

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ РАЗВИТИЯ ОСТРОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧЕК У РАНЕНЫХ И ПОСТРАДАВШИХ С БОЕВОЙ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТРАВМОЙ

Марухов А.В.

*Федеральное государственное бюджетное военное образовательное
учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М.*

Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

Резюме

Введение. Высокая частота тяжелых сочетанных и множественных ранений, наряду со сложной медико-тактической обстановкой, присущие современному военному конфликту, зачастую обуславливают значительную выраженность кровопотери и трудности в обеспечении эвакуации раненых и пострадавших, что предопределяет высокую распространенность гиповолемии и ее существенную роль в развитии острого повреждения почек, возникающего у пациентов с боевой хирургической травмой в 12,5-34,3% случаев. Указанная проблема требует применения простых и доступных для этапов оказания квалифицированной медицинской помощи методов выявления и мониторинга выраженности нарушений волемического статуса и почечной гемодинамики с целью их диагностики и коррекции. К подобным методам можно отнести определение ультразвуковых параметров коллабируемости нижней полой вены и почечного резистивного индекса в ходе динамического наблюдения за тяжелоранеными на ранних этапах медицинской эвакуации.

Цель исследования: изучить эффективность применения метода ранней ультразвуковой диагностики и мониторинга нарушений волемического статуса и почечной гемодинамики у раненых и пострадавших в ходе современного вооруженного конфликта для прогнозирования и предупреждения острого повреждения почек.

Материалы и методы. В статье описаны данные, полученные в ходе проведения проспективного обсервационного исследования, направленного на изучение роли выявления и коррекции нарушений волемиического статуса и почечной гемодинамики при лечении раненых и пострадавших на этапе оказания квалифицированной медицинской помощи. Представлены результаты диагностики и интенсивной терапии 164 военнослужащих с боевыми травмами, полученными при выполнении служебных обязанностей в ходе современного военного конфликта, которые проходили лечение в отдельном медицинском батальоне, дислоцированном в приграничном районе Российской Федерации.

Результаты. Показано, что мониторинг ультразвуковых параметров (УЗ-параметров) коллабируемости нижней полой вены и почечного резистивного индекса на раннем этапе оказания медицинской помощи позволяет улучшить результаты диагностики и лечения раненых и пострадавших. Достижение нормальных значений показателей коллабирования НПВ и RRI в ходе интенсивной терапии сопровождалось достоверным снижением частоты последующего развития острого повреждения почек на 20,3% ($p=0,026$) и на 27% ($p=0,0002$), соответственно. В результате проведения ROC-анализа выявлен оптимальный порог RRI, равный 0,73, обладающий наиболее выраженным прогностическим значением по отношению к формированию острого повреждения почек (чувствительность – 82,1%, специфичность – 92,1%, точность – 89,9%).

Заключение. Включение рассматриваемых показателей в протоколы ведения раненых и пострадавших на этапе оказания квалифицированной медицинской помощи представляется эффективным методом улучшения клинических исходов за счет снижения частоты возникновения острого повреждения почек, осложняющего течение травматической болезни.

Ключевые слова: раненые и пострадавшие; гиповолемия; нижняя полая вена; острая кровопотеря; почечный резистивный индекс

Для корреспонденции: Марухов Артем Владимирович, maruxov84@mail.ru, тел. +79215635633

PREDICTION AND PREVENTION OF ACUTE KIDNEY INJURY IN THE WOUNDED AND INJURED WITH COMBAT SURGICAL TRAUMA

Marukhov A.V.

Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education "S.M. Kirov Military Medical Academy" of the Ministry of Defense of the Russian Federation

6, Akademika Lebedeva St., Saint Petersburg, Russia, 194044

Abstract

Introduction. The high incidence of severe combined and multiple injuries, along with the complex medical and tactical situation inherent in modern military conflict, often leads to significant blood loss and difficulties in ensuring the evacuation of the wounded and injured. This predisposes to a high prevalence of hypovolemia and its significant role in the development of acute kidney injury, which occurs in 12.5–34.3% of patients with combat surgical trauma. This problem requires the use of simple methods, accessible at the stages of providing qualified medical care, for identifying and monitoring the severity of volemic status and renal hemodynamic disturbances for their diagnosis and correction. Such methods include the determination of ultrasound parameters of inferior vena cava collapsibility and the renal resistive index during dynamic observation of severely wounded patients in the early stages of medical evacuation.

Objective: To study the effectiveness of using early ultrasound diagnostics and monitoring of volemic status and renal hemodynamic disturbances in the wounded and injured during modern armed conflict for the prediction and prevention of acute kidney injury.

Materials and Methods. The article describes data obtained from a prospective observational study aimed at investigating the role of identifying and correcting volemic status and renal hemodynamic disturbances in the treatment of the wounded and injured at the stage of providing qualified medical care. The results of diagnostics and intensive therapy of 164 servicemen with combat injuries sustained during active duty in a modern military conflict, who were treated in a separate

medical battalion stationed in a border region of the Russian Federation, are presented. It is shown that monitoring ultrasound parameters of inferior vena cava collapsibility and the renal resistive index at the early stage of medical care improves diagnostic and treatment outcomes for the wounded and injured. Achieving normal values of inferior vena cava collapsibility and renal resistive index during intensive therapy was associated with a significant reduction in the subsequent incidence of acute kidney injury by 20.3% ($p=0.026$) and 27% ($p=0.0002$), respectively. ROC analysis revealed an optimal renal resistive index threshold of 0.73, which had the most pronounced prognostic value for the development of acute kidney injury (sensitivity – 82.1%, specificity – 92.1%, accuracy – 89.9%).

Conclusion. Incorporating the studied parameters into protocols for managing the wounded and injured at the stage of qualified medical care appears to be an effective method for improving clinical outcomes by reducing the incidence of acute kidney injury, which complicates the course of traumatic illness.

Keywords: wounded and injured; hypovolemia; inferior vena cava; acute blood loss; renal resistive index

Введение

Гиповолемия вследствие острой массивной кровопотери является потенциально жизнеугрожающим состоянием, развивающимся в значительной части случаев у тяжелораненых в ходе ведения боевых действий, и значительно ухудшающим результаты оказания медицинской помощи, особенно на ранних этапах эвакуации. Выраженность гиповолемии обусловлена как объемом кровопотери, так и своевременностью проведения мероприятий, направленных на регидратацию раненых и пострадавших [1, 2, 3]. В свою очередь, характер и тяжесть ранений, наряду со сложной медико-тактической обстановкой, присущие современному военному конфликту, зачастую обуславливают значительную выраженность кровопотери и трудности в обеспечении эвакуации. Указанные обстоятельства определяют высокую распространенность случаев гиповолемии и ее существенную роль в развитии

органных дисфункций, в том числе в формировании острого повреждения почек (ОПП), частота возникновения которого у пациентов с боевой хирургической травмой (БХТ) составляет от 12,5 до 34,3%. Появление ОПП у раненых и пострадавших сопровождается значительным повышением продолжительности лечения и риска летального исхода [4-7]. Указанная проблема требует применения простых и доступных для этапов оказания квалифицированной медицинской помощи методов выявления и мониторинга выраженности нарушений волемического статуса и почечной гемодинамики с целью их своевременной диагностики и коррекции. К подобным методам можно отнести определение ультразвуковых параметров (УЗ-параметров) коллабируемости нижней полой вены (НПВ) и почечного резистивного индекса (RRI) в ходе динамического наблюдения за тяжелоранеными на ранних этапах медицинской эвакуации [8, 9, 10].

Цель исследования: изучить эффективность применения метода ранней ультразвуковой диагностики и мониторинга нарушений волемического статуса и почечной гемодинамики у раненых и пострадавших в ходе современного вооруженного конфликта для прогнозирования и предупреждения острого повреждения почек.

Материалы и методы

В ходе проведения проспективного обсервационного исследования на этапе оказания квалифицированной медицинской помощи были обследованы 164 пациента с БХТ, поступивших из зоны ведения боевых действий в отделение анестезиологии и реанимации (ОАР) отдельного медицинского батальона (ОМедБ), дислоцированного в приграничном районе Российской Федерации. Все пациенты были мужского пола, их возраст составлял $34,2 \pm 8,5$ лет.

В структуре боевой хирургической травмы у пациентов рассматриваемой выборки преобладали минно-взрывные ранения (МВР). Доля взрывных поражений и огнестрельных (преимущественно осколочных) ранений среди всех раненых и пострадавших составила 91,7%, термических и комбинированных механо-термических поражений – 8,3%. Тяжесть боевой травмы оценивали с

помощью шкалы ВПХ-П. Среднее значение тяжести травмы составило $11,2 \pm 3,7$ баллов, что соответствовало тяжелой степени повреждений. Продолжительность времени от момента получения травмы до поступления на этап оказания квалифицированной медицинской помощи составила $8,2 \pm 3,7$ часов. При поступлении раненых и пострадавших в ОМедБ проводили оценку общего состояния по шкале ВПХ-СП, среднее значение которого составило $31,1 \pm 7,4$ балла. Таким образом, общее состояние основной части пациентов при поступлении было тяжелым или крайне тяжелым.

Хирургические вмешательства выполняли пациентам, поступавшим в ОМедБ в 53,7% случаев. Основными видами операций являлись: первичная хирургическая обработка, лапаротомия с целью ревизии органов брюшной полости, остановки внутрибрюшного кровотечения, фиксация переломов костей конечностей и таза стержневыми комплектами, декомпрессивная трепанация черепа, дренирование плевральной полости, трахеостомия, реконструктивно-восстановительные операции при повреждении магистральных сосудов. Трансфузионную терапию с использованием эритроцитсодержащих сред с целью коррекции тяжелой постгеморрагической анемии проводили 41,5% раненых и пострадавших (с учетом трансфузий, выполненных на предыдущем этапе). Продолжительность периода интенсивной терапии с момента поступления на рассматриваемый этап эвакуации до перевода на следующий равнялась $7,7 \pm 1,3$ часам.

Всем пациентам представленной выборки в ходе проведения интенсивной терапии на рассматриваемых этапах эвакуации выполняли мониторинг функций витальных органов и систем, включавший измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД) неинвазивным методом, проведение пульсоксиметрии (SpO_2), исследование показателей газового состава артериальной крови, кислотно-основного состояния (КОС) и водно-электролитного баланса (ВЭБ). С целью оценки волемического статуса при поступлении и перед убытием пациента с этапа эвакуации выполняли измерение диаметра и степени коллабируемости НПВ с помощью ультразвукового

исследования, а также определяли значение RRI по данным проведения доплерографического исследования почечного кровотока.

Диагностику развития ОПП и определение выраженности патологического процесса выполняли на основании критериев классификации KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) при поступлении на этап эвакуации и далее ежедневно в рамках круглосуточного динамического наблюдения с определением лабораторных показателей азотемии и почасового темпа диуреза. Лабораторный динамический контроль состояния функции почек осуществляли путем ежесуточного определения концентрации мочевины и креатинина в крови с расчетом СКФ по формуле СКD-EPI. Всем пациентам проводили мероприятия интенсивной терапии, хирургические пособия и другие виды лечения в зависимости от характера и степени тяжести боевой травмы, органных дисфункций, развившихся осложнений и сопутствующих заболеваний, соответствующие современным рекомендациям, протоколам диагностики и лечения, утвержденным к применению в медицинских организациях Министерства обороны РФ.

С целью выявления ранних клинических предикторов развития ОПП при БХТ и оценки их прогностической значимости выполняли анализ влияния состояния волемического статуса и уровня резистентности почечных артерий, определенных при поступлении и в ходе проведения интенсивной терапии пациентам в ОАР ОМедБ. В последующем в ходе проспективного обсервационного исследования пациенты были разделены на группы (когорты) в зависимости от уровня волемического статуса и почечного резистивного индекса, определенных перед убытием пациента на следующий этап эвакуации. Среди раненых и пострадавших, находившихся на лечении в ОАР ОМедБ, были сформированы следующие группы в зависимости от результатов оценки уровня волемии:

- группа 1 («группа гиповолемии») – пациенты при обследовании которых были выявлены УЗ-признаки гиповолемии: индекс коллабирования НПВ (НПВ-ИК) более 50% у раненых и пострадавших с сохраненным самостоятельным

дыханием или индекс вариативности НПВ (НПВ-ИВ) более 18% у пациентов, находящихся на искусственной вентиляции легких ИВЛ;

- группа 2 («группа нормоволемии») – НПВ-ИК от 20% до 50% при сохраненном самостоятельном дыханием или НПВ-ИВ от 12% до 18% у пациентов, находящихся на ИВЛ;

- группа 3 («группа гиперволемии») – НПВ-ИК менее 20% при самостоятельном дыхании или НПВ-ИВ менее 12% у раненых и пострадавших, находящихся на ИВЛ.

Среди той же выборки пациентов, обследованных в ОМедБ, были выделены две группы, различавшиеся по состоянию почечной гемодинамики:

- группа А («группа нормального RRI») – пациенты с нормальными показателями индекса резистентности почечных артерий: RRI равен 0,7 или меньше.

- группа Б («группа повышенного RRI») – пациенты с патологически повышенным значением RRI – более 0,7.

С целью оценки риска развития ОПШ у пациентов с различным состоянием почечной гемодинамики на фоне нормального волемического статуса группа 2 была разбита на две подгруппы:

- подгруппа 2А («подгруппа нормоволемии и нормального RRI») – пациенты с указанными выше УЗ-признакам нормоволемии и нормальными показателями RRI;

- подгруппа 2Б («подгруппа нормоволемии и повышенного RRI») – раненые и пострадавшие с нормоволемией, но с патологически повышенным значением RRI.

Группы 1 и 3 не были разделены на подгруппы, так как результаты определения значения RRI среди пациентов, включенных в данные группы, не носили разнонаправленного характера. На рисунке 1 отображен принцип распределения на группы и подгруппы пациентов, обследованных в ОМедБ, в зависимости от состояния волемического статуса и уровня RRI.

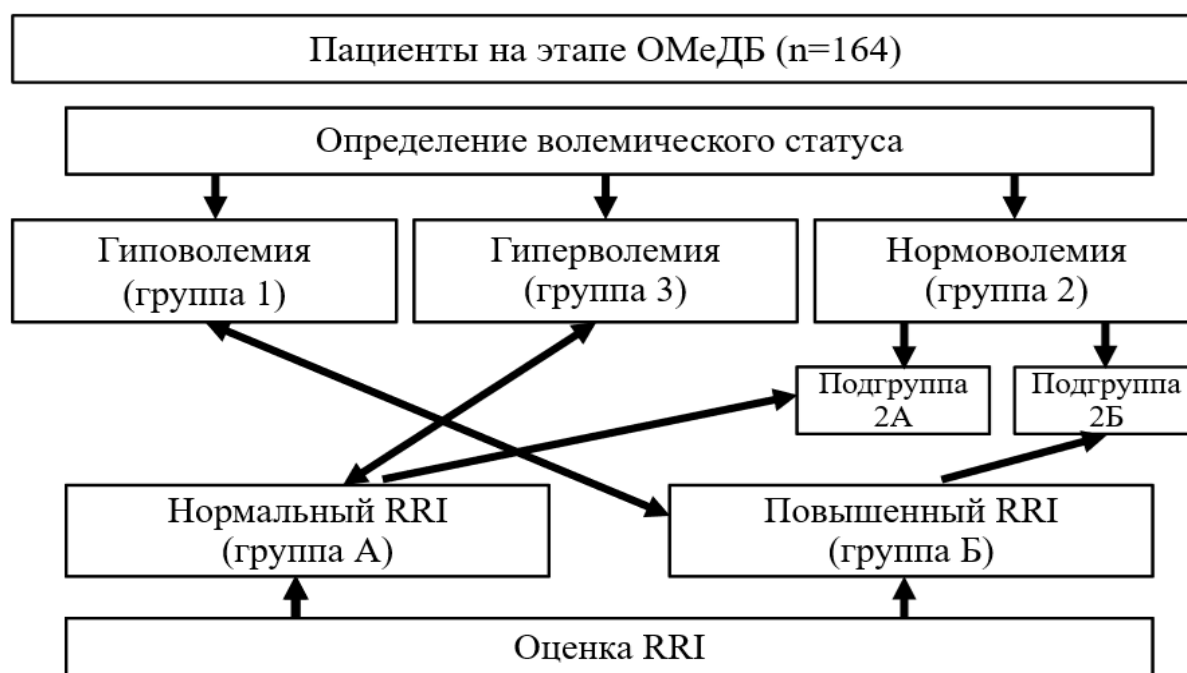


Рисунок 1. Схема распределения на группы и подгруппы раненых и пострадавших, обследованных в ОМедБ, в зависимости от состояния волемического статуса и уровня RRI

В рамках этапного оказания медицинской помощи пациентов с БХТ, обследованных в ОМедБ, направляли для продолжения лечения на следующий этап оказания медицинской помощи, а затем в центральные военно-медицинские организации. Среди 164 раненых и пострадавших, включенных в исследование в ходе их лечения в ОМедБ, для продолжения наблюдения с целью выявления ранних предикторов развития ОПП было отобрано 129 пациентов, эвакуированных в Военно-медицинскую академию им. С.М. Кирова (ВМедА). Критериями отбора пациентов для продолжения исследования стало отсутствие возникновения ОПП на момент перевода на следующий этап оказания медицинской помощи и наличие практической возможности для изучения результатов лечения. В последующем выполняли анализ частоты, выраженности и сроков развития ОПП, продолжительности лечения в ОАР, а также исходов лечения.

Анализ нормальности распределения данных, полученных при проведении исследования, выполняли с помощью метода Колмогорова-Смирнова. Данные,

имевшие нормальное распределение, представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение, ненормальное распределение – как медиана, 25-ый и 75-ый процентиля. С целью проверки статистических гипотез в двух независимых группах применяли непараметрический критерий Манна-Уитни, в трех и более – критерий Краскела-Уоллиса. Оценку различий качественных показателей в исследуемых выборках проводили, используя точный критерий Фишера и хи-квадрат Пирсона. Сравнительный анализ в связанных выборках, в том числе изменений лабораторных и клинических показателей при наблюдении в динамике, осуществляли с помощью критерия Вилкоксона. За критический уровень статистической значимости принимали вероятность безошибочного прогноза равную 95% ($p=0,05$).

С целью оценки связи между факторами риска и исходом применяли расчет относительного риска (ОР) и 95% доверительного интервала (95% ДИ). Количественный анализ связи между предикторами и исследуемым исходом проводили с помощью метода логистической регрессии с определением коэффициента регрессии (β), стандартная ошибки β (SE) и отношения шансов (ОШ).

Определение диагностической значимости клинических, лабораторных и интегральных показателей выполняли путем проведения ROC-анализа с расчетом площади под ROC-кривой (AUC), чувствительность, специфичность, положительной прогностической ценности, отрицательной прогностической ценности, диагностической точности. Оптимальный порог отсечения для заданного показателя при проведении ROC-анализа определяли с помощью критерия Юдена (J), позволяющего максимизировать сумму чувствительности и специфичности ($J = \text{чувствительность} + \text{специфичность} - 1$).

Данные, полученные в результате проведения исследования, заносили в таблицы Microsoft Excel. Статистическая обработка результатов исследований выполнена на персональном компьютере с использованием программы статистического анализа SPSS, версия 22.0 (SPSS Inc.).

Представленное исследование проведено в соответствии с этическими принципами Хельсинской декларации, без вмешательства в стандартное лечение. Данные пациентов были анонимизированы. Учитывая неотложную ситуацию и тяжесть боевой травмы, получение письменного информированного согласия от раненых было невозможным при поступлении. Устное согласие было получено, как только это стало клинически возможно.

Результаты исследования

Результаты распределения пациентов на группы (когорты) в зависимости от состояния волемического статуса, определенного перед эвакуацией из ОМедБ представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Распределение пациентов в группы в зависимости от состояния волемического статуса перед эвакуацией из ОМедБ

Группы	НПВ-ИК, % (пациенты на самостоятельном дыхании, n=92)	НПВ-ИВ, % (пациенты на ИВЛ, n=37)
Группа 1 («группа гиповолемии», n=39)	67,5 (59; 74)*^	23 (20; 25) ^{1, 2}
Группа 2 («группа нормоволемии», n=58)	38 (30,5; 43,5)*#	15 (13; 17) ^{1, 3}
Группа 3 («группа гиперволемии», n=32)	15,5 (12,5; 18)^#	9 (9;10) ^{2, 3}
Примечание: * - статистически значимые различия значений НПВ-ИК между 1 и 2 группами (критерий Манна-Уитни, p=0,0267); ^ - статистически значимые различия значений НПВ-ИК между 1 и 3 группами (критерий Манна-Уитни, p=0,0351); # - статистически значимые различия значений НПВ-ИК между 2 и 3 группами (критерий Манна-Уитни, p=0,0102); ¹ - статистически значимые различия значений НПВ-ИВ между 1 и 2 группами (критерий Манна-Уитни, p=0,0402); ² - статистически значимые различия значений НПВ-ИВ между 1 и 3 группами (критерий Манна-Уитни, p=0,0213); ³ - статистически значимые различия значений НПВ-ИВ между 2 и 3 группами (критерий Манна-Уитни, p=0,0479)		

Сформированные группы имели значимые различия друг с другом по показателям НПВ-ИК и НПВ-ИВ (критерий Краскела-Уоллиса, $p=0,0481$). Следует отметить, что указанные группы не имели достоверных различий ($p>0,05$) по возрасту пациентов, продолжительности от момента получения травмы и ее тяжести, состоянию при поступлении в ОМедБ и основным клинико-лабораторным показателям, в том числе по исходному уровню волеии и значению RRI.

Во время лечения в ВМедА исследовали инцидентность и сроки развития ОПП в каждой из представленных групп. Частота выявления ОПП на этапе оказания медицинской помощи в ВМедА в рассматриваемых группах отображена на рисунке 2.

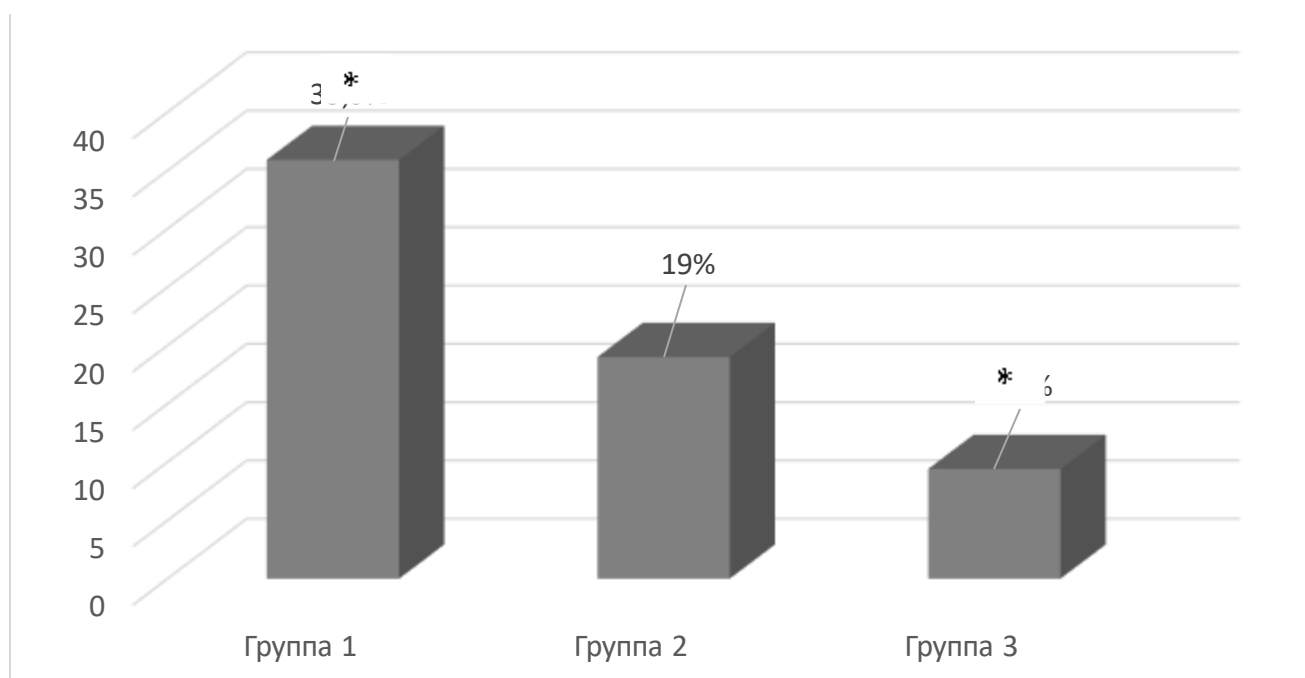


Рисунок 2. Частота развития ОПП в ВМедА в зависимости от волеического статуса при убытии из ОМедБ

Примечание: * – статистически значимые различия между группами 1 и 3 (точный критерий Фишера, $p=0,016$)

Статистически значимые различия в частоте выявления ОПП были выявлены при сравнительном анализе групп 1 и 3, в которых ОПП развилось у 14

и 3 пациентов, соответственно. Таким образом, распространенность ОПП в группе 1 оказалась в 3,8 раза выше по сравнению с группой 3. Показатель распространенности ОПП в группе 1 также оказался значительно выше, чем в группе 2, однако статистической значимости различий в данном случае не установлено ($p=0,071$). Достоверность различий не выявлена при сравнительном анализе между группами 2 и 3 ($p=0,347$), при этом в группе 2 частота ОПП была в 2,02 раза выше.

С целью исследования влияния наличия гиповолемии при завершении лечения на этапе ОМедБ на частоту развития ОПП был выполнен сравнительный анализ частоты выявления почечного повреждения в ВМедА между пациентами с гиповолемией (группа 1, частота ОПП – 35,9%) и ранеными без признаков гиповолемии (группы 2 и 3, частота ОПП – 15,6%). Результаты анализа продемонстрировали наличие достоверных различий ($p=0,026$), при этом относительный риск возникновения ОПП в группе гиповолемии составил 2,31 (95% ДИ 1,22–4,37).

В ходе проведения анализа показателей RRI, определенных у пациентов с БХТ перед убытием из ОМедБ, установлено, что в группе 1 во всех случаях RRI был выше порогового значения, равного 0,7, что представляется закономерным обстоятельством, учитывая наличие у них гиповолемии. При этом у 27 раненых и пострадавших, входящих в группу 2, несмотря на соответствие УЗ-критериев их волемического статуса нормоволемии, наблюдалось патологическое повышение почечного резистивного индекса до значений, превышающих 0,7, что указывает на нарушение почечной гемодинамики. Таким образом, выявлена значительная часть раненых и пострадавших со «скрытой» гиповолемией. В соответствии с дизайном исследования данные пациенты в составе группы 2 были выделены в подгруппу 2Б. Подгруппу 2А составил 31 раненый из группы 2, показатель RRI у которых не превышал 0,7. У всех пациентов группы 3 значения данного параметра находились в пределах нормы (рисунок 3).

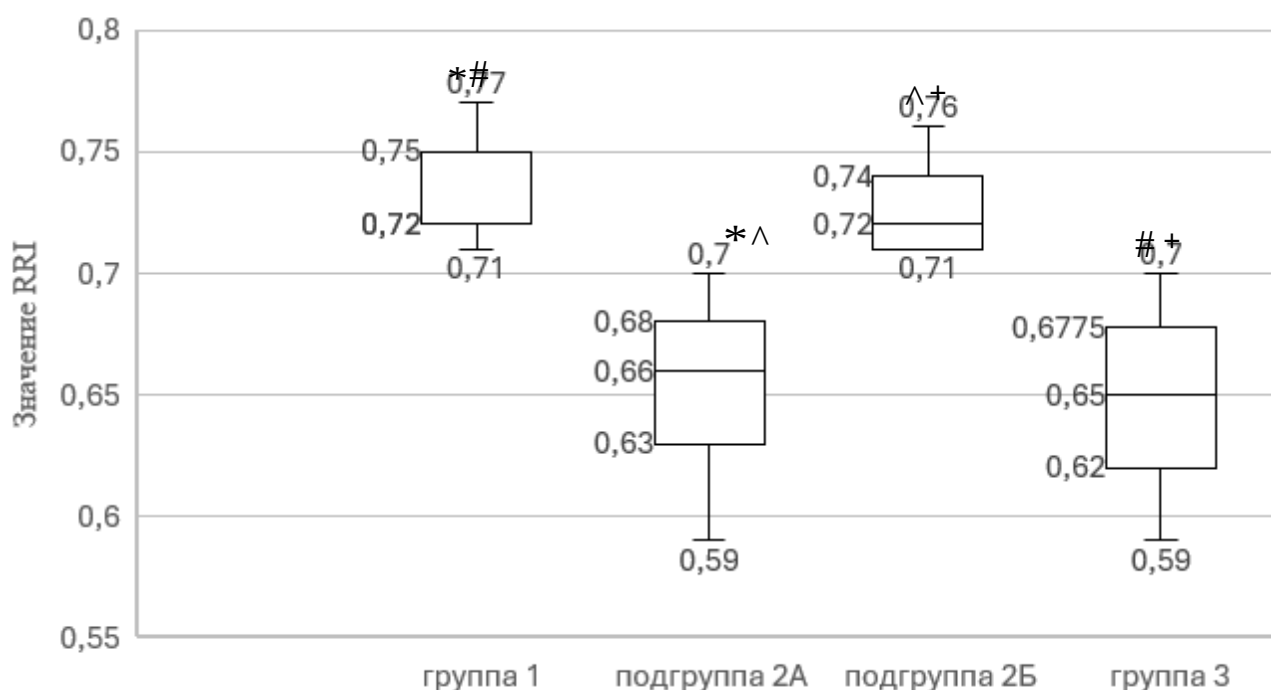


Рисунок 3. Результаты анализа показателей RRI, определенных у пациентов с БХТ перед убытием из ОМедБ

Примечание: * – статистически значимые различия между группой 1 и подгруппой 2А (критерий Манна-Уитни, $p=5,32 \times 10^{-11}$), # – статистически значимые различия между группами 1 и 3 (критерий Манна-Уитни, $p=6,28 \times 10^{-10}$), ^ – статистически значимые различия между подгруппами 2А и 2Б (критерий Манна-Уитни, $p=1,01 \times 10^{-9}$), + – статистически значимые различия между подгруппой 2Б и группой 3 (критерий Манна-Уитни, $p=5,04 \times 10^{-11}$)

У всех пациентов группы 1 и подгруппы 2Б значение RRI оказалось патологически повышенным, что указывает на нарушение почечной гемодинамики, связанное с гиповолемией. Данный показатель в группе 1 и подгруппе 2Б не имели статистически значимых различий ($p=0,71$), при этом были достоверно выше по сравнению с подгруппой 2А и группой 3. В свою очередь, у всех раненых и пострадавших в подгруппе 2А и группе 3 выявлены нормальные значения RRI, достоверных различий между ними не наблюдалось ($p=0,836$). Следует отметить, что между подгруппами 2А и 2Б не было значимых различий в уровне УЗ-показателей волемического статуса (НПВ-ИК и НПВ-ИВ) ($p=0,208$).

Анализ распространенности ОПП, выявленного на этапе лечения в ВМедА, среди пациентов, включенных в подгруппы 2А и 2Б, выявил статистически значимые различия. В подгруппе 2А распространенность ОПП составила 6,5%, что было достоверно ниже по сравнению с группой 2Б, в которой данный показатель составил 33,3%. Также отмечены значимые различия частоты развития ОПП между подгруппами 2А и 2Б, и, соответственно, группами 1 и 3 (таблица 2).

Таблица 2.

Частота выявления ОПП у раненых и пострадавших в ВМедА в зависимости от результатов оценки уровня волеми и показателя RRI перед эвакуацией из ОМедБ

Группа/подгруппа	Число пациентов с ОПП	Распространенность ОПП, %
Группа 1 (n=39)	14	35,9*
Подгруппа 2А (n=31)	2	6,5#*
Подгруппа 2Б (n=27)	9	33,3#^
Группа 3 (n=32)	3	9,4^
Примечание: # - статистически значимые различия между подгруппами 2А и 2Б (точный критерий Фишера, $p=0,021$), * - статистически значимые различия между группой 1 и подгруппой 2А (точный критерий Фишера, $p=0,005$); ^ - статистически значимые различия между группой 3 и подгруппой 2Б (точный критерий Фишера, $p=0,038$)		

У всех пациентов группы 1 и подгруппы 2Б значение RRI оказалось патологически повышенным, что указывает на нарушение почечной гемодинамики, связанное с гиповолемией. Данный показатель в группе 1 и подгруппе 2Б не имели статистически значимых различий ($p=0,71$), при этом были достоверно выше по сравнению с подгруппой 2А и группой 3. В свою очередь, у

всех раненых и пострадавших в подгруппе 2А и группе 3 выявлены нормальные значения RRI, достоверных различий между ними не наблюдалось ($p=0,836$). Следует отметить, что между подгруппами 2А и 2Б не было значимых различий в уровне УЗ-показателей волемического статуса (НПВ-ИК и НПВ-ИВ) ($p=0,208$).

Анализ распространенности ОПП, выявленного на этапе лечения в ВМедА, среди пациентов, включенных в подгруппы 2А и 2Б, выявил статистически значимые различия. В подгруппе 2А распространенность ОПП составила 6,5%, что было достоверно ниже по сравнению с группой 2Б, в которой данный показатель составил 33,3%. Также отмечены значимые различия частоты развития ОПП между подгруппами 2А и 2Б, и, соответственно, группами 1 и 3 (таблица 3).

Таблица 3.

Частота выявления ОПП у раненых и пострадавших в ВМедА в зависимости от результатов оценки уровня волеми и показателя RRI перед эвакуацией из ОМедБ

Группа/подгруппа	Число пациентов с ОПП	Распространенность ОПП, %
Группа 1 (n=39)	14	35,9*
Подгруппа 2А (n=31)	2	6,5**
Подгруппа 2Б (n=27)	9	33,3#^
Группа 3 (n=32)	3	9,4^
Примечание: # - статистически значимые различия между подгруппами 2А и 2Б (точный критерий Фишера, $p=0,021$), * - статистически значимые различия между группой 1 и подгруппой 2А (точный критерий Фишера, $p=0,005$); ^ - статистически значимые различия между группой 3 и подгруппой 2Б (точный критерий Фишера, $p=0,038$)		

Таким образом, относительный риск развития ОПП у пациентов с нормоволемией, но патологически высоким значением RRI, составил 5,15 (95% ДИ 1,21–21,96). В свете данного результата закономерным представляется достоверно более высокая распространенность почечного повреждения у раненых и пострадавших, включенных в группу 1 и подгруппу 2Б, по сравнению с пациентами подгруппы 2А и группы 3. При этом значимых различий между группами с максимальной (группа 1 и подгруппа 2Б) и минимальной (подгруппа 2А и группа 3) частотой выявления ОПП не отмечено ($p>0,05$).

Распространенность ОПП среди всех пациентов с повышенным RRI ($n=66$) составила 34,9%, что достоверно выше ($p=0,0002$) по сравнению с ранеными и пострадавшими с нормальным уровнем данного показателя ($n=63$), частота развития почечного повреждения у которых равнялась 7,9%. Таким образом, значение относительного риска возникновения ОПП вне зависимости от волемического статуса у пациентов с $RRI>0,7$, определенного перед убытием из ОМедБ, составило 4,4 (95% ДИ 1,72–11,18).

В результате проведения ROC-анализа, направленного на выявление прогностической ценности определения уровня RRI перед убытием из ОМедБ для последующего развития ОПП у пациентов с БХТ, установлено, что значение AUC составило 0,9 (95% ДИ 0,833–0,968) (рисунок 4).

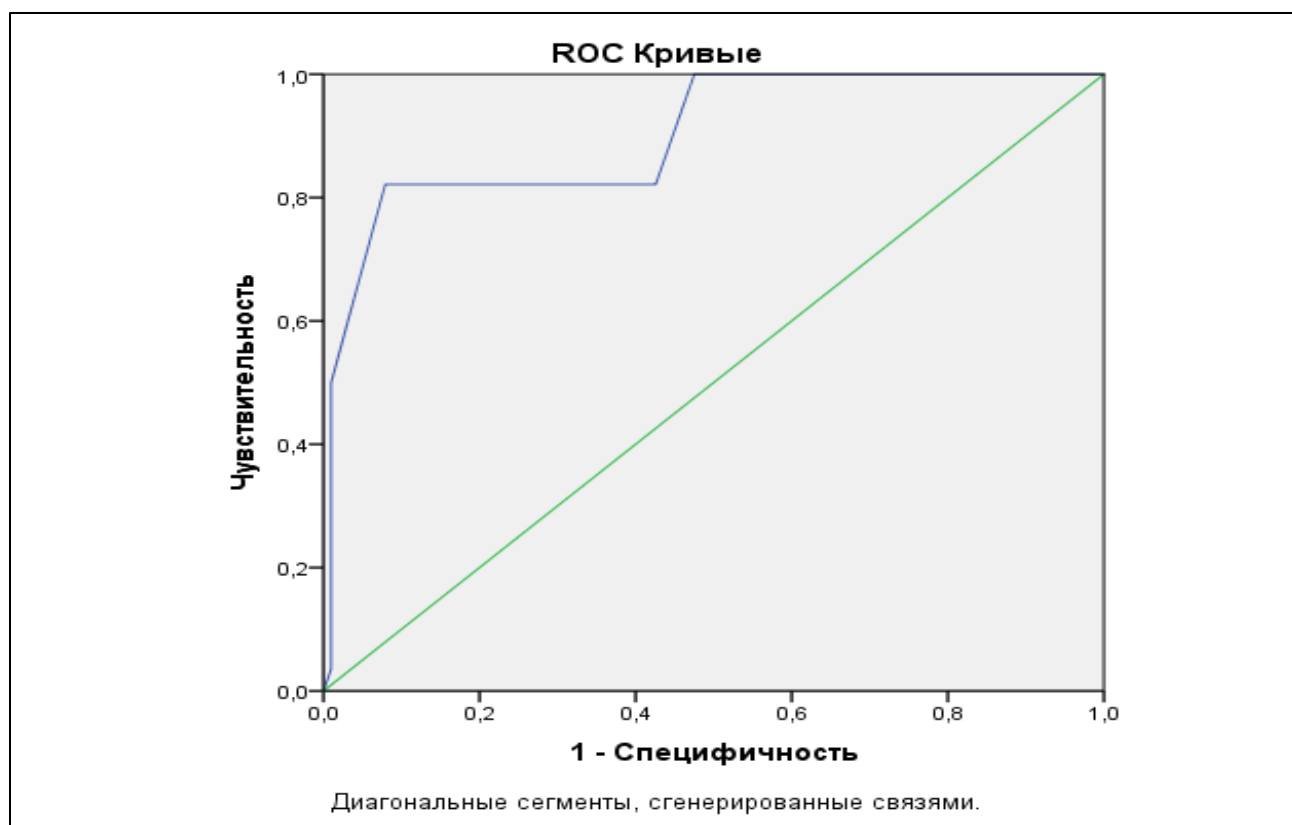


Рисунок 4. ROC-кривая, отражающая прогностическую ценность уровня RRI перед убытием из ОМедБ для последующего развития ОПП

Данный результат указывает на высокую дискриминационную способность значения RRI в прогнозировании ОПП. При применении критерия Юдена с целью выявления наиболее точного порогового значения показателя RRI определен более прогностически ценный порог, равный 0,73, по сравнению с общепринятым значением 0,7 (таблица 4).

Таблица 4.

Сопоставление показателей прогностической ценности пороговых значений RRI

Параметр	Пороговое значение равное 0,73	Пороговое значение равное 0,7	Разница между параметрами
Чувствительность, %	82,1	92,9	-10,8
Специфичность, %	92,1	54,5	37,6
Положительная прогностическая ценность, %	77,4	63,4	14,0

Отрицательная прогностическая ценность, %	95	96,5	1,5
Точность, %	89,9	63,6	26,3
Критерий Юдена	0,742	0,474	0,268

При оценке тяжести ОПП, развившегося на этапе лечения, у пациентов с разным уровнем показателя RRI, определенным перед убытием из ОМедБ, установлено, что среди 23 раненых и пострадавших, значения RRI у которых превышали 0,7, в 14 случаях (60,1%) выраженность нарушения выделительной функции почек потребовала проведение заместительной почечной терапии (ЗПТ). Почечное повреждение, возникшее у 5 раненых с нормальными показателями RRI, носило характер тяжелой функциональной несостоятельности, требующей выполнения ЗПТ, лишь у 1 пациента (20%). То есть среди раненых с патологически повышенным RRI потребность в ЗПТ оказалась в три раза выше. Следует отметить, что статистической значимости данные различия не достигли ($p=0,263$) вследствие небольшого числа наблюдений.

Заключение

Представленные данные демонстрируют высокую значимость эффективности мероприятий интенсивной терапии, направленных на коррекцию ранних нарушений волемического статуса у пациентов с БХТ, на раннем этапе оказания медицинской помощи, то есть в течение первых суток после получения травмы, для снижения риска развития ОПП и улучшения исходов лечения. Основным фактором риска возникновения ОПП, наиболее характерным для данного периода, представляется гиповолемия, купирование которой на этапе оказания квалифицированной медицинской помощи позволяет достоверно снизить частоту развития ОПП за счет раннего нивелирования активности патогенетических реакций, приводящих к структурным повреждениям и функциональной несостоятельности почек. Важным диагностическим критерием наличия гиповолемии, сопровождающейся ухудшением почечной гемодинамики и повышением резистивности почечных артерий является показатель RRI,

значение которого, превышающее 0,7, представляется значимым предиктором развития ОПП у раненых и пострадавших на последующих этапах эвакуации. При этом более высокое прогностическое значение выявлено для порога RRI, равного 0,73. Нормализация RRI представляется достоверным прогностическим признаком снижения риска возникновения ОПП. Таким образом, применение в качестве ориентира достижения нормоволемии значений RRI 0,7 и меньше, наряду с классическими УЗ-критериями нормального волемического статуса, в ходе проведения инфузионно-трансфузионной терапии на этапе оказания квалифицированной медицинской помощи пациентам с БХТ позволяет значимо снизить вероятность развития ОПП, что потенциально является методом повышения выживаемости раненых и пострадавших.

Библиография

1. Марченко А.П., Павлова К.А. Этиопатогенетические основы развития травматического шока. Особенности клинических проявлений. Основы терапии в условиях ОРИТ. *Тамбовский медицинский журнал*. 2024; 6(3): 21–32.
2. Sever M.S., Vanholder R., Lameire N. Acute Kidney Injury in Active Wars and Other Man-Made Disasters. *Seminars in Nephrology*. 2020; 40(4): 341–353.
3. Дац А.В. Роль гиповолемии в развитии синдрома полиорганной недостаточности. *Скорая медицинская помощь*. 2013; 14(1): 53–58.
4. Цыганков А.Е., Старостин Д.О., Поляков П.А. и др. Предикторы летального исхода у тяжелораненых. *Скорая медицинская помощь*. 2023; 24(4): 47–54.
5. Stewart I.J., Bolanos J.A., Little D.J. et al. Hyperkalemia and Dialysis in the Deployed Setting. *Military Medicine*. 2018; 183; 147–152.
6. Bolanos J.A., Yuan C.M., Little D.J., et al. Outcomes After Post-Traumatic AKI Requiring RRT in United States Military Service Members. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2015; 10(10): 1732–1739.

7. Gisewhite S., Stewart I. J., Beilman G. et al. Urinary Metabolites Predict Mortality or Need for Renal Replacement Therapy After Combat Injury // *Critical Care*. 2021; 25(1): 119.
8. Abbasi S., Nemati K., Alikiaii B., Saghaei M. The Value of Inferior Vena Cava Ultrasonography Administration for Hypovolemia Detection in Patients with Acute Kidney Injury Hospitalized in Intensive Care Unit. *Advances in Biomedical Research*. 2023; 12: 38.
9. Orso D., Peric D., Di Gioia C.C. et al. Renal and Genitourinary Ultrasound Evaluation in Emergency and Critical Care: An Overview. *Healthcare*. 2024; 12(13): 1356.
10. Shen H., Na W., Li Y. et al. The Clinical Significance of Renal Resistance Index (RRI) and Renal Oxygen Saturation (RrSO₂) in Critically Ill Children with AKI: A Prospective Cohort Study. *BMC Pediatrics*. 2023; 23(1): 224.

References

1. Marchenko A.P., Pavlova K.A. Etiopathogenetic basis for development of traumatic shock. Features of clinical manifestations. Basics of therapy in intensive care unit. *Tambov Medical Journal*. 2024; 6(3): 21–32 (in Russian).
2. Sever M.S., Vanholder R., Lameire N. Acute kidney injury in active wars and other man-made disasters. *Seminars in Nephrology*. 2020; 40(4): 341–353.
3. Dats A.V. The role of hypovolemia in the development of multiple organ failure syndrome. *Emergency medical care*. 2013; 14(1): 53–58 (in Russian).
4. Tsygankov A.E., Starostin D.O., Polyakov P.A. et al. Predictors of death in seriously injured patients. *Emergency medical care*. 2023; 24(4): 47–54 (in Russian).
5. Stewart I.J., Bolanos J.A., Little D.J. et al. Hyperkalemia and Dialysis in the Deployed Setting. *Military Medicine*. 2018; 183: 147–152.
6. Bolanos J.A., Yuan C.M., Little D.J., et al. Outcomes After Post-Traumatic AKI Requiring RRT in United States Military Service Members. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2015; 10(10): 1732–1739.

7. Gisewhite S., Stewart I.J., Beilman G. et al. Urinary Metabolites Predict Mortality or Need for Renal Replacement Therapy After Combat Injury. *Critical Care*. 2021; 25(1): 119.
8. Abbasi S., Nemati K., Alikiaii B., Saghaei M. The Value of Inferior Vena Cava Ultrasonography Administration for Hypovolemia Detection in Patients with Acute Kidney Injury Hospitalized in Intensive Care Unit. *Advances in Biomedical Research*. 2023; 12: 38.
9. Orso D., Peric D., Di Gioia C.C. et al. Renal and Genitourinary Ultrasound Evaluation in Emergency and Critical Care: An Overview. *Healthcare*. 2024; 12(13): 1356.
10. Shen H., Na W., Li Y. et al. The Clinical Significance of Renal Resistance Index (RRI) and Renal Oxygen Saturation (RrSO₂) in Critically Ill Children with AKI: A Prospective Cohort Study. *BMC Pediatrics*. 2023; 23(1): 224.