

Политравма: определение термина и тактики ведения больных (обзор)

А. А. Проказюк*, М. А. Жанаспаев, С. К. Аубакирова,
А. С. Мусабеков, А. С. Тлемисов

Медицинский университет Семей,
Республика Казахстан, Абайская область, 071400, г. Семей, ул. Абая Кунанбаева, д. 103

Для цитирования: А. А. Проказюк, М. А. Жанаспаев, С. К. Аубакирова, А. С. Мусабеков, А. С. Тлемисов. Политравма: определение термина и тактики ведения больных (обзор). *Общая реаниматология*. 2022; 18 (5): 78–88. <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2022-5-78-88> [На русск. и англ.]

Резюме

Политравма сохраняет свою научно-практическую значимость за счет высокого уровня летальности (>20% у лиц молодого и среднего возраста и >45% — у пожилых). Отсутствие единого определения термина «политравма» приводит к затруднениям при систематизации и сравнительном анализе доступных данных. Помимо этого, возникают проблемы выбора тактики ведения больных, которая определяет качество оказываемой медицинской помощи и объем затраченных организацией ресурсов.

Цель обзора. Актуализировать определение термина «политравма» и определить перспективные направления в области диагностики и ведения пациентов с политравмой.

Материалы и методы. По данным 93-х отобранных публикаций изучили модальность распределения летальности при травме и основные причины; проанализировали шкалы оценки степени тяжести политравмы и определили их потенциальные проблемы; изучили рекомендации по выбору ортохирургической тактики относительно тяжести состояния больного.

Результаты. Модальность смертей при травме напрямую зависит от адекватности оценки тяжести состояния и качества организации медицинской помощи. «Берлинское определение» политравмы с дополнительным применением одной из шкал mCGS/PTGS наиболее точно классифицирует политравму на четыре группы тяжести. Для «стабильных» больных применение первичного окончательного остеосинтеза с внутренней фиксацией (ЕТС) является «золотым стандартом» лечения. Для групп «пограничных» и «нестабильных» не определено однозначной верной тактики. В свою очередь у «критических» больных рекомендуется первоочередная стабилизация общего состояния с последующей отсроченной основной операцией (DCO), которая увеличивает выживаемость.

Заключение. Возможным решением проблемы определения тактики ведения для сомнительных групп является использование искусственного интеллекта и машинного обучения, которые уже применимы для более узких проблем (прогнозирование летальности и развития некоторых частых осложнений относительно исходного состояния). Использование системы поддержки принятия клинических решений на основе унифицированного регистра больных позволит повысить качество оказываемой помощи при политравме даже специалистами с малым опытом работы.

Ключевые слова: политравма, берлинское определение политравмы; ортохирургическая тактика; регистр травм; машинное обучение

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Данная работа выполнена в рамках грантового финансирования молодых ученых по научным и (или) научно-техническим проектам на 2022–2024 гг. ИРН AP13067824 «Разработка и оптимизация методов диагностики и хирургической реабилитации травм с применением искусственного интеллекта и робототехники» Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Polytrauma: Definition of the Problem and Management Strategy (Review)

Alexander A. Prokazyuk*, Marat A. Zhanaspayev, Sabina K. Aubakirova,
Arman S. Musabekov, Aidos S. Tlemissov

Semey Medical University
103 Abay Kunanbaev Str., 071400 Semey, Abay region, The Republic of Kazakhstan

Summary

Polytrauma is a highly relevant problem from both scientific and clinical perspectives due to its high mortality rate (>20% in young and middle-aged individuals and >45% in the elderly). The lack of consensus in the

Адрес для корреспонденции:

Александр Александрович Проказюк
E-mail: prokazyuk.md@yandex.ru

Correspondence to:

Alexander A. Prokazyuk
E-mail: prokazyuk.md@yandex.ru

definition of polytrauma complicates data collection and comparison of available datasets. In addition, selection of the most appropriate management strategy determining the quality of medical care and magnitude of invested resources can be challenging.

Aim of the review. To revisit the current definition of polytrauma and define the perspective directions for the diagnosis and management of patients with polytrauma.

Material and methods. Based on the data of 93 selected publications, we studied the mortality trends in the trauma and main causes of lethal outcomes, analyzed the polytrauma severity scales and determined their potential flaws, examined the guidelines for choosing the orthosurgical strategy according to the severity of the patient's condition.

Results. The pattern of mortality trends in trauma directly depends on the adequacy of severity assessment and the quality of medical care. The Berlin definition of polytrauma in combination with a mCGS/PTGS scale most accurately classifies polytrauma into four severity groups. For the «stable» patients, the use of primary definitive osteosynthesis with internal fixation (early total care, or ETC) is the gold standard of treatment. For the «borderline» and «unstable» groups, no definitive unified strategy has been adopted. Meanwhile, in «critical» patients, priority is given to general stabilization followed by delayed major surgery (damage control orthopaedics, or DCO), which increases survival.

Conclusion. The use of artificial intelligence and machine learning, which have been employed for more specific goals (predicting mortality and several common complications), seems reasonable for planning the management strategy in the «controversial» groups. The use of a clinical decision support system based on a unified patient registry could improve the quality of care for polytrauma, even by less experienced physicians.

Keywords: polytrauma, Berlin definition of polytrauma; orthosurgical strategy; trauma registry; machine learning

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. This study was funded by the grant program for scientific and/or technical projects carried out by young scientists (2022–2024) «Development and optimization of diagnosis and surgical rehabilitation of trauma patients using artificial intelligence and robotics» of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

Read the full-text English version at www.reanimatology.ru

Введение

Несмотря на все предпринимаемые меры по снижению травматизма за последние 30 лет отмечено незначительное снижение уровня летальности на 1,8% [1, 2]. В условиях оказания высококвалифицированной травматологической помощи около 20–25% пациентов в возрасте до 60 лет погибают [3–5], а с увеличением возраста летальность возрастает до 45–60% [6, 7]. Урбанизация и индустриализация оказывают прямое влияние на рост числа пациентов с травмой за счет таких причин, как увеличение количества личного транспорта у населения и учащение дорожно-транспортных происшествий (ДТП), возникновение чрезвычайных ситуаций на производстве, пожаров, бытовых травм и военных конфликтов. В городах и крупных населенных пунктах, основная часть пациентов с политравмой поступает в приемное отделение вечером, в нерабочие часы и выходные дни [8]. Т. Brinck и соавт. связывают эту особенность с употреблением алкоголя и других психотропных веществ в свободное время [9], что в большинстве своих случаев является основной причиной автодорожных и бытовых травм [10]. Согласно докладу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о «Глобальной дорожной безопасности», около 1,35 миллиона людей ежегодно погибают в ДТП, до 50 миллионов получают нелетальные травмы. Автодорожная травма занимает восьмое место среди причин смерти во всех возрастных группах, а в возрастной группе от 5 до 29 лет — первое.

Свыше 90% всех смертей случаются в странах с низким и средним уровнем дохода (27,5 и 14,4 случаев на 100 000 населения соответственно), в то время как в странах с высоким уровнем дохода смертность значительно ниже (9,3 случая на 100 000 населения) [11]. Контингент травмированных больных в 50–80% случаев представлен мужчинами молодого, трудоспособного возраста [10, 12, 13]. Более половины из переживших политравму впоследствии имеют значимое снижение качества жизни или инвалидность [14, 15]. По прогнозу ВОЗ к 2030 г. травма войдет в пятерку основных причин смерти. К примеру, в Китайской Народной Республике, где ежегодно погибают более 400 000 человек (из них 23% — вследствие автодорожной травмы), смертность от политравмы уже занимает пятое место [10].

Согласно данным Росстата, в 2020 г. в Российской Федерации из 2,1 миллиона умерших свыше 60 тысяч смертей напрямую связаны с получением травмы, из них 17 тысяч приходятся на транспортные несчастные случаи [16]. В Республике Казахстан эпидемиологическая ситуация отражена в отчете «Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам». Здесь представлены сводные данные по смертности «от несчастных случаев, отравлений и травм», исходя из которых автодорожная травма занимает 7 место среди всех причин смерти в РК (14,7 случаев (среднее значение за 10 лет — 16,9) на 100 000 населения в год) [17].

Цель обзора — актуализировать определение термина «политравма» и определить пер-

спективные направления в области диагностики и ведения пациентов с политравмой.

Материал и методы

Обзор литературы выполнили на основе доступных публикаций, включающих в себя информацию о пациентах с тяжелой политравмой. Поиск источников произвели через базу данных PubMed/Medline с фильтрацией статей относительно английского языка публикации без ограничения глубины поиска. Для эпидемиологической части обзора использовали следующие MeSH термины в различных комбинациях: «multiple trauma», «polytrauma», «epidemiology», «mortality», «complications» и «causes of death». Для части обзора, связанного с клиническим течением политравмы и определением степени тяжести повреждений, использовали такие ключевые слова, как «trauma assessment», «triage», «injury assessment scale», «trauma process» и «death tirade». Также, для части дискуссии о применении нейронных сетей, искусственного интеллекта и машинного обучения в области неотложной медицины и травматологии, произвели поиск по «clinical decision support systems», «artificial intelligence», «neural networks», «decision tree», «machine learning» MeSH терминам в комбинации с «multiple trauma»/«polytrauma». Некоторые материалы, упущенные при первичном электронном поиске, взяли из цитирований в найденных публикациях для дальнейшего детального анализа проведенной работы. Критериями отбора статей для изучения служили:

- Оригинальные полнотекстовые публикации, сфокусированные на основной проблеме обзора.
- Работы, опубликованные в международных рецензируемых журналах с дизайном исследования не ниже IIЗ (C) уровня доказательности.
- Источники, описывающие физиологические и патофизиологические процессы, не ограничивались временными рамками.

Исключили публикации, которые не содержали информацию о предсказании состояния больного относительно физиологических параметров, кроме части об искусственном интеллекте.

Всего рассмотрели 216 публикаций, из которых отобрали 93, содержащих релевантную информацию. По отобраным источникам изучили модальность распределения летальности при травме и основные причины; проанализировали шкалы оценки степени тяжести политравмы и определили их потенциальные проблемы; изучили рекомендации по выбору ортохирургической тактики относительно тяжести состояния больного.

Определение политравмы

Во второй половине XX века после внедрения термина «политравма» и множества уточнений определения Н. J. Oestern и соавт. представили одно из наиболее близких к истине заключений: политравма — травматическое повреждение двух и более областей тела, из которых одно или сумма всех имеющихся повреждений являются жизнеугрожающими [18]. Данный термин широко распространен на евразийском континенте, особенно в постсоветских странах.

В американских источниках более приняты выражения «множественная травма» (multiple trauma) или «обширная травма» (major trauma), с оговоркой на угрозу жизни пациента [19].

Углубленное изучение патофизиологии травматического процесса принесло понимание необходимости оценки не только анатомических повреждений [20], но и имеющихся физиологических факторов и показателей. С целью определения таких переменных, при наличии которых летальность у больного с политравмой превышала бы 10%, в 2012 г. была создана Международная Рабочая Группа по Политравме, в которую вошли организации, наиболее активно изучающие методы оказания медицинской помощи при травме (American Association for the Surgery of Trauma (AAST), European Society for Trauma and Emergency Surgery (ESTES), German Trauma Society (DGU), British Trauma Society (BTS), New Zealand Association for the Surgery of Trauma (ANZAST)) [21]. Результатом их работы стало «Берлинское определение» (БОП), согласно которому политравма — это повреждение двух или более областей тела с оценкой по шкале AIS ≥ 3 баллов и один или более из перечисленных физиологических параметров: систолическое артериальное давление (САД) ≤ 90 мм рт. ст.; оценка по шкале ком Глазго (ШКТГ) ≤ 8 баллов; дефицит оснований (BE) $\leq 6,0$ ммоль/л; международное нормализованное отношение (МНО) $\geq 1,4$ или активированное частичное тромбопластиновое время ≥ 40 с; возраст ≥ 70 лет [21].

В 2017 г. С. Rau и соавт. провели ретроспективное исследование ($n=1629$), направленное на проверку верности этих критериев. Было определено две группы пациентов схожих по соматическому и анатомическому состоянию, в одной из которых присутствовали физиологические критерии из БОП. Летальность в группе политравмы была значительно выше (OR 17,5; 95%; CI 4,21–72,76; $p<0,001$). Эти же пациенты чаще находились в отделении интенсивной терапии (ОИТ) (84,1% против 74,1; $p=0,013$) и дольше там пребывали (10,3 дня против 7,5; $p=0,003$). Помимо этого, лечение политравмы в целом экономически более затратно для госпиталя (на 31,5%), в частности: обследование (на 33,1%), оперативные вмешательства (на 40,6%) и медикаментозная терапия (на 53,9%) [22]. В исследовании М. L. S. Driessen и соавт. БОП было применено к национальному регистру травмы Нидерландов (300 649 случаев, вошедших в исследование). Авторы пришли к выводу, что добавление физиологических параметров к анатомической шкале улучшает чувствительность при определении вероятности неблагоприятно-

го исхода. Так у больных, отнесенных к «политравме» по БОП ($n=4\ 264$), летальность составила 27,2%, а необходимость госпитализации в ОИТ — 71,2% [23].

Модальное распределение летальности

Определение степени тяжести политравмы и дальнейшей тактики ведения больных напрямую связано с риском развития неблагоприятных исходов. В 1980 г. С. С. Baker и соавт. провели одно из ключевых исследований [24] в области эпидемиологии летальности среди пациентов с политравмой. Было определено тримодальное распределение летальных случаев [25], которое позже стало предметом детального изучения [13, 26–29]. Выявленная модальность была определена тремя пиками: смерть в течение первого часа после события, смерть в течение первых 24 ч пребывания в стационаре и «поздняя смерть» — в течение нескольких дней или недель. Однако в странах высокого уровня дохода, с развитой службой неотложной медицинской помощи, эта тримодальность не всегда прослеживается [1, 2, 12]. Здесь пациент, получив на догоспитальном этапе минимальный эффективный объем помощи, включая стабилизацию переломов, может быть доставлен с места происшествия в травматологический центр высокого уровня в течение первого получаса с момента вызова бригады [30, 31]. Такой подход приводит к унимодальному или бимодальному распределению летальных случаев, по причине наложения первого пика на второй [8].

Вне зависимости от модальности распределения смертей, основные причины летальных случаев остаются одними и теми же [28]. Рассматривая тримодальность, более характерную для стран среднего и низкого уровня достатка, выявлено, что около половины всех летальных случаев приходится на первый пик из-за тяжелых, несовместимых с жизнью повреждений. Из них до 70% случаев составляет краниоцефальная травма (перелом основания черепа, внутричерепные кровоизлияния, отек головного мозга, церебральный некроз). От 25 до 80% смертей связаны с последствиями кровотечения и/или нарушениями системы гемостаза. Помимо этого, высока летальность при остро развившемся синдроме полиорганной недостаточности (ПОН) или системном воспалительном ответе (СВО). Во втором пике причины аналогичны, но их клиническое течение не является столь катастрофическим, чтобы привести к летальному исходу в течение первого часа после травмы. В третьем пике смерть обусловлена септическими осложнениями, медленно развивающейся ПОН

и сопутствующими заболеваниями (ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность и хроническая легочная патология) [1, 13]. Зачастую отсроченная смерть обусловлена более длительным периодом нахождения в ОИТ на фоне поражения головного мозга и сопутствующими респираторными осложнениями (поражение дыхательного центра, вентилятор-ассоциированная пневмония, острый респираторный дистресс-синдром) [32].

Оценка степени тяжести политравмы и ортохирургический подход

Одним из лучших подходов к оказанию медицинской помощи больным с травмами является наличие травматологической команды в приемном отделении, действующей по стандартному алгоритму [33, 34]. Объем действий должен включать в себя верную оценку тяжести состояния пациента, проведение реанимационных мероприятий и определение необходимой оперативной тактики [35, 36]. Своевременное задействование такой травматологической команды позволяет значительно снизить частоту осложнений и неблагоприятных исходов [10], но на практике вовлечение обученной команды происходит не более чем в половине необходимых случаев [37]. Причиной тому является необученность персонала приемного отделения алгоритмам и критериям задействования [38]. Помимо этого, в неспециализированных госпиталях зачастую отсутствует травматологическая команда и вся помощь оказывается рядовыми анестезиологами-реаниматологами и травматологами [39]. При этом качество помощи остается вопросом имеющегося врачебного опыта и компетенций, низкий уровень которых непременно приводит к неверному определению рисков и вероятных исходов в каждом конкретном случае политравмы [40]. Оценка степени тяжести пациента — это обязательный навык для каждого врача, однако вариативность повреждений при политравме затрудняет процесс оценки и почти всегда требует специального обучения и лицензирования [41]. За рубежом определением статуса пациента с политравмой занимается обученный интенсивист, анестезиолог или ортохирург [34, 42].

Все используемые шкалы можно поделить на три группы: анатомические, физиологические и комбинированные. За рубежом базовой анатомической шкалой для описания травматических повреждений является Abbreviated Injury Scale (AIS), которая характеризует три аспекта травмы: область тела, тип анатомической структуры и тяжесть повреждения [41]. Данная шкала

характеризует каждое повреждение в отдельности и не позволяет оценить больных с множественными переломами в целом. Для описания политравмы, на основе оценки повреждений по AIS, была разработана Injury Severity Score (ISS). Принцип шкалы основан на подсчете суммы квадратов трех максимально поврежденных областей тела. В конце прошлого века клиницистами было принято определять травму как «тяжелая», в случае если летальность превышала 20%, что соответствовало $ISS \geq 16$ баллов [23]. Однако, с развитием травматологической службы летальность стала снижаться, что привело к расхождению мнений относительно минимального порога, который в настоящее время варьируется от 15 до 26 баллов [19].

С целью повышения чувствительности шкалы ISS претерпела изменения в отношении принципа подсчета итогового балла [43]. Так в модификации New ISS (NISS) итоговый балл определен суммой квадратов трех максимальных баллов по AIS с возможностью повторения областей тела [44]. Данное изменение повысило чувствительность к необходимости интубации трахеи и проведения искусственной вентиляции легких. К сожалению, оценка травмы истинно анатомическими шкалами приводит к ряду проблем. Наиболее частые — расхождение между анатомической и физиологической тяжестью состояния и наличие внутренней несогласованности, при которой возможны случаи одинаковой балльной тяжести повреждений в разных областях, но при этом исходы этих повреждений кардинально различаются [37, 45]. Помимо этого, сложность правильного кодирования и математического подсчета является причиной низкой меж-исследовательской воспроизводимости определения политравмы в сравнении с БОП (коэффициент каппа Коэна для $ISS \geq 16 = 0,521$; $ISS \geq 16 = 0,521$; БОП = 0,781) [46].

Физиологические шкалы в своем большинстве используются в условиях ОИТ, где оценка тяжести состояния тесно коррелирует с летальностью. Наиболее распространенными шкалами с возможностью применения при политравме являются Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) [47–49] и Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE-II) [50–52]. Обе шкалы основаны на оценке витальных и биохимических характеристик крови и направлены на прогнозирование риска развития септических осложнений и ПОН, которые наиболее часто приводят к летальным исходам в условиях ОИТ [53, 54]. Шкала SOFA градуирует функциональные изменения дыхательной, сердечно-сосудистой, коагуляционной и нервной систем, а также косвенно оценивает функцию печени и почек. В свою очередь, APACHE-II направлена

на оценку как текущего, так и доклинического физиологического состояния пациента. Ограничением применения реаниматологических шкал является необходимость наличия «быстрой» лаборатории, а также сложный принцип подсчета баллов. При попытке упрощения этих шкал путем исключения лабораторных показателей сохраняется способность определять большинство суррогатных точек, таких как летальность и необходимость интубации трахеи [55], но при этом теряется специфичность для больных с политравмой.

Из травматологических физиологических шкал широко используется Revised Trauma Score (RTS), которая оценивает неврологический статус по ШКГ, частоту дыхания и САД с умножением их на специальные коэффициенты с последующим сложением произведений [56]. В условиях приемного отделения RTS достаточна для оценки неблагоприятного исхода, но не степени тяжести травмы [45]. RTS, как и другие шкалы, основанные на фиксированных коэффициентах, со временем подвергается критике и необходимости корректировки множителей [57–59].

Среди комбинированных шкал наиболее используемой остается Trauma Injury Severity Score (TRISS) [60] и ее упрощенная модификация A Severity Characterization of Trauma (ASCOT). Шкала основана на ISS, RTS и возрасте больного с умножением значений на коэффициенты, значения которых также являются предметом дискуссий [61, 62] ввиду развития медицины и накоплении опыта лечения пациентов с политравмой [45]. Принимая во внимание модальность и причины смерти, существует потребность в оценке тяжести состояния больного отталкиваясь от повреждений нервной системы и нарушений гемостаза. В педиатрической практике с этой целью используется шкала BIG, которая также показала удовлетворительные результаты применения у взрослых [59]. BIG — акроним английских обозначений, входящих в основу шкалы: показатели, отражающие геморрагический шок (BE и МНО), и ШКГ. Отсутствие оценки повреждений скелета делает ее применение узконаправленным и неприменимым в случаях отсутствия сопутствующей черепно-мозговой травмы.

Все вышеперечисленные физиологические шкалы больше направлены на определение риска смерти относительно исходного состояния, нежели на реальное разделение больных на категории. Помимо этого, замечено, что некоторыми исследователями преследуются сомнительные цели, в результате чего происходит синтез новых шкал из уже имеющихся путем добавления нескольких условно новых клинических переменных [10, 48, 68, 50, 55, 59, 63–67].

На момент написания данной статьи авторами не было найдено общепринятых критериев разделения больных с политравмой относительно тяжести их состояния. Однако проблемой разделения тематических пациентов на категории занималась группа исследователей из Германии во главе с Н. С. Rare [69]. После серии работ авторами был сделан вывод о том, что, помимо классической «триады смерти» (BE < -6 ммоль/л, ацидемия с pH < 7,2, гипотермия с t < 35°C) [70–72], на исход травмы напрямую влияет объем повреждения мягких тканей. Опираясь на этот вывод, была предложена Clinical Grading System (CGS) — анатомо-физиологическая шкала оценки степени тяжести политравмы с разделением больных на группы «стабильных», «пограничных», «нестабильных» и «критических». В исходном варианте существовало несколько проблем: наличие малоизвестных анатомических шкал, ресурсозатратных лабораторных исследований и слабая внутренняя согласованность критериев. По последней причине группы пограничных и нестабильных пациентов являются наиболее противоречивыми относительно выбора тактики оперативного лечения. Позже авторами повторно был проведен анализ данных с расширением выборки больных и на основе CGS разработана Polytrauma Grading Score (PTGS) (табл. 1) [63]. В этом варианте были исключены проблемные переменные с сохранением возможности разделения больных.

Параллельно с Н. С. Rare модификацией оригинальной CGS путем ее упрощения и адаптации под реальные клинические условия занимались N. J. Nahm и соавт., которые представили mCGS (табл. 2) [39].

Недавно S. Halvachizadeh и соавт. [74] провели большое сравнение (n=3368) CGS [69], mCGS [39], PTGS [63] и протокола Early Appropriate Care (EAC) [75] на предмет чувствительности к определению риска развития ранних (смерть в

Таблица 1. Шкала оценки Polytrauma Grading Score (PTGS).

Параметр	Значение	Балл
САД	76–90 мм рт. ст.	1
	≤75 мм рт. ст.	2
BE, ммоль/л	-(8–10)	2
	<-10	4
МНО	1,4–2,0	1
	>2,0	3
Оценка по NISS	35–49	3
	50–75	4
Объем гемотрансфузии, дозы	3–14	2
	≥15	5
Тромбоциты, ×10 ⁹ /л	<150	2

Примечание. Для табл. 1, 2: САД — систолической артериальное давление; BE — избыток оснований; МНО — международное нормализованное отношение; NISS — New Injury Severity Score. Оценка <6 баллов — стабильный (летальность до 5%); 6–11 баллов — пограничный (летальность до 15%); >11 баллов — нестабильный (летальность до 40%).

первые 72 ч от травматического повреждения головного мозга и/или кровопотери) и поздних (ПОН, острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), пневмония, сепсис и смерть после 72 ч) осложнений у пациентов с политравмой. Изменение оценки объема трансфузии за первые 24 ч в mCGS значительно повлияло на точность определения «стабильности» клинического состояния пациента. У «пограничных» больных при категоризации шкалой PTGS летальность была выше (50%), чем в аналогичных группах из CGS (35,9%) или mCGS (37,8%). В целом исследование показало, что предложенные шкалы эффективны в разделении больных по тяжести состояния на группы и могут быть улучшены в плане используемых критериев.

Адекватность оценки степени тяжести физиологическими шкалами тесно связана с патофизиологическим течением травматического процесса [69]. Известно, что любое повреждение тканей приводит к изменению иммунного ста-

Таблица 2. Шкала оценки Modified Clinical Grading System (mCGS).

Фактор	Параметр	Стабильные (Степень I)	Пограничные (Степень II)	Нестабильные (Степень III)	Критические (Степень IV)
Геморрагический шок	САД, мм рт. ст.	≥100	≥80 – <100	≥60 – <80	<60
	BE, ммоль/л	≥-2,3	<-2,3 – ≥-4,5	<-4,5 – ≥-6,0	<-6,0
	Лактат, ммоль/л	0,5 – ≤2,2	>2,2 – ≤2,5	>2,5 – <4,0	>4,0
	Объем гемотрансфузии в день повреждения, дозы	≤2	3–8	9–15	≥16
Коагулопатия	Тромбоциты, ×10 ³ /мкл	>110	>90 – ≤110	>70 – ≤90	≤70
Температура	°C	>34	>33 – ≤34	>30 – ≤33	≤30
Повреждение мягких тканей	Повреждение грудной клетки по AIS	≤2	3	4	≥5
	Оценка по шкале Мура [73]	≤2	3	4	≥5
	Повреждение таза (классификация Мюллера АО/ОТА)	нет	A	B	C или раз- можжение
	Конечности, AIS	≤2	3	4	5 или раз- можжение

Примечание. AIS — Abbreviated Injury Scale. Больной относится к соответствующей группе если попадает под критерии в трех из четырех факторов.

туса. В начале развивается гипервоспалительный ответ, впоследствии сменяющийся контррегуляторным противовоспалительным ответом. В литературе данный этап называется «первичным ударом», выраженность которого напрямую связана с обширностью травмы. Так, при монотравме вышеописанные изменения иммунного ответа не критичны для больного, в то время как при политравме оперативное вмешательство вкупе с сопутствующими осложнениями (коагулопатии, кровотечение и гипотермия) усиливает реакцию организма на повреждение тканей и может привести к развитию так называемого «вторичного удара» — системного гипериммунного ответа [42]. В зависимости от предрасполагающих факторов «вторичный удар» при тупой обширной травме мягких тканей является причиной подострых осложнений, таких как ОРДС, синдром СВО или ПОН [76].

Отталкиваясь от патофизиологии травмы и решения относительно рисков у больного, в развитых странах принято использовать один из двух ортохирургических подходов: первичный окончательный остеосинтез с внутренней фиксацией (Early Total Care, ETC) и временная внешняя фиксация с последующим вторичным окончательным остеосинтезом с внутренней фиксацией (Damage Control Orthopedics, DCO). ETC является «золотым стандартом» [69] с точки зрения ортохирургии, так как позволяет произвести раннюю мобилизацию больных и имеет меньшую частоту поздних осложнений, однако часто приводит к развитию «вторичного удара». Ранняя окончательная фиксация у нестабильных и критических больных может привести к феномену жировой эмболии, который усиливает повреждение легких на фоне их контузии или переломов ребер [36]. В свою очередь DCO позволяет провести реанимационные мероприятия и стабилизировать повреждения длинных трубчатых костей и таза, тем самым остановив массивное кровотечение, после чего пациент переводится в ОИТ для дальнейшей коррекции жизненных показателей. Такой подход увеличивает общее время пребывания в ОИТ и в стационаре, экономически неэффективен и имеет значительно выше частоту поздних тромботических и септических осложнений из-за отсроченной основной операции [35]. В систематическом обзоре проведенном P. Lichte и соавт. [42] неоднократно выявлено, что DCO значительно снижает кровопотерю у больных в сравнении с ETC (вплоть до четырех раз) и продолжительность оперативного вмешательства (свыше трех раз). Щадящий и защитный подход DCO положительно влияет на иммунный статус больного, что подтверждено в высококачественном исследовании Н. С. Rare и соавт. [77]. Между тем,

в обзоре представлены противоречивые результаты о взаимосвязи разделения больных на категории («стабильные», «пограничные», «нестабильные», «критические») и применения DCO для стабильных и пограничных больных. Одной из причин является отсутствие унифицированных инструментов и критериев для проведения точной сортировки, способных повысить выживаемость [10, 36]. Несмотря на попытки разделения больных на группы по тяжести состояния для определения ортохирургической тактики, нацеленной на минимальные осложнения, существует множество тонких особенностей в организме каждого отдельно взятого больного, влияющих на подход и исход (например, необходимость в общей анестезии, наличие исходного геморрагического шока, изменение буферной емкости крови и анатомические зоны повреждения) [78–82]. Доступные исследования по сравнению DCO и ETC в своем большинстве имеют ретроспективный характер и основаны на малой выборке больных с политравмой, однако их результаты дают предпосылки для разработки дополнительных критериев определения пограничных больных [83].

Системы поддержки принятия клинических решений

С целью улучшения подходов к диагностике и лечению различных заболеваний повсеместно внедряются системы поддержки принятия клинических решений (CDSS), основанные на искусственном интеллекте (ИИ). Основной задачей такой системы является анализ собранной врачом информации и выдача определенного результата. Алгоритмы, осуществляющие такого рода деятельность, принято называть «моделями». Примерами таких моделей являются линейная и логистическая регрессия, нейронные сети, деревья принятия решений, метод «леса» [84]. В отличие от статистических пакетов, модель на основе ИИ в большинстве случаев способна непрерывно самообучаться, тем самым улучшая свои характеристики.

Вопросом о применении компьютера в практике ведения тяжелых пациентов с травмой задались в конце двадцатого века. В тот период в медицине уже использовались простые CDSS, построенные на жестких условиях «If — Then». «Алгоритм» оценки, по факту являющийся набором условий, был основан на протоколах лечения того времени и сравнивал состояние больного с уже описанными вариантами клинического течения травмы [85]. С развитием информационных технологий, науки о машинном обучении и анализа больших данных простые системы стали перерабатываться в более мощные инструменты. В последнее время ниша

в области ведения больных с травмой активно стала заполняться различными ИИ-решениями. Так, например, с целью более точного описания повреждений на различных видах снимков уже разработаны модели, показывающие превосходство в сравнении с врачами [86]. Помимо этого, имеются две модели, которые позволяют с высокой точностью заподозрить развитие острой травматической коагулопатии [87]. В других исследованиях при помощи ИИ пытаются предсказывать частоту поступления пациентов с травмой относительно погодных условий, дня недели и времени [88].

Н. Ehrlich и соавт. отмечено, что системы на основе ИИ необходимы в условиях приемного покоя, для быстрого обеспечения качественного триажа больных и определения дальнейшей тактики лечения [89]. Почти все применяемые шкалы оценки состояния больного пытаются привести тяжесть состояния к какой-то цифре, которая, находясь в определенных границах, должна дать врачу четкое понимание клинической ситуации и определить, какое решение в отношении пациента будет применено. При наличии большой качественной базы данных возможно создание компьютерной модели, выполняющей эти процессы в автоматическом режиме с высокой степенью достоверности [90, 91]. Однако следует принять во внимание, что любая шкала оценки состоит из двух частей: набора переменных и правила, определяющего принцип подсчета итогового балла для интерпретации. Несмотря на всю вычислительную мощь, компьютер не способен принять каждый физиологический аспект больного как набор переменных. В связи с этим возникает необходимость аналитического определения минимального набора входных параметров, которые более полно отражают клиническое состояние и течение травматического процесса. Широкая вариативность и множество входных данных зачастую требуют различных модельных подходов. По этим причинам имеющиеся решения в настоящий момент имеют узкую направленность. Использование ИИ в области медицины является одним из приоритетных направлений и требует проведения дополнительных исследований [89].

Ограничения

Проведение обзора литературы было сопряжено с трудностью отбора материала для изучения. Причиной этому служила разнородность публикаций по уровням доказательности (I–III) и категориям рекомендаций (A–C), а также отсутствие единого определения политравмы. Изучая исходный материал, авторы частично достигли поставленных целей с формулированием дополнительных выводов.

Наибольший процент людей погибает от краниоцефальной травмы, которая в своем большинстве не всегда совместима с жизнью, а также от последствий массивной кровопотери. В условиях неотложной помощи своевременная остановка кровотечения повышает выживаемость больных в течение «золотого часа», а также напрямую связана с развитием поздних осложнений [92, 93]. Усовершенствование организации медицинской структуры и уровня менеджмента пациентов позволяет добиться значительного снижения летальности и избежать тримодальности ее распределения [1].

Авторы согласны с мнением зарубежных коллег, что, с учетом развития осложнений, наиболее точным определением политравмы является «Берлинское определение», показывающее высокую меж-исследовательскую воспроизводимость.

Авторам не удалось определить общепринятых критериев или шкал разделения больных на группы относительно тяжести их состояния. Наиболее используемые шкалы, такие как AIS, ISS, TRISS, SOFA, имеют различные ограничения в применении и не способствуют разделению больных на группы [37, 45, 49, 62]. Большой выбор шкал заставляет прогрессивного клинициста тратить время на изучение их особенностей и делать выбор в пользу той или иной шкалы. По этой причине существует необходимость в формировании международных критериев категоризации больных с политравмой относительно тяжести их исходного состояния.

Интерес к проблеме политравмы исследователей из Германии и наличие большой базы клинических случаев привели к разработке нескольких шкал (CGS, mCGS, PTGS) категоризирующих больных относительно тяжести состояния [39, 63, 69]. Очевидно, существует необходимость дополнительного изучения опыта немецких коллег относительно локальных популяций с адаптацией шкал под особенности имеющихся возможностей медицины.

Также остается открытым вопрос о том, как быстро должен быть подвержен пациент окончательному остеосинтезу с внутренней фиксацией [10, 36]. Достоверно известно, что ведение пациента согласно определенному алгоритму повышает шанс на благоприятный исход [34, 35]. В настоящее время имеются рекомендации, указывающие на необходимость проведения ETC у «стабильных» больных и DCO у «критических». Однако для групп «пограничных» и «нестабильных» больных, ввиду противоречивости результатов исследований, четких рекомендаций по применению того или иного ортохирургического подхода нет [36, 42, 80]. Анализ физиологического статуса каждого отдельного

пациента с прогнозированием рисков развития осложнений в экстренной ситуации является большим вызовом для врача. Информационные технологии можно внедрить в практику ведения политравмы, как и в другие отрасли медицины [89]. При наличии хорошо «обученной» компьютерной модели даже у врачей с минимальным опытом работы с политравмой появляется возможность проводить высококачественную оценку и категоризацию больных [87]. Помимо этого, системы поддержки принятия клинических решений способны прогнозировать риски и, основываясь на них, определять лучшую тактику для конкретного больного.

Очевидной является необходимость наличия реестра больных с политравмой, к которому будут «подключены» все клиники, оказывающие ортохирургическую помощь. Участие в подобном реестре упрощает исследователям доступ к информации и позволяет проводить клинические исследования с разработкой протоколов лечения и диагностики, особенно в тех регионах, где доступ к подобным данным ограничен [90]. Унификация записи информации при клинических наблюдениях позволяет строить большие

базы данных, повышающих качество статистического результата. Отличным примером подобных регистров является регистр травмы Германского Травматологического Сообщества (TraumaRegister DGU®), который в обязательном порядке требует участия всех клиник Германии, а также предоставляет возможность бесплатного участия клиникам из других стран. Будучи внедренным в 1993 году и объединяющим свыше 700 клиник, за 28 лет регистр смог накопить базу, включающую свыше 450 тысяч больных.

Заключение

Возможным решением проблемы определения тактики ведения для сомнительных групп является использование искусственного интеллекта и машинного обучения, которые уже применимы для более узких проблем (прогнозирование летальности и развития некоторых частей осложнений относительно исходного состояния). Использование системы поддержки принятия клинических решений на основе унифицированного регистра больных позволит повысить качество оказываемой помощи при политравме даже специалистами с малым опытом работы.

Литература

- Pfeifer R., Teuben M., Andruszkow H., Barkatali B. M., Pape H. C. Mortality patterns in patients with multiple trauma: A systematic review of autopsy studies. *PLoS ONE*. 2016; 11 (2): e0148844. DOI: 10.1371/journal.pone.0148844. PMID: 26871937.
- van Breugel J. M. M., Niemeyer M. J. S., Houwert R. M., Groenwold R. H. H., Leenen L. P. H., van Wessem K. J. P. Global changes in mortality rates in polytrauma patients admitted to the ICU — a systematic review. *World J Emerg Surg*. 2020; 15 (1): 55. DOI: 10.1186/s13017-020-00330-3. PMID: 32998744.
- El Mestoui Z., Jalalzadeh H., Giannakopoulos G. F., Zuidema W. P. Incidence and etiology of mortality in polytrauma patients in a Dutch level I trauma center. *Eur J Emerg Med*. 2017; 24 (1), 49–54. DOI: 10.1097/MEJ.000000000000293. PMID: 26225615.
- Ciechanowicz D., Samojto N., Kozłowski J., Pakulski C., Żyluk A. Incidence and etiology of mortality in polytrauma patients: an analysis of material from Multitrauma Centre of the University Teaching Hospital no 1 in Szczecin, over a period of 3 years (2017–2019). *Pol Przegl Chir*. 2020; 92 (4): 1–6. DOI: 10.5604/01.3001.0014.1127. PMID: 32908009.
- Berkeveld E., Popal Z., Schober P., Zuidema W. P., Bloemers F. W., Giannakopoulos G. F. Prehospital time and mortality in polytrauma patients: a retrospective analysis. *BMC Emerg Med*. 2021; 21 (1): 78. DOI: 10.1186/s12873-021-00476-6. PMID: 34229629.
- Mun F., Ringenbach K., Baer B., Pradhan S., Jardine K., Chinchilli V. M., Boateng H. Factors influencing geriatric orthopaedic trauma mortality. *Injury*. 2022; 53 (3): 919–924. DOI: 10.1016/j.injury.2022.01.005. PMID: 35016776.
- De Vries R., Reininga I. H. F., de Graaf M. W. De, Heineman E., El Moumni M., Wendt K. W. Older polytrauma: mortality and complications. *Injury*. 2019; 50 (8): 1440–1447. DOI: 10.1016/j.injury.2019.06.024. PMID: 31285055.
- Möller A., Hunter L., Kurland L., Lahri S., van Hoving D. J. The association between hospital arrival time, transport method, prehospital time intervals, and in-hospital mortality in trauma patients presenting to Khayelitsha Hospital, Cape Town. *Afr J Emerg Med*. 2018; 8 (3): 89–94. DOI: 10.1016/j.afjem.2018.01.001. PMID: 30456155.
- Brinck T., Heinänen M., Söderlund T., Lefering R., Handolin L. Does arrival time affect outcomes among severely injured blunt trauma patients at a tertiary trauma centre? *Injury*. 2019; 50 (11), 1929–1933. DOI: 10.1016/j.injury.2019.08.015. PMID: 31431335.
- Jiang X., Jiang P., Mao Y. Performance of Modified Early Warning Score (MEWS) and Circulation, Respiration, Abdomen, Motor, and Speech (CRAMS) score in trauma severity and in-hospital mortality prediction in multiple trauma patients: a comparison study. *Peer J*. 2019; 7; e7227. DOI: 10.7717/peerj.7227. PMID: 31275766.
- World health organization. *GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY 2018. Computers and Industrial Engineering*. 2018 (Vol. 2).
- Rauf R., von Matthey F., Croenlein M., Zyskowski M., van Griensven M., Biberthaler P., Lefering R., Huber-Wagner S., Section NIS of DGU. Changes in the temporal distribution of in-hospital mortality in severely injured patients — an analysis of the Trauma Register DGU. *PLoS One*. 2019; 14 (2), e0212095. DOI: 10.1371/journal.pone.0212095. PMID: 30794579.
- Sobrinho J., Shafi S. Timing and causes of death after injuries. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2013; 26 (2): 120–123. DOI: 10.1080/08998280.2013.11928934. PMID: 23543966.
- von Rüden C., Woltmann A., Röse M., Wurm S., Rügger M., Hierholzer C., Bühren V. Outcome after severe multiple trauma: a retrospective analysis. *J Trauma Manag Outcomes*. 2013; 7 (1): 4. DOI: 10.1186/1752-2897-7-4. PMID: 23675931.
- Abedzadeh-kalahroudi M., Razi E., Sehat M., Lari M. A. Measurement of disability and its predictors among trauma patients: a follow-up study. *Arch Trauma Res*. 2015; 4 (3): e29393. DOI: 10.5812/atr.29393. PMID: 26566513.
- Федеральная служба государственной статистики. Число умерших по причинам смерти за январь–декабрь 2020 года. Источник: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/IA0wo9Xm/demo24-2.xlsx> [Federal State Statistics Service. The number of deaths by causes in January–December 2020. 2020. Retrieved from <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/IA0wo9Xm/demo24-2.xlsx>].
- Смертность среди взрослого населения, по причинам смерти и возрастным группам, с разбивкой по полу. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. 2019. Источник: https://gender.stat.gov.kz/page/frontend/detail?id=58&slug=-47&cat_id=3&lang=ru#. [Mortality among the adult population, by causes of death and age groups, broken down by gender. Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan. 2019. Retrieved from https://gender.stat.gov.kz/page/frontend/detail?id=58&slug=-47&cat_id=3&lang=ru#].
- Oestern H. J., Regel G. Allgemeine Aspekte. In *Tscherne Unfallchirurgie*. 1997: 225–238. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-59215-7_9.
- Butcher N. E., Balogh Z. J. Update on the definition of polytrauma. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2014; 40 (2): 107–111. DOI: 10.1007/s00068-014-0391-x. PMID: 26815890.
- Butcher N., Balogh Z. J. AIS>2 in at least two body regions: a potential new anatomical definition of polytrauma. *Injury*. 2012; 43 (2): 196–9. DOI: 10.1016/j.injury.2011.06.029. PMID: 21741649.
- Pape H. C., Lefering R., Butcher N., Peitzman A., Leenen L., Marzi I., Lichte P., Josten C., Bouillon B., Schmucker U., Stahel P., Giannoudis P., Balogh Z. The definition of polytrauma revisited: an international

- consensus process and proposal of the new «Berlin definition». *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 77 (5): 780–786. DOI: 10.1097/TA.0000000000000453. PMID: 25494433.
22. Rau C-S., Wu S-C., Kuo P-J., Chen Y-C., Chien P-C., Hsieh H-Y., Hsieh C-H. Polytrauma defined by the new Berlin definition: a validation test based on propensity-score matching approach. *Int J Environ Res Public Health.* 2017; 14 (9): 1045. DOI: 10.3390/ijerph14091045. PMID: 28891977.
 23. Driessen M. L. S., Sturms L. M., van Zwet E. W., Bloemers F. W., Ten Duis H. J., Edwards M. J. R., den Hartog D., de Jongh M.A.C., Leenhouts P.A., Poeze M., Schipper I.B., Spanjersberg R., Wendt K.W., de Wit R.J., van Zutphen S.W.A.M., Leenen L. P. H. Evaluation of the Berlin polytrauma definition: a Dutch nationwide observational study. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021; 90 (4): 694–699. DOI: 10.1097/TA.0000000000003071. PMID: 33443988.
 24. Baker C.C., Oppenheimer L., Stephens B., Lewis F.R., Trunkey D.D. Epidemiology of trauma deaths. *Am J Surg.* 1980; 140 (1): 144–150. DOI: 10.1016/0002-9610 (80)90431-6. PMID: 7396078.
 25. Trunkey D. D. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease. Among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. *Sci Am.* 1983; 249 (2): 28–35. PMID: 6623052.
 26. Gofrit O.N., Leibovici D., Shapira S.C., Shemer J., Stein M., Michaelson M. The trimodal death distribution of trauma victims: military experience from the Lebanon War. *Mil Med.* 1997; 162 (1): 24–26. PMID: 9002698.
 27. Lansink K.W.W., Gunning A.C., Leenen L.P.H. Cause of death and time of death distribution of trauma patients in a Level I trauma centre in the Netherlands. *Eur J Trauma Emerg Surg: official publication of the European Trauma Society.* 2013; 39 (4): 375–383. DOI: 10.1007/s00068-013-0278-2. PMID: 26815398.
 28. Gunst M., Ghaemmaghami V., Gruszecki A., Urban J., Frankel H., Shafi S. Changing epidemiology of trauma deaths leads to a bimodal distribution. *Proc (Bayl Univ Med Cent).* 2010; 23 (4): 349–354. DOI: 10.1080/08998280.2010.11928649. PMID: 20944754.
 29. Abbasi H., Bolandparvaz S., Yadollahi M., Anvar M., Farahgol Z. Time distribution of injury-related in-hospital mortality in a trauma referral center in South of Iran (2010–2015). *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (21): e6871. DOI: 10.1097/MD.00000000000006871. PMID: 28538377.
 30. Turculea C. Ş., Georgescu T.F., Iordache F., Ene D., Gaspar B., Mircea Beuran. Polytrauma: the European paradigm. *Chirurgia (Bucur).* 2021; 116 (6): 664–668. DOI: 10.21614/chirurgia.116.6.664. PMID: 34967711.
 31. Biewener A., Aschenbrenner U., Rammelt S., Grass R., Zwipp H. Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *J Trauma.* 2004; 56 (1): 94–98. DOI: 10.1097/01.TA.0000061883.92194.50. PMID: 14749573.
 32. Niemeyer M., Jochems D., Houwert R.M., van Es M.A., Leenen L., van Wessem K. Mortality in polytrauma patients with moderate to severe TBI on par with isolated TBI patients: TBI as last frontier in polytrauma patients. *Injury.* 2022; 53 (4): 1443–1448. DOI: 10.1016/j.injury.2022.01.009. PMID: 35067344.
 33. Füglistaler-Montali L., Attenberger C., Füglistaler P., Jacob A. L., Amsler F., Gross T. In search of benchmarking for mortality following multiple trauma: a swiss trauma center experience. *World J Surg.* 2009; 33 (11): 2477–2489. DOI: 10.1007/s00268-009-0193-1. PMID: 19693630.
 34. Navarro S., Montmany S., Rebaso P., Colilles C., Palliser A. Impact of ATLS training on preventable and potentially preventable deaths. *World J Surg.* 2014; 38 (9): 2273–2278. DOI: 10.1007/s00268-014-2587-y. PMID: 24770906.
 35. Carlino W. Damage control resuscitation from major haemorrhage in polytrauma. *J Orthop Surg Traumatol.* 2014; 24 (2): 137–141. DOI: 10.1007/s00590-013-1172-7. PMID: 23412314.
 36. Nicola R. Early total care versus damage control: current concepts in the orthopedic care of polytrauma patients. *ISRN Orthop.* 2013; 2013: 1–9. DOI: 10.1155/2013/329452. PMID: 24959356.
 37. Roden-Foreman J.W., Rapiet N.R., Yelverton L., Foreman M.L. Asking a better question: development and evaluation of the Need for Trauma Intervention (NFTI) metric as a novel indicator of major trauma. *J Trauma Nurs.* 2017; 24 (3): 150–157. DOI: 10.1097/JTN.0000000000000283. PMID: 28486318.
 38. Schwung L., Faulkner T.D., Bucaro P., Herzing K., Meagher D.P., Pence J. Trauma team activation: accuracy of triage when minutes count: a synthesis of literature and performance improvement process. *J Trauma Nurs.* 2019; 26 (4): 208–214. DOI: 10.1097/JTN.0000000000000450. PMID: 31283750.
 39. Nahm N.J., Moore T.A., Vallier H.A. Use of two grading systems in determining risks associated with timing of fracture fixation. *J Trauma Acute Care Surg.* 2014; 77 (2): 268–279. DOI: 10.1097/TA.0000000000000283. PMID: 25058253.
 40. Wurmb T.E., Frühwald P., Knuepfer J., Schuster F., Kredel M., Roewer N., Brederlau J. Application of standard operating procedures accelerates the process of trauma care in patients with multiple injuries. *Eur J Emerg Med.* 2008; 15 (6): 311–317. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e3283036ce6. PMID: 19078832.
 41. Loftis K. L., Price J., Gillich P. J. Evolution of the abbreviated injury scale: 1990–2015. *Traffic Inj Prev.* 2018; 19 (sup2): S109–S113. DOI: 10.1080/15389588.2018.1512747. PMID: 30543458.
 42. Lichte P., Kobbe P., Dombroski D., Pape H. C. Damage control orthopedics: current evidence. *Curr Opin Crit Care.* 2012; 18 (6): 647–650. DOI: 10.1097/MCC.0b013e328359f5d7. PMID: 23037876.
 43. Harwood P.J., Giannoudis P.V., Probst C., Van Griensven M., Krettek C., Pape H. C. Which AIS based scoring system is the best predictor of outcome in orthopaedic blunt trauma patients? *J Trauma.* 2006; 60 (2): 334–340. DOI: 10.1097/01.ta.0000197148.86271.13. PMID: 16508492.
 44. Sutherland A.G., Johnston A.T., Hutchison J.D. The new injury severity score: better prediction of functional recovery after musculoskeletal injury. *Value in Health.* 2006; 9 (1): 24–27. DOI: 10.1111/j.1524-4733.2006.00077.x. PMID: 16441521.
 45. Rapsang A. G., Shyam D.C. Scoring systems of severity in patients with multiple trauma. *Cirugía Española (English Edition).* 2015; 93 (4): 213–221. DOI: 10.1016/j.cireng.2013.12.031.
 46. Pothmann C.E.M., Baumann S., Jensen K. O., Mica L., Osterhoff G., Simmen H-P, Sprengel K. Assessment of polytraumatized patients according to the Berlin Definition : does the addition of physiological data really improve interobserver reliability? *PLoS One.* 2018; 13 (8): e0201818. DOI: 10.5061/dryad.v03d73s. PMID: 30138313.
 47. Lambden S., Laterre P.F., Levy M.M., Francois B. The SOFA score-development, utility and challenges of accurate assessment in clinical trials. *Crit Care.* 2019; 23 (1): 374. DOI: 10.1186/s13054-019-2663-7. PMID: 31775846.
 48. Hutchings L., Watkinson P., Young J.D., Willett K. Defining multiple organ failure after major trauma: a comparison of the Denver, Sequential Organ Failure Assessment, and Marshall scoring systems. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017; 82 (3): 534–541. DOI: 10.1097/TA.0000000000001328. PMID: 28030507.
 49. Cole E., Gillespie S., Vulliamy P., Brohi K., Akkad H. Multiple organ dysfunction after trauma. *Br J Surg.* 2020; 107 (4): 402–412. DOI: 10.1002/bjs.11361. PMID: 31691956.
 50. Park H.O., Kim J.W., Kim S.H., Moon S.H., Byun J.H., Kim K.N., Yang J.H., Lee C.E., Jang I.S., Kang D.H., Kim S.C., Kang C., Choi J.Y. Usability verification of the Emergency Trauma Score (EMTRAS) and Rapid Emergency Medicine Score (REMS) in patients with trauma: a retrospective cohort study. *Medicine (Baltimore).* 2017; 96 (44): e8449. DOI: 10.1097/MD.0000000000000844. PMID: 29095289.
 51. Cernea D., Novac M., Drăgoescu P.O., Stănculescu A., Duca L., Al-Enezy A.A., Drăgoescu N.A. Polytrauma and multiple severity scores. *Curr Health Sci J.* 2014; 40 (4): 244–248. DOI: 10.12865/CHSJ.40.04.02. PMID: 26793320.
 52. Hwang S.Y., Lee J.H., Lee Y.H., Hong C.K., Sung A.J., Choi Y.C. Comparison of the sequential organ failure assessment, acute physiology and chronic health evaluation II scoring system, and trauma and injury severity score method for predicting the outcomes of intensive care unit trauma patients. *Am J Emerg Med.* 2012; 30 (5): 749–753. DOI: 10.1016/j.ajem.2011.05.022. PMID: 21802884.
 53. Orban J-C., Walrave Y., Mongardon N., Allaouchiche B., Argaud L., Aubrun F., Barjon G., Constantin J-M., Dhonneur G., Durand-Gasselign J., Dupont H., Genestal M., Goguet C., Goutorbe P., Guidet B., Hyvernat H., Jaber S., Lefrant J-Y, Mallédant Y., Morel G., Ouattara A., Pichon N., Robarley A-M G., Sirodot M., Theissen A., Wiramus S., Zieleskiewicz L., Leone M., Ichai C. Causes and characteristics of death in intensive care units: a prospective multicenter study. *Anesthesiology.* 2017; 126 (5): 882–889. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001612. PMID: 28296682.
 54. Mayr V.D., Dünser M.W., Greil V., Jochberger S., Luckner G., Ulmer H., Friesenecker B.E., Takala U., Hasibeder W.R. Causes of death and determinants of outcome in critically ill patients. *Crit Care.* 2006; 10 (6): R154. DOI: 10.1186/cc5086. PMID: 17083735.
 55. Grissom C.K., Brown S.M., Kuttler K.G., Boltax J.P., Jones J., Jephson A.R., Orme J.F. Jr. A modified sequential organ failure assessment score for critical care triage. *Disaster Med Public Health Prep.* 2010; 4 (4): 277–284. DOI: 10.1001/dmp.2010.40. PMID: 21149228.
 56. Moran M.E., Nash J.E. Revised trauma scale. In: *StatPearls.* 2021. StatPearls Publishing. PMID: 32310496. Bookshelf ID: NBK556036.
 57. Shiraishi A., Otomo Y., Yoshikawa S., Morishita K., Roberts I., Matsui H. Derivation and validation of an easy-to-compute trauma score that improves prognostication of mortality or the Trauma Rating Index in Age, Glasgow Coma Scale, Respiratory rate and Systolic blood pressure (TRIAGES) score. *Crit Care.* 2019; 23 (1): 365. DOI: 10.1186/s13054-019-2636-x. PMID: 31752938.
 58. Skaga N.O., Eken T., Steen P.A. Assessing quality of care in a trauma referral center: benchmarking performance by TRISS-based statistics or by analysis of stratified ISS data? *J Trauma.* 2006; 60 (3): 538–547. DOI: 10.1097/01.ta.0000205613.52586.d1. PMID: 16531851.
 59. Brockamp T., Maegele M., Gaarder C., Goslings J.C., Cohen M. J., Lefering R., Joosse P., Naess P.A., Skaga N.O., Groat T., Eaglestone S., Borgman M.A., Spinella P.C., Schreiber M.A., Brohi K. Comparison of the predictive performance of the BIG, TRISS, and PS09 score in an adult trauma population derived from multiple international trauma registries. *Crit Care.* 2013; 17 (4): R134. DOI: 10.1186/cc12813. PMID: 23844754.
 60. Schluter P.J., Nathens A., Neal M.L., Goble S., Cameron C.M., Davey T.M., McClure R.J. Trauma and Injury Severity Score (TRISS) coefficients

- 2009 revision. *J Trauma*. 2010; 68 (4): 761–770. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181d3223b. PMID: 20386271.
61. Schluter PJ. The Trauma and Injury Severity Score (TRISS) revised. *Injury*. 2011; 42 (1): 90–96. DOI: 10.1016/j.injury.2010.08.040. PMID: 20851394.
 62. Domingues C. de A., Coimbra R., Poggetti R. S., Nogueira L. de S., de Sousa R. M. C. New Trauma and Injury Severity Score (TRISS) adjustments for survival prediction. *World J Emerg Surg*. 2018; 13 (1): 12. DOI: 10.1186/s13017-018-0171-8. PMID: 29541155.
 63. Hildebrand F., Lefering R., Andruszkow H., Zelle B.A., Barkatali B.M., Pape H-C. Development of a scoring system based on conventional parameters to assess polytrauma patients: PolyTrauma Grading Score (PTGS). *Injury*. 2015; 46; S93–S98. DOI: 10.1016/S0020-1383 (15)30025-5. PMID: 26542873.
 64. Di Bartolomeo S., Ventura C., Marino M., Valent F., Trombetti S., De Palma R. The counterintuitive effect of multiple injuries in severity scoring: a simple variable improves the predictive ability of NISS. *Scand J Trauma, Resusc Emerg Med*. 2011; 19: 26. DOI: 10.1186/1757-7241-19-26. PMID: 21504567.
 65. Jawa R.S., Vosswinkel J.A., McCormack J.E., Huang E.C., Thode H.C., Shapiro M.J., Singer A.J. Risk assessment of the blunt trauma victim: the role of the quick Sequential Organ Failure Assessment Score (qSOFA). *Am J Surg*. 2017; 214 (3): 397–401. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2017.05.011. PMID: 28622837.
 66. Shetty A., MacDonald S. P. J., Williams J. M., van Bockxmeer J., de Groot B., Esteve Cuevas L. M., Ansems A., Green M., Thompson K., Lander H., Greenslade J., Finfer S., Iredell J. Lactate ≥ 2 mmol/L plus qSOFA improves utility over qSOFA alone in emergency department patients presenting with suspected sepsis. *Emerg Med Australas*. 2017; 29 (6): 626–634. DOI: 10.1111/1742-6723.12894. PMID: 29178274.
 67. Dewar D.C., White A., Attia J., Tarrant S.M., King K.L., Balogh Z.J. Comparison of postinjury multiple-organ failure scoring systems: Denver versus Sequential Organ Failure Assessment. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014; 77 (4): 624–629. DOI: 10.1097/TA.0000000000000406. PMID: 25250605.
 68. Reiter A., Mauritz W., Jordan B., Lang T., Pözl A., Pelinka L., Metnitz P.G.H. Improving risk adjustment in critically ill trauma patients: The TRISS-SAPS score. *J Trauma*. 2004; 57 (2): 375–380. DOI: 10.1097/01.TA.0000104016.78539.94. PMID: 15345988.
 69. Pape H.-C., Giannoudis P.V., Krettek C., Trentz O. Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma: role of conventional indicators in clinical decision making. *J Orthop Trauma*. 2005; 19 (8): 551–562. DOI: 10.1097/01.bot.0000161712.87129.80. PMID: 16118563.
 70. Mitra B., Tullio E., Cameron P.A., Fitzgerald M. Trauma patients with the «triad of death». *Emerg Med J*. 2012; 29 (8): 622–625. DOI: 10.1136/emj.2011.113167. PMID: 21785151.
 71. Frith D., Goslings J.C., Gaarder C., Maegle M., Cohen M.J., Allard S., Johansson P.L., Stanworth S., Thiemermann C., Brohi K. Definition and drivers of acute traumatic coagulopathy: clinical and experimental investigations. *J Thromb Haemost*. 2010; 8 (9): 1919–1925. DOI: 10.1111/j.1538-7836.2010.03945.x. PMID: 20553376.
 72. Davenport R., Manson J., De'Ath H., Platton S., Coates A., Allard S., Hart D., Pearse R., Pasi K.J., MacCallum P., Stanworth S., Brohi K. Functional definition and characterisation of acute traumatic coagulopathy. *Crit Care Med*. 2011; 39 (12): 2652–2658. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3182281af5. PMID: 21765358.
 73. Moore E. E., Moore F. A. American Association for the surgery of trauma organ injury scaling: 50th anniversary review article of the Journal of Trauma. *J Trauma*. 2010; 69 (6): 1600–1601. DOI: 10.1097/TA.0b013e318201124e. PMID: 21150537.
 74. Halvachizadeh S., Baradaran L., Cinelli P., Pfeifer R., Sprengel K., Pape H-C. How to detect a polytrauma patient at risk of complications: a validation and database analysis of four published scales. *PLoS One*. 2020; 15 (1): e0228082. DOI: 10.1371/journal.pone.0228082. PMID: 31978109.
 75. Vallier H.A., Dolenc A.J., Moore T.A. Early appropriate care: a protocol to standardize resuscitation assessment and to expedite fracture care reduces hospital stay and enhances revenue. *J Orthop Trauma*. 2016; 30 (6): 306–311. DOI: 10.1097/BOT.0000000000000524. PMID: 26741643.
 76. Gebhard F., Huber-Lang M. Polytrauma — pathophysiology and management principles. *Langenbecks Arch Surg*. 2008; 393 (6): 825–831. DOI: 10.1007/s00423-008-0334-2. PMID: 18431593.
 77. Pape H-C., Grimme K., van Griensven M., Sott A.H., Giannoudis P., Morley J., Roise O., Ellingsen E., Hildebrand F., Wiese B., Krettek C., EPOFF Study Group. Impact of intramedullary instrumentation versus damage control for femoral fractures on immunoinflammatory parameters: prospective randomized analysis by the EPOFF Study Group. *J Trauma*. 2003; 55 (1): 7–13. DOI: 10.1097/01.TA.0000075787.69695.4E. PMID: 12855874.
 78. Nicholas B., Toth L., van Wessem K., Evans J., Enninghorst N., Balogh Z.J. Borderline femur fracture patients: early total care or damage control orthopaedics? *ANZ J Surg*. 2011; 81 (3): 148–153. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2010.05582.x. PMID: 21342386.
 79. O'Toole R.V., O'Brien M., Scalea T.M., Habashi N., Pollak A.N., Turen C.H. Resuscitation before stabilization of femoral fractures limits acute respiratory distress syndrome in patients with multiple traumatic injuries despite low use of damage control orthopedics. *J Trauma*. 2009; 67 (5): 1013–1021. DOI: 10.1097/TA.0b013e318b890be. PMID: 19901662.
 80. Morshed S., Corrales L.A., Lin K., Miclau T. Femoral nailing during serum bicarbonate-defined hypo-perfusion predicts pulmonary organ dysfunction in multi-system trauma patients. *Injury*. 2011; 42 (7): 643–649. DOI: 10.1016/j.injury.2010.07.244. PMID: 20678765.
 81. Scannell B.P., Waldrop N.E., Sasser H.C., Sing R.F., Bosse M. J. Skeletal traction versus external fixation in the initial temporization of femoral shaft fractures in severely injured patients. *J Trauma*. 2010; 68 (3): 633–640. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181cef471. PMID: 20220421.
 82. Dukan R., Trousselier M., Briand S., Hamada S., Molina V., Court C., Bouthors C. What are the differences in outcomes between simple and complicated FSF managed by early IMN? *Arch Orthop and Trauma Sur*. 2020; 140 (8): 1037–1045. DOI: 10.1007/s00402-019-03325-1. PMID: 31845060.
 83. Pape H.C., Leenen L. Polytrauma management — what is new and what is true in 2020? *J Clin Orthop Trauma*. 2021; 12 (1): 88–95. DOI: 10.1016/j.jcot.2020.10.006. PMID: 33716433.
 84. Sarker I.H. Machine learning: algorithms, real - world applications and research directions. *SN Comput Sci*. 2021; 2 (3): 160. DOI: 10.1007/s42979-021-00592-x. PMID: 33778771.
 85. Clarke J.R., Cebula D.P., Webber B.L. Artificial intelligence: a computerized decision aid for trauma. *J Trauma*. 1988; 28 (8): 1250–1254. DOI: /10.1097/00005373-198808000-00019. PMID: 3045338.
 86. Laur O., Wang B. Musculoskeletal trauma and artificial intelligence: current trends and projections. *Skeletal Radiol*. 2022; 51 (2): 257–269. DOI: 10.1007/s00256-021-03824-6. PMID: 34089338.
 87. Li K., Wu H., Pan F., Chen L., Feng C., Liu Y., Hui H., Cai X., Che H., Ma Y., Li T. A machine learning — based model to predict acute traumatic coagulopathy in trauma patients upon emergency hospitalization. *Clin Appl Thromb Hemost*. 2020; 26: 1076029619897827. DOI: 10.1177/1076029619897827. PMID: 31908189.
 88. Stonko D.P., Guillaumondegui O.D., Fischer P.E., Dennis B. M. Artificial intelligence in trauma systems. *Surgery*. 2021; 169 (6): 1295–1299. DOI: 10.1016/j.surg.2020.07.038. PMID: 32921479.
 89. Ehrlich H., McKenney M., Elkbuli A. The niche of artificial intelligence in trauma and emergency medicine. *Am J Emerg Med*. 2021; 45: 669–670. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.10.050. PMID: 33129644.
 90. Schettinin V., Jakaite L., Krzanowski W. Bayesian averaging over Decision Tree models for trauma severity scoring. *Artif Intell Med*. 2018; 84: 139–145. DOI: /10.1016/j.artmed.2017.12.003. PMID: 29275896.
 91. Davoodi R., Moradi M.H. Mortality prediction in intensive care units (ICUs) using a deep rule-based fuzzy classifier. *J Biomed Inform*. 2018; 79: 48–59. DOI: 10.1016/j.jbi.2018.02.008. PMID: 29471111.
 92. Shackelford S., Eastridge B. J. Epidemiology of prehospital and hospital traumatic deaths from life-threatening hemorrhage. *Damage Control Resuscitation*. 2020; 31–40. Cham: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-030-20820-2_2. Corpus ID: 201968993.
 93. Eastridge B.J., Holcomb J.B., Shackelford S. Outcomes of traumatic hemorrhagic shock and the epidemiology of preventable death from injury. *Transfusion*. 2019; 59 (S2): 1423–1428. DOI: 10.1111/trf.15161. PMID: 30980749.

Поступила 27.01.2022
Принято в печать 23.09.2022