



## Ультразвуковые предикторы исхода черепно-мозговой травмы

Д. П. Маркевич<sup>1,2</sup>, Н. Е. Викторovich<sup>1</sup>, Т. В. Денисенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Могилевская городская больница скорой медицинской помощи, г. Могилев, Беларусь

<sup>2</sup>Гомельский государственный медицинский университет, г. Гомель, Беларусь

### Резюме

**Цель исследования.** Оценить возможность ультразвукового мониторинга диаметра оболочек зрительного нерва и скорости кровотока в церебральных артериях в качестве предикторов исхода черепно-мозговой травмы.

**Материалы и методы.** У 35 пациентов с черепно-мозговой травмой (ЧМТ) до операции и в течение 10 суток после краниотомии провели ультразвуковой мониторинг диаметра оболочек зрительного нерва (ДОЗН) и скорости кровотока (СК) в среднемозговой артерии (СМА). Проведен сравнительный анализ СК в СМА и ДОЗН между группами пациентов с благоприятным и неблагоприятным исходами ЧМТ.

**Результаты.** Между группами пациентов с разным исходом ЧМТ выявлены достоверные различия в диаметре оболочек зрительного нерва в дооперационном периоде и в диастолической скорости кровотока в СМА на 9-е сутки после операции. В группе 1 ДОЗН составил 4,7 [4,5; 5,1] мм, а в группе 2 — 5,6 [5,4; 6] мм,  $p = 0,003$ . На 9-е сутки после операции СК в диастолу в группе 1 — 43,9 [38,7; 49,4] см/с, в группе 2 — 28,7 [24,8; 36,7] см/с,  $p = 0,001$ . Для ДОЗН в дооперационном периоде как предиктора неблагоприятного исхода ЧМТ  $AUC = 0,83$ ,  $Se = 88,8\%$ ,  $Sp = 61,2\%$ . Для диастолической СК в СМА на 9-е сутки после операции  $AUC = 0,84$ ,  $Se = 93\%$ ,  $Sp = 52\%$ .

**Заключение.** У пациентов с черепно-мозговой травмой при ультразвуковом исследовании диаметр оболочек зрительного нерва до операции  $\geq 5,6$  мм и скорость кровотока в среднемозговой артерии в диастолу  $\leq 28,7$  см/с могут рассматриваться как предикторы неблагоприятного исхода ЧМТ.

**Ключевые слова:** черепно-мозговая травма, диаметр оболочек зрительного нерва, скорость кровотока в среднемозговой артерии

**Вклад авторов.** Маркевич Д.П.: концепция и дизайн исследования, сбор материала, получение экспериментальных данных, статистическая обработка данных, обсуждение данных, редактирование, проверка критически важного содержания, утверждение рукописи для публикации; Викторovich Н.Е., Денисенко Т.В.: концепция и дизайн исследования, сбор материала, обзор публикаций по теме статьи, обсуждение данных.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источник финансирования.** Финансовой поддержки исследования и подготовки статьи не было.

**Для цитирования:** Маркевич ДП, Викторovich HE, Денисенко ТВ. Ультразвуковые предикторы исхода черепно-мозговой травмы. Проблемы здоровья и экологии. 2024;21(1):42–48. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-05>

## Ultrasound predictors of outcome of traumatic brain injury

Denis P. Markevich<sup>1,2</sup>, Nikita E. Viktorovich<sup>1</sup>, Timofei V. Denisenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mogilev City Emergency Hospital, Mogilev, Belarus

<sup>2</sup>Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

### Abstract

**Objective.** To evaluate the possibility of ultrasound monitoring of optic nerve sheath diameter and blood flow velocity in cerebral arteries as predictors of craniocerebral trauma outcome.

**Materials and methods.** 35 patients with traumatic brain injury (TBI) were produced ultrasound monitoring of the optic nerve sheath diameter (ONSD) and blood flow velocity (BFV) in the middle cerebral artery (AMC) before surgery and for 10 days after craniotomy. A comparative analysis of blood flow in the AMC and ONSD was carried out between groups of patients with a favorable (group 1) and unfavorable (group 2) outcome of TBI.

**Results.** Between the groups of patients with different outcome's TBI, significant differences were revealed in the diameter of the optic nerve sheaths at the preoperative period and in the diastolic blood flow velocity in the MCA on the 9th day after surgery. In group 1, the ONSD was 4.7 [4.5; 5.1] mm, and in group 2 – 5.6 [5.4; 6] mm,  $p=0.003$ . On the 9th day

after surgery, BFV at diastole in group 1 was 43.9 [38.7; 49.4] cm/sec, in group 2 – 28.7 [24.8; 36.7] cm/sec,  $p=0.001$ . For ONSD in the preoperative period as a predictor of unfavorable outcome of TBI AUC=0.83, Se=88.8%, Sp=61.2%. For diastolic BFV in the AMC on the 9th day after surgery – AUC = 0.84, Se=93%, Sp=52%.

**Conclusion.** In patients with traumatic brain injury, ultrasound examination shows that the diameter of the optic membranes before surgery is  $\geq 5.6$  mm and the blood flow velocity in the middle cerebral artery in diastole  $\leq 28.7$  cm/sec can be considered as predictors of an unfavorable outcome of TBI.

**Keywords:** *traumatic brain injury, optic nerve sheath diameter, blood flow velocity in the middle cerebral artery*

**Author contributions.** Markevich D.P.: concept and design of the study, collection of material, obtaining experimental data, statistical processing of data, discussion of data, editing, verification of critical content, approval of the manuscript for publication; Viktorovich N.E., Denisenko T.V.: concept and design of the study, collection of material, review of publications on the topic of the article, discussion of data.

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

**Funding.** There was no financial support both for the study and the article.

**For citation:** Markevich DP, Viktorovich NE, Denisenko TV. Ultrasound predictors of outcome of traumatic brain injury. *Health and Ecology Issues*. 2024;21(1):42–48. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-1-05>

## Введение

Лечение пациентов с тяжелой ЧМТ является комплексным, длительным, трудоемким и включает догоспитальное сопровождение пострадавшего, раннюю диагностику и нейровизуализацию, своевременное и эффективное оперативное вмешательство, адекватное анестезиологическое обеспечение, высокотехнологичную интенсивную терапию и уход, а также длительную реабилитацию [1]. В качестве прогностических критериев исхода ЧМТ используются клинические (оценка сознания по шкале комы Глазго (ШКГ), размер зрачка, гемодинамика и т. п.), инструментальные (объем внутримозговой гематомы, ушиба головного мозга, величина смещения срединных структур головного мозга, показатели внутримозгового давления и т. п.), биохимические (специфические тканевые маркеры, гормоны, электролиты и т. д.) данные [2–5]. Ультразвуковое исследование (УЗИ) ДОЗН и транскраниальная доплерография СК в церебральных артериях (ЦА) у пациентов с ЧМТ используется, как правило, для выявления внутричерепной гипертензии [6, 7]. В настоящее время имеется ограниченное количество публикаций об ультразвуковом исследовании ДОЗН и СК в ЦА у пациентов с ЧМТ в качестве предикторов исхода лечения. На информационном ресурсе PubMed за период с 2018 по 2023 г. об ультразвуковых предикторах исхода ЧМТ обнаружено 5 сообщений об исследовании ДОЗН и 10 ссылок об УЗИ СК в церебральных артериях [8–12]. Таким образом, представляет интерес оценить прогностические возможности ультразвуковых данных диаметра оболочек зрительного нерва и скорости кровотока в церебральных артериях у пациентов с черепно-мозговой травмой.

## Цель исследования

Оценить возможность ультразвукового мониторинга диаметра оболочек зрительного нерва и

скорости кровотока в церебральных артериях в качестве предикторов исхода черепно-мозговой травмы.

## Материалы и методы

За период с 31.08.2022 по 01.09.2023 г. проведено проспективное нерандомизированное исследование. Критерии включения в исследование: возраст пациентов — 18 лет и старше; наличие письменного информированного согласия пациента (в случае его недееспособности — согласие законного представителя). Критерии исключения из исследования: несовершеннолетние пациенты; отказ от участия в исследовании. На проведение исследования было получено одобрение комитета по этике УЗ «Могилевская городская больница скорой медицинской помощи». В исследование были включены 35 пациентов (8 женщин и 27 мужчин), прооперированных по причине тяжелой ЧМТ (22 субдуральные, 7 эпидуральные гематомы, 2 внутримозговые гематомы с ушибом головного мозга, 2 случая тяжелого ушиба головного мозга, 2 случая — вдавленные переломы костей свода черепа с ушибом головного мозга). С помощью шкалы исходов Глазго (ШИГ) в течение 3–6 месяцев после оперативного лечения оценивали исходы ЧМТ. При оценке по ШИГ в 1–3 балла (1 — смерть пациента, 2 — вегетативное состояние, 3 — глубокая инвалидизация) исход рассматривали как неблагоприятный, при оценке в 4 и 5 баллов (4 — инвалидизация с самообслуживанием, 5 — полное восстановление) — исход благоприятный. Были сформированы две группы пациентов: группа 1 — благоприятный исход лечения, группа 2 — неблагоприятный исход.

После оперативного лечения все пациенты нуждались в искусственной вентиляции легких (ИВЛ). В течение 1–5 суток после краниотомии 22 пациентам проводили седатацию пропофолом в дозе 1–2 мг/кг/ч, 13 пациентам в течение

3–5 суток титровали внутривенно диазепам в дозе 0,1–0,2 мг/кг/ч. С целью обезболивания и синхронизации с аппаратом ИВЛ всем пациентам в 1–5-е сутки после операции вводили внутривенно фентанил в дозе 1–2 мкг/кг/ч. В течение 3–6 суток после операции с дегидратационной целью использовали маннитол в дозе 0,5–1,0 гр/кг/сут. Всем пациентам до операции и в течение 10 суток после вмешательства на голове ежедневно проводили ультразвуковое ис-

следование ДОЗН и СК в среднемозговых артериях с обеих сторон. Мониторинг ДОЗН и СК в СМА осуществляли с помощью ультразвукового аппарата Mindray M7. Для исследования ДОЗН использовали линейный датчик для проведения ультразвуковой диагностики с частотой 8–10 МГц в В-режиме «поверхностный орган». Исследование ДОЗН проводили по технике (рисунок 1), описанной М. И. Андрейцевой и соавт. [6].

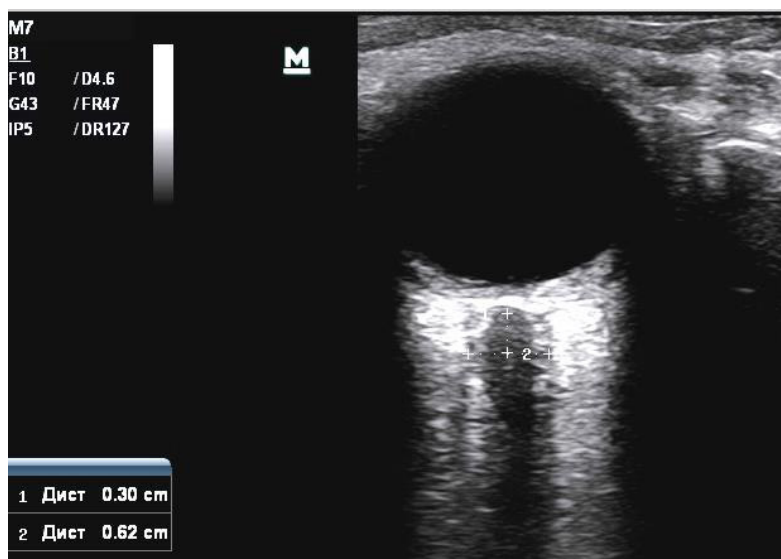


Рисунок 1. Измерение диаметра оболочки зрительного нерва  
Figure 1. Optic nerve sheath diameter measurement

Транскраниальное определение СК в СМА проводили в задневисочной области с помощью кардиологического датчика с частотой 2,5–3,5 МГц в режимах «color» и «PW».

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы «Statistica», 10.0 (trial), SpSS 200 и Microsoft Excel, 2007. Проверку соответствия данных нормальному распределению осуществляли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для проверки значимости статистических гипотез использовали непараметрические методы. Описательная статистика для количественных признаков представлена в виде медианы и квартилей — Me [LQ; UQ]. Проверку гипотезы о статистически значимом различии в независимых группах проводили с помощью теста Манна – Уитни. Сравнение категориальных переменных двух независимых групп проводили с использованием критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ) Пирсона, при числе наблюдений менее 10 применяли критерий  $\chi^2$  с поправкой Йетса на непрерывность, а при числе наблюдений 5 и менее использовали двусторонний критерий Фишера. Для определения лучшего классификатора не-

благоприятного исхода оценивали коэффициенты логистической регрессии с построением ROC-кривых и вычислением площади под ними (AUC), чувствительности (Se) и специфичности (Sp). Качество модели в зависимости от AUC оценивалось как хорошее при 0,7–0,8, очень хорошее — при 0,8–0,9, отличное — при 0,9–1,0. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Группу 1 составили 16 пациентов с благоприятным исходом ЧМТ. Неблагоприятные исходы наблюдали у 19 пациентов (группа 2: 13 летальных случаев, 6 — инвалидизация). Летальные исходы развились через 1,5–2,5 месяца после оперативного лечения.

Значимых различий между группами по полу, весу, возрасту, особенностям травмы, продолжительности операции и ведению в послеоперационном периоде не выявили,  $p > 0,05$ . Характеристики пациентов групп 1 и 2 представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика групп пациентов с ЧМТ, Ме [25 %; 75 %]  
 Table 1. Characteristics of groups of patients with TBI, Me [25%; 75%]

Показатель	Группа 1, n = 16	Группа 2, n = 19	p
Пол, жен/муж	3/13	5/14	> 0,05 <sup>1</sup>
Возраст, лет	54 [49; 57,5]	57 [49; 61]	> 0,05 <sup>2</sup>
Масса тела, кг	78,5 [71,5; 93]	75,5 [71; 88]	> 0,05 <sup>2</sup>
ШКГ, баллы	11 [9,5; 12]	6 [5; 9]	0,013 <sup>2</sup>
Седация диазепам/пропофол	5/11	8/11	0,72 <sup>3</sup>
Объем внутричерепной гематомы, мл	51 [34; 95]	76 [69; 102]	> 0,05 <sup>2</sup>
Смещение срединных структур головного мозга, мм	2,5 [2; 5,5]	6 [1; 8]	> 0,05 <sup>2</sup>
Длительность операции, мин.	115 [100; 127]	125 [88; 140]	> 0,05 <sup>2</sup>

1 — для статистического анализа использован критерий  $\chi^2$  с поправкой Йетса на непрерывность; 2 — для статистического анализа использован критерий Манна – Уитни, 3 — для статистического анализа использован двусторонний критерий Фишера.

Достоверное различие было выявлено между группами в исходной оценке по ШКГ при поступлении: в группе 1 оценка по ШКГ составила 11 [9,5; 12] баллов, а в группе 2 — 6 [5; 9] баллов,  $p = 0,013$ .

Значимых различий между группами 1 и 2 в диаметре оболочек зрительного нерва с обеих сторон в послеоперационном периоде, в показа-

телях скорости кровотока в СМА на неоперированной стороне, в СК в СМА в систолу на стороне операции не выявили,  $p > 0,05$ . Значимые различия между группами с разным исходом ЧМТ были выявлены на стороне краниотомии в ДОЗН до операции, в СК в СМА в диастолу — на 5-е и 9-е послеоперационные сутки,  $p > 0,05$  (таблица 2).

Таблица 2. Ультразвуковые характеристики групп 1 и 2, Ме [25 %; 75 %]  
 Table 2. Ultrasound characteristics of groups 1 and 2, Me [25%; 75%]

Показатель	Группа 1, n = 16	Группа 2, n = 19	p
ДОЗН до операции, мм	4,7 [4,5; 5,1]	5,6 [5,4; 6]	0,003
СК СМА в диастолу на 5-е п/операционные сутки, см/с	47,3 [38,6; 52,5]	29,7 [26,3; 32,3]	0,001
СК СМА в диастолу на 9-е п/операционные сутки, см/с	43,9 [38,7; 49,4]	28,7 [24,8; 36,7]	0,001

Скорость кровотока в диастолу на стороне операции в дооперационном периоде в группе 1 была 42,2 [31,4; 48,6] см/с, а в группе 2 — 38,8 [33,2; 44,5] см/с,  $p > 0,05$ . На стороне вмешательства ДОЗН на 5-е послеоперационные сутки в группе 1 составил 4,8 [4,5; 5,1] мм, а в группе 2 — 4,9 [4,5; 5,4] мм,  $p > 0,05$ . На стороне вмешательства ДОЗН на 9-е послеоперационные сутки в группе 1 составил 4,6 [4,5; 4,8] мм, а в группе 2 — 5,1 [4,1; 5,5] мм,  $p > 0,05$ .

На стороне операции для показателей ДОЗН в дооперационном периоде, скорости кровотока в СМА в диастолу на 5-е и 9-е послеоперационные сутки как для классификаторов неблагоприятно-

го исхода ЧМТ были рассчитаны коэффициенты модели логистической регрессии с построением ROC-кривых.

Значимость классификаторов исхода была выявлена для ДОЗН до операции и для СК в СМА на 9-е сутки после вмешательства,  $p < 0,05$ . Для ДОЗН ( $\beta_1 = 2,44$ , отношение шансов развития неблагоприятного исхода (ОШ) = 11,44,  $p < 0,0003$ ) AUC составила 0,83, чувствительность = 88,8 %, а специфичность = 61,2 % (рисунок 2). Для СК в СМА в диастолу на 5-е сутки после операции ( $\beta_1 = -0,02$ , ОШ = 0,98,  $p = 0,53$ ) AUC составила 0,88, Se = 91 %, а Sp = 48 %.

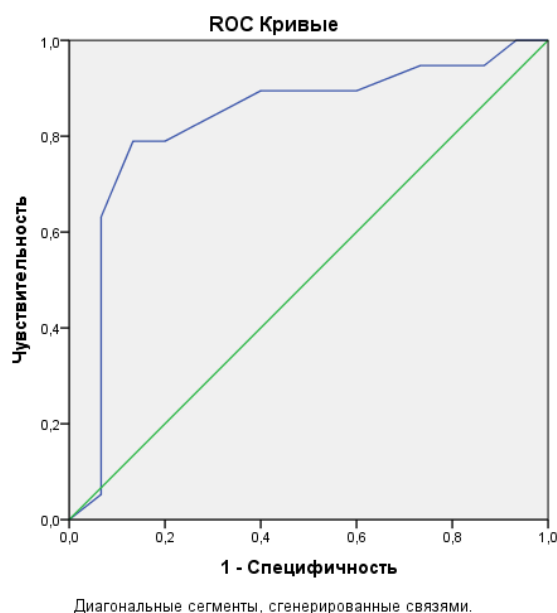


Рисунок 2. ROC-кривая для ДОЗН до операции как предиктора исхода ЧМТ. AUC = 0,83  
 Figure 2. ROC curve for preoperative ONSD as a predictor outcome of TBI. AUC 0.83

Для СК в СМА в диастолу на 9-е сутки после операции ( $\beta_1 = -0,1$ , ОШ = 0,9,  $p = 0,002$ ) AUC составила 0,84, Se = 93 %, а Sp = 52 % (рисунок 3).

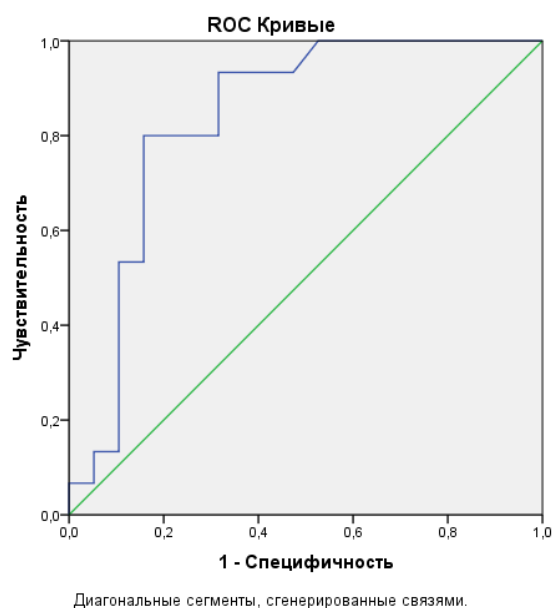


Рисунок 3. ROC-кривая СК в СМА на 9-е сутки после операции как предиктор исхода ЧМТ. AUC = 0,84  
 Figure 3. ROC curve for BFV's AMC at 9th day postsurgery as a predictor outcome of TBI. AUC = 0.84

В данном исследовании были выявлены различия показателей СК в среднемозговой артерии и ДОЗН между группами пациентов с разным исходом ЧМТ. В представленной работе в группе пациентов с неблагоприятным исходом черепно-мозговой травмы на дооперационном этапе

ДОЗН составил 5,6 [5,4; 6] мм. Однако в настоящее время до конца не выясненным остается пороговое значение ультразвуковых данных ДОЗН, указывающих на внутричерепную гипертензию. М. И. Андрейцева и соавт. в своем обзоре указывают, что «пороговым значением» внутриче-

репного давления ( $\geq 20$  мм рт. ст.) большинство авторов — 37,5 % — считают ДОЗН 5,0 мм, 29,1 % — 5,5–6,0 мм, 16,7 % авторов — 5,0–5,4 мм, а 8,3 % — 4,5–5,0 мм [6]. D. Verma et al. в своей работе доказали, что ультразвуковые значения ДОЗН на 2-е ( $> 6,1$  мм) и 3-и ( $> 6,2$  мм) сутки после операции по причине ЧМТ соответственно в 90,9 и 93,7 % случаев указывают на неблагоприятный исход. В то же время ДОЗН  $< 6,1$  мм наблюдали в 87,5 % благоприятных исходах лечения [8].

Согласно P. Bouzat et al., референтные значения СК у взрослых в среднемозговой артерии в систолу —  $90 \pm 20$  мм рт. ст., а в диастолу —  $45 \pm 10$  мм рт. ст. Они указали, что у пациентов с травмами головы именно давление в диастолу менее 25 см/с является плохим прогностическим показателем [9]. В нашем исследовании прогностическое неблагоприятное значение имеет скорость кровотока в диастолу на 9-е сутки после операции  $\leq 28,7$  [24,8; 36,7] см/с. D. Ziegler et al. в своей работе предоставили данные, согласно которым, если у пациентов с ЧМТ данные транскраниального доплеровского исследования СК во время диастолы в СМА на 2-е, 3-и и 7-е сутки госпитализации менее 20 см/с, то летальный исход вероятен более чем в 90 % [10]. Однако в педиатрической практике M. E. Lovett et al. не выявили различий в скорости кровотока в СМА

между группой пациентов (от 1 до 17 лет) с ЧМТ и группой детей без ЧМТ [11].

Ультразвуковые методы исследования диаметра оболочек зрительного нерва и скорости кровотока в церебральных артериях доступны, дешевы, неинвазивны и предоставляют важную информацию о состоянии и прогнозе лечения пациентов с ЧМТ. Диаметр оболочек зрительного нерва и скорость кровотока в церебральных сосудах являются производными патологического состояния и проводимой терапии. C. Ract et al. указали, что у пациентов с ЧМТ своевременно начатая терапия при СК в СМА во время диастолы менее 20 см/с способна улучшить перфузию и оксигенацию головного мозга и предотвратить плохой исход лечения [12].

### Заключение

У пациентов с черепно-мозговой травмой данные ультразвукового исследования диаметра оболочек зрительного нерва до операции  $\geq 5,6$  мм (AUC = 0,83, Se = 88,8 %, Sp = 61,2 %) и скорость кровотока в среднемозговой артерии в диастолу на 9-е сутки после вмешательства  $\leq 28,7$  см/с (AUC = 0,84, Se = 93 %, Sp = 52 %) могут рассматриваться как предикторы неблагоприятного исхода лечения.

### Список литературы / References

1. Dash HH, Chavali S. Management of traumatic brain injury patients. *Korean J. of Anesthesiol.* 2018;71(1):12-21. DOI: <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.1.12>
2. Pin-on P, Saringkarinkul A, Punjasawadwong Y, Kacha S, Wilairat D. Serum electrolyte imbalance and prognostic factors of postoperative death in adult traumatic brain injury patients: A prospective cohort study. *Medicine.* 2018;97(45):e13081. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013081>
3. Kusmenkov T, Braunstein M, Schneider HJ, Bidlingmaier M, Prall WC, Flatz W, Boecker W, Bogner V. Initial free cortisol dynamics following blunt multipletrauma and traumatic brain injury: A clinical study. *Journal of International Medical Research.* 2019;47(3):1185-1194. DOI: <https://doi.org/10.1177/030006051881960>
4. Hong J, Jeon I, Seo Y, Kim S, Yu D. Radiographic predictors of clinical outcome in traumatic brain injury after decompressive craniectomy. *Acta Neurochir (Wien).* 2021;163(5):1371-1381. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00701-020-04679-x>
5. Liu C, Xie J, Xiao X, Li T, Li H, Bai X, et al. Clinical predictors of prognosis in patients with traumatic brain injury combined with extracranial trauma. *International Journal of Medical Sciences.* 2021;18(7):1639-1647. DOI: <https://doi.org/10.7150/ijms.54913>
6. Андрейцева М.И., Петриков С.С., Хамидова Л.Т., Солодов А.А. Ультразвуковое исследование структур канала зрительного нерва в диагностике внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями. Журнал им. Н.В. Склифосовского. *Неотложная медицинская помощь.* 2018;4(7):349-356. DOI: <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356>
7. Andreitseva MI, Petrikov SS, Khamidova LT, Solodov AA. Ultrasound examination of the structures of the optic nerve canal in the diagnosis of intracranial hypertension in patients with intracranial hemorrhages. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care.* 2018;4(7):349-356. (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356>
8. Verma D, Sadayandi RA, Anbazhagan S, Nagarajan K, Bidkar PU. Is optic nerve sheath diameter a promising screening tool to predict neurological outcomes and the need for secondary decompressive craniectomy in moderate to severe head injury patients? A prospective monocentric observational pilot study. *Surg Neural Int.* 2023;Aug 4:14:276.eCollection 2023. DOI: <https://doi.org/10.3109/02699052.2015.1004743>
9. Bouzat P, Oddo M, Payen JF. Transcranial Doppler after traumatic brain injury: is there a role? *Curr. Opin. Crit. Care.* 2014;20:153-160. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000071>
10. Ziegler D, Cravens G, Gandhi R, Tellez M. Use of Transcranial Doppler in Patients with Severe Traumatic Brain Injuries. *Journal of Neurotrauma.* 2017;34(1):121-127. DOI: <https://doi.org/10.1089/neu.2015.3967>
11. Lovett ME, Tensing M, Moore-Clingenpeel M, O'Brien NF. Transcranial Doppler ultrasound findings in children with moderate-to-severe traumatic brain injury following abusive head trauma *Childs Nerv Syst.* 2020;36(5):993-1000. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00381-019-04431-6>
12. Ract C, Moigno SL, Bruder N, Vigué B. Transcranial doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury. *Intensive Care Med.* 2007;33:645-651. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00134-007-0558-6>

**Информация об авторах / Information about the authors**

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

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

e-mail: [snyter1977@gmail.com](mailto:snyter1977@gmail.com)

**Викторович Никита Евгеньевич**, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская городская больница скорой медицинской помощи», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1825-3542>

e-mail: [nikita.viktorovich.2015@mail.ru](mailto:nikita.viktorovich.2015@mail.ru)

**Денисенко Тимофей Владимирович**, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации, УЗ «Могилевская городская больница скорой медицинской помощи», Могилев, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8425-7116>

e-mail: [timofeidenisenko@gmail.com](mailto:timofeidenisenko@gmail.com)

**Denis P. Markevich**, Candidate of Medical Sciences, Anesthesiologist-resuscitator (head) of Anesthesiology and Intensive Care Unit, Mogilev Emergency City Hospital, Mogilev, Belarus; Associate Professor at the Department of Anesthesiology and Reanimation, Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

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

e-mail: [snyter1977@gmail.com](mailto:snyter1977@gmail.com)

**Nikita E. Viktorovich**, Anesthesiologist-resuscitator of the Anesthesiology and Reanimation Department of Anesthesiology and Intensive Care Unit, Mogilev Emergency City Hospital, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1825-3542>

e-mail: [nikita.viktorovich.2015@mail.ru](mailto:nikita.viktorovich.2015@mail.ru)

**Timofei V. Denisenko**, Anesthesiologist-resuscitator of the Anesthesiology and Reanimation Department of Anesthesiology and Intensive Care Unit, Mogilev Emergency City Hospital, Mogilev, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8425-7116>

e-mail: [timofeidenisenko@gmail.com](mailto:timofeidenisenko@gmail.com)

**Автор, ответственный за переписку / Corresponding author**

**Маркевич Денис Петрович**

e-mail: [snyter1977@gmail.com](mailto:snyter1977@gmail.com)

**Denis P. Markevich**

e-mail: [snyter1977@gmail.com](mailto:snyter1977@gmail.com)

*Поступила в редакцию / Received 13.12.2023*

*Поступила после рецензирования / Accepted 11.01.2024*

*Принята к публикации / Revised 20.02.2024*