Российский иммунологический журнал
2025, Т. 28, № 4, стр. 953-964

Краткие сообщения
Short communications

Russian Journal of Immunology / Rossiyskiy Immunologicheskiy Zhurnal
2025, Vol. 28, № 4, pp. 953-964

ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СУБПОПУЛЯЦИЙ ЛИМФОЦИТОВ В ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОМ ПЕРИОДЕ У ДЕТЕЙ

Закиров Р.Ш.[1, 2], Петричук С.В.[1], Карасева О.В.[1, 2]

[1] *ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия*

[2] *ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия*

Резюме. Тяжелая травма является одной из ведущих причин инвалидизации и смертности среди детей старше года. Это исследование направлено на оценку динамики основных популяций лимфоцитов периферической крови как показателей тяжести травмы, развития осложнений и прогноза исхода травматической болезни у детей. В исследование включено 118 пациентов с тяжелой механической травмой (ТТ, ISS ≥ 16), из которых 60 детей имели благоприятный исход, 51 – неблагоприятный, а 7 – летальный исход по шкале исходов Глазго и шкале исходов тяжелой травмы. По характеру течения посттравматического периода больных также разделили на группы в зависимости от развития гнойно-септических осложнений (ГСО, n = 23) и синдрома полиорганной недостаточности (СПОН, n = 19). С использованием лазерной проточной цитофлюориметрии был проведен анализ субпопуляционного состава лимфоцитов периферической крови в динамике травматической болезни на 1-е, 3-и, 5-е, 7-е, 10-е и 14-е сутки с момента получения травмы с нормированием полученных показателей относительно возрастной нормы. Группу сравнения составили 34 ребенка с травмой легкой и средней степени тяжести (ЛТ, ISS < 16). Контрольную группу в исследовании составили 60 условно здоровых детей, сопоставимых по возрасту и полу. Результаты показали, что у пациентов с тяжелой травмой (ISS ≥ 16) наблюдается значительное снижение количества $CD3^+$, $CD19^+$ и NK-лимфоцитов уже в первые сутки после травмы, с частичным восстановлением к 5-7-м суткам. В группе с легкой травмой (ISS < 16) изменения в составе лимфоцитов были менее выражены. Выраженное снижение количества лимфоцитов у детей с тяжелой травмой, особенно $CD3^+$ и NK-лимфоцитов, коррелирует с тяжестью состояния, развитием СПОН, ГСО и неблагоприятным прогнозом. Полученные данные указывают на важность динамического мониторинга уровней основных субпопуляций лимфоцитов

Адрес для переписки:
Закиров Рустам Шакирович
ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ
119296, Россия, Москва, Ломоносовский пр., 2/1.
Тел.: 8 (926) 692-70-97.
E-mail: zakirov.rsh@nczd.ru

Address for correspondence:
Rustam Sh. Zakirov
National Medical Research Center for Children's Health
2/1 Lomonosov Ave
Moscow
119296 Russian Federation
Phone: +7 (926) 692-70-97.
E-mail: zakirov.rsh@nczd.ru

Образец цитирования:
Р.Ш. Закиров, С.В. Петричук, О.В. Карасева «Оценка основных субпопуляций лимфоцитов в посттравматическом периоде у детей» // Российский иммунологический журнал, 2025. Т. 28, № 4. С. 953-964. doi: 10.46235/1028-7221-17242-BLS

© Закиров Р.Ш. и соавт., 2025
Эта статья распространяется по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

For citation:
R.Sh. Zakirov, S.V. Petrichuk, O.V. Karaseva "Basic lymphocyte subsets during the post-traumatic period in children", Russian Journal of Immunology/Rossiyskiy Immunologicheskiy Zhurnal, 2025, Vol. 28, no. 4, pp. 953-964. doi: 10.46235/1028-7221-17242-BLS

© Zakirov R.Sh. et al., 2025
The article can be used under the Creative Commons Attribution 4.0 License

DOI: 10.46235/1028-7221-17242-BLS

периферической крови наряду с другими клеточными маркерами для прогноза развития осложнений и также исхода травматической болезни.

Ключевые слова: дети, тяжелая травма, политравма, субпопуляции, синдром полиорганной недостаточности, прогноз исхода, инфекционные осложнения

BASIC LYMPHOCYTE SUBSETS DURING THE POST-TRAUMATIC PERIOD IN CHILDREN

Zakirov R.Sh.[a, b], Petrichuk S.V.[a], Karaseva O.V.[a, b]

[a] *National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russian Federation*
[b] *Institute of Urgent Children Surgery and Traumatology, Moscow, Russian Federation*

Abstract. Severe trauma remains a leading cause of disability and mortality among children over 1 year. This study aimed to assess the dynamics of peripheral blood lymphocyte subpopulations in pediatric trauma, depending on severity, complication risks, and general prognosis in pediatric trauma. A total of 118 children with severe mechanical trauma (ISS ≥ 16) were included. According to the Severe Injury Outcomes Scale (OISS), 60 patients had a favorable outcome; 51, with unfavorable outcome, and fatal outcome was documented in 7 cases. On the basis of clinical course, the subgroups with septic complications (PSC, n = 23) and multiple organ dysfunction syndrome (MODS, n = 19) were discerned. Flow cytometric analysis of lymphocyte subpopulations ($CD3^+$, $CD19^+$, NK cells) was conducted on days 1, 3, 5, 7, 10, and 14 post-trauma, with return to age-specific reference values. A comparison group included 34 children with mild or moderate trauma (ISS < 16), and a control group consisted of 60 age- and sex-matched healthy children. The laboratory findings revealed a significant and sustained reduction in $CD3^+$, $CD19^+$, and NK lymphocyte counts in children with severe trauma as early as day 1, with partial recovery by days 5-7. In children with mild trauma, these changes were less pronounced. Persistent lymphopenia, especially, in $CD3^+$ and NK cells was significantly associated with MODS, PSC, and poor outcomes. These results confirm the prognostic relevance of dynamic monitoring of lymphocyte subpopulations as sensitive markers of immune dysfunction in the context of severe trauma and its complications. Inclusion of cellular immune parameters into risk stratification protocols may enhance the early identification of children at high risk for adverse outcomes and suggest targeted therapeutic interventions.

Keywords: children, severe injury, polytrauma, lymphocytes subsets, multiple organ failure, outcome prediction, infectious complications

Введение

Тяжелая травма является ведущей причиной инвалидизации и смертности у детей старше года, при этом наиболее частыми механизмами ее возникновения остаются падения и дорожно-транспортные происшествия [1]. Высокая летальность обусловлена развитием синдрома полиорганной недостаточности (СПОН), которая встречается у 11,3-23,1% пострадавших детей. Летальность при СПОН составляет 20,1-53% по сравнению с 0,5% у пациентов без него [8]. СПОН у детей развивается стремительно: в 75-86% случаев он манифестирует в первые 24 часа после поступления в отделение анестезиологии и реанимации (ОАР), что связано с возрастными особенностями воспалительного ответа [15]. В 95% случаев СПОН сопровождается выраженной системной воспалительной реакцией, приводящей к дисбалансу между гипервоспалением и иммуносупрессией, что повышает риск инфекционных осложнений (сепсис, септический шок) и увеличивает вероятность летального исхода [9]. Ранняя диагностика СПОН и гнойно-септических осложнений (ГСО) имеет решающее значение для улучшения прогноза. В педиатрической практике применяются шкалы оценки органной дисфункции (pSOFA, PELOD, MODS) [13], а

также активно изучаются биомаркеры тяжести состояния и исхода, включая IL-6, прокальцитонин (PCT), С-реактивный белок (СРБ), S100, нейрон-специфическую енолазу (NSE) и адреномедуллин (ADM) [3, 5, 6]. Однако, согласно последним исследованиям, традиционные биомаркеры воспаления обладают ограниченной прогностической точностью и не всегда позволяют своевременно идентифицировать пациентов с высоким риском развития СПОН и ГСО. В связи с этим возрастает интерес к клеточным маркерам иммунного ответа, в частности к популяциям лимфоцитов периферической крови. Иммунная дисфункция играет ключевую роль в патогенезе посттравматических осложнений, а изменения в составе субпопуляций лимфоцитов могут отражать тяжесть воспалительной реакции и риск инфекционных осложнений. Согласно последним данным, динамика соотношения различных лимфоцитарных субпопуляций, таких как $CD4^+$ и $CD8^+$Т-лимфоциты, регуляторные Т-клетки, натуральные киллеры (NK-клетки) и В-лимфоциты, может служить информативным показателем прогнозирования исходов критических состояний [4, 10, 14].

Целью данного исследования является оценка основных популяций лимфоцитов периферической крови как критериев тяжести состояния, развития осложнений и прогноза исхода травматической болезни у детей.

Материалы и методы

В ходе ретроспективного исследования обследовано 367 образцов крови, полученных от 118 пациентов (78 мальчика (66.1%), 40 девочек (33,9%)) в критическом периоде тяжелой механической травмы, проходивших лечение в отделении анестезиологии-реанимации (ОАР) НИИ НДХиТ ДЗ г. Москвы. Лабораторное обследование выполняли на базе лабораторного отдела ФГАУ «НМИЦ здоровья детей» Минздрава РФ в динамике травматической болезни от 1 до 7 раз в зависимости от длительности пребывания ребенка в отделении ОАР НИИ НДХиТ ДЗ г. Москвы. Возраст детей составлял Me (Q25-Q75) – 11,9 (6,0-15,6) года. В качестве декретированных сроков лабораторного обследования были выбраны 1-е, 3-и, 5-е, 7-е, 10-е, 14-е сутки с момента поступления в отделение ОАР. Критериями включения в исследование были: пациенты с ТМТ (ISS ≥ 16 баллов), поступившие в течение 48 часов после травмы. Из исследования исключались пациенты, имеющие сопутствующие острые воспалительные и хронические заболевания.

Для объективной оценки тяжести повреждения использовали шкалу тяжести повреждения (Injury severity score, ISS), шкалу комы Глазго (ШКГ). Для оценки исхода ТМТ использовали шкалу исходов комы Глазго (ШИГ) и шкалу исходов тяжелой травмы – Severe Injury Outcomes Scale (ШИТТ-OISS) [7]. Оценку по ШИТТ и ШИГ проводили при выписки пациента.

На основании ШИТТ больных разделили на 2 группы: ТМТ с благоприятным исходом – ШИТТ 1-2 (ТМТбл., n = 60) и ТМТ с неблагоприятным исходом – ШИТТ 3-4 (ТМТнебл., n = 51). Отдельно была описана группа ТМТ с летальным исходом (ШИТТ 5, n = 7) (табл. 1). У всех пациентов оценивали клинико-лабораторные показатели, свидетельствующие о развитии синдрома системного воспалительного ответа и органной недостаточности [12]. По характеру течения посттравматического периода больных разделили на группы в зависимости от развития ГСО (n = 23) и СПОН (n = 19) (табл. 1).

Оценка количественных показателей субпопуляционного состава лимфоцитов периферической крови выполнялась с использованием метода лазерной проточной цитофлюориметрии в реакции прямой иммунофлюоресценции на проточном цитометре CYTOMICS FC 500 (Beckman Coulter, США). Для определения субпопуляций лимфоцитов использовали следующие поверхностные маркеры: CD45, IgG1, IgG2a, CD3, CD16, CD56, CD19 производства Beckman Coulter (США) и BD Biosciences (США). Анализ количественных показателей популяционного состава лимфоцитов крови у детей представляет особую сложность из-за существования возрастных особенностей. Для унификации показателей предварительно нами было проведено преобразование по формуле, с учетом нормативных значений для разных возрастных групп параметров основных популяций лимфоцитов периферической крови [2]:

$$Xn = (Xmin-X) / 0,01 \times (Xmax - Xmin),$$

где X – значение изучаемого показателя; Xn – значение показателя, нормированное на возрастную норму; Xmax – верхняя граница возрастной нормы; Xmin – нижняя граница возрастной нормы.

После преобразования был получен массив данных по всем основным показателям популяционного состава лимфоцитов периферической крови у детей, в котором значения изучаемых по-

ТАБЛИЦА 1. КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬНЫХ

TABLE 1. CLINICAL CHARACTERISTICS OF PATIENTS

Фактор Factor	**Категория** Category	**ЛТ (ISS < 16)** Mild injury (ISS < 16)	**ТТ (ISS ≥ 16)** / Severe Injury (ISS ≥ 16)			
			Всего Total	**Благ. исход** F	**Неблаг. исход** UF	**Летал. исход** L
n	–	34	118	60	51	7
Возраст, лет Age, years	–	11,71 (8,11-15,00)	11,91 (6,02-15,58)	10,91 (6,22-15,96)	13,70 (5,42-15,47)	10,82 (6,44-14,08)
Пол Gender	**ж** f	18 (52,9)	40 (33,9)	23 (38,3)	15 (29,4)	2 (28,6)
	м m	16 (47,1)	78 (66,1)	37 (61,7)	36 (70,6)	5 (71,4)
ISS, баллы ISS, units	–	4,00 (4,00-9,00)	26,00 (21,00-29,00)	22,00 (17,75-27,25)	29,00 (24,50-34,00)	34,00 (29,50-35,00)
Множественная травма, % Multiple trauma, %	**нет** N	34 (100,0)	29 (25,9)	14 (25,0)	12 (24,5)	3 (42,9)
	да Y	–	83 (74,1)	42 (75,0)	37 (75,5)	4 (57,1)
Открытая травма, % Open trauma, %	**нет** N	33 (97,1)	52 (46,0)	30 (52,6)	20 (40,8)	2 (28,6)
	да Y	1 (2,9)	61 (54,0)	27 (47,4)	29 (59,2)	5 (71,4)
Скелетная травма, % Skeletal trauma, %	**нет** N	34 (100,0)	44 (38,9)	21 (36,8)	19 (38,8)	4 (57,1)
	да Y	–	69 (61,1)	36 (63,2)	30 (61,2)	3 (42,9)
ЧМТ, % TBI, %	**нет** N	–	1 (0,9)	–	1 (2,0)	–
	да Y	34 (100,0)	114 (99,1)	58 (100,0)	49 (98,0)	7 (100,0)
Кома, % Coma, %	**нет** N	–	46 (41,1)	34 (60,7)	12 (24,5)	–
	да Y	–	66 (58,9)	22 (39,3)	37 (75,5)	7 (100,0)
Кровопотеря, % Blood loss, %	**нет** N	–	24 (20,3)	16 (26,7)	7 (13,7)	1 (14,3)
	да Y	–	94 (79,7)	44 (73,3)	44 (86,3)	6 (85,7)

Таблица 1 (окончание)
Table 1 (continued)

Фактор Factor	**Категория** Category	**ЛТ (ISS < 16)** Mild injury (ISS < 16)	**ТТ (ISS ≥ 16)** / Severe Injury (ISS ≥ 16)			
			Всего Total	**Благ. исход** F	**Неблаг. исход** UF	**Летал. исход** L
СПОН, % MOF, %	**нет** N	–	99 (83,9)	60 (100,0)	39 (76,5)	–
	да Y	–	19 (16,1)	-	12 (23,5)	7 (100,0)
Дыхательная недостаточность, % Respiratory failure, %	**нет** N	–	83 (80,6)	45 (88,2)	35 (77,8)	3 (42,9)
	да Y	–	20 (19,4)	6 (11,8)	10 (22,2)	4 (57,1)
Респираторная поддержка (ИВЛ), % Ventilator, %	**нет** N	–	13 (11,5)	12 (21,1)	1 (2,0)	–
	да Y	–	100 (88,5)	45 (78,9)	48 (98,0)	7 (100,0)
Вазопрессорная поддержка, % Vasopressor support, %	**нет** N	–	47 (42,0)	35 (62,5)	12 (24,5)	–
	да Y	–	64 (57,1)	21 (37,5)	36 (73,5)	7 (100,0)
ГСО, % IC, %	**нет** N	–	95 (80,5)	58 (96,7)	34 (66,7)	3 (42,9)
	да Y	–	23 (19,5)	2 (3,3)	17 (33,3)	4 (57,1)
Перитонит, % Peritonitis, %	**нет** N	–	68 (97,1)	37 (100,0)	28 (93,3)	3 (100,0)
	да Y	–	2 (2,9)	–	2 (6,7)	–
Пневмония, % Pneumonia, %	**нет** N	–	64 (91,4)	37 (100,0)	24 (80,0)	3 (100,0)
	да Y	–	6 (8,6)	–	6 (20,0)	–
Инфекции ЦНС, % Infections CNS, %	**нет** N	–	67 (95,7)	37 (100,0)	27 (90,0)	3 (100,0)
	да Y	–	3 (4,3)	–	3 (10,0)	–
Сепсис, % Sepsis, %	**нет** N	–	66 (94,3)	37 (100,0)	27 (90,0)	2 (66,7)
	да Y	–	4 (5,7)	–	3 (10,0)	1 (33,3)

казателей представлены в единых условных единицах.

Методы статистического анализа

Обработку полученных данных проводили с помощью компьютерных программ MS Excel 2016 (Microsoft corp., США), Statistica 10 (StatSoft, Inc., США), а также с помощью языка «R». Результаты представлены в виде медианы (Me) и квартилей ($Q_{0,25}$-$Q_{0,75}$). Критерием статистической достоверности получаемых выводов считали величину $p < 0,05$(*), $p < 0,01$ (**).

Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено Комитетом по биомедицинской этике Института неотложной детской хирургии и травматологии (протокол № 2 от 26.05.2020). Все участники исследования подписали информированное согласие.

Результаты и обсуждение

Анализ динамики нормированного абсолютного количества лимфоцитов периферической крови у детей показал выраженные изменения в зависимости от тяжести травмы. У пациентов с тяжелой травмой (ТТ, ISS > 16) уже в 1-е сутки после повреждения выявлено значительное снижение количества $CD3^+$, $CD19^+$ и NK-лимфоцитов по сравнению с контрольной группой. На протяжении 1-3-х суток лимфопения сохранялась, частичное восстановление показателей наблюдалось к 5-7-м суткам, однако значения оставались ниже контрольных до 14-х суток после травмы. У пациентов с легкой травмой (ЛТ, ISS < 16) снижение абсолютного количества $CD3^+$ и NK-лимфоцитов было менее выраженным, а уровень $CD19^+$ клеток существенно не отличался от контроля. Таким образом, тяжелая травма ассоциировалась с более выраженной и длительной лимфопенией основных субпопуляций лимфоцитов по сравнению с легкой травмой (рис. 1). Относительное содержание $CD3^+$ лимфоцитов у детей с тяжелой травмой снижалось в 1-е сутки после травмы и постепенно восстанавливалось к 5-7-м суткам. Процентное содержание $CD19^+$ лимфоцитов у пациентов с легкой и тяжелой травмой было повышенным и достоверно отличалось от группы сравнения. Подъем уровня $CD19^+$ лимфоцитов для группы с тяжелой травмой сохранялся до 3-5 суток с последующим снижением к 14-м суткам. Уровень NK-лимфоцитов в группе тяжелой травмы был значительно снижен в сравнении с контрольной группой и группой с легкой травмой на протяжении всего острого посттравматического периода, с частичной компенсацией к 14-м суткам. Аналогичные данные были получены и в других исследованиях. Установлено, что персистирующая лимфопения, обусловленная снижением уровня Т-лимфоцитов при тяжелой травме, коррелирует с тяжестью состояния и ассоциируется с неблагоприятным прогнозом [14]. Снижение количества лимфоцитов по сравнению с контрольной группой отмечается у пациентов сразу после травмы [11]. С использованием непараметрического критерия Манна–Уитни были проанализированы различия в нормированном абсолютном количестве и процентном содержании $CD3^+$, $CD19^+$ и NK-лимфоцитов у детей с тяжелой травмой в динамике в разных группах с развитием ГСО, СПОН и без развития ГСО, СПОН, а также с благоприятным, неблагоприятным и летальным исходом по ШИТТ (табл. 2). У пациентов с СПОН медианные значения исследуемых параметров были значительно ниже в течение первых 1-7 дней после поступления в ОРИТ по сравнению с пациентами без СПОН. Существенные различия уровней процентного содержания $CD3^+$, $CD19^+$ лимфоцитов между группами со СПОН выявлены на 1-й, 5-й, 10-й, 14-й день и на 5-й, 10-й день соответственно. Следует отметить, что лишь одно ранее проведенное исследование показало значительное снижение числа лимфоцитов между группами с и без СПОН, начиная с 2-го дня [10]. Уровни NK-лимфоцитов на 3-й день, а также $CD3^+$ и $CD19^+$ лимфоцитов на 10-й и 14-й день соответственно после травмы достоверно различались в группах с и без развития инфекционных осложнений. Сравнительный анализ данных посттравматического периода в группах с благоприятным и неблагоприятным исходом показал значительное уменьшение уровня $CD3^+$ и $CD19^+$ лимфоцитов на 7-й день и 10-й день после травмы в группе с неблагоприятным исходом (табл. 2).

Заключение

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что тяжесть травмы оказывает значительное влияние на динамику основных субпопуляций лимфоцитов периферической крови у детей. Тяжелая травма ассоциируется с более выраженным и длительным снижением уровня $CD3^+$ и NK-лимфоцитов, что может быть связано с развитием осложнений и ухудшением прогноза исхода травматической болезни.

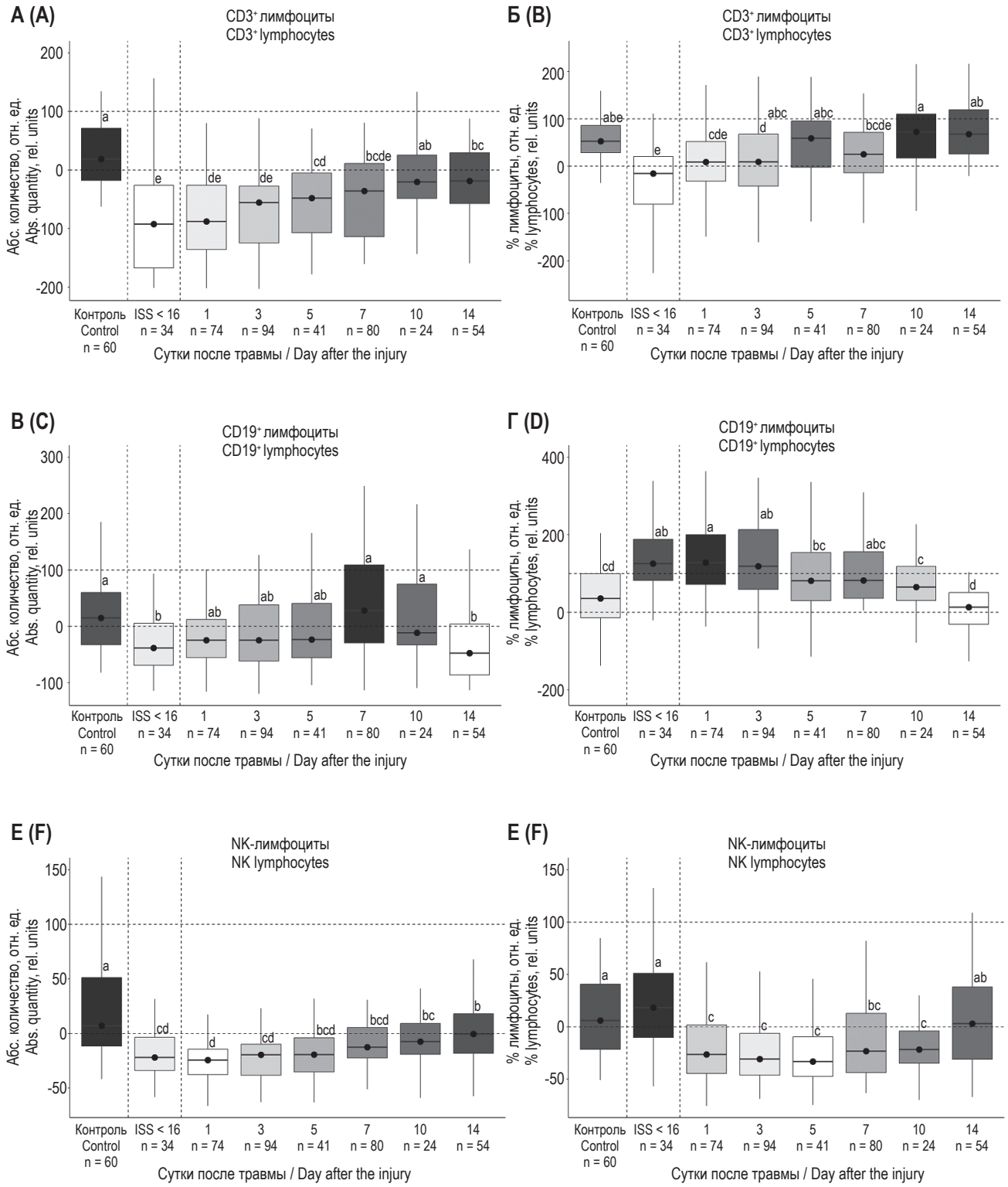

Рисунок 1. Динамика основных популяций лимфоцитов периферической крови у детей с тяжелой травмой (ТТ, ISS ≥ 16)

Примечание. Me ($Q_{0,25}$-$Q_{0,75}$), (min-max); значимость представлена буквами, соответствующими попарному сравнению с помощью теста Краскела–Уоллиса. Группы сравнения: контрольная группа (Контроль), легкая травма (ЛТ, ISS < 16).

Figure 1. Dynamics of basic peripheral blood lymphocytes population levels in children with injury over time

Note. Me , Me ($Q_{0.25}$-$Q_{0.75}$), (min-max); the significance is represented by letters accoding to pairwise comparation through the Kruskal–Wallis test. Comparison groups: control group (Control), mild injury (ISS < 16).

ТАБЛИЦА 2. ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ В КРИТИЧЕСКОМ ПЕРИОДЕ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ В ГРУППАХ С РАЗВИТИЕМ ГСО, СПОН И БЕЗ РАЗВИТИЯ ГСО, СПОН, А ТАКЖЕ С БЛАГОПРИЯТНЫМ, НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ И ЛЕТАЛЬНЫМ ИСХОДОМ ПО ШИТТ, Me ($Q_{0,25}$-$Q_{0,75}$)

TABLE 2. DYNAMICS OF BASIC PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES POPULATION LEVELS IN THE CRITICAL PERIOD OF SEVERE INJURY IN GROUPS DEPENDING ON MULTIPLE ORGAN FAILURE AND SEPTIC COMPLICATIONS DEVELOPMENT AND WITH FAVORABLE, UNFAVORABLE, LETHAL OUTCOME FOR OISS, Me ($Q_{0.25}$-$Q_{0.75}$)

Сутки после травмы Day after injury (ISS ≥ 16)	**Фактор** Factor		**N (%)**	**CD3, Abs (отн. ед.)** CD3, Abs (c. u.)	**CD3, %LPh, (отн. ед.)** CD3, %LPh (c. u.)	**CD19, Abs (отн. ед.)** CD19, Abs (c. u.)	**CD19, %LPh, (отн. ед.)** CD19, %LPh (c. u.)	**NK, Abs (отн. ед.)** NK, Abs (c. u.)	**NK, %LPh (отн. ед.)** NK, %LPh (c. u)
1	**ГСО** IC	**нет** N	61 (82,4)	-96,66 (-160,67-30,27)	-15,00 (-80,79-23,00)	-39,27 (-69,00-11,33)	118,82 (74,52-193,93)	-18,06 (-33,71-3,40)	20,58 (-7,90-54,69)
		да Y	13 (17,6)	-43,71 (-170,42-20,30)	-18,79 (-43,87-3,02)	-24,92 (-67,53-8,12)	153,12 (123,47-183,02)	-21,96 (-35,09-10,53)	14,51 (-21,54-57,18)
	СПОН MOF	**нет** N	66 (89,2)	-82,42 (-160,19-25,98)	**-8,67 (-68,69-23,58)***	-38,38 (-68,89-5,62)	121,24 (77,44-187,64)	-22,17 (-33,91-3,42)	18,38 (-12,33-53,52)
		да Y	8 (10,8)	-145,51 (-173,01-101,58)	**-59,78 (-129,07-21,13)***	-40,37 (-64,04-7,03)	155,75 (125,28-199,85)	-11,38 (-27,10-1,72)	29,15 (-8,77-60,46)
	Исход Outcome	**бл.** F	44 (59,5)	-71,01 (-151,29-23,93)	-14,32 (-58,34-15,09)	-40,13 (-66,26-15,12)	125,14 (68,75-183,48)	-23,19 (-33,78-2,56)	20,76 (-10,26-55,41)
		небл. UF	26 (35,1)	-110,67 (-175,98-31,40)	-5,30 (-84,67-25,10)	-27,28 (-73,38-3,67)	120,98 (89,05-187,39)	-19,67 (-27,69-3,79)	8,62 (-8,93-54,28)
		летал. L	4 (5,4)	-153,78 (-176,57-107,94)	-117,17 (-203,14-33,78)	-41,43 (-64,04-23,81)	168,07 (146,73-221,38)	-22,81 (-40,88-4,63)	29,15 (12,61-57,86)
3	**ГСО** IC	**нет** N	80 (85,1)	-93,92 (-137,71-26,32)	7,15 (-28,51-49,67)	-26,30 (-56,83-10,38)	129,70 (71,59-195,15)	**-22,64 (-35,85-13,84)****	**-23,18 (-42,68-8,03)****
		да Y	14 (14,9)	-43,13 (-112,45-21,08)	35,91 (-39,78-63,40)	-15,13 (-55,31-13,81)	128,00 (82,47-260,40)	**-38,33 (-42,98-25,33)****	**-42,85 (-54,58-28,08)****
	СПОН MOF	**нет** N	82 (87,2)	-92,67 (-137,10-26,07)	8,33 (-26,70-49,93)	-28,21 (-55,50-8,40)	129,70 (76,54-196,73)	-23,95 (-37,33-14,28)	-24,94 (-44,48-1,94)
		да Y	12 (12,8)	-46,21 (-123,75-25,64)	14,33 (-46,56-62,84)	-9,28 (-42,89-29,88)	138,32 (51,53-273,00)	-32,33 (-39,83-21,87)	-32,19 (-43,66-9,03)
	Исход Outcome	**бл.** F	51 (54,3)	-80,33 (-136,70-22,28)	11,04 (-24,28-59,43)	-27,50 (-58,17-3,37)	120,00 (71,39-192,18)	-23,18 (-35,24-12,48)	-23,04 (-43,56-0,73)
		небл. UF	38 (40,4)	-97,88 (-132,45-27,59)	6,82 (-27,35-42,14)	-26,25 (-54,67-13,81)	143,88 (82,47-209,96)	-24,58 (-38,57-16,03)	-34,91 (-43,90-2,84)
		летал. L	5 (5,3)	-61,90 (-124,83-30,52)	-44,97 (-51,30-61,46)	26,17 (-24,14-151,29)	242,13 (44,52-292,54)	-42,94 (-57,38-29,13)	-24,02 (-63,78-23,32)

Таблица 2 (продолжение)
Table 2 (continued)

Сутки после травмы Day after injury (ISS ≥ 16)	**Фактор** Factor		**N (%)**	**CD3, Abs (отн. ед.)** CD3, Abs (c. u.)	**CD3, %LPh, (отн. ед.)** CD3, %LPh (c. u.)	**CD19, Abs (отн. ед.)** CD19, Abs (c. u.)	**CD19, %LPh, (отн. ед.)** CD19, %LPh (c. u.)	**NK, Abs (отн. ед.)** NK, Abs (c. u.)	**NK, %LPh (отн. ед.)** NK, %LPh (c. u)
5	**ГСО** IC	**нет** N	35 (85,4)	-45,04 (-117,62-28,00)	3,84 (-41,65-73,73)	-6,29 (-54,25-42,38)	135,73 (70,50-229,55)	-18,55 (-41,07-8,61)	-31,13 (-50,88-13,51)
		да Y	6 (14,6)	-161,91 (-172,47-59,82)	37,00 (-107,48-54,11)	-46,66 (-91,98-11,98)	84,65 (34,01-283,42)	-20,72 (-23,00-16,73)	-18,67 (-39,70-3,95)
	СПОН MOF	**нет** N	34 (82,9)	-94,13 (-129,81-29,88)	**-6,83 (-65,84-52,50)***	-9,59 (-50,24-41,98)	**163,69 (87,60-282,98)****	-19,03 (-35,16-10,02)	-30,64 (-45,84-10,66)
		да Y	7 (17,1)	-30,58 (-34,84-26,84)	**45,53 (34,51-83,09)***	-70,32 (-87,31-13,89)	**66,68 (-22,08-84,59)****	-33,55 (-42,03-11,95)	-31,13 (-46,82-15,34)
	Исход Outcome	**бл.** F	20 (48,8)	-73,16 (-120,12-29,39)	-1,60 (-46,81-71,05)	-29,92 (-53,04-48,28)	138,17 (45,39-298,18)	-16,30 (-38,99-8,77)	-30,64 (-47,67-5,54)
		небл. UF	19 (46,3)	-45,04 (-148,11-28,65)	11,25 (-43,79-52,14)	-6,29 (-75,38-40,83)	135,73 (84,65-229,55)	-22,20 (-37,87-17,83)	-37,32 (-47,23-14,05)
		летал. L	2 (4,9)	-28,39 (-29,48-27,29)	52,60 (35,81-69,39)	13,89 (7,16-20,61)	70,50 (68,59-72,41)	7,48 (-0,31-15,27)	-5,66 (-18,40-7,08)
7	**ГСО** IC	**нет** N	66 (82,5)	-48,33 (-106,60-12,02)	50,32 (-2,86-92,27)	-17,04 (-44,62-47,65)	83,31 (40,50-156,31)	-17,43 (-33,80-2,66)	-27,93 (-47,42-3,96)
		да Y	14 (17,5)	-44,24 (-109,82-20,05)	80,78 (29,01-102,87)	-51,00 (-71,16-18,59)	78,73 (4,37-144,39)	-28,88 (-37,86-17,91)	-42,06 (-46,08-28,99)
	СПОН MOF	**нет** N	70 (87,5)	-45,55 (-105,88-12,02)	60,69 (-2,86-94,77)	-18,08 (-50,43-47,65)	78,73 (35,54-152,35)	-19,39 (-36,14-3,05)	-29,47 (-47,42-8,72)
		да Y	10 (12,5)	-92,15 (-111,40-35,68)	53,92 (13,98-91,52)	-51,22 (-73,51-23,14)	92,42 (15,69-153,28)	-22,57 (-34,74-15,68)	-43,17 (-46,35-21,44)
	Исход Outcome	**бл.** F	41 (51,2)	**-17,23 (-73,33-17,20)***	57,78 (7,01-95,45)	-3,50 (-41,98-45,99)	75,79 (35,00-143,91)	-18,67 (-32,62-2,60)	-28,95 (-48,41-6,72)
		небл. UF	37 (46,2)	**-82,04 (-110,50-25,17)***	59,91 (-5,73-84,29)	-36,00 (-67,00-40,50)	88,00 (31,36-165,05)	-20,11 (-37,02-5,08)	-32,31 (-46,30-11,25)
		летал. L	2 (2,5)	-83,73 (-97,41-70,05)	60,38 (11,21-109,56)	-15,88 (-44,21-12,45)	102,68 (52,22-153,13)	-35,23 (-44,26-26,20)	-43,17 (-43,46-42,88)

Таблица 2 (окончание)
Table 2 (continued)

Сутки после травмы Day after injury (ISS ≥ 16)	**Фактор** Factor		**N (%)**	**CD3, Abs (отн. ед.)** CD3, Abs (c. u.)	**CD3, %LPh, (отн. ед.)** CD3, %LPh (c. u.)	**CD19, Abs (отн. ед.)** CD19, Abs (c. u.)	**CD19, %LPh, (отн. ед.)** CD19, %LPh (c. u.)	**NK, Abs (отн. ед.)** NK, Abs (c. u.)	**NK, %LPh (отн. ед.)** NK, %LPh (c. u)
10	**ГСО** IC	**нет** N	18 (75,0)	**-17,18 (-79,51-41,71)***	34,34 (11,07-80,55)	18,72 (-32,12 – 114,86)	**80,39 (36,00-102,51)***	-6,67 (-20,51-6,75)	-15,59 (-40,96-14,88)
		да Y	6 (25,0)	**-131,72 (-154,88-54,52)***	-42,83 (-116,85-26,37)	61,97 (26,84-95,66)	**210,82 (124,04-305,02)***	-18,88 (-23,98-15,98)	-42,22 (-44,83-28,64)
	СПОН MOF	**нет** N	19 (79,2)	-20,03 (-85,98-32,70)	**37,27 (18,56-94,31)****	17,19 (-40,00 – 85,44)	**78,79 (32,00-101,58)****	-5,15 (-22,84-6,68)	-18,46 (-43,88-14,31)
		да Y	5 (20,8)	-110,45 (-153,00-71,17)	**-107,57 (-119,94-93,83)****	105,78 (58,64-149,53)	**292,99 (271,96-309,03)**	-16,14 (-21,61-15,92)	-41,29 (-43,15-36,73)
	Исход Outcome	**бл.** F	11 (45,8)	-14,33 (-35,55-12,30)	**49,09 (26,68-94,31)***	17,19 (-24,59 – 70,78)	**62,00 (32,00-90,95)****	-5,15 (-33,10-6,68)	-12,71 (-49,20-14,31)
		небл. UF	13 (54,2)	-110,45 (-153,00-12,56)	**9,09 (-93,83-27,86)***	58,64 (-33,50 – 149,53)	**128,64 (82,00-271,96)**	-15,92 (-21,61-2,93)	-32,47 (-43,15-17,86)
14	**ГСО** IC	**нет** N	44 (81,5)	-24,49 (-49,71-38,14)	77,77 (29,48-120,67)	-13,49 (-41,69 – 47,22)	**59,55 (12,77-99,59)***	-6,78 (-17,84-10,31)	-19,93 (-32,15-1,09)
		да Y	10 (18,5)	-8,12 (-25,97-23,65)	33,44 (-12,15-81,79)	40,80 (-13,85 – 75,68)	**140,74 (65,57-189,25)***	-13,66 (-30,88-3,24)	-29,55 (-41,10-18,64)
	СПОН MOF	**нет** N	44 (81,5)	-18,54 (-49,71-38,14)	**80,91 (33,68-120,67)***	-13,49 (-31,63 – 45,90)	62,66 (29,33-99,59)	-8,17 (-18,75-9,57)	-22,46 (-37,56-6,90)
		да Y	10 (18,5)	-18,78 (-40,78-3,48)	**11,95 (-34,55-72,23)***	40,80 (-55,64 – 177,14)	123,05 (39,33-189,01)	-2,65 (-17,45-8,50)	-12,47 (-30,03-9,68)
	Исход Outcome	**бл.** F	22 (40,7)	-22,84 (-48,31-32,71)	93,33 (47,56-123,07)	-18,84 (-31,47 – 2,52)	53,86 (-1,08-113,84)	-10,73 (-18,35-7,74)	-25,36 (-40,56-9,74)
		небл. UF	32 (59,3)	-14,04 (-44,21-30,60)	45,81 (1,93-106,20)	11,50 (-31,95 – 98,61)	68,59 (34,00-145,97)	-3,51 (-22,42-9,27)	-20,32 (-33,38-8,04)

Примечание. * – p < 0.05; ** – p < 0.01; группы сравнения: СПОН (нет, да); ГСО (нет, да); исход травмы (бл. – благоприятный, небл. – неблагоприятный, летал. – летальный).

Note. *, p < 0.05, **, p < 0.01; comparison groups: multiple organ failure (MOF; N, no; Y, yes); infectious complication (IC; N, no; Y, yes); outcome (F, favorable outcome; UF, unfavorable outcome; L, lethal outcome).

Список литературы / References

1. Тимофеев В.В., Бондаренко А.В. Эпидемиологические аспекты политравмы у детей в крупном городе // Политравма, 2012. № 4. С. 5-8. [Timofeev V.V., Bondarenko A.V. Epidemiological aspects of polytrauma in children in major city. *Politravma = Politrauma, 2012, no. 4, pp. 5-8.* (In Russ.)]

2. Щербина А.Ю., Пашанов Е.Д. Иммунология детского возраста: практическое руководство по детским болезням. М.: Медпрактика-М, 2006. 431 с. [Shcherbina A.Yu., Pashanov E.D. Childhood Immunology. A Practical Guide to Childrens Illness]. Moscow: Medpraktika-M, 2006. 431 p.

3. Bima P., Montrucchio G., Caramello V., Rumbolo F., Dutto S., Boasso S., Ferraro A., Brazzi L., Lupia E., Boccuzzi A., Mengozzi G., Morello F., Battista S. Prognostic Value of Mid-Regional Proadrenomedullin Sampled at Presentation and after 72 Hours in Septic Patients Presenting to the Emergency Department: An Observational Two-Center Study. *Biomedicines, 2022, Vol. 10, no. 3, 719.* doi:10.3390/biomedicines10030719.

4. Cahill L.A., Guo F., Nguyen J., Zhang F., Seshadri A., Keegan J., Hauser C.J., Otterbein L.E., Robson S., Shaefi S., Yaffe M.B., Lederer J.A. Circulating factors in trauma plasma activate specific human immune cell subsets. *Injury, 2020, Vol. 51, no. 4, pp. 819-829.*

5. Castelli G., Pognani C., Meisner M., Stuani A., Bellomi D., Sgarbi L. Procalcitonin and C-reactive protein during systemic inflammatory response syndrome, sepsis and organ dysfunction. *Crit. Care, 2004, Vol. 8, no. 4, pp. R234-R242.*

6. Gao Y., Duan J., Ji H., Lu W. Levels of S100 calcium binding protein B (S100B), neuron-specific enolase (NSE), and cyclophilin A (CypA) in the serum of patients with severe craniocerebral injury and multiple injuries combined with delirium transferred from the ICU and their prognostic value. *Ann. Palliat. Med., 2021, Vol. 10, no. 3, pp. 3371-3378.*

7. Karaseva O.V., Roshal L.M. Pediatric trauma in earthquakes: general principles of care in pediatric trauma during earthquakes. In: Wolfson N., Lerner A., Roshal L. (eds.). Orthopedics in Disasters. Berlin Heidelberg: Springer, 2016, pp. 445-452.

8. Killien E.Y., Zahlan J.M., Lad H., Watson R.S., Vavilala M.S., Huijsmans R.L.N., Rivara F.P. Epidemiology and outcomes of multiple organ dysfunction syndrome following pediatric trauma. *J. Trauma Acute Care Surg., 2022, Vol. 93, no. 6, pp. 829-837.*

9. Leclerc F., Leteurtre S., Duhamel A., Grandbastien B., Proulx F., Martinot A., Gauvin F., Hubert P., Lacroix J. Cumulative influence of organ dysfunctions and septic state on mortality of critically Ill children. *Am. J. Respir. Crit. Care Med., 2005, Vol. 171, no. 4, pp. 348-353.*

10. Manson J., Cole E., De'Ath H.D., Vulliamy P., Meier U., Pennington D., Brohi K. Early changes within the lymphocyte population are associated with the development of multiple organ dysfunction syndrome in trauma patients. *Crit. Care, 2016, Vol. 20, no. 1, 176.* doi: 10.1186/s13054-016-1341-2.

11. Manson J., Hoffman R., Chen S., Ramadan M.H., Billiar T.R. Innate-like lymphocytes are immediate participants in the hyper-acute immune response to trauma and hemorrhagic shock. *Front. Immunol., 2019, Vol. 10, 1501.* doi: 10.3389/fimmu.2019.01501.

12. Marshall J.C. Measuring organ dysfunction in the intensive care unit: why and how? *Can. J. Anaesth., 2005, Vol. 52, no. 3, pp. 224-230.*

13. Matics T.J., Sanchez-Pinto L.N. Adaptation and validation of a pediatric sequential organ failure assessment score and evaluation of the sepsis-3 definitions in critically Ill children. *JAMA Pediatr., 2017, Vol. 171, no. 10, e172352.* doi: 10.1001/jamapediatrics.2017.2352.

14. Mukhametov U., Lyulin S., Borzunov D., Ilyasova T., Gareev I., Sufianov A. Immunologic response in patients with polytrauma. *Noncoding RNA Res., 2023, Vol. 8, no. 1, pp. 8-17.*

15. Proulx F., Gauthier M., Nadeau D., Lacroix J., Farrell C.A. Timing and predictors of death in pediatric patients with multiple organ system failure. *Crit. Care Med., 1994, Vol. 22, no. 6, pp. 1025-1031.*

Авторы:

Закиров Р.Ш. *— врач клинической лабораторной диагностики клинико-диагностической лаборатории ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ; научный сотрудник лаборатории иммунологических, цитохимических и биохимических методов исследования ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия*

Authors:

Zakirov R.Sh., *Clinical Laboratory Physician, Clinical Diagnostic Laboratory, National Medical Research Center for Children's Health; Researcher, Laboratory of Immunology, Cytochemistry and Biochemistry, Institute of Urgent Children Surgery and Traumatology, Moscow, Russian Federation*

Петричук С.В. *— д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории экспериментальной иммунологии и вирусологии ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия*

Карасева О.В. *— д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе, руководитель отдела сочетанной травмы, анестезиологии и реанимации ГБУЗ города Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения города Москвы; заведующая отделением неотложной хирургии и травмы у детей ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения РФ, Москва, Россия*

Petrichuk S.V., *PhD, MD (Biology), Professor, Chief Researcher, Laboratory of Experimental Immunology and Virology, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russian Federation*

Karaseva O.V., *PhD, MD (Medicine), Professor, Deputy Director for Research, Chief of Department of Multiple Trauma and Intensive Care Unit, Institute of Urgent Children Surgery and Traumatology; Head, Department of Emergency Surgery and Trauma in Children, National Medical Research Center for Children's Health, Moscow, Russian Federation*

Поступила 28.04.2025
Отправлена на доработку 06.05.2025
Принята к печати 22.06.2025

Received 28.04.2025
Revision received 06.05.2025
Accepted 22.06.2025