



Check for updates



Прогнозирование смерти мозга у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой

А. Л. Липницкий^{1,2}, А. В. Марочкин^{1,2}, Д. П. Маркевич^{3,4}¹Могилевская областная клиническая больница, г. Могилев, Беларусь²Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск, Беларусь³Могилевская клиническая больница скорой медицинской помощи, г. Могилев, Беларусь⁴Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

Резюме

Цель исследования. Изучить прогностическую силу отдельных клинико-диагностических признаков и уровня сывороточного железа у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой (ЧМТ) в плане возможного наступления смерти мозга (СМ).

Материалы и методы. В проспективное нерандомизированное исследование было включено 107 пациентов с тяжелой ЧМТ, которым проводилась интенсивная терапия в отделениях анестезиологии и реанимации (ОАиР) Могилевской области. Были сформированы две группы: группа 1 (n = 56) — пациенты с положительным исходом лечения, группа 2 (n = 51) — пациенты, у которых в процессе лечения была констатирована СМ.

Результаты. Уровень сознания по шкале ком Глазго (ШКГ) при поступлении в группе 1 оценивался в 12 (8; 14) баллов, в группе 2 — 5 (4; 6) баллов, $p < 0,0001$. ШКГ являлся хорошим предиктором наступления СМ (AUC — 0,895, $p < 0,0001$). Число баллов по шкале оценки тяжести органной дисфункции (SOFA) в группе 1 — 3 (1; 6) балла, в группе 2 — 7,5 (6; 11) балла, $p < 0,0001$ (AUC — 0,821, $p < 0,0001$). Объем внутричерепной гематомы на компьютерной томографии (КТ) при поступлении в группе 1 был 76 (56; 107) мл, в группе 2 — 150 (75; 185) мл, $p = 0,006$ (AUC — 0,706, $p = 0,01$). Смещение срединных структур мозга в группе 1 — 5 (3; 9) мм, в группе 2 — 13,5 (4; 17) мм, $p = 0,025$ (AUC — 0,690, $p = 0,042$). Уровень сывороточного железа (с 1-х по 10-е сутки) в группе 1 — 6,4 (3,3; 11,5) мкмоль/л, в группе 2 — 3,2 (2; 4,9) мкмоль/л, $p < 0,0001$ (AUC — 0,721, $p < 0,0001$).

Заключение. Комплексный анализ количественных показателей данных КТ головы, числа баллов по ШКГ и шкале SOFA, а также уровня сывороточного железа позволяет прогнозировать наступление СМ у пациентов с тяжелой ЧМТ.

Ключевые слова: сывороточное железо, компьютерная томография, SOFA, шкала ком Глазго, черепно-мозговая травма, смерть мозга, потенциальный донор

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Нет источников финансирования.

Для цитирования: Липницкий АЛ, Марочкин АВ, Маркевич ДП. Прогнозирование смерти мозга у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой. Проблемы здоровья и экологии. 2025;22(4):28–35. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2025-22-4-04>

Prediction of brain death in patients with severe traumatic brain injury

Artur L. Lipnitski^{1,2}, Aliaxei V. Marochkov^{1,2}, Denis P. Markevich^{3,4}¹Mogilev Regional Clinical Hospital, Mogilev, Belarus²Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Belarus³Mogilev Clinical Hospital of Emergency Care, Mogilev, Belarus⁴Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Abstract

Objective. To study the prognostic power of individual clinical and diagnostic features and serum iron levels in patients with severe traumatic brain injury (TBI) in terms of possible brain death.

Materials and methods. A total of 107 patients with severe TBI who underwent intensive care in the anaesthesiology and resuscitation departments of Mogilev region were included in the prospective non-randomized study. Two groups

of patients were formed: group 1 (n=56) – patients with a positive treatment outcome, group 2 (n=51) – patients who were diagnosed with brain death.

Results. The level of consciousness according to the Glasgow Coma Scale (GCS) upon admission in group 1 was 12 (8; 14) points, in group 2 – 5 (4; 6) points, $p < 0.0001$. GCS was a good predictor of the onset of brain death (AUC 0.895, $p < 0.0001$). The severity of organ dysfunction assessment (SOFA) score in group 1 was 3 (1; 6) points, in group 2 – 7.5 (6; 11) points, $p < 0.0001$ (AUC 0.821, $p < 0.0001$). The volume of intracranial hematoma on CT upon admission was 76 (56; 107) ml in group 1, 150 (75; 185) ml in group 2, $p = 0.006$ (AUC 0.706, $p = 0.01$). The displacement of the midline structures of the brain in group 1 was 5 (3; 9) mm, in group 2 – 13.5 (4; 17) mm, $p = 0.025$ (AUC 0.690, $p = 0.042$). The level of serum iron (from day 1 to day 10) in group 1 was 6.4 (3.3; 11.5) $\mu\text{mol/l}$, in group 2 – 3.2 (2; 4.9) $\mu\text{mol/l}$, $p < 0.0001$ (AUC 0.721, $p < 0.0001$).

Conclusion. A comprehensive analysis of quantitative indicators of head CT data, number of points according to the GCS and SOFA scale, as well as the level of serum iron allows us to predict the onset of brain death in patients with severe TBI.

Keywords: serum iron, computed tomography, SOFA, Glasgow Coma Scale, traumatic brain injury, brain death, potential donor

Author contributions. All authors made significant contributions to the preparation of the article, read and approved the final version for publication.

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

Funding. None

For citation: Lipnitski AL, Marochkov AV, Markevich DP. Prediction of brain death in patients with severe traumatic brain injury. *Health and Ecology Issues*. 2025;22(4):28–35. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2025-22-4-04>

Введение

Недостаточное число доноров со СМ является важной проблемой современной трансплантологии [1, 2]. Пациенты с тяжелой ЧМТ являются самыми частыми молодыми потенциальными донорами органов и тканей для трансплантации. У данных доноров с ЧМТ изъятие органов может не состояться из-за позднего распознавания СМ, недостаточной коррекции патологических процессов и раннего развития органных дисфункций, возникающих как вследствие полученной травмы, так и непосредственно СМ [3].

Несмотря на достаточно молодой возраст пациентов с ЧМТ, проведение протективной интенсивной терапии данной группе доноров крайне затруднительно, что связано с большой частотой сочетанной травмы, высокой кровопотерей, проведением оперативных вмешательств и длительной седативной и анальгетической терапией [4]. Поэтому своевременное распознавание и прогнозирование возможного наступления СМ позволит улучшить кондиционирование функциональных систем пациентов с ЧМТ, включающее протективную интенсивную терапию множества нарушений гомеостаза, связанных со СМ [5]. Чаще всего с целью прогнозирования СМ используют оценку исходного уровня сознания и рефлексов со ствола мозга и тяжесть повреждения структуры мозга по данным КТ [3].

У пациентов с ЧМТ, у которых произошло необратимое повреждение головного мозга, происходят значительные патофизиологические изменения в сердечно-сосудистой, дыхательной и эндокринной системах, нарушения кислотно-ос-

новного состояния и электролитного состава крови, терморегуляции, метаболизма и многое другое [4]. Тяжесть состояния пациентов с ЧМТ, находящихся в критическом состоянии, можно оценить с помощью специальных шкал (SOFA, APACHE 2, MODS и др.), однако остается неустановленной возможность прогнозирования с их помощью возникновения СМ.

Также у пациентов с ЧМТ и СМ наблюдается быстрое изменение лабораторных показателей синдрома системного воспалительного ответа (С-реактивный белок, прокальцитонин, пресепсин и др.) [6]. Малоизученным острофазовым показателем у пациентов с ЧМТ является уровень сывороточного железа [7]. Его снижение происходит крайне быстро у данных пациентов после повреждения мозга, что может использоваться как предиктор возможного летального исхода [8].

Цель исследования

Изучить прогностическую силу отдельных клинико-диагностических признаков и уровня сывороточного железа у пациентов с тяжелой ЧМТ в плане возможного наступления СМ.

Материалы и методы

В проспективное нерандомизированное исследование было включено 107 пациентов с тяжелым травматическим повреждением головного мозга, которые находились в ОАиР учреждений здравоохранения Могилевской области с 1 января 2018 по 1 января 2024 г. На проведение исследования было получено согласие Коми-

тета по этике УЗ «Могилевская областная клиническая больница» (протокол № 1 от 27.02.2018).

Средний возраст пациентов составил 52 (39; 60) года (минимальный возраст — 18 лет, максимальный возраст — 81 год); масса тела — 78 (70; 85) кг (параметры брались из истории болезни пациента). Пациентов мужского пола было 83 (77,6 %), женского — 24 (22,4 %).

Всем пациентам проводилась интенсивная терапия согласно протоколам лечения пациентов с ЧМТ, находящихся в критическом состоянии [9]. У пациентов оценивался уровень сознания по ШКГ при поступлении в больничную организацию, тяжесть состояния — по шкале SOFA (шкала оценки тяжести органной дисфункции) в первые 24 ч от момента поступления, объем гематомы и величина смещения срединных структур мозга при поступлении (определяли по данным КТ). При наличии показаний пациентам проводилось оперативное вмешательство — краниотомия и удаление внутричерепных гематом. Проводилась оценка интраоперационной

кровопотери объемным методом.

В зависимости от исхода лечения были сформированы две группы пациентов. В группу 1 включили 56 пациентов с положительным исходом лечения (были выписаны из больничной организации живыми), а в группу 2 — 51 пациента, у которых в процессе лечения была констатирована СМ. Состояние СМ (биологическая смерть) устанавливали врачебным консилиумом учреждения здравоохранения, в котором находился пациент, в соответствии с общепризнанными международными критериями и действующими нормативными правовыми актами Республики Беларусь [10]. Время от поступления пациента до констатации СМ (биологическая смерть) было равно 123 (96; 168) ч. Обе группы пациентов статистически значимо не различались между собой по полу, возрасту и массе тела (таблица 1). При этом была выявлена статистически значимая более длительная искусственная вентиляция легких (ИВЛ) у пациентов группы 2.

Таблица 1. Общая характеристика пациентов группы 1 и 2 (Me (LQ; UQ))
Table 1. General characteristics of patients in groups 1 and 2 (Me (LQ; UQ))

Показатель	Группа 1, n = 56	Группа 2, n = 51	Уровень статистической значимости, p
Пол, муж./жен.	46/10	37/14	0,24**
Возраст, лет	53 (40; 61)	47 (38; 55)	0,16*
Масса тела, кг	75 (70; 82,5)	80 (70; 90)	0,13*
Длительность ИВЛ, ч	10 (0; 240)	122 (101; 167)	0,0026*
Время от поступления до констатации СМ, ч	—	123 (96; 168)	—

*Критерий Манна — Уитни (Mann — Whitney U-test).

** χ^2 — квадрат по Пирсону (Pearson Chi-square).

Всем пациентам проводили необходимые лабораторно-инструментальные и клинические методы обследования. В данном исследовании нами анализировался уровень сывороточного железа в биохимическом анализе крови. В группе 1 уровень железа изучался на 1, 2, 3, 5, 7 и 10-е сутки с момента поступления. В группе 2 уровень железа изучался на аналогичные сутки до момента констатации СМ (биологическая смерть). Уровень сывороточного железа определяли колориметрическим методом с хромогеном ТПТЗ, референтные значения содержания железа составляли 10,7–32,2 мкмоль/л.

Статистический анализ полученных результатов был проведен с применением программ Statistica, 12.0 (StatSoft Inc., США) и MedCalc (MedCalc Software Ltd., Бельгия). Проверка полученных данных на нормальность распределения

была проведена с применением теста Шапиро — Уилка (Shapiro — Wilk test). Данные представлялись в виде медианы и квартилей (Me (LQ; UQ)) для количественных признаков и процентными соотношениями — для качественных признаков. С целью оценки значимости различий между независимыми группами использовали тест Манна — Уитни (Mann — Whitney U-test). Для оценки значимости отличий качественных признаков применяли критерий χ^2 (Pearson Chi-square test). Для определения лучшего классификатора неблагоприятного исхода оценивали коэффициенты логистической регрессии с построением ROC-кривых и вычислением площади под ними (AUC), чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Нулевые гипотезы отвергались, и отличия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

При сравнительном анализе пациентов с благоприятным исходом ЧМТ и пациентов, у которых в процессе лечения была диагностирована СМ, были выявлены отличия по всем изучаемым параметрам. Пациенты с благоприятным исходом набирали более высокий балл по ШКГ при поступлении — 12 (8; 14) баллов в сравнении с пациентами в группе 2 — 5 (4; 6) баллов, $p < 0,000001$. Для оценки изучаемых показателей в качестве предиктора возможного наступления СМ были рассчитаны коэффициенты модели логистической регрессии с построением ROC-кривых. Для оценки уровня сознания по ШКГ при поступлении площадь под ROC-кривой состави-

ла 0,895 (SE — 0,0394; 95 % CI — 0,807–0,952; $p < 0,0001$), точка отсечения (cut-off value) ≤ 7 баллов (чувствительность (Se) — 96,3 %, специфичность (Sp) — 76,4 %) (рисунок 1). По шкале оценки тяжести органической дисфункции (SOFA) пациенты с неблагоприятным исходом ЧМТ имели при поступлении более высокие баллы: 7,5 (6; 11) балла в группе 2 и 3 (1; 6) балла в группе 1, $p = 0,000004$. Для оценки тяжести органической дисфункции по шкале SOFA площадь под ROC-кривой составила 0,821 (SE — 0,0482; 95 % CI — 0,718–0,898; $p < 0,0001$), точка отсечения > 4 баллов (Se — 92,3 %, Sp — 67,9 %).

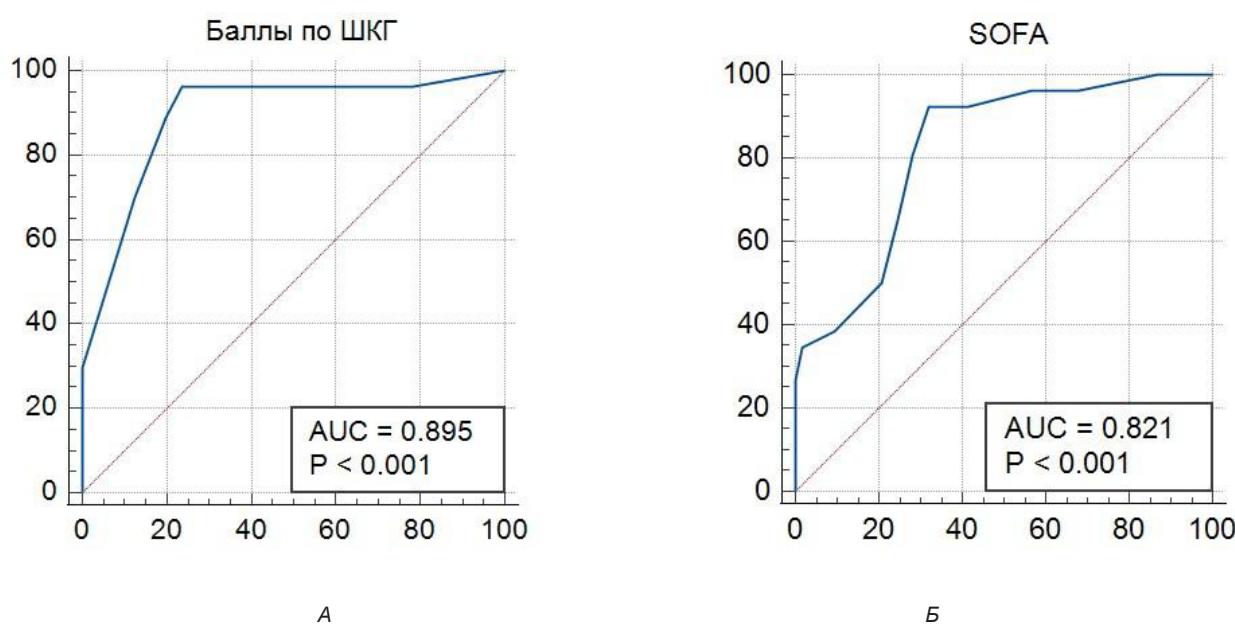


Рисунок 1. ROC-кривые исследуемых параметров как предиктор наступления смерти мозга у пациентов с тяжелой ЧМТ: А — число баллов по ШКГ; Б — число баллов по SOFA

Figure 1. ROC curves of the studied parameters as a predictor of brain death onset in patients with severe TBI: A — number of points according to GCS; B — number of points according to SOFA

Смещение срединных структур мозга по данным КТ также было большим у пациентов, у которых была диагностирована СМ: 13,5 (4; 17) мм и 5 (3; 9) мм в группе 1 ($p = 0,025$). Площадь под ROC-кривой при этом составила 0,69 (SE — 0,0936; 95 % CI — 0,560–0,802; $p = 0,042$), cut-off value $> 9,5$ мм (Se — 62,5 %, Sp — 80,4 %).

Внутричерепные гематомы, определяемые по данным КТ при поступлении, были обнаружены у 46 (82 %) пациентов группы 1 и у 39 (77 %) — группы 2 ($p = 0,8$). Объем внутричерепной гематомы был большим у пациентов, у которых была диагностирована СМ: 150 (75; 185) мл в группе 2 и 76 (56; 107) мл в группе 1 ($p = 0,0057$). Площадь под ROC-кривой для этого параметра состави-

ла 0,706 (SE — 0,0809; 95 % CI — 0,581–0,812; $p = 0,01$), cut-off value > 127 мл (Se — 58,3 %, Sp — 92,9 %) (рисунок 2).

У всех пациентов с внутричерепными гематомами были проведены оперативные вмешательства. Интраоперационный объем кровопотери был значимо больше у пациентов группы 2: 500 (254; 750) мл в сравнении с 293,5 (211; 505) мл в группе 1, $p = 0,038$. Площадь под ROC-кривой при этом была наименьшей среди всех показателей и составила 0,672 (SE — 0,0852; 95 % CI — 0,542–0,785; $p = 0,044$), cut-off value > 610 мл (Se — 47,1 %, Sp — 84,8 %).

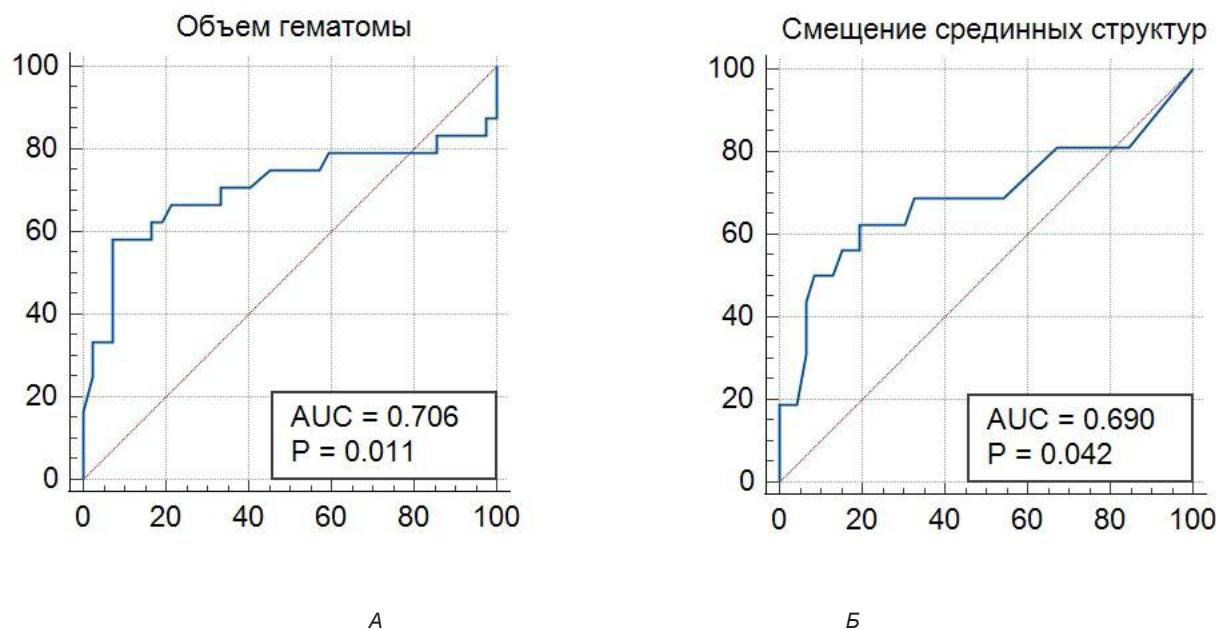


Рисунок 2. ROC-кривые исследуемых параметров как предиктор наступления смерти мозгам у пациентов с тяжелой ЧМТ:

А — объем гематомы; Б — смещение срединных структур мозга

Figure 2. ROC curves of the studied parameter as a predictor of brain death onset in patients with severe TBI:
A — hematoma volume; B — displacement of midline brain structures

Уровень сывороточного железа (с 1-х по 10-е сутки) в группе выживших пациентов составил 6,4 (3,3; 11,5) мкмоль/л, а в группе пациентов со СМ — 3,2 (2; 4,9) мкмоль/л ($p < 0,0001$). Уровень сывороточного железа также являлся

сильным прогностическим фактором в плане наступления СМ: площадь под ROC-кривой равна 0,721 (SE — 0,032; 95 % CI — 0,663-0,774; $p < 0,0001$), cut-off value $\leq 5,7$ мкмоль/л (Se — 84,3 %, Sp — 52,5 %) (рисунок 3).

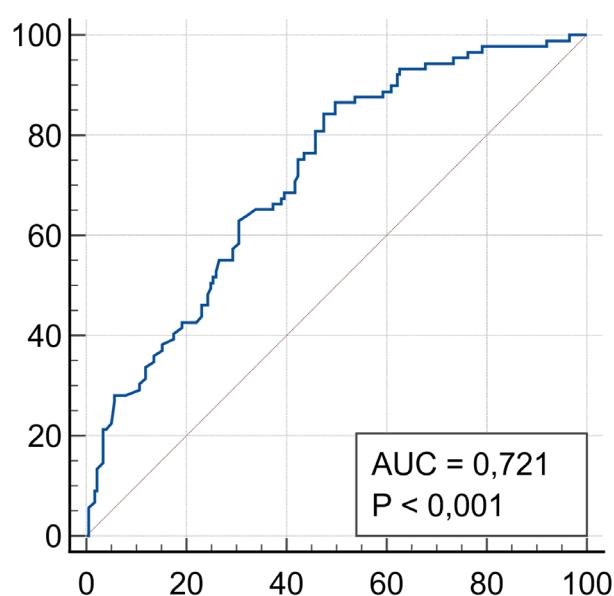


Рисунок 3. ROC-кривая уровня сывороточного железа (1–10-е сутки) как предиктора наступления смерти мозга у пациентов с тяжелой ЧМТ

Figure 3. ROC curve of serum iron level (1-10 days) as a predictor of brain death onset in patients with severe TBI

В данном исследовании был проведен анализ клинико-диагностических и лабораторных показателей у пациентов с тяжелой ЧМТ и определена их предсказательная способность в плане наступления во время интенсивной терапии СМ. Было установлено, что все изучаемые параметры имели значимую прогностическую силу для прогнозирования наступления СМ. Наибольшую прогностическую силу имели: уровень сознания при поступлении по шкале ком Глазго ($AUC = 0,895$), тяжесть органной дисфункции по шкале SOFA в 1-е сутки интенсивной терапии ($AUC = 0,821$) и уровень сывороточного железа, определяемый с 1-х по 10-е сутки ($AUC = 0,721$).

Уровень сознания при поступлении в стационар у пациентов с тяжелым повреждением мозга является сильным предиктором в плане скорого наступления СМ [11]. В ряде исследований число баллов 5 и менее по ШКГ при поступлении пациента являлось хорошим прогностическим фактором наступления СМ [11, 12]. Эффективность шкалы SOFA с целью прогнозирования возможного наступления СМ ранее не изучалась. При этом было установлено, что шкала SOFA может успешно предсказывать наступление летального исхода у пациентов с ЧМТ на 4-е сутки интенсивной терапии ($AUC = 0,779$) [13].

Отдельные признаки, выявляемые на КТ мозга, часто связывают с плохим исходом при ЧМТ и возникновением СМ [12, 14]. В исследовании D. Escudero et al. было выявлено быстрое наступление СМ в течение 24 ч с момента поступления пациента, у которого на КТ отмечалось: смещение срединных структур мозга более 10,7 мм, вентрикуломегалия, полное сглаживание базальных цистерн и борозд с потерей кортико-субкортикалальной дифференцировки [12]. Однако основными причинами СМ в данном исследовании были внутримозговое и субарахноидальное кровоизлияния (62 %), а ЧМТ было только у 18 %.

Уровень сывороточного железа у пациентов с тяжелой ЧМТ со СМ с 1-х по 10-е сутки интенсивной терапии был в 2 раза ниже в сравнении с пациентами с благоприятным исходом. Снижение уровня сывороточного железа является универсальным показателем тяжести синдрома системного воспалительного ответа при тяжелом повреждении головного мозга [15]. У данных пациентов сывороточное железо активно участвует в повреждении нейронов за счет образования гидроксильных радикалов и увеличения окисли-

тельного стресса. В его быстром снижении при ЧМТ активно участвуют острофазовые белки — гепсидин, ферритин и церулоплазмин [16]. Все это дает возможность использования сывороточного железа как дополнительного количественного критерия степени повреждения головного мозга и уровня системного воспалительного ответа у пациентов с тяжелой ЧМТ.

В настоящее время имеется ограниченное число исследований, где изучался бы уровень сывороточного железа у пациентов с тяжелой ЧМТ [7, 8]. Ранее было установлено, что уровень сывороточного железа снижается у пациентов с ЧМТ в послеоперационном периоде, а его динамика на 5-е сутки интенсивной терапии является предиктором летального исхода ($AUC = 0,73$; Se — 69 % и Sp — 60 %) [8]. Исследования, где изучалась бы динамика сывороточного железа у пациентов со СМ, на данный момент отсутствуют.

Таким образом, комплексный анализ количественных показателей данных КТ головы, число баллов по ШКГ и шкале SOFA, а также уровня сывороточного железа позволяет прогнозировать наступление СМ у пациентов с тяжелой ЧМТ. Пациенты с наличием данных предикторов требуют более частого проведения неврологической оценки рефлексов со ствола мозга с целью своевременной диагностики и констатации состояния СМ.

Заключение

1. Пациенты с тяжелой ЧМТ, у которых во время интенсивной терапии наступила СМ, при поступлении набирали меньшее число баллов по ШКГ (5 (4; 6) баллов) и имели более высокие баллы по шкале SOFA (7,5 (6; 11) балла) в сравнении с пациентами с благоприятным исходом лечения, $p < 0,0001$.

2. Число баллов по ШКГ при поступлении и число баллов по шкале SOFA в первые 24 ч от поступления показали наибольшую прогностическую силу в плане наступления СМ у пациентов с ЧМТ ($AUC = 0,895$ и $0,821$ соответственно, $p < 0,0001$).

3. Уровень сывороточного железа, определяемый с 1-х по 10-е сутки интенсивной терапии, является сильным прогностическим фактором в плане наступления СМ у пациентов с тяжелой ЧМТ ($AUC = 0,721$, $p < 0,0001$).

Список литературы / References

1. Руммо О.О. Семь лет трансплантации печени в Республике Беларусь. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2015;17(2):100-104.
DOI: <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2015-2-100-104>

- Rummo OO. 7 Years of liver transplantation in the Republic of Belarus. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2015;17(2):100-104. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2015-2-100-104>

2. Пикиреня И.И., Пиров Б.С., Коротков С.В., Калачик О.В., Дзядзко А.М., Руммо О.О. Становление и развитие трансплантации органов в Республике Беларусь. *Хирургия. Восточная Европа.* 2016;18(2):258-266.

Pikirenia I, Pirov B, Korotkov S, Kalachik O, Dzyadzko A, Rummo O. Formation and development of organ transplatalation in Belarus. *Surgery. Eastern Europe.* 2016;18(2):258-266. (In Russ.).

3. Хмара В.В. и др. Констатация смерти головного мозга: учеб.-метод. пособие. Минск: Альфа-книга; 2022. 80 с.

Khmara VV, et al. Determination of brain death: educational method. allowance. Minsk: Alpha-book; 2022. 80 p. (In Russ.).

4. Gunst J, Souter MJ. Management of the brain-dead donor in the intensive care unit. *Intensive Care Med.* 2024 Jun;50(6):964-967.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-024-07409-4>

5. Anwar ASMT, Lee JM. Medical Management of Brain-Dead Organ Donors. *Acute Crit Care.* 2019 Feb;34(1):14-29.

DOI: <https://doi.org/10.4266/acc.2019.00430>

6. Липницкий А.Л., Марочкин А.В. Динамика показателей системного воспалительного ответа у пациентов со смертью мозга. *Проблемы здоровья и экологии.* 2024;21(4):53-59.

DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-06>

Lipnitsky AL, Marochkin AV. Dynamics of indicators of systemic inflammatory response in patients with brain death. *Health and Ecology Issues.* 2024;21(4):53-59. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-4-06>

7. Belatar B, Elabidi A, Barkiyou M, El Faroudi M, Eljaoudi R, Lahlou L, et al. The Influence of Heavy Metals and Trace Elements on Comatose Patients with Severe Traumatic Brain Injury in the First Week of Admission. *J Toxicol.* 2018 Sep 17;2018:7252606.

DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/7252606>

8. Маркевич Д.П., Марочкин А.В., Ливинская В.А. Динамика содержания показателей водно-электролитного обмена у пациентов с черепно-мозговой травмой в периоперационном периоде. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета.* 2020;18(5):575-583.

DOI: <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-5-575-583>

Markevich DP, Marochkin AV, Livinskaya VA. Dynamics of the content of water-electrolytic exchange in patients with craniocerebral injury during the perioperative period. *Journal of the Grodno State Medical University.* 2020;18(5):575-583. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2020-18-5-575-583>

9. Об утверждении инструкции о порядке организации оказания медицинской помощи пациентам с черепно- мозго-

вой травмой: приказ Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 24.09.2012 г. №1110.

On approval of the instruction on the procedure for organizing the provision of medical care to patients with traumatic brain injury: order of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated September 24, 2012 N. 1110. (In Russ.).

10. Об утверждении Инструкции о порядке констатации смерти и признании утратившим силу постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 2.07.2002 г. № 47: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.12.2008 г. №228.

On approval of the Instruction on the procedure for certifying death and recognizing as invalid the Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated 2.07.2002 N. 47: Resolution of the Ministry of Health of the Republic of Belarus dated 20.12.2008 N. 228. (In Russ.).

11. Schoene D, Freigang N, Trabitzsch A, Pleul K, Kaiser DPO, Roessler M, et al. Identification of patients at high risk for brain death using an automated digital screening tool: a prospective diagnostic accuracy study. *J Neurol.* 2023 Dec;270(12):5935-5944.

DOI: <https://doi.org/10.1007/s00415-023-11938-1>

12. Escudero D, Astola I, Balboa S, Leoz B, Meilan Á, Del Busto C, et al. Clinico-radiological related to early brain death factors. *Med Intensiva (Engl Ed).* 2022 Jan;46(1):1-7.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.medine.2021.11.005>

13. Ramtinfar S, Yousefzadeh Sh. Predicting the Destiny after Severe Traumatic Brain Injury; Multi Organ Dysfunction Syndrome (MODS) or Sequential Organ Failure Assessment (SOFA)? *Journal of Neurology & Neurophysiology.* 2016;7(6):408.

DOI: <https://doi.org/10.4172/2155-9562.1000408>

14. Davis SM, Broderick J, Hennerici M, Brun NC, Diringer MN, Mayer SA, et al. Recombinant Activated Factor VII Intracerebral Hemorrhage Trial Investigators. Hematoma growth is a determinant of mortality and poor outcome after intracerebral hemorrhage. *Neurology.* 2006 Apr 25;66(8):1175-1181.

DOI: <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000208408.98482.99>

15. Ward RJ, Zucca FA, Duyn JH, Crichton RR, Zecca L. The role of iron in brain ageing and neurodegenerative disorders. *Lancet Neurol.* 2014 Oct;13(10):1045-60.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70117-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70117-6)

16. Yang G, Hu R, Zhang C, Qian C, Luo QQ, Yung WH et al. A combination of serum iron, ferritin and transferrin predicts outcome in patients with intracerebral hemorrhage. *Scientific Reports.* 2016 Feb 22;6:21970.

DOI: <https://doi.org/10.1038/srep21970>

Информация об авторах / Information about the authors

Липницкий Артур Леонидович, к.м.н., доцент, врач анестезиолог-реаниматолог (заведующий) отделения по координации забора органов и тканей для трансплантации, УЗ «Могилевская областная клиническая больница»; доцент филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2556-4801>

е-mail: Lipnitski.al@gmail.com

Марочкин Алексей Викторович, д.м.н., профессор, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская областная клиническая больница»; профессор филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии с курсом ФПК и ПК и госпитальной хирургии с курсом ФПК и ПК, УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>

е-mail: Marochkin@mail.ru

Artur L. Lipnitski, Candidate of Medical Sciences, Anesthesiologist and Resuscitator (Head) at the Department for Coordination Organs and Tissues Recovery for Transplantation, Mogilev Regional Clinical Hospital; Associate Professor of the Branch of Departments of Anaesthesiology and Resuscitation with the course of Advanced Training and Personnel Retraining and Hospital Surgery, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2556-4801>

е-mail: Lipnitski.al@gmail.com

Aliaxei V. Marochkin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Anesthesiologist and Resuscitator at the Department of Anaesthesiology and Resuscitation, Mogilev Regional Clinical Hospital; Professor of the Branch of Departments of Anaesthesiology and Resuscitation with the course of Advanced Training and Personnel Retraining and Hospital Surgery, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5092-8315>

е-mail: Marochkin@mail.ru

Маркевич Денис Петрович, к.м.н., врач анестезиолог-реаниматолог (заведующий) отделения анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская клиническая больница скорой медицинской помощи», Могилев, Беларусь; руководитель филиала кафедр анестезиологии и реаниматологии и урологии, УО «Гомельский государственный медицинский университет», Гомель, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1117-3877>

e-mail: snyter1977@gmail.com

Denis P. Markevich, Candidate of Medical Sciences, Anesthesiologist and Resuscitator (Head) of the Anaesthesiology and Resuscitation Department, Mogilev Clinical Hospital of Emergency Care; Head of the Branch of Departments of Anaesthesiology and Resuscitation, and Urology, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1117-3877>

e-mail: snyter1977@gmail.com

Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Липницкий Артур Леонидович
e-mail: Lipnitski.al@gmail.com

Artur L. Lipnitski
e-mail: Lipnitski.al@gmail.com

Поступила в редакцию / Received 03.04.2025

Поступила после рецензирования / Accepted 14.05.2025

Принята к публикации / Revised 10.11.2025