

УДК 617-001-036.8-053.2

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS64929>

Предикторы исходов политравмы в ранний период травматической болезни у детей

© Н.А. Шабалдин, С.И. Головкин, А.В. Шабалдин

Кемеровский государственный медицинский университет, Кемерово, Россия

Обоснование. Проблема противошоковых мероприятий и стабилизации общего состояния пострадавших детей с политравмой на этапе интенсивной терапии является крайне актуальной в детской травматологии. Многие аспекты, такие как определение наиболее чувствительной прогностической шкалы оценки тяжести политравмы, клинико-лабораторных предикторов изменения вектора развития течения травматической болезни в сторону танатогенной направленности, активно обсуждаются в среде клиницистов.

Цель — анализ динамики изменений показателей внутреннего гомеостаза у детей с политравмой, свидетельствующих о благоприятной или танатогенной направленности течения травматической болезни.

Материалы и методы. Выполнен ретроспективный анализ историй болезни 49 пациентов с диагнозом «политравма». Все пострадавшие разделены на две группы: 41 пациент составил группу выживших, 8 — группу умерших.

Всем пациентам исследовали показатели общего анализа крови (эритроциты, тромбоциты, гематокрит, гемоглобин, лейкоциты, скорость оседания эритроцитов), кислотно-основного состояния (рН, SBC, BE), биохимические показатели крови (креатинин, мочевины, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, калий, натрий, кальций), белка острой фазы (С-реактивный белок). Анализы выполняли ежедневно в течение первых 10 суток острого периода травмы. Для определения тяжести травмы использовали шкалы NISS, pediatric trauma score, в случае наличия черепно-мозговой травмы — шкалу комы Глазго.

Для выявления предикторов исходов политравмы была проведена логистическая пошаговая регрессия. Значимость достигалась при $p < 0,05$.

Результаты. Пошаговая логистическая регрессия выявила значимые предикторы, определяющие неблагоприятный исход политравмы (смерть), уже на вторые сутки. Ими оказались оценка по шкале NISS, уровень С-реактивного белка, гемоглобина, эритроцитов, натрия, креатинина. В то же время статистическая значимость в динамике изменений в показателях красной крови (эритроциты, гемоглобин), ионного состава крови (натрий, калий), гуморальной активности (лейкоциты, скорость оседания эритроцитов, С-реактивный белок) сохранялась до 10 суток, то есть в период наиболее возможных осложнений травматической болезни. В результате удалось вывести уравнение для расчета риска срыва компенсаторных механизмов при политравме.

Заключение. Течение травматической болезни у детей с политравмой характеризуется морфо-функциональными изменениями во многих системах органов. Предикторы срыва компенсаторно-адаптивных механизмов в ответ на политравму могут быть определены уже в ранний послешоковый период.

Ключевые слова: политравма; дети; клинико-лабораторные показатели.

Как цитировать:

Шабалдин Н.А., Головкин С.И., Шабалдин А.В. Предикторы исходов политравмы в ранний период травматической болезни у детей // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2021. Т. 9. № 3. С. 307–316. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS64929>

DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS64929>

Predictors of polytrauma outcomes in the early period in children

© Nikita A. Shabaldin, Sergei I. Golovkin, Andrei V. Shabaldin

Kemerovo State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

BACKGROUND: The problem of anti-shock measures and stabilization of the general condition of the affected children with polytrauma at the stage of intensive care is an extremely urgent issue in pediatric traumatology. Various aspects, such as determining the most sensitive prognostic scale for assessing the severity of polytrauma, clinical and laboratory predictors of changes in the vector of development of the course of traumatic disease in the direction of thanatogenic orientation, remain actively discussed among clinicians.

AIM: The aim of the study is to analyse the dynamics of changes in the indicators of internal homeostasis in children with polytrauma, indicating a favorable or thanatogenic direction of the course of the traumatic disease.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective analysis of the medical records of 49 patients diagnosed with polytrauma was performed. All patients were divided into two groups: the survivors' group comprised 41 patients, and the deceased group consisted of 8 patients.

All patients were examined for total blood count (Er, Tr, Ht, Hb, le, ESR), acid-base state (pH, SBC, BE), blood biochemical parameters (creatinine, urea, ALT, AST, K, Na, Ca), and C-reactive protein. The tests were performed daily during the first 10 days of the acute phase of the injury. The severity of the injury was determined by the NISS and pediatric trauma score scales, and in the case of a traumatic brain injury, the Glasgow coma scale was used.

A logistic step-by-step regression analysis was performed to identify predictors of polytrauma outcomes. The statistical significance was considered at $p < 0.05$.

RESULTS: The step-by-step logistic regression revealed significant predictors that determined the unfavorable outcome of polytrauma (death), already on the second day. They were the NISS score, the level of CRP, Hb, Er, Na, and creatinine. At the same time, the statistical significance in the dynamics of changes in red blood parameters (Er, Hb), blood ionic composition (Na, K), humoral activity (Le, ESR, CRP) remained up to 10 days, i.e., during the period of possible complications of the traumatic disease. Our data offered the possibility to derive an equation for calculating the risk of failure of compensatory mechanisms in polytrauma.

CONCLUSIONS: The course of traumatic disease in children with polytrauma is characterized by morpho-functional changes in many organ systems. Predictors of failure of compensatory-adaptive mechanisms in response to polytrauma can be determined already in the early post-shock period.

Keywords: polytrauma; children; clinical and laboratory parameters.

To cite this article:

Shabaldin NA, Golovkin SI, Shabaldin AV. Predictors of polytrauma outcomes in the early period in children. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2021;9(3):307–316. DOI: <https://doi.org/10.17816/PTORS64929>

ОБОСНОВАНИЕ

Частота встречаемости тяжелых множественных и сочетанных травм у детей остается высокой [1]. Особенности патогенеза тяжелой механической травмы с вероятностью возникновения синдрома повторного поражения головного мозга, высокие риски летального исхода обусловили необходимость выделения отдельного нозологического понятия — политравма, летальность при которой составляет от 5 до 15 % [2]. Нестабильное общее состояние таких пострадавших определило необходимость введения специализированных алгоритмов диагностики и оказания медицинской помощи.

Глубокие изменения в системе свертывания, кислотно-основного состояния, электролитного состава крови, метаболические, иммунные нарушения вследствие первичной травмы и острой кровопотери влекут за собой развитие комплекса патофизиологических процессов, что в значительной степени и определяет сущность травматической болезни, при которой наиболее критичными периодами являются период острых нарушений жизненно важных функций и период ранних проявлений [3].

В прогнозировании исходов политравмы остается множество нерешенных проблем, включая и определение наиболее эффективной прогностической шкалы [4]. Предложено множество вариантов шкал, позволяющих установить тяжесть первичной механической травмы, состояние пострадавшего, многошаговых шкал расчета риска летального исхода, тем не менее вопрос об оптимальном способе прогнозирования течения травматической болезни при клиническом использовании остается открытым. Попытки разработать единую, универсальную прогностическую шкалу безуспешны, и ряд авторов считают необходимым не разрабатывать новые шкалы, а совершенствовать уже имеющиеся [4].

В реальных условиях временные рамки течения различных периодов травматической болезни могут быть размыты и не характеризоваться ярко выраженной типичной клинической картиной, что затрудняет понимание функциональных возможностей травмированного ребенка. Нестабильность показателей внутреннего гомеостаза диктует необходимость мониторинга витальных функций, постоянного анализа изменений клинико-лабораторных показателей, что порой в силу большого количества переменных не всегда возможно сделать. Не вызывает сомнений потребность четкого понимания танатогенной или реконвалесцентной направленности травматической болезни в каждом конкретном случае, опираясь на выявление и интегральный анализ наиболее чувствительных клинико-лабораторных предикторов изменения вектора развития в раннем периоде травматической болезни. Существует большое количество исследований, посвященных поиску диагностических предикторов неблагоприятного течения травматической болезни у взрослых [5–7].

Ряд авторов руководствуются косвенными признаками более благоприятного течения травматической болезни у детей, такими как снижение количества койко-дней [8, 9]. Тем не менее в последнее время в детской практике также отмечается рост интереса к поиску объективных клинико-диагностических критериев, свидетельствующих об реконвалесцентной или танатогенной направленности течения травматической болезни [10]. Так, базируясь на результатах объективной оценки состояния больного, лечащий врач может корректировать интенсивную терапию пострадавшего ребенка. В связи с этим перспективным направлением ранней диагностики осложнений политравмы является поиск предикторов неблагоприятного течения острого периода [11].

Цель — анализ динамики изменений показателей внутреннего гомеостаза у детей с политравмой, свидетельствующих о благоприятной или танатогенной направленности течения травматической болезни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выполнен ретроспективный анализ историй болезни 49 пациентов с диагнозом «политравма», находившихся на лечение в отделение реанимации и интенсивной терапии ГАУЗ «Кузбасская областная детская клиническая больница» (Кемерово) в период с 2015 по 2020 г.

Постановку диагноза «политравма» осуществляли при значении оценки по шкале NISS более 16 баллов. Возраст пациентов составлял от 1 года до 16 лет, средний возраст — 12 лет. Все пострадавшие разделены на две группы в зависимости от исхода политравмы: 41 пациент составил группу выживших, 8 — группу умерших, у которых летальный исход наступил позже 10 сут после политравмы. Критерием исключения из исследования являлся летальный исход у пострадавшего в период до 10 сут с момента травмы.

Всем пациентам исследовали показатели общего анализа крови (эритроциты, тромбоциты, гематокрит, гемоглобин, лейкоциты, скорость оседания эритроцитов), кислотно-основного состояния (pH, SBC, BE), биохимические показатели крови (креатинин, мочеви́на, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, калий, натрий, кальций), белка острой фазы — С-реактивный белок (СРБ). Анализы выполняли всем пациентам ежедневно в течение первых 10 сут с момента травмы. Всем пациентам при поступлении в отделение реанимации и интенсивной терапии для определения тяжести травмы проводили оценку по шкале NISS, также использовали прогностическую шкалу *pediatric trauma score*, в случае наличия черепно-мозговой травмы применяли шкалу комы Глазго.

Статистическую обработку полученных результатов проводили в пакетах программ Statistica for Windows, версия 10.0 (StatSoft Inc., США) и MedCalc, версия 17.5.3

(MedCalc Software, Бельгия) по правилам вариационной статистики.

Для выявления предикторов исходов политравмы были проведены множественная логистическая пошаговая регрессия и ROC-анализ. Множественная логистическая регрессия является статистическим методом классификации с использованием линейного дискриминанта Фишера. В настоящем исследовании использовали вариант пошаговой регрессии, при которой пространство значений обучающей выборки разделено линейной границей на две области, соответствующие баллам: 1 балл — смерть пациента после 10 сут с момента травмы, 0 баллов — выздоровление и выписка пациента после политравмы. Именно такое деление позволяет выявить факторы, ассоциированные с танатогенным эффектом после политравмы.

На основе логистической функции были получены уравнения расчета рисков танатогенного исхода после политравмы. Поиск предикторов проводили по клиническим и лабораторным показателям для каждых суток (с 1-го по 10-й день после политравмы).

Для оценки значимости полученных уравнений в прогнозировании риска танатогенного исхода после политравмы выполняли ROC-анализ с расчетом следующих параметров: AUC (area undercurve) — площадь под кривой [характеризует диагностическую ценность показателя (0,9–1,0 — отличная; 0,8–0,9 — очень хорошая; 0,7–0,8 — хорошая, 0,6–0,7 — средняя, 0,6 и меньше — неудовлетворительная)], чувствительности (Se) и специфичности (Sp) фактора, критических значений (cut-offpoint) показателей.

Количественные данные представляли в виде медианы (Me), 25-го и 75-го процентилей (Q_{25} и Q_{75}). Значения уровней метрических показателей в несвязанных выборках сравнивали с помощью непараметрического критерия Манна – Уитни. Уровень статистической значимости различий принимали при $p < 0,05$, что соответствует медико-биологическим исследованиям [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Лечение пострадавших с политравмой представляет собой множество сложностей и вопросов, ответы на которые следует рассматривать персонализированно

для каждого конкретного пациента. Течение травматической болезни у таких пациентов во многом определяется характером ведущего повреждения. Структура ведущей травмы у пациентов двух групп согласно классификации В.А. Соколова представлен в табл. 1.

Исследование показало, что наиболее частой причиной летального исхода была черепно-мозговая травма (ЧМТ), ведущая в 75 % случаев в группе умерших на фоне других повреждений. В группе пациентов с летальным исходом в качестве наиболее тяжелой травмы встречались абдоминальная травма и сочетание двух и более ведущих повреждений в 12,5 % случаев каждые. При этом группа выживших характеризовалась большим разнообразием наиболее тяжелых повреждений. Преимущественно в качестве доминирующей травмы встречались ЧМТ — в 36,7 %, абдоминальная травма — в 21,9 %, повреждение 2 областей и более — в 21,9 %. Сравнительный анализ показал, что только по частоте встречаемости ЧМТ группы значительно различались.

Непараметрический анализ оценки по шкале комы Глазго отразил статистически значимые отличия между группами с преобладанием более тяжелого неврологического статуса у умерших (шкала комы Глазго: 3,85: 2,82; 4,89 — умершие, 7,43: 3,81; 11,07 — выжившие, $p < 0,05$). У ряда пациентов с ведущей ЧМТ, в том числе у 2 в группе умерших, при наличии незначительных повреждений в других системах органов оценка по данным NISS не превышала 25 баллов. Таким образом, у таких пострадавших прерогативу в определении тяжести повреждения следует отдавать шкале комы Глазго, которая отображает тяжелый неврологический статус в момент поступления в реанимационное отделение.

Пошаговая логистическая регрессия выявила уже на вторые сутки после травмы значимые клинические и лабораторные предикторы неблагоприятного исхода политравмы (табл. 2). Установлена наибольшая значимость степени тяжести первичной механической травмы, острой кровопотери и последовавших за этим нарушений внутреннего гомеостаза в течение первых 2 сут с момента травмы, что соответствует периоду шока и относительной стабилизации.

Как видно из табл. 2, определены показатели, оказывающие положительное и отрицательное

Таблица 1. Структура политравмы у детей согласно классификации В.А. Соколова

	Сочетанная с черепно-мозговой травма (абс./%)	Сочетанная травма спинного мозга (абс./%)	Сочетанная травма груди (абс./%)	Сочетанная абдоминальная травма (абс./%)	Сочетанная травма опорно-двигательного аппарата (абс./%)	Сочетанная травма 2 областей и более (абс./%)
Группа выживших	15/36,7	1/2,4	2/4,8	9/21,9	5/12,3	9/21,9
Группа умерших	6/75	–	–	1/12,5	–	1/12,5
Достоверность отличий (p)	<0,05*			>0,05		>0,05

* значимое различие показателей.

Таблица 2. Логистическая регрессия (пошаговый вариант) оценки риска неблагоприятного исхода политравмы (смерти пациента) по клиническим и лабораторным показателям, определенным на вторые сутки после травмы

Предиктор	β	Std. err. of β	B	Std. err. of B	t (8)	p
Свободный член логистической регрессии			-2,924	0,758	-3,858	0,001
Натрий на 2-е сутки, X_1	0,399	0,138	0,016	0,006	2,893	0,009
NISS, X_2	0,441	0,130	0,014	0,004	3,398	0,003
C-реактивный белок на 2-е сутки, X_3	-0,308	0,129	-0,003	0,001	-2,391	0,027
Гемоглобин на 2-е сутки, X_4	-1,472	0,485	-0,035	0,012	-3,036	0,007
Креатинин на 2-е сутки, X_5	0,845	0,327	0,010	0,004	2,584	0,018
Эритроциты на 2-е сутки, X_6	1,117	0,484	0,725	0,314	2,306	0,033

Примечание. X_1 – X_6 — значимые предикторы (переменные) для уравнения логистической функции; β — коэффициент регрессии β ; Std. err. of β — ошибка β -коэффициента; B — коэффициент регрессии B; Std. err. of B — ошибка B-коэффициента; t (8) — распределение Стьюдента.

влияние на неблагоприятный исход после политравмы. Отметим, что β -коэффициенты отражают относительное влияние предиктора на зависимую переменную, а B-коэффициенты — прогностическую значимость предиктора.

Этими предикторами оказались оценка по шкале NISS, уровень СРБ, гемоглобина, эритроцитов, натрия, креатинина на 2-е сутки после травмы. В результате полученных данных удалось вывести уравнение для расчета риска срыва компенсаторных механизмов при политравме, базируясь на интегральной оценке представленных показателей:

$$Y = (\exp Z / (1 + \exp Z)) \cdot 100,$$

$$Z = (-2,924 + 0,016X_1 + 0,014X_2 - 0,003X_3 - 0,035X_4 + 0,01X_5 + 0,725X_6),$$

где X_1 — концентрация ионов Na^+ в сыворотке крови пациента на 2-е сутки после политравмы, ммоль/л; X_2 — тяжесть политравмы по шкале NISS в момент поступления пациента, баллы; X_3 — концентрация СРБ в сыворотке крови пациента на 2-е сутки после травмы, мг/л; X_4 — концентрация гемоглобина в сыворотке крови пациента на 2-е сутки после травмы, г/л; X_5 — концентрация креатинина в сыворотке крови пациента на 2-е сутки после травмы, мкмоль/л; X_6 — количество эритроцитов в периферической крови на 2-е сутки после травмы, $10^{12}/\text{л}$.

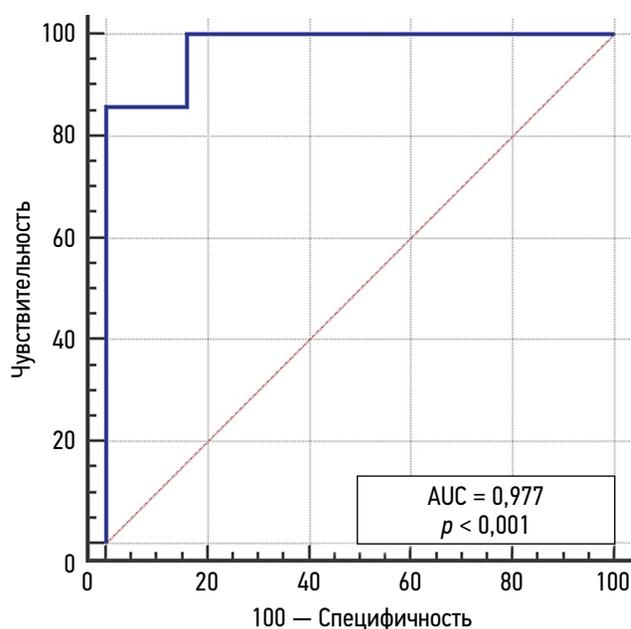
Для выявления чувствительности и специфичности уравнения расчета риска танатогенного эффекта после политравмы проведен ROC-анализ (табл. 3, рисунок).

Как видно из рисунка, специфичность (способность определять истинно положительные результаты) полученного уравнения была равна 85,71 %, а чувствительность (способность определять истинно отрицательные результаты) составляла 100 %. Эти условия выполнялись при критерии разграничения положительных и отрицательных результатов (ассоциативный критерий), равном 42,15 %. Индекс Юдена (J), определяющий суммарную эффективность уравнения [специфичность J

Таблица 3. Основные показатели ROC-анализа для уравнения оценки риска танатогенного эффекта при политравме, разработанного на основе логистической регрессии

Показатель	Оценка
Индекс Юдена, J	0,8571
Ассоциированный критерий	>42,15411528
Чувствительность	85,71
Специфичность	100,00

(в долях) + чувствительность (в долях) – 1], стремился к единице (0,86), что подтверждает высокую эффективность полученной формулы расчета риска. Так, коэффициент, полученный при расчете по представленному уравнению, свыше 42,15 % соответствует высокому риску летального исхода. Более высокие результаты выступают

**Рисунок.** ROC-анализ, определение специфичности и чувствительности при расчете риска неблагоприятного исхода политравмы (смерти). Критерий разграничения благоприятного и неблагоприятного исходов (ассоциативный критерий) определяется значением больше 42,15 %

в качестве прогностического критерия неблагоприятного исхода травматической болезни. Высокая чувствительность и специфичность представленного уравнения позволяют определить вектор развития травматической болезни и своевременной коррекции направленности интенсивной терапии, исходя из динамических изменений того или иного лабораторного показателя внутреннего гомеостаза.

При расчете рисков по полученному уравнению используются наиболее значимые показатели по данным логистической регрессии. Многопараметрическая логистическая регрессия отобразила чувствительность в прогнозировании течения травматической болезни оценки по шкале NISS. В то время как шкала комы Глазго представляет собой инструмент для диагностики определенной когорты пациентов с ведущей ЧМТ и, так же как *pediatric trauma score*, не отобразила статистическую значимость в определении течения травматической болезни. Исследование показало, что оценка по шкале NISS имеет прямо пропорциональную зависимость в расчете риска летальности, а B -коэффициент отобразил высокую прогностическую значимость предиктора в представленном уравнении. В то же время при непараметрическом сравнении показателей по шкале NISS в группах выживших и умерших пациентов значимых различий не получено, хотя средние величины были выше в группе умерших пациентов (NISS: 53,85; 26,47; 81,23 — умершие, 36,01; 22,54; 49,45 — выжившие, $p > 0,05$).

Значимым критерием при прогнозировании течения травматической болезни в ранний после шоковый период оказался уровень креатинина. При расчете рисков неблагоприятного исхода данный предиктор отобразил положительную зависимость и высокую чувствительность. Высокий уровень креатинина значительно увеличивает риски летального исхода. Он представляет собой метаболит белкового расщепления в мышцах, и изменение его концентрации в крови свидетельствует не только о нарушении работы почек, но и о некрозе и массивном повреждении мышечной ткани. Нарастающий уровень креатинина в крови у пострадавших с политравмой в первые 2 сут свидетельствует о грубых морфологических изменениях вследствие тяжелой механической травмы. Статистическая значимость концентрации креатинина в совокупности с оценкой тяжести травмы по шкале NISS свидетельствует о прямой зависимости между объемом повреждений и угрозой летального исхода у детей.

Известно, что важным звеном, определяющим течение травматической болезни, является степень первичной кровопотери и возможность ее коррекции заместительной терапией, эффект от которой в условиях продолжающегося кровотечения не всегда удается получить в кратчайшие сроки. Критическое падение уровня показателей красной крови вследствие массивной

кровопотери ведет к снижению кислородной емкости, способствующей на фоне существующей гипоперфузии тканей возникновению и прогрессированию кислородного голода, активации анаэробного пути гликолиза, формированию метаболического ацидоза. Статистически чувствительными в пошаговой логистической регрессии оказались показатели эритроцитов и гемоглобина. Перечисленные предикторы отрицательно влияли на исход политравмы и высокую диагностическую значимость. Низкий уровень данных показателей красной крови значительно увеличивает риски летального исхода.

На фоне снижения доставки кислорода в ткани при инициировании срыва компенсаторных механизмов в ответ на политравму лежит изменение ионного состава крови. Наиболее чувствительным предиктором неблагоприятного течения политравмы в первые 2 сут оказался уровень натрия в крови, который характеризует осмотическое давление крови и регулирует работу мембранного потенциала клетки. В критическом состоянии, связанном с массивной кровопотерей, нарушение электролитного состава крови ведет к перемещению натрия и водорода в клетку, отеку и гибели клетки путем апоптоза.

Мембранный потенциал клетки определяет течение всех патологических процессов у пострадавших с политравмой. Так уровень ионов натрия в крови оказывал прямое влияние на риски неблагоприятного течения травматической болезни, а результат логистической регрессии отобразил β -коэффициент — 0,138, что соответствует высокой чувствительности предиктора. Соответственно, высокие показатели данного предиктора значительно увеличивают вероятность летального исхода. При определении объема инфузионной терапии следует уделять особое внимание мониторингу динамических изменений ионного состава крови.

Уже с первых суток с момента получения тяжелой механической травмы возникает риск осложнения в виде присоединения синдрома системного воспалительного ответа (ССВО), прогнозировать который уже в ранние периоды политравмы можно по уровню СРБ. Именно этот показатель, по данным ряда авторов, является одним из наиболее чувствительных предикторов формирования ССВО [13]. В патофизиологической основе манифестации ССВО при политравме лежит массивное механическое повреждение, выброс эндотоксинов, глобальный дефицит перфузии тканей, что может быть отражено в показателях гуморальной активности, белках острой фазы, иммунных показателях. Многопараметрическая логистическая регрессия выявила высокую прогностическую значимость концентрации СРБ и прямое влияние этого показателя на риски танатогенной направленности. Высокий уровень СРБ уже на 2-е сутки после политравмы свидетельствовал о неблагоприятном развитии травматической болезни.

ОБСУЖДЕНИЕ

Патофизиологические механизмы течения травматической болезни у детей с политравмой во многом вариативны и определяются особенностями морфо-функционального ответа организма пострадавшего на действие внешнего повреждающего фактора. Важная задача хирургической и реанимационной бригады — выявление паттернов дезинтеграции и срыва компенсаторных возможностей организма ребенка, основываясь на которых возможно обоснованно определить объем и направление интенсивной терапии, что станет предпосылкой для выживания. При этом сдвиг одного клинико-лабораторного параметра невозможно расценивать в качестве достоверного критерия сбоя компенсаторных механизмов, а стоит опираться на интегральную многопараметрическую оценку изменений внутреннего гомеостаза.

В настоящем исследовании было установлено, что из большого количества показателей, анализируемых в течение первых 10 сут, предикторы неблагоприятного исхода можно выявить уже на 2-е сутки после полученной травмы. Этими предикторами оказались показатели, отражающие гомеостаз (уровень СРБ, гемоглобина, эритроцитов, натрия, креатинина), а также данные, полученные по шкале тяжести травмы NISS, оцениваемой сразу после поступления в реанимационное отделение. Поскольку прогнозирование исхода политравмы приходится на 2-е сутки, существует возможность принятия решения о корректировке интенсивной терапии.

Шкала ISS и ее модификация в виде NISS — одна из наиболее часто используемых при определении тяжести первичной механической травмы [14]. Среди главных патогенетических факторов, влияющих на возможность дезинтеграции и срыва компенсаторных механизмов, — объем механических повреждений и интенсивность ноцицептивной импульсации. Выявление значимости оценки по шкале NISS в прогнозировании исхода политравмы свидетельствует об объективности ранжирования степени тяжести травмы и возможности в большинстве случаев градации морфологических нарушений в организме пострадавшего из-за взаимодействия с травмирующим агентом по результатам ее балльного значения. Кроме того, шкала NISS может быть использована у широкого круга пациентов.

Наряду с выявлением прогностической чувствительности по данным логистической регрессии при непараметрическом сравнении результатов оценки по шкале NISS не обнаружено статистически значимых различий. Средние показатели указывали на большой объем повреждений в группе умерших, но не имели статистической значимости. Полученные данные еще раз подчеркивают необходимость интегральной многопараметрической оценки общего состояния пострадавшего и невозможности вынесения суждения о рисках летального исхода на основе лишь одного критерия.

Тем не менее существует ряд сложностей при прогнозировании рисков летального исхода и решении вопроса о возможном объеме хирургической помощи пострадавшему в зависимости от балльной оценки тяжести травмы, особенно у детей. Очевидной отрицательной стороной шкалы NISS является недооценка тяжести пострадавшего с ведущей ЧМТ, для которой характерно наиболее тяжелое течение травматической болезни [15]. В таком случае адаптивные механизмы, направленные на централизацию кровообращения в шоковой период, могут быть слабо выражены, что значительно усложняет ведение пациентов. В случае доминирующей ЧМТ на фоне незначительных повреждений в других системах органов оценка по шкале NISS не представляет прогностически важный параметр и предпочтение следует отдавать шкале комы Глазго. Данное исследование показало, что наиболее частой причиной летального исхода у детей была ЧМТ. Степень неврологического дефицита, отраженного при оценке по данным шкалы комы Глазго, коррелирует с общей тяжестью состояния.

Острый период политравмы связан со значительной кровопотерей, риском развития гиповолемического шока. Ведущее значение в патогенезе дальнейшего развития жизнеугрожающего состояния пациента имеет нарушение газового состава крови, снижение оксигенации на фоне тканевой гипоперфузии [16]. Развитие постгеморрагической анемии способствует формированию «триады смерти» — гипотермии, коагулопатии, метаболическому ацидозу [17]. Исследование показало значимость снижения кислородной емкости крови, отражающегося в пониженном уровне эритроцитов и гемоглобина, в определении дальнейшего вектора развития травматической болезни в период относительной стабилизации состояния пострадавшего (до 2 сут), что еще раз подчеркивает крайнюю значимость успешной заместительной терапии у детей с политравмой.

Наряду с острой анемией определяющую роль в татаогенной направленности развития травматической болезни может играть нарушение функции почек в период шока и относительной стабилизации, выраженное в высоком уровне креатинина в группе умерших. Так, высокий уровень чувствительности в первые 2 сут, выявленный в результате исследования, свидетельствует о взаимосвязи роста летальности и развития острой почечной недостаточности. В то же время рост концентрации креатинина также связан с массивным повреждением мышечных волокон вследствие травмы, что наряду с высокой оценкой по данным NISS при многопараметрическом анализе подтверждает зависимость между объемом травматических повреждений и риском неблагоприятного исхода [18].

Важным элементом компенсации выступает поддержание осмотического градиента между внутрисосудистой и интерстициальной жидкостью, что достигается

соответствием концентрации электролитного состава крови. Исследование показало, что наиболее чувствительным показателем является уровень натрия в крови в первые 2 сут. Поступление натрия в клетку и, как следствие, снижение сывороточной концентрации вызывают изменение осмотического давления, что приводит в конечном счете к деструкции клеточной мембраны и лизису клетки во всех системах органов. Данное состояние запускает развитие полиорганной дисфункции, а в последующем — полиорганной недостаточности и, в случае отсутствия своевременной коррекции, приводит к летальному исходу [11].

Один из наиболее дискуссионных вопросов — развитие острого воспалительного ответа на тяжелую механическую травму. Важным предиктором неблагоприятного исхода политравмы у детей оказалась концентрация СРБ в ранний посттравматический период. Известно, что СРБ является растворимым паттерн-распознающим рецептором (PRR), который взаимодействует не только с патоген-ассоциированными молекулами (PAMP), в частности с полисахаридом *Streptococcus pneumoniae*, но и со стресс-ассоциированными молекулами (DAMP), в том числе и с биоактивными лизофосфолипидами, жирными кислотами, образующимися при повреждении клеточных мембран [19]. Именно эти паттерны в большом количестве присутствуют при политравме у детей. Основной каскад иммунопатологических реакций, запускаемых комплексами PRR–PAMP/DAMP, где PRR является СРБ, связан с активацией компонентов комплемента, метаболизма арахидоновой кислоты и синтеза мембранных медиаторов воспаления, комплемент-ассоциированного внутрисосудистого свертывания, а также повреждения эндотелия [20]. Эти иммунопатологические реакции могут стать причиной летального исхода. Направленность терапии на подавление иммунного воспаления у детей с политравмой и высокими показателями СРБ на 2-е сутки является наиболее значимой составляющей при лечении этих пациентов.

Вопрос об изменении вектора развития травматической болезни целесообразно рассматривать с позиции оценки изменений не отдельного показателя внутреннего гомеостаза, а ряда показателей. Полученное уравнение расчета рисков неблагоприятного течения травматической болезни позволяет более объективно судить о течении травматической болезни. Приведем клинический пример развития травматической болезни у двух пациентов.

Больной С. поступил в отделение реанимации и анестезиологии с диагнозом: «политравма, кататравма, закрытая черепно-мозговая травма, ушиб головного мозга тяжелой степени; тупая травма живота: разрыв печени, частичный отрыв желчного пузыря, ушиб, подсерозные гематомы желудка, разрыв верхней горизонтальной ветви двенадцатиперстной кишки, ушиб, подсерозные гематомы поперечно-ободочной кишки,

ушиб поджелудочной железы; внутрибрюшное кровоизлияние; ушиб почек, массивные забрюшинные гематомы; ушиб легких; рваная рана левой боковой поверхности грудной клетки, скальпированная рана лобной области слева». Оценка по шкале NISS составила 43 балла, показатели на 2-е сутки ионов натрия — 139 ммоль/л, СРБ — 32,9 мг/л, гемоглобин — 99 г/л, креатинин — 90,2 мкмоль/л, эритроциты — $3,37 \cdot 10^{12}/л$. Расчет по представленному выше уравнению показал риск летальности 42,1 %, что соответствует низкому риску. На фоне интенсивной терапии удалось достичь стабилизации состояния больного, исход лечения пациента удовлетворительный, больной выжил.

Больная М. поступила в реанимационное отделение с диагнозом: «политравма; автодорожная травма; тяжелый ушиб головного мозга; массивное субарахноидальное кровоизлияние; множественные переломы свода черепа; травматический пульмонит; закрытый перелом бедренной кости со смещением костных отломков». Оценка по шкале NISS — 34 балла, показатели внутреннего гомеостаза на 2-е сутки: ионы натрия — 155 ммоль/л, СРБ — 28,1 мг/л, гемоглобин — 68 г/л, креатинин — 61,8 мкмоль/л, эритроциты — $2,36 \cdot 10^{12}/л$. Риск летальности составил 47,4 %, что соответствует высокому риску летального исхода. Больная, несмотря на лечебные мероприятия, скончалась на 12-е сутки после политравмы. Из этого примера видно, что у второй пациентки отмечены более благоприятные критерии политравмы по отдельным показателям, в частности меньший объем повреждений, что отразилось в более низкой оценке по шкале NISS, чем у первого пациента, но общий интегральный коэффициент многопараметрической оценки по представленным показателям внутреннего гомеостаза на 2-е сутки политравмы свидетельствовал о более тяжелом течении травматической болезни.

Исследование подтверждает необходимость интегральной, многопараметрической оценки клинико-лабораторных показателей пострадавшего, в том числе при решении вопроса об алгоритме хирургической помощи, и в случае расчета высоких рисков летальности по представленному уравнению первоначально выполнять минимально инвазивные хирургические вмешательства только по витальным показаниям. Окончательные оперативные вмешательства у таких детей следует отложить до стабилизации гемодинамических показателей и данных внутреннего гомеостаза, что соответствует принципам damage control.

Вопрос определения наиболее чувствительных предикторов смещения вектора развития в сторону танатогенной направленности из многопараметрического мониторинга витальных функций у пострадавших в значительной степени персонифицирован. В ряде случаев, казалось бы, очевидные критерии неблагоприятного течения травматической болезни, такие как объем

повреждений, степень кровопотери, не всегда становятся однозначными предикторами танатогенной направленности. Прогнозирование рисков летального исхода более целесообразно базировать на интегральной оценке нескольких клинико-лабораторных анализов. Ряд наиболее чувствительных показателей гомеостаза уже на ранних этапах политравмы может свидетельствовать о дальнейшем срыве компенсаторно-адаптивных механизмов, и в ряде случаев коррекция этих показателей может увеличить шансы на выздоровление. Расчет рисков летальности по представленному уравнению позволяет выделить факторы смещения развития травматической болезни в неблагоприятную сторону из большого количества рутинных клинико-лабораторных показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, течение травматической болезни у детей с политравмой характеризуется морфо-функциональными изменениями во многих системах органов. Предикторы срыва компенсаторно-адаптивных механизмов в ответ на политравму могут быть определены уже в раннем послешоковом периоде. В результате исследования удалось вывести уравнение для расчета рисков

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баиндурашвили А.Г., Виссарионов С.В., Соловьева К.С., Залетина А.В. Детский травматизм и оказание специализированной помощи детям в мегаполисе (на примере Санкт-Петербурга) // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2018. Т. 8. № 2. С. 16–23.
2. Шеламов И.В., Завражнов А.А., Аргунов А.В. Хирургическая тактика при выполнении срочных травматологических вмешательств в остром периоде политравмы у детей // Детская хирургия. 2020. Т. 24. № 1. С. 96.
3. Назарова Е.О., Карпов С.М., Апагуни А.Э., Вышлова И.А. Современный взгляд на патогенетические механизмы травматической болезни при политравме (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. Т. 12. № 1. С. 126–130. DOI: 10.24411/2075-4094-2018-15688
4. Агаджанян В.В., Кравцов С.А., Железнякова И.А. Интеграция критериев степени тяжести политравмы с международной классификацией болезней // Политравма. 2014. № 1. С. 6–14.
5. Григоренко Е.А., Амчславский В.Г., Арсеньев С.Б., Мишулина О.А. Интегральный показатель кислотно-щелочного состояния крови для оценки состояния пациентов с черепно-мозговой травмой // Медицинский алфавит. 2014. Т. 5. № 1. С. 37–40.
6. Устьянцева И.М. Лабораторная диагностика при политравме // Политравма. 2008. № 4. С. 51–59.
7. Селиверстов П.А., Шапкин Ю.Г. Оценка тяжести и прогнозирование исхода политравмы: современное состояние проблемы (обзор) // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9. № 2. С. 207–218.
8. Агаджанян В.В., Сеница Н.С., Довгаль Д.А., Обухов С.Ю. Лечение повреждений опорно-двигательной системы у детей с политравмой // Политравма. 2013. № 1. С. 5–11.
9. Сеница Н.С., Довгаль Д.А., Обухов С.Ю. Сравнительная оценка хирургического лечения переломов длинных трубчатых костей у детей при политравме // Политравма. 2015. № 4. С. 33–36.
10. Амчславский В.Г., Арсеньев С.Б., Лукьянов В.И., и др. Интегральный показатель кислотно-щелочного гомеостаза и прогноз состояния детей в остром периоде тяжелой механической травмы // Детская хирургия. 2018. Т. 22. № 5. С. 228–234.
11. 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.
12. Лакин Г.Ф. Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1990.
13. Устьянцева И.М., Хохлова О.И., Петухова О.В. С-реактивный белок как маркер тяжести синдрома системного воспалительного ответа у больных в критическом состоянии // Политравма. 2008. № 3. С. 12–15.
14. Агаджанян В.В., Кравцов С.А., Железнякова И.А., и др. Интеграция критериев степени тяжести политравмы с международной классификацией болезней // Политравма. 2014. № 1. С. 6–14.
15. Новокшонов А.В., Ластаев Т.В. Черепно-мозговые повреждения у детей при политравме // Политравма. 2015. № 1. С. 23–28.
16. Устьянцева И.М., Хохлова О.И. Особенности лабораторной диагностики критических состояний у пациентов с политравмой // Политравма. 2013. № 3. С. 81–90.
17. Агаджанян В.В., Кравцов С.А. Политравма, пути развития (терминология) // Политравма. 2015. № 2. С. 6–13.
18. Йовенко И.А., Кобеляцкий Ю.Ю., Царев А.В., и др. Интенсивная терапия кровопотери, коагулопатии и гиповолемического шока при политравме // Медицина неотложных состояний. 2016. Т. 75. № 4. С. 64–71. DOI: 10.22141/2224-0586.4.75.2016.75819

срыва адаптационных механизмов по данным показателей красной крови, гуморальной активности, электролитного состава крови. Расчеты по представленному уравнению позволяют провести коррекцию интенсивной терапии для стабилизации состояния пострадавшего ребенка и изменения вектора развития травматической болезни.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Исследование не имело финансового обеспечения или спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» Минздрава России, протокол № 6 от 14.10.2020.

Вклад авторов. Н.А. Шабалдин — концепция и дизайн исследования, сбор и анализ данных, анализ литературы, написание всех разделов статьи. С.И. Головкин — обработка материала, написание всех разделов статьи. А.В. Шабалдин — статистическая обработка материала, этапное редактирование статьи.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

19. Назаров П.Г. Пентраксины в реакциях врожденного и приобретенного иммунитета, организации матрикса, фертильности // Медицинский академический журнал. 2010. Т. 10. № 4. С. 107–124.

REFERENCES

1. Baidurashvili AG, Vissarionov SV, Solov'eva KS, Zaletina AV. Detskij travmatizm i okazanie specializirovannoj pomoshchi detyam v megapolise (na primere Sankt-Peterburga). *Rossijskij vestnik detskoj hirurgii, anesteziologii i reanimatologii*. 2018;8(2):16–23. (In Russ.)
2. Shelamov IV, Zavrazhnov AA, Argunov AV. Hirurgicheskaya takтика pri vypolnenii srochnyh travmatologicheskikh vmeshatel'stv v ostrom periode politravmy u detej. *Detskaya hirurgiya*. 2020;24(1):96. (In Russ.)
3. Nazarova EO, Karpov SM, Apaguni AE, Vyshlova IA. Sovremennyy vzglyad na patogeneticheskie mekhanizmy travmaticheskoy bolezni pri politravme (obzor literatury). *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij*. 2018;12(1):126–130. (In Russ.). DOI: 10.24411/2075-4094-2018-15688
4. Agadzhanian VV, Kravcov SA, Zheleznyakova IA, et al. Integraciya kriteriev stepeni tyazhesti politravmy s mezhdunarodnoj klassifikaciej boleznej. *Politravma*. 2014;(1):6–14. (In Russ.)
5. Grigorenko EA, Amcheslavskij VG, Arsen'ev SB, Mishulina OA. Integral'nyj pokazatel' kislotno-shcheloch'nogo sostoyaniya krovi dlya ocenki sostoyaniya pacientov s cherepno-mozgovoj travmoj. *Medicinskij alfavit*. 2014; 5(1):37–40. (In Russ.)
6. Ust'yanceva IM. Laboratornaya diagnostika pri politravme. *Politravma*. 2008;(4):51–59. (In Russ.)
7. Seliverstov PA, Shapkin YuG. Ocenka tyazhesti i prognozirovanie iskhoda politravmy: sovremennoe sostoyanie problemy (obzor). *Sovremennye tekhnologii v medicine*. 2017;9(2):207–218. (In Russ.). DOI: 10.24412/FgOST5314Hs
8. Agadzhanian VV, Sinica NS, Dovgal' DA, Obuhov SYu. Lechenie povrezhdenij oporno-dvigatel'noj sistemy u detej s politravmoj. *Politravma*. 2013;(1):5–11. (In Russ.)
9. Sinica NS, Dovgal' DA, Obuhov SYu. Sravnitel'naya ocenka hirurgicheskogo lecheniya perelomov dlennyh trubchatyh kostej u detej pri politravme. *Politravma*. 2015;(4):33–36. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

***Никита Андреевич Шабалдин**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 650056, Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8628-5649>;
eLibrary SPIN: 6283-2581,
e-mail: shabaldin.nk@yandex.ru

Сергей Иванович Головкин, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2954-7213>;
eLibrary SPIN: 2348-5399;
e-mail: golovkins2@mail.ru

Андрей Владимирович Шабалдин, д-р мед. наук, доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8785-7896>;
eLibrary SPIN: 5281-0065;
e-mail: weit2007@yandex.ru

20. Du Clos TW, Mold C. Pentraxins (CRP, SAP) in the process of complement activation and clearance of apoptotic bodies through Fcγ receptors // *Current opinion in organ transplantation*. 2011. Vol. 16. No. 1. P. 15–20. DOI: 10.1097/MOT.0b013e32834253c7

10. Amcheslavskij VG, Arsen'ev SB, Luk'yanov VI, et al. Integral'nyj pokazatel' kislotno-shcheloch'nogo gomeostaza i prognoz sostoyaniya detej v ostrom periode tyazhyoloy mekhanicheskoy travmy. *Detskaya hirurgiya*. 2018;22(5):228–234. (In Russ.)
11. Agadzhanian VV, Ust'yanceva IM, Hohlova OI. Sindrom sistemnogo vospalitel'nogo otveta i poliorgannaya disfunkciya u detej s politravmoj. *Politravma*. 2012;(4):69–81. (In Russ.)
12. Lakin GF. Uchebnoe posobie dlya biol. spec. vuzov. 4-e izd., pererab. i dop. Moscow: Vysshaya shkola; 1990. (In Russ.)
13. Ust'yanceva IM, Hohlova OI, Petuhova OV. S-reaktivnyj belok kak marker tyazhesti sindroma sistemnogo vospalitel'nogo otveta u bol'nyh v kriticheskom sostoyanii. *Politravma*. 2008;(3):12–15. (In Russ.)
14. Agadzhanian VV, Kravcov SA, Zheleznyakova IA, et al. Integraciya kriteriev stepeni tyazhesti politravmy s mezhdunarodnoj klassifikaciej boleznej. *Politravma*. 2014;(1):6–14. (In Russ.)
15. Novokshonov AV, Lastaev TV. Cherepno-mozgovy povrezhdeniya u detej pri politravme. *Politravma*. 2015;(1):23–28. (In Russ.)
16. Ust'yanceva IM, Hohlova OI. Osobennosti laboratornoj diagnostiki kriticheskikh sostoyanij u pacientov s politravmoj. *Politravma*. 2013;(3):81–90. (In Russ.)
17. Agadzhanian VV, Kravcov SA. Politravma, puti razvitiya (terminologiya). *Politravma*. 2015;(2):6–13. (In Russ.)
18. Jovenko IA, Kobelyackij YuYu, Carev AV, et al. Intensivnaya terapiya krovopoteri, koagulopatii i gipovolemicheskogo shoka pri politravme. *Medicina neatlozhnyh sostoyanij*. 2016;75(4):64–71. (In Russ.). DOI: 10.22141/2224-0586.4.75.2016.75819
19. Nazarov PG. Pentrakсины в реакциях врожденного и приобретенного иммунитета, организации матрикса, фертильности. *Медицинский академический журнал*. 2010;10(4):107–124. (In Russ.)
20. Du Clos TW, Mold C. Pentraxins (CRP, SAP) in the process of complement activation and clearance of apoptotic bodies through Fcγ receptors. *Current opinion in organ transplantation*. 2011;16(1):15–20. DOI: 10.1097/MOT.0b013e32834253c7

AUTHOR INFORMATION

***Nikita A. Shabaldin**, MD, PhD;
address: 22a Voroshilova str., Kemerovo, 650056, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8628-5649>;
eLibrary SPIN: 6283-2581;
e-mail: shabaldin.nk@yandex.ru

Sergei I. Golovkin, MD, PhD, D.Sc., Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2954-7213>;
eLibrary SPIN: 2348-5399;
e-mail: golovkins2@mail.ru

Andrei V. Shabaldin, MD, PhD, D.Sc., Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8785-7896>;
eLibrary SPIN: 5281-0065;
e-mail: weit2007@yandex.ru