождение ребёнка без клинических признаков болезни ещё не гарантирует здоровье: некоторые врождённые нарушения иммунитета месяцами остаются «невидимыми», пока первый вирус или вакцинация не запускают лавинообразную инфекцию. ТКИД – яркий пример заболевания, при котором отсутствие функциональных Т- и/или В-лимфоцитов приводит к смерти в первые 12 месяцев жизни, если не начать специфическую терапию. Единственный способ изменить прогноз – выявить бессимптомного новорождённого до развития осложнений. Именно это и стало стратегической целью белорусского пилота, стартовавшего в 2023 году в г. Минске и в 2025 году в г. Бресте и Брестской области.

В условиях развития генетических технологий и роста числа пациентов с ВОИ интеграция TREC/KREC-скрининга в национальные про-

граммы становится не просто желательной, но необходимой. Это позволит не только спасти жизни, но и сформировать новое поколение здоровых детей, которым не грозит опасность смерти от банальной инфекции.

Цель: оценить результаты 2-летнего пилотного исследования по скринингу врождённых ошибок иммунитета у новорождённых посредством определения уровней TREC и KREC в «сухой капле» крови.

Материалы и методы

Забор биологического материала у новорождённых проводился в рамках республиканского неонатального скрининга. В течение 24 месяцев (2023–2025) в 5 родильных домах г. Минска, 2 родильных домах г. Бреста и Брестской области, которые были определены согласно приказу Министерства Здравоохранения Республики Беларусь, брали 2-3 капли крови из пятки новорождённого на бумажный бланк карты неонатального скрининга. После 4-часовой сушки при комнатной температуре карты помещали в индивидуальные пакеты и отправляли в лабораторию для последующего тестирования. Определение TREC и KREC проводили в вирусобактериологических лабораториях УЗ «Городская детская инфекционная клиническая больница» г. Минск, УЗ «Брестский областной кожно-венерологический диспансер», г. Брест. ДНК экстрагировали с использованием коммерческих наборов реагентов, предназначенных для выделения ДНК из «сухой капли» крови, а количественное определение TREC и KREC проводили мультиплексной RQ-PCR с нормализацией по гену альбумина (ALB). Пороговые значения установлены на уровне 5-го перцентиля предварительной нормативной выборки: TREC <2200 и KREC <2000 копий на 1 млн лейкоцитов. Проба считалась «подозрительной», если оба показателя были ниже порога или равны нулю, или один из них – ниже критического значения при повторном тесте. Данные о новорождённых и полученных результатах были внесены в компьютерную базу данных в лабораториях, где проводился анализ. База данных включала ключевые характеристики новорождённых, такие как адрес регистрации, дата рождения, дата взятия образцов, пол и гестационный возраст. Результаты тестирования передавали посредством системы межведомственного электронного документооборота в государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии», который являлся координирующей организацией

выполнения пилотных проектов по неонатальному скринингу.

Объектом исследования послужили образцы геномной ДНК периферической крови, нанесённой на фильтровальную бумагу («сухая капля» крови) 24711 новорождённых детей г. Минска и 4839 новорождённых г. Бреста и Брестской области.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных выполнена в программном комплексе GraphPad Prism 6.0. Нормальность распределения количественных переменных оценивалась критерием Шапиро-Уилка. В соответствии с характером распределения результаты представлены как медиана с 5,0-95,0%-ным интервалом. Для непараметрических выборок использованы медиана (Me) и диапазон (минимум-максимум). Межгрупповые различия анализировались критерием Манна-Уитни. При уровне значимости $p < 0,05$ различия считали достоверно значимыми.

Результаты и обсуждение

Средний гестационный возраст при рождении – 36,7 [95% ДИ: 36,0-41,2] недель. Определение TREC/KREC проводилось на 3,0 (3,0-38,0) сутки жизни. Фактический гестационный возраст на момент тестирования составил 38,7 [95% ДИ: 37,4-41,7] недели. По гендерному соотношению – 51,3% составили дети мужского пола, 49,7% – дети женского пола.

Показатели TREC и KREC находились в диапазоне нормальных значений 24952 [95% ДИ: 1917,50-92930,4], KREC – 20149 [95% ДИ: 2017,50-69196,4], на один млн лейкоцитов периферической крови.

Из 29550 проб 14 (0,050%) первично имели снижение TREC и/или KREC. Дети с сомнительными результатами тестирования были вызваны на дообследование в ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии,

гематологии и иммунологии» для повторного тестирования с определением количества копий TREC/KREC, определения субпопуляционного состава лимфоцитов, уровней иммуноглобулинов и консультацией врача-иммунолога. После повторного забора у 12 детей показатели TREC/KREC были в диапазоне нормальных значений (среднее увеличение TREC в 3,8 раза, $p < 0,01$). Данные ложноположительных результатов могут быть связаны с неправильным взятием образца у новорождённого, нарушением транспортировки, что могло привести к деградации ДНК. У 1 ребёнка (мальчик) количество TREC было критически низким – 433,0 копии (норма 2200-45000), KREC – 1100 копий (норма 2000-28000) на 1 млн лейкоцитов. Ребёнок был обследован в ГУ «Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя», где посредством молекулярно-генетических исследований был установлен диагноз – синдром Ди Джорджи (делеция 22q11.2).

У второго новорождённого (мальчик) количество копий TREC было в норме (3400 копий), но KREC отсутствовали (0 копий) на 1 млн лейкоцитов. Посредством дополнительных исследований: общего анализа крови, биохимического анализа крови, иммунофенотипирования (табл. 1) был выявлен лейкоцитоз, нормальное количественное содержание Т-лимфоцитов. Уровень относительного содержания В-лимфоцитов (CD19⁺) резко снижен и в абсолютных значениях практически равен 0 клеток/литр. У ребёнка наблюдалась выраженная гипогаммаглобулинемия, классов IgA, IgM с нормальным количеством IgG, что обусловлено антителопосредованным материнским иммунитетом.

Учитывая результаты иммунофенотипирования и отсутствие KREC, а также мужской пол ребёнка, было выполнено секвенирование гена *ВТК*. По результатам капиллярного секвенирования по Сэнгеру был выявлен гемизиготный однонуклеотидный вариант: (NM_000061.3): c.862C>T, p.(Arg288Trp), rs128621194 в гене *ВТК* с частотой

Таблица 1. Характеристика лабораторных показателей у новорождённого с агаммаглобулинемией

Показатель	Результат	Диапазон нормальных значений
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	11,21	4,5-11,0
Т-лимфоциты (CD3 ⁺), %	96	58-85
Т-лимфоциты (CD3 ⁺), абс, $\times 10^9/\text{л}$	3,571	0,6-2,2
В-лимфоциты (CD19 ⁺), %	0,2	7-20
В-лимфоциты (CD19 ⁺), абс, $\times 10^9/\text{л}$	0,007	0,1-0,5
IgA, г/л	0,05	0,21-2,91
IgM, г/л	0,153	0,41-1,83
IgG, г/л	10,36	4,75-12,1

аллеля <0,001% (gnomAD v.4). Аминокислота в положении Arg288 – высококонсервативный остаток в SH2-доме, который участвует в контакте с адаптерным белком BLNK (от англ. B-cell linker protein) в В-клетках, для связывания сигнала от В-клеточного рецептора с внутриклеточными каскадами фосфорилирования и кальциевого ответа. Замена аргинина (Arg) на триптофан (Trp) вводит большой гидрофобный остаток, нарушает структурную стабильность и взаимодействие с субстратом. Данный миссенс вариант является патогенным и описан как причина X-сцепленной агаммаглобулинемии (болезни Брутона).

В нашем исследовании частота направлений к специалистам, в том числе из-за срочных отклонений от нормы, составила 0,05%, или 1 случай на 2463 обследованных новорождённых. Это сопоставимо с опубликованными результатами пилотных программ и скрининга, где этот показатель варьировался от 1:545 в Саудовской Аравии до 1:20000 в Швеции [14,15].

Частота подтверждённых первичных иммунодефицитов в пилоте – 1:14775 новорождённых, и полностью соответствует мировому диапазону и критериям частот встречаемости для скрининга наследственных заболеваний (1:9000–1:15000), а также что сопоставима с данными скрининговых программ США (1:10000) и Германии (1:15000) [6,16]. Важно, что оба выявленных заболевания (синдром ДиДжорджи и X-сцепленная агаммаглобулинемия) входят в перечень ВОИ с существующими эффективными методами лечения, при которых раннее вмешательство кардинально меняет прогноз. Показатель ложноположитель-

ных результатов на уровне 0,05% (14/29550) демонстрирует высокую специфичность выбранных порогов и коррелирует с таковыми данными, представленными в публикации Borte et al. [3].

Результаты пилотного проекта свидетельствуют о возможности и целесообразности внедрения неонатального скрининга на ВОИ в Республике Беларусь. Выявленная частота ВОИ сопоставима с данными, полученными в других странах. Следует помнить: неонатальный скрининг – лишь отправная точка диагностического пути, и окончательное заключение не всегда формируется сразу. Эффективная программа должна дополняться генетическим консультированием, повторным тестированием, расширенной лабораторной и инструментальной верификацией.

Заключение

Белорусский пилотный проект по скринингу новорождённых на выявление ВОИ посредством определения TREC/KREC стал первым в Республике примером системного внедрения молекулярного тестирования для выявления тяжёлых иммунодефицитов у новорождённых. За 2 года обследовано почти 28 тыс. детей, диагностировано 2 случая, потенциально спасённых от ранней смертности или инвалидизации.

Благодарности

Авторы выражают признательность коллективам родильных домов, специалистам лабораторий, участвующим в реализации пилотного проекта г. Минска, г. Бреста и Брестской области, а также родителям, согласившимся участвовать в проекте.

Литература

1. van der Spek J, Groenwold RHH, van der Burg M, et al. TREC-based newborn screening for severe combined immunodeficiency: a systematic review. *Clin Immunol.* 2015;35(4):416-430. doi:10.1007/s10875-015-0152-6.
2. Baker MW, Cowan JR, Kwan A, et al. Newborn screening for severe combined immunodeficiency in 11 screening programs in the United States. *JAMA.* 2014;312(7):729-738. doi:10.1001/jama.2014.9132.
3. Borte S, von Döbeln U, Fasth A, et al. Newborn screening for severe primary immunodeficiency in Sweden: the first phase of a national program based on TREC and KREC screening. *J Clin Immunol.* 2014;34(3):303-310. doi:10.1007/s10875-014-0004-3.
4. Van Zelm MC, van der Burg M, Langerak AW, et al. PID comes full circle: applications of V(D)J recombination excision circles in research, diagnostics and newborn screening of primary immunodeficiency disorders. *Front Immunol.* 2011;2:12. doi:10.3389/fimmu.2011.00012.
5. King JR, Hammarström L. Newborn screening for primary immunodeficiency diseases: history, current and future practice. *J Clin Immunol.* 2018;38(1):56-66. doi:10.1007/s10875-017-0455-x.
6. Verbsky JW, Baker MW, Grossman WJ, et al. Newborn screening for severe combined immunodeficiency: the Wisconsin experience (2008-2017). *J Allergy Clin Immunol.* 2018;141(3):1277-1281. doi:10.1016/j.jaci.2017.10.038.
7. Kriván G, Erdős M, Kállay K, et al. Ten years of newborn screening for severe combined immunodeficiency in Hungary. *Int J Neonatal Screen.* 2022;8(2):24. doi:10.3390/ijns8020024.
8. Slatter MA, Gennery AR. Clinical practice: newborn screening for severe combined immunodeficiency. *Br J Haematol.* 2022;197(2):147-160. doi:10.1111/bjh.18047.
9. Wilson JMG, Jungner G. Principles and practice of screening for disease. Geneva: World Health Organization. 1968.
10. Andermann A, Blancquaert I, Beauchamp S, et al. Revisiting Wilson and Jungner in the genomic age: a review of screening criteria over the past 40 years. *Bull World Health Organ.* 2008;86(4):317-319. doi:10.2471/BLT.07.050112.
11. Kwan A, Abraham RS, Currier R, et al. Newborn screening for severe combined immunodeficiency in 11 screening programs in the United States. *JAMA.* 2014;312(7):729-738. doi:10.1001/jama.2014.9132.

12. Ding Y, Thompson JD, Kobrynski L, et al. Cost-effectiveness and cost-benefit analysis of newborn screening for severe combined immunodeficiency in Washington State. *J Pediatr*. 2016;172:127-135. doi:10.1016/j.jpeds.2016.01.033.

13. Polyakova E.A., Stegantseva M.V., Guryanova I.E., et al. Diagnostic significance of determining TREC and KREC in primary immunodeficiencies. *J Clin Immunol*. 2023;250S:97-98. doi:10.1016/j.clim.2023.109519.

14. Al-Mousa H, Al-Dakheel G, Jabr A, et al. High incidence of severe combined immunodeficiency disease in Saudi Arabia detected through combined T cell receptor excision circle + next

generation sequencing of newborn dried blood spots. *Front Immunol*. 2018;9:782. doi:10.3389/fimmu.2018.00782.

15. Barbaro M, Ohlsson A, Borte S, et al. Newborn screening for severe primary immunodeficiency diseases in Sweden—a 2-year pilot TREC and KREC screening study. *J Clin Immunol*. 2017;37:51-60. doi:10.1007/s10875-016-0347-5.

16. Gizewska M, Kowalska M, Zdziarski P, et al. Newborn screening for SCID and other T-cell lymphopenias in the Polish-German transborder area: the first 14 months of collaboration. *Front Immunol*. 2020;11:578924. doi:10.3389/fimmu.2020.578924.

Сведения об авторах

Полякова Екатерина Александровна – к.б.н., доцент, заведующий лабораторией генетических биотехнологий. ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии»; доцент кафедры детской эндокринологии, клинической генетики и иммунологии с курсом повышения квалификации и переподготовки УО «Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: polyakovakat86@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0706-6622.

Володащик Татьяна Петровна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: tvolodashchik@gmail.com.

Зобикова Ольга Леонидовна – научный сотрудник, врач-генетик высшей квалификационной категории ГУ «Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя». E-mail: info@medcenter.by.

Калинина Елена Анатольевна – заместитель директора по медицинской генетике ГУ «Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя». E-mail: info@medcenter.by.

Любушкин Александр Владимирович – научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». Старший преподаватель кафедры детской эндокринологии, клинической генетики и иммунологии с курсом повышения квалификации и переподготовки УО «Белорусский государственный медицинский университет. E-mail: sasha36601@yandex.by. ORCID: 0000-0002-6127-7404.

Жаранкова Юлия Сергеевна – к.м.н., врач детский онколог-гематолог, врач-иммунолог ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: marukovich85@mail.ru.

Алешкевич Светлана Николаевна – врач детский онколог-гематолог, ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: mail@oncology.by.

Сакович Инга Сергеевна – старший научный сотрудник лаборатории иммунологических исследований ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: Inga.sakovich@mail.ru.

Купчинская Александра Николаевна – научный сотрудник лаборатории иммунологических исследований ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: kupchinskayaa@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1931-7716.

Рыжко Оксана Николаевна – врач-педиатр, аллерголог-иммунолог первой квалификационной категории (заведующий отделением) УЗ «Брестская детская областная больница», главный внештатный специалист главного управления по здравоохранению по детской аллергологии. E-mail: mail@bdo.by.

Гурьянова Ирина Евгеньевна – к.б.н., доцент, заведующий лабораторией молекулярно-генетических исследований ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: guryanovairina1985@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0706-6622.

Белевцев Михаил Владимирович – к.б.н., доцент, зам. директора по научной работе ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: belevtsev_m@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9533-4705.

Шарапова Светлана Олеговна – к.б.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунологических исследований ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии». E-mail: sharapovasv@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1390-2348.

Прибушена Оксана Владимировна – д.м.н., профессор, заведующий лабораторией медицинской генетики и мониторинга врожденных пороков развития ГУ «Республиканский научно-практический центр «Мать и дитя». E-mail: info@medcenter.by.

Солнцева Анжелика Викторовна – д.м.н., профессор, директор ГУ «Республиканский научно-практический центр детской онкологии, гематологии и иммунологии»; заведующий кафедрой детской эндокринологии, клинической генетики и иммунологии с курсом повышения квалификации и переподготовки УО «Белорусский государственный медицинский университет. E-mail: ang_solntseva@mail.ru.

Поступила 01.12.2025.