



ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ДИАМЕТРА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА С ОБОЛОЧКАМИ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМОЙ ПОСЛЕ ДЕКОМПРЕССИВНОЙ ТРЕПАНАЦИИ ЧЕРЕПА

Карина Рубеновна Мурадян¹

✉ karinamuradyan@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-2218-693X, SPIN-код: 4049-9995

Андрей Васильевич Ошоров¹

agvan2@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3674-252X, SPIN-код: 6630-6008

Александр Мирович Туркин¹

turkinalexander@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8219-5205, SPIN-код: 5380-1629

Иван Анатольевич Савин¹

savin@nsi.ru, orcid.org/0000-0003-3874-4147, SPIN-код: 1342-7065

Юлия Владимировна Струнина¹

ustrunina@nsi.ru, orcid.org/0000-0001-5010-6661, SPIN-код: 9799-5066

Глеб Валерьевич Данилов¹

gdanilov@nsi.ru, orcid.org/0000-0003-1442-5993, SPIN-код: 4140-8998

Александр Дмитриевич Кравчук¹

akravchuk@nsi.ru, orcid.org/0000-0002-3112-8256, Author ID: 58538

¹ Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16, Москва, Российская Федерация, 125047)

Резюме

ВВЕДЕНИЕ. На сегодняшний день наличие корреляции между диаметром зрительного нерва с оболочками (ДЗНО) и величиной внутричерепного давления (ВЧД) в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы была подтверждена в многочисленных публикациях зарубежных и российских авторов. Оценка ДЗНО у пациентов с отеком мозга и подозрением на внутричерепную гипертензию (ВЧГ) возможна с помощью нейровизуализационных (компьютерная томография, магнитно-резонансная томография) и ультразвуковых методов диагностики. Использование данных ДЗНО у пострадавших с тяжелой черепно-мозговой травмой может представлять диагностическую и прогностическую ценность при анализе эффективности проводимых лечебных мероприятий, включая декомпрессивную краинеоктомию.

ЦЕЛЬ. Оценить изменение ДЗНО по данным компьютерной томографии у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой после проведения декомпрессионной трепанации черепа (ДТЧ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. За период с 2020 по 2022 г. на базе Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко проведено проспективное одноцентровое наблюдательное исследование, включившее в себя 31 пациента (7 женщин и 24 мужчины) с тяжелой (по шкале комы Глазго ≤ 8 балла) черепно-мозговой травмой (ЧМТ) и инвазивным мониторингом внутричерепного давления (ВЧД), из них 8 пациентов (3 женщины и 4 мужчин) с широкой ДТЧ, выполненной в Национальном медицинском исследовательском центре нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко в период первых 3-х суток с момента травмы. Медиана возраста в данной группе составила 30 [26,3; 53,0] лет. Всем пациентам проводились инвазивный мониторинг ВЧД и ВЧД-ориентированная терапия в соответствии с международными и российскими рекомендациями.

Оценку ДЗНО осуществляли по описанной ранее методике на основании данных компьютерной томографии головного мозга, выполненной до хирургического вмешательства и после проведения ДТЧ. Анализ динамики ДЗНО проводили по результатам сравнения производных ДЗНО: среднего, максимального и минимального значений ($\text{ДЗНО}_{\text{ср}}$, $\text{ДЗНО}_{\text{макс}}$, $\text{ДЗНО}_{\text{мин}}$) до и после декомпрессии.

РЕЗУЛЬТАТЫ. При оценке данных с помощью критерия Уилкоксона для парных сравнений были установлены следующие достоверные различия ДЗНО у пострадавших с тяжелой ЧМТ до и после декомпрессивной трепанации: достоверное уменьшение показателей $\text{ДЗНО}_{\text{мин}}$ и $\text{ДЗНО}_{\text{ср}}$ после проведения ДТЧ ($p < 0,05$ в обоих случаях).

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что на фоне проведения ДТЧ отмечалось изменение параметра ДЗНО: по данным компьютерной томографии после декомпрессии отмечались более низкие значения ДЗНО, что также соответствовало данным о стабилизации ВЧД и отсутствию эпизодов устойчивой ВЧГ в 80 % наблюдений в данной группе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведенное исследование свидетельствует о наличии связи между значимым снижением параметра ДЗНО и фактом ДТЧ, который сопровождается стабилизацией ВЧД у пациентов в остром периоде тяжелой ЧМТ. **Ключевые слова:** диаметр зрительного нерва с оболочками, внутричерепное давление, внутричерепная гипертензия, декомпрессивная трепанация черепа

Для цитирования: Мурадян К. Р., Ошоров А. В., Туркин А. М., Савин И. А., Струнина Ю. В., Данилов Г. В., Кравчук А. Д. Оценка динамики диаметра зрительного нерва с оболочками у пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой после декомпрессивной трепанации // Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. 2024. Т. XVI, № 3. С. 75–82. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_3_75.

DYNAMICS OF THE OPTIC NERVE SHEATHS DIAMETER IN PATIENTS WITH SEVERE TRAUMATIC BRAIN INJURY AND DECOMPRESSIVE CRANIOTOMY

Karina R. Muradyan¹

✉ karinamuradyan@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-2218-693X, SPIN-code: 4049-9995

Andrey V. Oshorov¹

agvan2@gmail.com, orcid.org/0000-0002-3674-252X, SPIN-code: 6630-6008

Alexander M. Turkin¹

turkinalexander@mail.ru, orcid.org/0000-0002-8219-5205, SPIN-code: 5380-1629

Ivan A. Savin¹

savin@nsi.ru, orcid.org/0000-0003-3874-4147, SPIN-code: 1342-7065

Yulia V. Strunina¹

ustrunina@nsi.ru, orcid.org/0000-0001-5010-6661, SPIN-code: 9799-5066

Gleb V. Danilov¹

gdanilov@nsi.ru, orcid.org/0000-0003-1442-5993, SPIN-code: 4140-8998

Alexander D. Kravchuk¹

akravchuk@nsi.ru, orcid.org/0000-0002-3112-8256, Author ID: 58538

¹ N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (16 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, Russian Federation, 125047)

Abstract

INTRODUCTION. Correlation between the optic nerve sheath diameter (ONSD) and the intracranial pressure (ICP) in the acute period of severe traumatic brain injury has been confirmed in numerous publications by foreign and Russian authors. Evaluation of ONSD in patients with cerebral edema and suspected intracranial hypertension (ICH) is possible using neuroimaging (CT, MRI) and ultrasound diagnostic methods (US). The use of ONSD data in patients with severe traumatic brain injury may be of diagnostic and prognostic value in the analysis of therapeutic and surgical methods effectiveness, including decompressive craniectomy (DCT).

AIM. To evaluate changing in the ONSD on computed tomography (CT) in patients with severe traumatic brain injury after decompression craniotomy (DCT).

MATERIALS AND METHODS. For the period from 2020 to 2022 on the basis of the N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery conducted a prospective single-center observational study included 31 patients (7 women and 24 men) with severe (GCS ≤ 8 points) traumatic brain injury (TBI) and invasive ICP monitoring. The final version of the study included 8 patients (3 women and 5 men) with a wide DCT during the first 3 days after the injury. The mean age in this group was 30 [26.3; 53.0]. All patients underwent invasive ICP monitoring and ICP-oriented therapy according to international and Russian recommendations. Analysis of the ONSD dynamics was carried out based on the comparison of the average, maximum, and minimum values of the ONSD before and after decompression.

RESULTS. Significant differences were found in the ONSD in patients with severe TBI before and after decompressive trepanation: decrease in the maximum ONSD from 7.53 to 6.89 mm and decrease in the minimum ONSD from 7.20 to 6.54 mm ($p=0.022$ in both cases). These results allow us to conclude that changing in the ONSD parameter is affected by the fact of DCT – significantly lower ONSD values and also stabilization of ICP were noted after DCT in 75 % of the observations.

CONCLUSION. The conducted study indicates the relationship between significant decrease in the ONSD parameter and the fact of DCT, accompanied by stabilization of ICP, in patients in the acute period of severe TBI.

Keywords: optic nerve sheath diameter (ONSD), decompressive craniectomy, intracranial hypertension (ICH)

For citation: Muradyan K. R., Oshorov A. V., Turkin A. M., Savin I. A., Strunina Yu. V., Danilov G. V., Kravchuk A. D. Dynamics of the optic nerve sheath diameter in patients with severe traumatic brain injury and decompressive craniotomy. Russian neurosurgical journal named after professor A. L. Polenov. 2024;XVI(3):75–82. DOI: 10.56618/2071-2693_2024_16_3_75.

Введение

Устойчивое повышение внутричерепного давления (ВЧД) и возникновение синдрома внутричерепной гипертензии (ВЧГ), в том числе рефрактерной ВЧГ, является одним из жизнеугрожающих осложнений у пациентов с черепно-мозговой травмой и отеком головного мозга [1–4].

Инвазивный мониторинг ВЧД позволяет в режиме реального времени распознать развитие ВЧГ, оценить эффективность терапевтических методов ее коррекции и, при их неэффективности, своевременно обратиться к хирургическим методам коррекции ВЧГ, например, такому, как декомпрессивная трепанация черепа (ДТЧ). Учитывая риски, сопряженные с инвазивным мониторингом ВЧД, сохраняется актуальность дальнейшего изучения и внедрения методов неинвазивной диагностики и прогнозирования ВЧГ, в том числе анализа диаметра зрительного нерва с оболочками (ДЗНО) по данным компьютерной томографии (КТ).

Принимая во внимание наличие достоверной корреляционной зависимости между изменениями ВЧД и ДЗНО [5–8], значительный интерес представляет оценка динамики ДЗНО на фоне проведения декомпрессивной трепанации как одного из наиболее эффективных методов коррекции ВЧГ.

Декомпрессивная краниоэктомия (ДК), или декомпрессивная трепанация черепа (ДТЧ), предполагающая удаление части черепа и способствующая увеличению интракраниального пространства, обеспечивает снижение ВЧД, оптимизацию церебрального перфузионного давления (ЦПД) и мозгового кровотока (МК), предотвращая вторичное повреждение головного мозга [9–13]. Однако, ввиду травматичности, высоких рисков послеоперационных осложнений (геморрагические и инфекционные осложнения, судороги, формирование субдуральных гигром, гидроцефалия), а также необходимости отсроченного повторного вмешательства с целью пластики дефекта, проведение ДТЧ остается методикой резерва в лечении ВЧГ [2, 4, 12, 14].

Целью исследования была оценка изменения ДЗНО по данным компьютерной томографии у пациентов с тяжелой черепно-мозговой

травмой после проведения декомпрессионной трепанации черепа.

Материалы и методы

На базе Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко за период с 2020 по 2022 г. проведено проспективное одноцентровое наблюдательное исследование, включившее в себя 31 пациента (7 женщин и 24 мужчины) с тяжелой очаговой черепно-мозговой травмой, диффузным аксональным повреждением головного мозга. Из них в данное исследование были включены 7 пациентов (3 женщины и 4 мужчины), сопоставимых друг с другом по большинству критерии (табл. 1), которым была выполнена ДТЧ на базе Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко.

Все пациенты соответствовали критериям включения: возраст старше 18 лет, острый период тяжелой черепно-мозговой травмы (ЧМТ) (0–2-е сутки получения травмы), наличие инвазивного мониторинга ВЧД. Критериями исключения являлись наличие офтальмологической патологии в анамнезе и на момент госпитализации, а также неврологический статус, соответствующий атонической коме (по шкале комы Глазко (ШКГ) – 3 балла).

Медиана возраста в указанной группе составила 30 [26,3; 53] лет. Неврологический статус пострадавших соответствовал коматозному состоянию: ШКГ на момент поступления – 7,00 [6,3; 8,0] балла; FOUR – 3,00 [2,7; 4,0] балла.

Всем пациентам проводили инвазивный мониторинг ВЧД с помощью датчика NEUROVENT-P (Raumedic, Германия) и ВЧД-ориентированную терапию (глубокая седация RASS –3/–4, нормовентиляция, коррекция гипертермии, а также инфузия гиперосмолярных растворов при эпизодах ВЧГ). Наружное вентрикулярное дренирование не проводилось ввиду выраженного отека мозга и компрессии желудочковой системы. Декомпрессивная трепанация в исследуемой группе была выполнена у 4 (57,2 %) пострадавших на 0–1-е сутки от момента травмы и у оставшихся 3 (42,9 %) пациентов – на 2–3-и сутки после ЧМТ.

Таблица 1. Общая характеристика группы пациентов

Table 1. General characteristics of the patient group

| Показатель | Характеристика | Значение |
|--|---------------------------------------|----------------------|
| Всего пациентов, n | | 7 |
| Пол, n (%) | Женский | 3 (42,9) |
| | Мужской | 4 (57) |
| Возраст (медиана [IQR]), лет | | 30,50 [26,25; 53,00] |
| Наличие офтальмологической патологии по данным анамнеза и при осмотре на момент поступления, n (%) | Нет | 7 (100,0) |
| Вид вмешательства, n (%) | Широкая декомпрессивная краниоэктомия | 7 (100,0) |
| ШКГ на момент поступления (медиана [IQR]), баллы | | 7,00 [6,25; 8,00] |
| FOUR на момент поступления (медиана [IQR]) | | 3,00 [2,75; 4,00] |
| Сутки выполнения ДТЧ после травмы, n (%) | 0-е | 3 (42,9) |
| | 1-е сутки | 1 (14,3) |
| | 2-е сутки | 3 (42,9) |
| ВЧГ за первые 24 ч после ДТЧ, n (%) | Да | 1 (15) |
| | Нет | 6 (85) |

Оценку ДЗНО проводили на основании данных компьютерной томографии головного мозга, выполненной в течение суток до и после проведения широкой ДТЧ. Оптимальная толщина срезов (шаг среза) КТ составляла 1,25 мм, в соответствии с методическими рекомендациями по измерению ДЗНО. Просмотр КТ-снимков проводили в мягкотканном режиме. Измерение ДЗНО осуществляли на расстоянии 3 мм от заднего полюса глазного яблока как перпендикуляр к продольной оси зрительного нерва. Причем при выборе среза для оценки ДЗНО с каждой стороны отбирали срезы с наибольшими значением ДЗНО (при сравнении нескольких срезов с наилучшей визуализацией границ ДЗНО в точке измерения 3 мм от заднего полюса глазного яблока).

Статистический анализ данных проведен с помощью языка статистического программирования и среды R (версия 3.6.1) в IDE RStudio

(версия 1.2.1335). Распределение непрерывных и дискретных количественных переменных в выборке представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M \pm SD$) для нормально распределенных случайных величин, медиана и квартили ($Me [Q1; Q3]$) – для величин, распределение которых отличается от нормального. Категориальные показатели представлены как абсолютное число и процентное соотношение. Соответствие выборки нормальному распределению определяли с помощью теста Шапиро – Уилка. Тестирование статистических гипотез о различии в распределении количественных переменных проводили с помощью критерия Уилкоксона для парных сравнений. Нулевую гипотезу в статистических тестах отклоняли при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Оценка полученных данных, выполненная с помощью критерия Уилкоксона для парных сравнений, позволила установить достоверные различия в значениях ДЗНО при их сравнении у пациентов до ДТЧ и сразу после выполнения декомпрессии.

Для стандартизации показателей измерения ДЗНО с правой и левой сторон были введены и проанализированы производные ДЗНО в виде среднего (DZN_{cp}), максимального (DZN_{max}) и минимального (DZN_{min}) значений при сравнении ДЗНО справа и слева у каждого пациента. Среднее значение DZN_{cp} до декомпрессии составило 7,36 мм, после ДТЧ – 6,71 мм ($p = 0,031$). Медиана DZN_{cp} – 7,25 [7,0; 7,6] и 6,75 мм [6,5; 7,1] соответственно (рис. 1; табл. 2).

Таблица 2. DZN_{cp} и его производные до и после ДТЧ

Table 2. ONSD average and its derivatives before and after decompressive craniectomy (DC)

| Период | Переменная | n | Среднее значение | Медиана | Мин. | Макс. |
|--------|------------|---|------------------|---------|------|-------|
| До | DZN_{cp} | 7 | 7,364 | 7,25 | 6,8 | 8,25 |
| После | DZN_{cp} | 7 | 6,714 | 6,75 | 5,5 | 7,50 |

Также достоверные отличия зарегистрированы при сравнении DZN_{max} и DZN_{min}

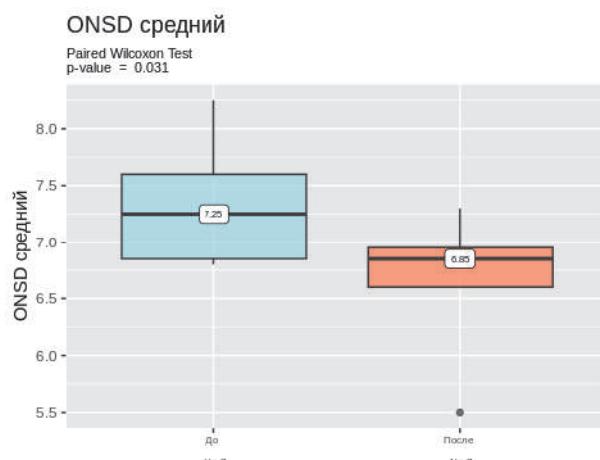


Рис. 1. ДЗНО_{ср} до и после ДТЧ: ONSD средний – среднее значение ДЗНО (при сравнении справа и слева)

Fig. 1. ONSD average and its derivatives before and after decompressive craniectomy (DC)

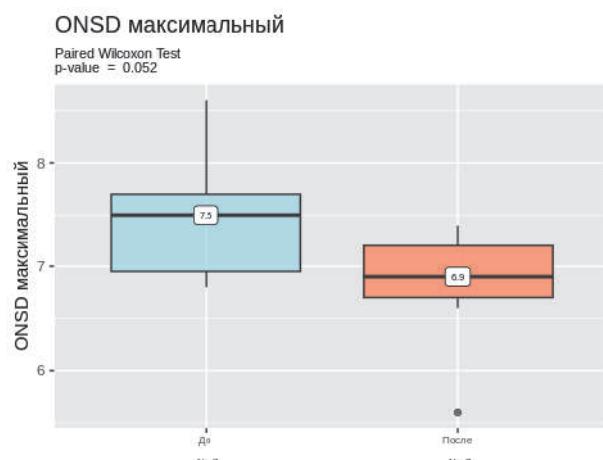


Рис. 2. ДЗНО_{макс} до и после ДТЧ: ONSD максимальный – максимальное значение ДЗНО (при сравнении справа и слева)

Fig. 2. ONSD_{max} and its derivatives before and after decompressive craniectomy (DC)

в группах пострадавших до и после проведения оперативного вмешательства в виде широкой ДТЧ. В динамике после ДТЧ отмечалось снижение ДЗНО_{макс} (по среднему значению) с 7,46 до 6,81 мм, а также снижение ДЗНО_{мин} (среднее значение) с 7,17 до 6,54 мм ($p=0,052$ и $p=0,035$ соответственно) (рис. 2; 3).

Значимое отличие сохранялось также при сравнении медиан указанных параметров ДЗНО: медиана ДЗНО_{макс} до ДТЧ – 7,5 [7,2; 7,7] мм, после ДТЧ – 6,9 [6,6; 7,4] мм; медиана ДЗНО_{мин} до ДТЧ – 7,0 [6,9; 7,5] мм, после ДТЧ – 6,6 [6,3; 7,0] (табл. 3; 4; рис. 2; 3).

Таблица 3. ДЗНО_{макс} и его производные до и после ДТЧ

Table 3. ONSD_{max} and its derivatives before and after decompressive craniectomy (DC)

| Период | Перемен-ная | n | Среднее значение | Ме-диана | Мин. | Макс. |
|--------|----------------------|---|------------------|----------|------|-------|
| До | ДЗНО _{макс} | 7 | 7,457 | 7,5 | 6,8 | 8,6 |
| После | ДЗНО _{макс} | 7 | 6,814 | 6,9 | 5,6 | 7,4 |

Таблица 4. ДЗНО_{мин} и его производные до и после ДТЧ

Table 4. ONSD_{min} and its derivatives before and after decompressive craniectomy (DC)

| Пери-од | Перемен-ная | n | Среднее значение | Меди-ана | Мин. | Макс. |
|---------|---------------------|---|------------------|----------|------|-------|
| До | ДЗНО _{мин} | 7 | 7,171 | 7,0 | 6,6 | 7,9 |
| После | ДЗНО _{мин} | 7 | 6,543 | 6,6 | 5,4 | 7,2 |

Данные выраженные изменения мы также наглядно представляем и при анализе снимков

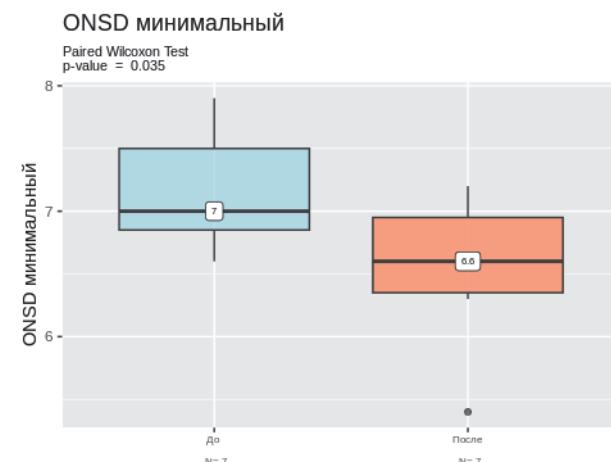


Рис. 3. ДЗНО_{мин} до и после ДТЧ: ONSD минимальный – минимальное значение ДЗНО (при сравнении справа и слева)

Fig. 3. ONSD_{min} and its derivatives before and after decompressive craniectomy (DC)

КТ с проведенным на них измерением ДЗНО до и после ДТ.

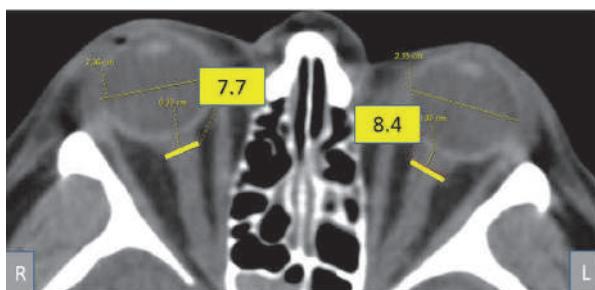
Факт развития ВЧГ за первые 24 ч после декомпрессии считался установленным при регистрации среднего ВЧД выше 20 мм рт. ст. в течение первых суток. В нашей группе (7 пострадавших) после декомпрессии в 85 % случаев отмечались стабилизация ВЧД и отсутствие эпизодов ВЧГ после ДТЧ (табл. 5).

Таким образом, при анализе полученных результатов отмечается снижение ДЗНО на фоне проведения декомпрессии. Учитывая также факт стабилизации ВЧД после ДТЧ в 85 % наблюдений, можно сделать вывод о наличии

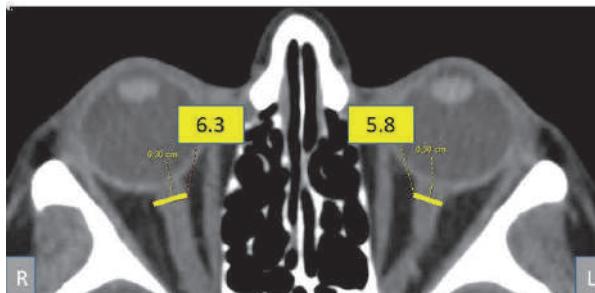
Таблица 5. Описательная характеристика ВЧД в исследуемой группе

Table 5. General ICP characteristics in the study group

| Пациент | Декомпрессия, сутки после ЧМТ | ВЧД _{ср} за 24 ч после ДТЧ, мм рт. ст. | ВЧД _{макс} за 24 ч после ДТЧ, мм рт. ст. | ВЧД _{мин} за 24 ч после ДТЧ, мм рт. ст. |
|---------|-------------------------------|---|---|--|
| 1 | 0-е | 18,00 | 23,00 | 13,00 |
| 2 | 3-и | 15,76 | 20,00 | 12,00 |
| 3 | 3-и | 22,50 | 25,00 | 17,00 |
| 4 | 1-е | 15,46 | 20,00 | 12,00 |
| 5 | 3-и | 11,07 | 13,00 | 9,00 |
| 6 | 0-е | 10,30 | 12,00 | 8,00 |
| 7 | 3-и | 17,30 | 21,00 | 11,00 |



ДЗНО справа и слева до ДТЧ



ДЗНО справа и слева после ДТЧ

Рис. 4. Изменения ДЗНО у пациентки Ф. до и после ДТЧ
Fig. 4. ONSD dynamics in case of F. patient before and after decompressive craniectomy (DC)

зависимости между снижением значений ВЧД и ДЗНО в динамике после ДТЧ.

Заключение

Проведенное исследование свидетельствует о наличии связи между значимым снижением параметра ДЗНО и выполнением ДТЧ у пациентов в остром периоде тяжелой ЧМТ с отеком головного мозга. При сопоставлении ДЗНО, а также его производных отмечались достоверно более низкие значения в группе после ДТЧ, что также соответствовало данным о стабили-

зации ВЧД и отсутствии эпизодов устойчивой ВЧГ в 85 % наблюдений в данной группе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Conflict of interest.** The author declares no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки. **Financing.** The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.). **Compliance with patient rights and principles of bioethics.** All patients gave written informed consent to participate in the study. The study was carried out in accordance with the requirements of the World Medical Association Declaration of Helsinki (updated in 2013).

Литература / References

- Carney N., Totten A. M., O'Reilly C., Ullman J. S., Hawryluk G. W., Bell M. J., Bratton S. L., Chesnut R., Harris O. A., Kissoon N., Rubiano A. M., Shutter L., Tasker R. C., Vavilala M. S., Wilberger J., Wright D. W., Ghajar J. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury. 4th ed. Neurosurgery. 2017;80(1):6–15. Doi: 10.1227/NEU.0000000000001432. PMID: 27654000.
- Hawryluk G. W. J., Rubiano A. M. et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. Neurosurgery. 2020;87(3):427–434. Doi: 10.1093/neuro/nyaa278. PMID: 32761068; PMCID: PMC7426189.
- Farahvar A., Gerber L. M., Chiu Y. L., Härtl R., Froelich M., Carney N., Ghajar J. Response to intracranial hypertension treatment as a predictor of death in patients with severe traumatic brain injury. J Neurosurg. 2011;114(5):1471–1478. Doi: 10.3171/2010.11.JNS101116. PMID: 21214327.
- Jiang J. Y., Xu W., Li W. P. et al. Efficacy of standard trauma craniectomy for refractory intracranial hypertension with severe traumatic brain injury: a multicenter, prospective, randomized controlled study. J Neurotrauma. 2005;22(6):623–628. Doi: 10.1089/neu.2005.22.623. PMID: 15941372.
- Bekerman I., Kiniagar I., Sigal T., Vaiman M. Monitoring of Intracranial Pressure by CT-Defined Optic Nerve Sheath Diameter. J Neuroimaging. 2016;26(3):309–314. Doi: 10.1111/jon.12322. PMID: 26686547
- Vaiman M., Sigal T., Kiniagar I., Bekerman I. Intracranial Pressure Assessment in Traumatic Head Injury with Hemorrhage Via Optic Nerve Sheath Diameter. J Neurotrauma. 2016;33(23):2147–2153. Doi: 10.1089/neu.2015.4293. PMID: 27048793
- Sekhon M. S., Griesdale D. E., Robba C., McGlashan N., Needham E., Walland K., Shook A. C., Smielewski P., Czosnyka M., Gupta A. K., Menon D. K. Optic nerve sheath diameter on computed tomography is correlated with simultaneously measured intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury. Intensive Care Med. 2014;40(9):1267–1274. Doi: 10.1007/s00134-014-3392-7. PMID: 25034476.
- Туркин А. М., Ошоров А. В., Погосян Э. Л. и др. Корреляция внутричерепного давления и диаметра

- оболочки зрительного нерва по данным компьютерной томографии при тяжелой черепно-мозговой травме // Вопросы нейрохирургии: Журн. им. Н. Н. Бурденко. 2017. Т. 81, № 6. С. 81–88. [Turkin A. M., Oshorov A. V., Pogosbekyan E. L., Smirnov A. S., Dmitrieva A. S. Correlation of intracranial pressure and diameter of the sheath of the optic nerve by computed tomography in severe traumatic brain injury. Voprosy Neirokhirurgii: Zhurnal Imeni N.N. Burdenko. 2017;81(6):81–88. (In Russ.)]. Doi: doi.org/10.17116/neiro201781681-88.
9. Hutchinson P. J., Koliass A. G., Tajsic T., Adeleye A., Aklilu A. T., Apriawan T., Bajamal A. H., Barthélémy E. J., Devi B. I., Bhat D., Bulters D., Chesnut R., Citerio G., Cooper D. J., Czosnyka M., Edem I., El-Ghandour N. M. F., Figaji A., Fountas K. N., Gallagher C., Hawryluk G. W. J., Iaccarino C., Joseph M., Khan T., Laeke T., Levchenko O., Liu B., Liu W., Maas A., Manley G. T., Manson P., Mazzeo A. T., Menon D. K., Michael D. B., Muehlschlegel S., Okonkwo D. O., Park K. B., Rosenfeld J. V., Rousseau G., Rubiano A. M., Shabani H. K., Stocchetti N., Timmons S. D., Timofeev I., Uff C., Ullman J. S., Valadka A., Waran V., Wells A., Wilson M. H., Servadei F. Consensus statement from the International Consensus Meeting on the Role of Decompressive Craniectomy in the Management of Traumatic Brain Injury: Consensus statement. Acta Neurochir (Wien). 2019;161(7):1261–1274. Doi: [10.1007/s00701-019-03936-y](https://doi.org/10.1007/s00701-019-03936-y). PMID: 31134383; PMCID: PMC6581926.
10. Hutchinson P. J., Koliass A. G., Timofeev I. S. et al. Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension. N Engl J Med. 2016;375(12):1119–1130. Doi: [10.1056/NEJMoa1605215](https://doi.org/10.1056/NEJMoa1605215).
11. Декомпрессивная трепанация черепа у больных с внутричерепным кровоизлиянием аневризматического генеза / А. Н. Коновалов, О. Б. Белоусова, Ю. В. Пилипенко // Вопросы нейрохирургии: Журн. им. Н. Н. Бурденко. 2016. Т. 80, № 5. С. 144–150. [Konovalov A. N., Belousova O. B., Pilipenko Yu. V. Decompressive craniotomy in patients with intracranial aneurysmal hemorrhage. Voprosy Neirokhirurgii: Zhurnal Imeni N. N. Burdenko. 2016;80(5):144–150. (In Russ.)]. Doi: doi.org/10.17116/neiro2016805144-150.
12. Cooper D. J., Rosenfeld J. V., Murray L., Arabi Y. M., Davies A. R., Ponsford J., Seppelt I., Reilly P., Wiegers E., Wolfe R. DECRA Trial Investigators and the Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group. Patient Outcomes at Twelve Months after Early Decompressive Craniectomy for Diffuse Traumatic Brain Injury in the Randomized DECRA Clinical Trial. J Neurotrauma. 2020;37(5):810–816. Doi: [10.1089/neu.2019.6869](https://doi.org/10.1089/neu.2019.6869). PMID: 32027212; PMCID: PMC7071071.
13. Джинджихадзе Р. С., Древаль О. Н., Лазарев В. А. Декомпрессивная краниэктомия при внутричерепной гипертензии: учеб. пособие / ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования». М.: ГБОУ ДПО РМАПО, 2013. 150 с. [Jinjikhadze R. S., Dreval O. N., Lazarev V. A. Decompresive craniectomy for intracranial hypertension: textbook; SBEI DPO «Russian Medical Academy of Postgraduate Education». Moscow: SBEI DPO RMAPO; 2013. 150 p.
14. Vaiman M., Gottlieb P., Bekerman I. Quantitative relations between the eyeball, the optic nerve, and the optic canal important for intracranial pressure monitoring. Head Face Med. 2014;10(10):32. Doi: [10.1186/1746-160X-10-32](https://doi.org/10.1186/1746-160X-10-32). PMID: 25130267; PMCID: PMC4141911.

Сведения об авторах

Карина Рубеновна Мурадян – врач – анестезиолог-реаниматолог Отделения нейрореанимации Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

Андрей Васильевич Ошоров – доктор медицинских наук, врач – анестезиолог-реаниматолог Отделения нейрореанимации, доцент кафедры нейрохирургии с курсами нейронаук Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

Александр Мирович Туркин – кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, старший научный сотрудник Отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

Иван Анатольевич Савин – доктор медицинских наук, врач – анестезиолог-реаниматолог, заведующий Отделением нейрореанимации, ведущий научный сотрудник, профессор кафедры нейрохирургии с курсами нейронаук Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

тельского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

Юлия Владимировна Струнина – ведущий инженер лаборатории биомедицинской информатики и искусственного интеллекта (Институт нейронаук и технологий) Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

Глеб Валерьевич Данилов – кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург, научный секретарь, доцент кафедры нейрохирургии с курсами нейронаук Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия);

Александр Дмитриевич Кравчук – доктор медицинских наук, профессор, врач-нейрохирург, заведующий 9-м нейрохирургическим отделением (черепно-мозговая травма), ведущий научный сотрудник, профессор кафедры нейрохирургии с курсами нейронаук Национального медицинского исследовательского центра нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко (Москва, Россия).

Information about the authors

Karina R. Muradyan – Anesthesiologist-Resuscitator of the Neuroreanimation Department, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia);

Andrey V. Oshorov – Dr. of Sci. (Med.), Anesthesiologist-Resuscitator of the Neuroresuscitation Department, Associate Professor of the Department of Neurosurgery with Neuroscience Courses, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia);

Alexander M. Turkin – Cand. of Sci. (Med.), Radiologist, Senior Researcher Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia);

Ivan A. Savin – Dr. of Sci. (Med.), Anesthesiologist-Resuscitator, Head at the Department of Neuroreanimation, Leading Researcher, Professor at the Department of Neurosurgery with Neuroscience Courses, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia);

Yulia V. Strunina – Leading Engineer at the Laboratory of Biomedical Informatics and Artificial Intelligence (Institute of Neurosciences and Technologies), N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia);

Gleb V. Danilov – Cand. of Sci. (Med.), Neurosurgeon, Scientific Secretary, Associate Professor at the Department of Neurosurgery with Neuroscience Courses,

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia);

Alexander D. Kravchuk – Dr. of Sci. (Med.), Professor, Neurosurgeon, Head at the 9th Neurosurgical Department (Traumatic Brain Injury), Leading Researcher, Professor at the Department of Neurosurgery with Neuroscience Courses, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery (Moscow, Russia).

Принята к публикации 26.08.2024

Accepted 26.08.2024