

ОСТРЫЙ ПЕРИОД ПОЛИТРАВМЫ У ДЕТЕЙ В СВЕТЕ ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА

© В.Б. Баковский¹, С.И. Головкин², Т.В. Кухарова³, В.А. Уткин⁴, Е.Н. Чалая⁴, Н.А. Шабалдин² ✉

¹ Государственное автономное учреждение здравоохранения «Кузбасская областная детская клиническая больница», Кемерово;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кемерово;

³ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург;

⁴ Пятигорский научно-исследовательский институт курортологии — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Северо-Кавказский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства России в г. Пятигорске», Пятигорск

■ Для цитирования: Баковский В.Б., Головкин С.И., Кухарова Т.В., Уткин В.А., Чалая Е.Н., Шабалдин Н.А. Острый период политравмы у детей в свете дискриминантного анализа // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. — 2020. — Т. 10. — № 2. — С. 145–156. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic614>

Поступила: 15.01.2020

Одобрена: 11.02.2020

Опубликована: 12.03.2020

Введение. В лечении политравмы у детей актуально не только выявить признаки, характеризующие тяжесть острого периода, но и выразить количественно приоритеты параметров, в совокупности отражающих тенденции динамики ведущих патофизиологических проявлений на каждом этапе реализации программы выведения пациента из состояния тяжелого шока.

Цель. С применением дискриминантного анализа получить количественное отображение реконвалесцентной или танатогенной направленности динамики политравмы у детей в первые дни преодоления ее последствий, представив это в виде векторов с коэффициентами, выражающими приоритеты отбираемых по ходу лечения данных анализов, и, исходя из патогенетически обоснованного представления о роли каждого из них, уточнить тактику врача на каждом фиксируемом отрезке времени.

Материалы и методы. Был проведен анализ данных 45 детей с политравмой в возрасте от 2,5 до 17 лет, госпитализированных в реанимационное отделение ГАУЗ КО ОДКБ г. Кемерово. По гендерному составу — 34 мальчика и 11 девочек. С применением дискриминантного анализа проанализированы две группы, где в первой — выжившие, во второй — умершие. В обеих доминировала тяжелая черепно-мозговая травма. Для клинической оценки тяжести травмы использовали шкалу ISS.

Результаты. По совокупности с объективно полученными данными о структуре политравмы дрейф в направлении благополучного исхода определяется в целом и на границах «день ото дня» приоритетами по калию, рН, белой крови и гематокриту, а для вектора танатогенной направленности характерна картина нарастающей полиорганной недостаточности, где, несмотря на своевременно выполненные оперативные вмешательства по остановке внутреннего кровотечения, весьма активные усилия по компенсации гиповолемии, ацидоза и использование адекватных средств детоксикации, ухудшение в состоянии ребенка проявляет себя нарастающими потерями по калию на фоне практически отсутствующей реакции со стороны лейкоцитов.

Выводы. С применением дискриминантного анализа становится возможным полностью раскрыть особенности многомерной динамики проявлений политравмы у детей в первые дни реанимационных мероприятий, численно выразить приоритеты отдельных параметров, характеризующих их состояние, и, сообразно степени тяжести и индивидуальной реакции пациента, в реальном времени оптимизировать тактику лечения.

Ключевые слова: политравма; структура; дети; дискриминантный анализ.

Комментарий редакции!

Инструменты дискриминантного анализа позволяют более точно объективизировать тяжесть состояния пациента и соответственно корректировать его лечение, но при интерпретации выявленных закономерностей необходимо использовать более понятное изложение, учитывая целевую аудиторию журнала. Приведение примера использования вычисленных коэффициентов на каком-либо клиническом наблюдении позволило бы повысить практическую значимость полученных результатов.

ACUTE PERIOD OF POLYTRAUMA IN CHILDREN IN THE LIGHT OF DISCRIMINANT ANALYSIS

© V.B. Bakovsky¹, S.I. Golovkin², T.V. Kukharova³, V.A. Utkin⁴, E.N. Chalaya⁴,
N.A. Shabaldin² ✉

¹ Children's Regional Clinical Hospital, Kemerovo, Russia;

² Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russia;

³ Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russia;

⁴ Pyatigorsk State Research Institute of Balneology of the Federal medical and biological Agency, Pyatigorsk, Russia

■ For citation: Bakovsky VB, Golovkin SI, Kukharova TV, Utkin VA, Chalaya EN, Shabaldin NA. Acute period of polytrauma in children in the light of discriminant analysis. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2020;10(2):145-156. DOI: <https://doi.org/10.17816/rsaic614>

Received: 15.01.2020

Accepted: 11.02.2020

Published: 12.03.2020

Introduction. The treatment of polytrauma in children requires identifying the signs that characterize the severity of the acute period and quantifying the priorities of the parameters. Collectively, these reflect the direction of drift of the leading pathophysiological manifestations at each stage of the patient withdrawal program from a state of severe shock.

Purpose. This study uses discriminant analysis to clarify the tactics of children with polytrauma in the first days of overcoming its consequences. It is based on the pathogenetically sound idea that each of the observed parameter's role, together in the form of a vector, reflects injury severity and the child's prognosis.

Materials and methods. This analysis included 45 children (34 boys and 11 girls) with polytrauma aged from 2.5 to 17 years and hospitalized in Kemerovo's intensive care unit. Two groups were analyzed: the survivors and those who were deceased. Both were dominated by severe traumatic brain injury (PMT). The injury severity score (ISS) scale was used for clinical assessment of injury severity.

Results. Combined with objectively obtained data on the structure of polytrauma in the direction of drift, a successful outcome is defined as a whole. It borders on the "day to day" priorities, potassium, PH, white blood count, and hematocrit. Also, the vector orientation pattern was observed to increase organ failure. This progressive decline occurred despite timely surgical intervention to stop internal bleeding, very active efforts to compensate for hypovolemia, acidosis, and the use of adequate means of detoxification. The deterioration in the child's condition manifests itself by increased potassium losses against the background of almost no reaction from leukocytes.

Conclusions. The application of discriminant analysis enables the better revelation of the peculiarities of a polytrauma's multidimensional dynamics in children in the first few days of resuscitation. It also permits the numerical expression of the priorities of individual parameters that describe their state, and by the severity and individual patient response in real-time to optimize treatment.

Keywords: polytrauma; structure; children; discriminant analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Лечение политравмы сопряжено с большими трудностями [1, 2]. Они возникают и при оказании помощи детям с политравмой на догоспитальном этапе и в период стационарного лечения травматического шока [3, 4]. Не вызывает сомнений тот факт, что объективно анализировать патологические процессы без должного структурирования политравмы практически невозможно [5]. Однако предметное структурирование политравмы у детей чаще всего затруднено, как в силу многогранности ее проявлений, так и из-за

необходимости срочного принятия решений на ограниченном отрезке времени. Вполне очевидно, что это отражается и на качестве реализации неотложных мер.

В работе [6], предваряющей данное исследование, нами показано, что с применением шкалы тяжести травмы (Injury Severity Score — ISS), которая и у детей является золотым стандартом [7], удастся объективно и с достаточной надежностью выделить в группах травмированных пациентов признаки, характеризующие тяжесть острого периода, оптимизировать схему обследования и программу лечения. Но при этом еще бо-

лее важным оказывается не только их выявить, но и выразить количественно приоритеты параметров, в совокупности в виде вектора отражающих реконвалесцентную или танатогенную направленность динамики ведущих патофизиологических проявлений на каждом этапе реализации программы выведения пациента из состояния тяжелого шока.

Цель работы — с применением дискриминантного анализа получить количественное отображение реконвалесцентной или танатогенной направленности динамики политравмы у детей в первые дни преодоления ее последствий, представив это в виде векторов с коэффициентами, выражающими приоритеты отбираемых по ходу лечения данных анализов, и, исходя из патогенетически обоснованного представления о роли каждого из них, уточнить тактику врача на каждом фиксируемом отрезке времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен анализ сплошной выборки 45 детей с политравмой в возрасте от 2,5 до 17 лет, госпитализированных в реанимационное отделение ГАУЗ КО «Областная детская клиническая больница» (г. Кемерово) за период с 2014 по 2019 г. По гендерному составу — 34 мальчика и 11 девочек. В основном, в анализируемой группе были дети старшего возраста — от 13 до 17 лет — 34 (75,6 %) из 45 пациентов. Критерием включения был установленный диагноз политравмы, то есть множественная либо сочетанная тяжелая травма, состояние травматического шока при поступлении и оценка тяжести травмы по шкале ISS не менее 16 баллов. Из исследования исключены данные пациентов, умерших до истечения четырех суток с момента поступления.

В первую самую многочисленную группу детей (выжившие пациенты) вошли 36 (80 %) из 45 пострадавших с доминирующей тяжелой черепно-мозговой травмой (ТЧМТ), причем у 5 (13,9 %) пострадавших в этой группе диагностирована открытая черепно-мозговая травма (ОЧМТ), у 2 (5,5 %) — диффузные аксональные повреждения мозга (ДАП).

Вторая группа — это 9 умерших детей, что составило 20 % от общего числа проанализированных наблюдений. В нее вошли 4 ребенка, у которых доминировала ТЧМТ с наличием тяжелой скелетной травмы (СТ),

и 5 пациентов с ТЧМТ и повреждением внутренних органов (ПВО) с синдромом внутрибрюшного кровотечения.

Всем пострадавшим проводили общеклинические и биохимические анализы крови и мочи для интегральной оценки состояния больного, жизнеобеспечения головного мозга, почек и системного кровообращения. По показаниям выполнены экстренные операции по остановке внутрибрюшного кровотечения (5 детей). Для оценки тяжести травмы использовалась шкала ISS.

Анализ наблюдений выполнен с использованием стандартного пакета Microsoft Office Excel 2003 с подключением надстройки AtteStat v.8.0 и модулей библиотеки SADQO на языке PASCAL. Проанализированы данные за первые 4 сут наблюдений по 22 показателям отбираемых анализов (полный перечень не приводится), из которых методом статистических испытаний (Монте-Карло) были отобраны 7 параметров крови, показавших наиболее эффективное разграничение этапов наблюдения с применением дискриминантного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Клинически в обеих группах доминировала ТЧМТ с баллами по шкале ISS от 45 до 75 баллов. В табл. 1 представлены данные по исследуемым показателям в первые сутки травмы, где видно, что значимые различия между группами были выявлены для уровня гемоглобина, он был ниже в группе умерших; концентрации ионов натрия в периферической крови, показатель был выше в группе умерших; и для бального показателя ISS, который также был выше в группе умерших.

Вариационные характеристики наблюдений, как по выжившим (табл. 2), так и по умершим (табл. 3) пациентам, непосредственно и в сопоставлениях, конструктивно значимой информации для интенсивно загруженного в первые дни реанимационных мероприятий травматолога, на наш взгляд, должного объема и интереса не представляют.

В самом деле, по выжившим пациентам отмеченные в 1-й день отклонения от нормального распределения по лейкоцитам и натрию, а также по калию и натрию на 2-й день, или по pH на 2-й и 4-й день, носят скорее манифестный характер.

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная характеристика групп выживших и умерших пациентов по исследуемым показателям
Comparative characteristics for groups of survivors and deceased patients according to the studied indicators

Показатель	Выжившие, $n = 36$			Умершие, $n = 9$			p
	Me	Q_{25}	Q_{75}	Me	Q_{25}	Q_{75}	
Hb, г/л	120,56	147,00	94,13	103,67	128,41	78,93	0,01*
Ht, %	35,63	42,64	28,62	34,57	46,05	23,09	>0,05
Er, $\times 10^{12}/л$	3,72	4,61	2,82	4,32	5,44	3,21	>0,05
Le, $\times 10^9/л$	14,32	23,72	4,93	12,96	19,95	5,96	>0,05
pH	7,40	7,64	7,15	7,26	7,45	7,08	>0,05
K^+ , ммоль/л	3,79	5,06	2,53	4,24	5,38	3,10	>0,05
Na^+ , ммоль/л	137,08	162,26	111,91	158,28	179,41	137,14	0,007*
ISS	23,22	31,15	15,29	39,44	44,81	34,08	0,004*

* Значимые различия. * Significant differences.

Примечание. Me — медиана; Q_{25} ; Q_{75} — 25-й и 75-й квартили; ISS — шкала тяжести травмы (Injury Severity Score).

Note. Me — Median Value, Q_{25} ; Q_{75} — 25th and 75th quartiles, ISS — Injury Severity score

Таблица 2 / Table 2

Вариационные характеристики наблюдений у выживших пациентов
Variational observational characteristics for surviving patients

Параметры		Hb, г/л	Ht, %	Er, $\times 10^{12}/л$	Le, $\times 10^9/л$	pH	K^+ , ммоль/л	Na^+ , ммоль/л
1-й день	min	89	24,2	3,01	4,4	7,114	1,46	135
	max	151	41	5,01	54,9	7,52	3,61	149,2
	Размах	62	16,8	2,00	50,5	0,406	2,15	14,2
	Среднее (M)	111,3	31,41	3,972	18,21	7,335	2,898	139,27
	Ошибка ($\pm m$)	5,4	1,57	0,189	3,67	0,033	0,167	1,081
	Коэффициент вариации	0,169	0,173	0,164	0,698	0,016	0,2	0,027
	Асимметрия	нет	нет	нет	$p < 0,001$	нет	нет	$p < 0,02$
	Эксцесс	нет	нет	нет	$p < 0,001$	нет	нет	$p < 0,02$
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	$p < 0,001$	нет	нет	$p < 0,015$
2-й день	min	89	25	3,25	4,1	7,248	0,395	135
	max	145	42	4,79	26,2	7,582	4,71	151,8
	Размах	56	17	1,54	22,1	0,334	4,315	16,8
	Среднее (M)	111,92	32,03	3,947	12,79	7,377	3,004	139,38
	Ошибка ($\pm m$)	4,51	1,25	0,126	1,65	0,026	0,299	1,28
	Коэффициент вариации	0,14	0,135	0,111	0,448	0,012	0,345	0,032
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	$p < 0,003$
	Эксцесс	нет	нет	нет	нет	нет	$p < 0,05$	$p < 0,001$
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	$p < 0,054$	$p < 0,053$	$p < 0,001$	$p < 0,001$

Продолжение табл. 2 / Continuation of Table 2

Параметры		Hb, г/л	Ht, %	Er, $\times 10^{12}/л$	Le, $\times 10^9/л$	pH	K ⁺ , ммоль/л	Na ⁺ , ммоль/л
3-й день	min	92	26	3,41	3,7	7,289	3,08	134
	max	143	39	4,75	23,3	7,44	4,9	152,6
	Размах	51	13	1,34	19,6	0,151	1,82	18,6
	Среднее (<i>M</i>)	112,8	32,47	4,028	11,44	7,381	3,83	141,28
	Ошибка ($\pm m$)	5,58	1,41	0,146	1,75	0,013	0,138	1,74
	Коэффициент вариации	0,171	0,151	0,125	0,53	0,006	0,125	0,043
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Экссесс	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
4-й день	min	84	23	3,08	5,3	7,324	3,12	134
	max	159	44,9	5,56	14,5	7,485	3,89	149
	Размах	75	21,9	2,48	9,2	0,161	0,77	15
	Среднее (<i>M</i>)	113,5	32,88	3,967	10,1	7,412	3,505	140,24
	Ошибка ($\pm m$)	6,1	1,69	0,213	0,93	0,013	0,073	1,28
	Коэффициент вариации	0,186	0,178	0,186	0,32	0,006	0,072	0,032
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Экссесс	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	нет	$p < 0,051$	нет	нет

А с применением дисперсионного анализа по Фишеру уловить неоднородности по гемоглобину, гематокриту и числу эритроцитов ($p < 0,015$) удастся только лишь по контингенту, а не на срезе времени.

В отношении же числа лейкоцитов по выжившим, неоднородность выявлена и по пациентам и по времени ($p < 0,04$), причем с явно выраженной акцентуацией к 1-му дню ($p < 0,015$). Примерно так же выглядит и динамика значений pH ($p < 0,05$), где чуть более контрастны отличия еще и в сравнении каждого дня с каждым ($p < 0,05$). И более отчетливо ($p < 0,005$) это проявляется по калию. А по натрию неоднородность на срезе времени значима не хуже $p < 0,002$.

По умершим значимый ($p < 0,05$) эксцесс по гемоглобину на 3-й день и по натрию ($p < 0,015$) на 4-й день, как и отмеченное на 4-й день отклонение от нормального распределения по калию ($p < 0,002$), по-видимому, всего лишь отражает отклик на внешнюю активность в отношении пациента. А в свете дисперсионного анализа по Фишеру и межэтапных попарных сопоставлений по каждому

параметру позитивной динамики не усматривается. Отмечена лишь неоднородность в индивидуальных проявлениях по лейкоцитам ($p < 0,001$) и натрию ($p < 0,001$). И отличия в попарных сопоставлениях 2-го и 3-го дня с 4-м по калию ($p < 0,025$), как и в сравнении 3-го и 4-го дня с 1-м по натрию ($p < 0,05$), возможно, тоже отражают лишь результат внешней по отношению к пациентам активности.

Ранее мы обращали внимание [8, 9], что основанные на патогенетических представлениях медицинские классификации контекстно, как правило, скрывают внутри себя фактор времени, и в наблюдениях состояния пациента, определяемых дискретно в последовательности от «здоровых» к «наиболее тяжелым» не следует полагать возможным мгновенный переход в том же или в противоположном направлении, минуя промежуточные этапы. И, когда надежно диагностируемые состояния могут быть разграничены исходя из достаточно полных статистических выборок с применением методов дискриминантного анализа и представлены в форме канонических дискриминантных

Таблица 3 / Table 3

Вариационные характеристики наблюдений по умершим пациентам
Variational observational characteristics for deceased patients

Параметры		Hb, г/л	Ht, %	Eг, $\times 10^{12}/л$	Le, $\times 10^9/л$	pH	K ⁺ , ммоль/л	Na ⁺ , ммоль/л
1-й день	min	87	23	3	6,1	7,334	1,43	135
	max	128	34	4,64	23,5	7,591	3,47	158
	Размах	41	11	1,64	17,4	0,257	2,04	23
	Среднее (M)	109,6	30,8	4,028	13,12	7,43	2,782	149,3
	Ошибка ($\pm m$)	7,2	2,12	0,286	3,14	0,046	0,383	3,92
	Коэффициент вариации	0,147	0,158	0,159	0,535	0,014	0,308	0,059
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Экссесс	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
2-й день	min	94	29	3,55	6,2	7,236	2,62	146
	max	127	39,1	4,54	15,4	7,48	4,74	186
	Размах	33	10,1	0,99	9,2	0,244	2,12	40
	Среднее (M)	114,4	33,18	4,05	10,91	7,368	3,328	161,8
	Ошибка ($\pm m$)	6,1	1,83	0,175	1,57	0,042	0,376	6,9
	Коэффициент вариации	0,119	0,123	0,097	0,321	0,013	0,252	0,095
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Экссесс	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
3-й день	min	95	28,3	3,58	6,6	7,228	2,92	147
	max	147	48	5,99	22,9	7,47	5,58	178
	Размах	52	19,7	2,41	16,3	0,242	2,66	31
	Среднее (M)	120,4	35,36	4,444	12,48	7,334	4,228	158,2
	Ошибка ($\pm m$)	9,52	3,62	0,462	2,88	0,041	0,453	5,5
	Коэффициент вариации	0,177	0,229	0,232	0,516	0,013	0,24	0,078
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Экссесс	$p < 0,05$	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
4-й день	min	102	28,7	3,62	9,3	7,26	3,44	146
	max	139	47	5,6	16,5	7,461	4,13	176
	Размах	37	18,3	1,98	7,2	0,201	0,69	30
	Среднее (M)	118	35,06	4,446	11,36	7,37	3,796	159,9
	Ошибка ($\pm m$)	6,3	3,25	0,339	1,31	0,036	0,109	6,6
	Коэффициент вариации	0,119	0,207	0,17	0,257	0,011	0,064	0,093
	Асимметрия	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
	Экссесс	нет	нет	нет	нет	нет	нет	$p < 0,015$
	Отклонение от N — распределение по Джири	нет	нет	нет	нет	нет	$p < 0,002$	нет

или же простых классифицирующих функций [10, 11] становится возможным ими воспользоваться, чтобы не только помочь врачу соответствующими номограммами автоматизируемой диагностики [12], но и представить динамику конкретных патологических изменений в организме, полагая параметры соответствующих наблюдений распределенными от здорового до тяжелейшего случая сообразно отсчетам в определенном смысле «условной» шкалы времени [9].

В данной работе рассмотрена возможность применения подобного подхода на срезе уже реального, а не условного времени, когда необходимы интенсивные вмешательства, влекущие значимые изменения состояния пациента в масштабе первых дней преодоления последствий политравмы у детей.

Напомним, что в основу дискриминантного анализа положены представления о возможности разграничить состояния пациента, воспользовавшись или каноническими дискриминантными или же так называемыми простыми классифицирующими функциями [13, 14]. И если, опираясь на первые можно доказательно оценить качество разграничения или состоятельность классификации и при этом ранжировать параметры наблюдений по их диагностической значимости [11], то последние в контексте данного исследования представляют особый интерес в свете возможности установить тенденции «дрейфа» патологии в танатогенном или же в реконвалесцентном направлении. Полагая, что и в первые минуты, и в первые часы, и в первые дни борьбы за жизнь и здоровье ребенка совокупность описывающих его состояние параметров на

каждый следующий момент наблюдения отражает значимые отличия последующего образа патологии от предыдущего, мы воспользовались методами дискриминантного анализа [10] в сопоставлении данных 1, 2, 3 и 4-го дней наблюдений в условиях реанимационной палаты.

В доступных нам источниках мы не обнаружили сведений о применении такого подхода применительно к наблюдениям при интенсивных вмешательствах и, полагая, что такая гипотеза выдвигается, и такой подход применяется впервые, наверное, не следовало ожидать высокого контраста данных и высокой значимости их динамики. Тем не менее значимость первой канонической дискриминантной функции по выжившим пациентам оказалась не хуже $p < 0,02$, а эффективность дискриминации с применением простых классифицирующих функций без учета возможной когезивности наблюдений составила 62,5 %, когда из множества фиксируемых в эти дни параметров были выделены следующие:

- 1) гемоглобин — Hb, г/л;
- 2) гематокрит — Ht, %;
- 3) эритроциты — Er ($\times 10^{12}/л$);
- 4) лейкоциты — Le ($\times 10^9/л$);
- 5) pH
- 6) K^+ , ммоль/л;
- 7) Na^+ , ммоль/л.

А по умершим, видимо, в силу того, что число наблюдений было невелико ($n = 9$), значимость уже первой дискриминантной функции оказалась на грани сомнения ($p < 0,08$) при эффективности дискриминации порядка 73,3 %.

Зависимости параметров в пространстве дискриминируемых переменных в целом и на межэтапном уровне представлены в табл. 4 и 5,

Таблица 4 / Table 4

Матрица корреляций параметров наблюдений по выжившим пациентам

Correlation matrix of observation parameters for surviving patients

r^*/r	Hb	Ht	Er	Le	pH	K^+	Na^+
Hb	1,000	0,951	0,910	0,077	0,285	0,052	-0,104
Ht	0,952	1,000	0,906	0,004	0,269	0,138	-0,124
Er	0,912	0,911	1,000	0,143	0,246	0,075	0,001
Le	0,101	0,049	0,158	1,000	-0,160	-0,147	-0,024
pH	0,287	0,249	0,261	-0,041	1,000	0,179	-0,115
K^+	0,039	0,110	0,063	0,001	0,084	1,000	0,220
Na^+	-0,112	-0,140	-0,007	0,021	-0,156	0,154	1,000

Примечание. Корреляции в целом представлены выше главной диагонали, а на межэтапном уровне — ниже главной диагонали.

Note. Correlations are generally shown above the main diagonal, and correlations at the inter-step level are shown below the main diagonal.

Таблица 5 / Table 5

Матрица корреляций параметров наблюдений по умершим пациентам
Correlation matrix of observation parameters for deceased patients

r^*/r	Hb	Ht	Er	Le	pH	K ⁺	Na ⁺
Hb	1,000	0,917	0,897	0,049	-0,524	0,135	0,017
Ht	0,911	1,000	0,964	-0,013	-0,514	0,103	-0,172
Er	0,897	0,971	1,000	0,080	-0,474	0,135	-0,284
Le	0,068	0,012	0,090	1,000	-0,292	0,095	-0,254
pH	-0,481	-0,462	-0,448	-0,357	1,000	0,050	-0,116
K ⁺	-0,032	-0,101	-0,031	0,155	0,365	1,000	0,063
Na ⁺	-0,057	-0,294	-0,371	-0,211	0,000	-0,107	1,000

Примечание. Корреляции в целом представлены выше главной диагонали, а на межэтапном уровне — ниже главной диагонали.

Note. Correlations are generally shown above the main diagonal, and correlations at the inter-step level are shown below the main diagonal.

Таблица 6 / Table 6

Коэффициенты и свободный член канонической дискриминантной функции
Coefficients and free term of the canonical discriminant function

№ дискриминантной функции		Коэффициенты							Свободный член
		Hb	Ht	Er	Le	pH	K ⁺	Na ⁺	
Выжившие	I	0,0134	-0,1096	0,5492	0,0805	-6,4613	-1,3883	-0,0596	59,3890
	II	0,0353	-0,3069	1,6895	0,0184	-6,3416	0,9125	-0,0275	46,5570
	III	0,0089	0,3580	-3,6206	0,1510	5,5303	0,3921	0,0383	-47,5585
Умершие	I	-0,0365	0,1311	-0,2939	-0,0244	-3,9412	0,6011	0,0202	25,1190
	II	-0,0312	-0,3431	3,9220	-0,0058	0,6959	0,1220	0,0162	-9,5500
	III	-0,0733	0,0998	1,1944	0,0167	3,8030	-0,3028	0,0540	-35,6184

Таблица 7 / Table 7

Коэффициенты и свободный член простых классифицирующих функций
Coefficients and free term of the simple classifying functions

День преодоления политравмы		Коэффициенты							Свободный член
		Hb	Ht	Er	Le	pH	K ⁺	Na ⁺	
Выжившие	1-й	-3,7011	19,4723	-86,4089	2,0598	1396,5771	-28,4189	11,6386	-5838,2035
	2-й	-3,7346	19,7049	-87,4543	1,9857	1403,8010	-28,4015	11,6846	-5896,1570
	3-й	-3,7085	19,4952	-86,3408	1,9494	1402,6369	-26,3711	11,7048	-5897,5173
	4-й	-3,7429	19,8375	-88,3912	1,9518	1409,1903	-27,3844	11,7321	-5945,2284
Умершие	1-й	-0,1438	7,7553	66,8197	15,3466	1899,9542	-76,4786	4,1757	-7610,8454
	2-й	-0,3015	8,9336	60,0570	15,2464	1881,7619	-73,9289	4,2702	-7490,2374
	3-й	-0,3677	8,6545	63,9971	15,1638	1869,7852	-72,0231	4,2930	-7411,4769
	4-й	-0,4351	8,4607	67,8547	15,2182	1880,8934	-73,2230	4,3488	-7500,1449

а значения найденных при этом канонических дискриминантных и простых классифицирующих функций приведены соответственно в табл. 6 и 7.

Отметим, что коэффициенты простых классифицирующих функций по выжившим пациентам при тех же параметрах день ото дня разнятся не слишком, тогда как по умершим картина заметно контрастнее в проекции красной крови.

И чтобы полнее раскрыть роль отдельных параметров в достижении поэтапно существенных изменений состояния пациента, мы вычислили значения коэффициентов первой канонической дискриминантной функции при стандартизованных (приведенных к нулевой средней и к единичной дисперсии) переменных, а также получили соответствующие

значения полных и группового уровня (в контексте «день ото дня») структурных коэффициентов (табл. 8, 9).

По выжившим (табл. 8) наиболее приоритетной среди других параметров, отражающих состояние ребенка, оказалась роль калия.

Хорошо известно, что политравма сопровождается быстрым развитием гипокалиемии и в силу того, что такая тенденция является стереотипной, иногда полагается [15, 16], что данная динамика не столь приоритетна как, скажем, проблема преодоления острой кровопотери, развития анемии. Однако по результатам проведенного дискриминантного анализа мы не можем полностью согласиться с вышеупомянутым тезисом. При этом весьма показательна в таком плане картина по погибшим пациентам (табл. 9), где критичность

Таблица 8 / Table 8

Коэффициенты, выражающие роль отдельных параметров наблюдений по выжившим пациентам

Coefficients that express the role of individual observation parameters for survivors

Параметры	Коэффициенты первой канонической дискриминантной функции при стандартизованных параметрах	Полные структурные коэффициенты дискриминации	Структурные коэффициенты дискриминации на срезе «день ото дня»
Гемоглобин	0,1509	-0,072	-0,054
Гематокрит	-0,3410	-0,173	-0,127
Эритроциты	0,1960	-0,046	-0,037
Лейкоциты	0,4054	0,593	0,444
pH	-0,3274	-0,487	-0,361
K ⁺	-0,6346	-0,815	-0,708
Na ⁺	-0,1719	-0,257	-0,181

Примечание. Жирным шрифтом выделены требующие внимания величины.

Note. Important values are in **bold**.

Таблица 9 / Table 9

Коэффициенты, выражающие роль отдельных параметров наблюдений по умершим пациентам

Coefficients that express the role of individual parameters of observations for deceased patients

Параметры	Коэффициенты первой канонической дискриминантной функции при стандартизованных параметрах	Полные структурные коэффициенты дискриминации	Структурные коэффициенты дискриминации на срезе «день ото дня»
Гемоглобин	-0,7935	0,317	0,133
Гематокрит	0,9986	0,368	0,141
Эритроциты	-0,2886	0,282	0,117
Лейкоциты	-0,1656	-0,116	-0,013
pH	-0,4991	-0,467	-0,160
K ⁺	0,7582	0,707	0,434
Na ⁺	0,3616	0,388	0,145

Примечание. Жирным шрифтом выделены требующие внимания величины.

Note. Important values are in **bold**.

их состояния отмечена не только наивысшим приоритетом по калию, но еще и противоположными знаками роли гемоглобина и гематокрита. И хотя роль гематокрита и необходимость компенсаций по калию и натрию с учетом рН крови вполне отчетливо прослеживаются на уровне полных структурных коэффициентов дискриминации, все же на срезе «день ото дня» приоритетна лишь роль калия, что на фоне невысоких аналогичных коэффициентов по остальным параметрам следует, видимо, трактовать как свидетельство необратимости изменений в клетке при неутешительном в целом прогнозе для этих больных.

Вместе с тем следует отметить, что для выживших (табл. 8), и в целом, и с учетом особенных коррекций на срезе каждого дня, следующим после калия оказался приоритет роли лейкоцитов. Ведь хорошо известно, что на полученную травму организм обычно отвечает увеличением их числа за счет выхода из депо костного мозга, селезенки и в силу активации маргинального пула лейкоцитов. А далее в течение четырех суток наблюдаемое падение лейкоцитов связано в первую очередь с выходом клеточных элементов из крови в ткани, и только с пятых суток отмечается повышение, связанное уже с выходом в кровь клеток новой генерации [15]. Однако весьма настораживающим моментом в приведенных в табл. 9 выкладках по умершим пациентам оказывается тот факт, что значимой роли лейкоцитов у них не усматривается.

В целом же, по данным [16], в динамике таких показателей, как Hb, Ht и Eг отмечается обычно рецессия к 3-му дню, увеличиваются они лишь с 5-го дня, и несомненно, что наиболее приоритетным является лечение анемии у пострадавших с политравмой с первых суток, ибо прогрессирующая анемия может быть основной причиной необратимых органических нарушений. Такой лечебный подход прописан в программе лечения тяжелого шока при политравме, целесообразность такого пути очевидна и не обсуждается [17]. Вполне очевидно, что и поддержание должного уровня гематокрита, как в не меньшей мере и рН, оказываются важнейшими ориентирами при выведении пациента на траекторию исцеления.

ВЫВОДЫ

Таким образом, с применением дискриминантного анализа становится возможным

полнее раскрыть особенности многомерной динамики проявлений политравмы у детей в первые дни реанимационных мероприятий и численно выразить приоритеты отражающих их состояние отдельных параметров. При этом, ориентируясь на расчетные величины канонических или простых классифицирующих функций, удастся в целом более объективно оценивать состояние травмированного ребенка и по времени оперативно разграничивать индивидуальные особенности непрерывно меняющейся картины его дрейфа в танатогенном или же в реконвалесцентном направлении.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Вклад в статью: В.Б. Баковский — написание раздела «введение», корректура статьи для издания; С.И. Головкин — постановка задачи, анализ научной литературы, описание результатов исследования, написание статьи; Н.А. Шабалдин — описание клинических наблюдений, перевод статьи на английский язык; Т.В. Кухарова — статистический анализ наблюдений и интерпретация его результатов, написание статьи; В.А. Уткин — анализ научной литературы, написание статьи, интерпретация результатов статистического анализа данных; Е.Н. Чалая — выбор метода анализа данных, методическое обеспечение исследования.

Conflict of interest. The authors of this article confirmed the lack of interest and financial support, which should be reported.

Information about the authors: V.B. Bakovsky — contribution to the article: writing the “introduction” section, proofreading the article for publication; S.I. Golovkin — problem statement, analysis of scientific literature, description of research results, writing an article; N.A. Shabaldin — description of clinical observations, translation of the article into English; T.V. Kukharova — statistical analysis of observations and interpretation of its results, writing the article; V.A. Utkin — analysis of scientific literature, writing an article, interpretation of the results of statistical data analysis; E.N. Chalaya — choice of data analysis method, methodological support of the research.

ЛИТЕРАТУРА

1. Талыпов А.Э., Мячин М.Ю., Куксова А.С., и др. Медикаментозная нейропротекция в остром периоде черепно-мозговой травмы средней степени тяжести // Медицинский Совет. — 2015. — № 10. — С. 82–83. [Talypov AE, Myatchin MYu, Kuksova NS, et al. Drug-based neuroprotection in acute phase of traumatic brain injury of moderate severity. *Medical Council*. 2015;(10):82-83. (In Russ.)]. DOI: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2015-10-82-92>
2. Peterson N, James L. Polytrauma in children. *Orthopaedics and Trauma*. 2018;32(5):280-287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2018.07.004>
3. Пшениснов К.В., Александрович Ю.С., Миронов П.И., и др. Особенности инфузионной терапии у детей с тяжелой сочетанной травмой // Анестезиология и реаниматология. — 2016. — № 1. — С. 28–32. [Pshenisnov KV, Aleksandrovich YuS, Mironov PI, et al. Features of fluid therapy in children with severe major trauma. *Anesthesiology and Intensive Care*. 2016;(1):28-32. (In Russ.)] DOI: <https://doi.org/10.18821/0201-7563-2016-61-1-28-32.>
4. Naqvi G, Johansson G, Yip G, et al. Mechanisms, Patterns and outcomes of paediatric polytrauma in a UK major trauma centre. *Ann R Coll Surg*. 2017;99(1):39-45. DOI: <https://doi.org/10.1308/rcsann.2016.0222>.
5. Тимофеев В.В., Бондаренко А.В. Структура и характер политравмы у детей в городе Барнауле // Травматология и ортопедия России. — 2013. — № 2. — С. 94–98. [Timofeev VV, Bondarenko AV. The structure and feature of polytrauma in children of Barnaul. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2013;(2):94-98. (In Russ.)] DOI: <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2013-2-94-98>.
6. Баковский В.Б., Гибадуллин Д.Г., Шабалдин Н.А., и др. Структурирование политравмы у детей с применением оценки по системе ISS и концентрации маркеров белка s100b и цистатина С // Российский Вестник детской хирургии анестезиологии и реаниматологии. — 2019. — Т. 9. — № 1. — С. 70–77. [Bakowski VB, Gibadyllin DG, Shabaldin NA, et al. Multiple trauma structuring in children with estimation according to iss system and concentrations of S100B protein markers and cystatin C. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019;9(1):70-77. (In Russ.)] DOI: <https://doi.org/10.30946/2219-4061-2019-9-1-70-77>.
7. Karlbauer A, Woidke R. Оценка тяжести травмы: обзор наиболее часто используемых систем для оценки тяжести повреждений у травматологических больных // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 2003. — № 3. — С. 16–19. [Karlbauer A, Woidke R. Evaluation of Injury Severity: Review of the Most Commonly Used System for the
8. Уткин В.А., Головкин С.И., Першин И.М., и др. Пограничные и терминальные состояния в свете теории управления // XX Юбилейная Всероссийская научно-практическая конференция «Интегративная медицина. 10 лет журналу «Политравма»: 9 мая 2017 г.: сборник тезисов – Ленинск-Кузнецкий. — 2017. — С. 104–105. [Utkin VA, Golovkin SI, Pershin IM, et al. Boundary and terminal States in the light of control theory. XX anniversary all-Russian scientific-practical conference “Integrative medicine. 10 years of the journal Polytrauma”: may 9, 2017: abstracts – Leninsk-Kuznetsk. 2017. P. 104-105. (In Russ.)]
9. Уткин В.А., Першин И.М., Головкин С.И., и др. Особенности идентификации динамики метаболизма в живой системе исходя из канонических медицинских классификаций // VIII Всероссийская научная конференция «Системный синтез и прикладная синергетика»: сборник научных трудов. — Ростов н/Д; Таганрог: Издательство Южного федерального университета. — 2017. — С. 391–396. [Utkin VA, Pershin IM, Golovkin SI, et al. Features of identification of the dynamics of metabolism in a living system based on the canons of medical classifications. VIII all-Russian scientific conference “System synthesis and applied synergetics”: collection of scientific works; Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University Press, 2017. P. 391–396. (In Russ.)]
10. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У., Клекка У.Р., и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / пер. с англ.; под. ред. И.С. Енюкова. — М.: Финансы и статистика, 1989. — 215 с. [Kim J-O, Muller ChW, Klekka WR, et al. Factor, discriminant and cluster analysis: Transl. eng.; Under. edited by I.S. Eniukov; Moscow: Finance and statistics, 1989. 215 p. (In Russ.)]
11. Уткин В.А. Статистические технологии в медицинских исследованиях: Монография, 2-е изд., испр., доп. — Пятигорск: ГНИИК ФМБА РФ, 2012. — 212 с. [Utkin VA. Statistical technologies in medical research: Monography, 2nd ed., Rev. extra; Piatigorsky: GNIИК FMBA of Russia. 2012. 212 p. (In Russ.)]
12. Кухарова Т.В., Папуш Е.Г., Першин И.М., Уткин В.А. Управляющие воздействия для объектов, описываемых дискриминантными или регрессионными функциями // Современная наука и инновации. — 2016. — Т. 16. — № 4. — С. 29–33. [Kukharova TV, Papush EG, Pershin IM, Utkin VA. Control actions for the objects described by discriminant or regression functions. *Modern science and innovations*. 2016;16(4):29-33. (In Russ.)]
13. Уткин В.А. Методические аспекты математико-статистического анализа медицинских данных Часть 3. Классификация и диагности-

- ка в современной медицине с применением дискриминантного и кластерного анализа // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2009. — Т. 16. — № 4. — С. 62–65. [Utkin VA. Methodological aspects of mathematical and statistical analysis of medical data Part 3. Classification and diagnostics in modern medicine using discriminant and cluster analysis. *Medical Bulletin of the North Caucasus*. 2009;16(4):62-65. (In Russ.)]
14. Гайдьшев И.П. Анализ и обработка данных: Специальный справочник. — СПб.: Питер, 2001. — 752 с. [Gaidyshev IP. Analysis and data processing: Special directory. Saint Petersburg: Peter, 2001. 752 p.]
15. Оценка лабораторных данных в критических состояниях (трактовка, прогнозирование, медикаментозная коррекция) / под ред. проф. С.И. Перегудова. — СПб., 1999. — 76 с. [Assessment of laboratory data in critical conditions (interpretation, prediction, medicamental correction) under the editorship of Professor S.I. Peregodova; Saint Petersburg, 1999. 76 p. (In Russ.)]
16. Устьянцева И.М. Лабораторная диагностика при политравме // Политравма. — 2008. — № 4. — С. 51–54. [Ustyantseva IM. Laboratory diagnosis in polytrauma. *Polytrauma*. 2008;(4):51-54. (In Russ.)]
17. Агаджанян В.В., Устьянцева И.М., Хохлова О.И. Синдром системного воспалительного ответа и полиорганная дисфункция у детей с политравмой // Политравма. — 2012. — № 4: — С. 69–81. [Agadzhanyan VV, Ustyantseva IM, Khokhlova OI. Systemic inflammatory response Syndrome and multiple organ dysfunction in children with polytrauma. *Polytrauma*. 2012;(4):69-81. (In Russ.)]

Информация об авторах

Владислав Богданович Баковский — канд. мед. наук, врач, отделение травматологии-ортопедии. ГАУЗ КО «Областная детская клиническая больница», Кемерово. E-mail: bakovskivb@rambler.ru.

Сергей Иванович Головкин — д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры детских хирургических болезней. ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России, Кемерово. E-mail: golovkins2@mail.ru.

Татьяна Валерьевна Кухарова — канд. тех. наук, доцент кафедры медицинской радиоэлектроники. Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург. E-mail: unit-4@yandex.ru.

Владимир Александрович Уткин — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник. ПГНИИК филиал ФФГБУ СКФНKC ФМБА России, г. Пятигорск. E-mail: orgotdel@gniik.ru.

Елена Николаевна Чалая — канд. мед. наук, доцент, ученый секретарь. ПГНИИК филиал ФФГБУ СКФНKC ФМБА России, Пятигорск. E-mail: orgotdel@gniik.ru.

Никита Андреевич Шабалдин — канд. мед. наук, доцент кафедры детских хирургических болезней. ФГБОУ ВО КемГМУ Минздрава России, Кемерово. E-mail: shabaldin.nk@yandex.ru.

Information about the authors

Vladislav B. Bakovsky — Cand. Sci. (Med.), doctor, Department of traumatology and orthopedics. Regional Children's Clinical Hospital, Kemerovo, Russia. E-mail: bakovskivb@rambler.ru.

Sergey I. Golovkin — Dr. Sci. (Med.), associate Professor, Professor of the Department of pediatric surgical diseases. KemSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kemerovo, Russia. E-mail: golovkins2@mail.ru.

Tatyana V. Kukharova — Cand. Sci. (Tech.), associate Professor of the Department of medical Radioelectronics. Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: unit-4@yandex.ru.

Vladimir A. Utkin — Dr. Sci. (Med.), leading researcher. PGNIIC branch of the Federal State Budgetary Institution of the Russian Federation, Pyatigorsk, Russia. E-mail: orgotdel@gniik.ru.

Elena N. Chalaya — Cand. Sci. (Med.), scientific Secretary. PGNIIC branch of the Federal State Budgetary Institution SKFNKC FMBA of Russia, Pyatigorsk, Russia. E-mail: orgotdel@gniik.ru.

Nikita A. Shabaldin — Cand. Sci. (Med.), associate Professor of the Department of pediatric surgical diseases. KemSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation, Kemerovo, Russia. E-mail: shabaldin.nk@yandex.ru.