

# ДИССЕКЦИЯ БАЗАЛЬНЫХ ЦИСТЕРН В ЛЕЧЕНИИ ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

А.В. Станишевский, К.Н. Бабичев, Ш.Х. Гизатуллин, Д.В. Свистов, И.Е. Онницев, Д.В. Давыдов

ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России; Россия, 105094 Москва, Госпитальная пл., 3

**Контакты:** Артём Вадимович Станишевский [a-stan@mail.ru](mailto:a-stan@mail.ru)

**Введение.** По данным ВОЗ, тяжелая черепно-мозговая травма входит в десятку лидирующих причин смертности во всем мире. Несмотря на многовековую историю разработки методов оказания помощи пострадавшим с черепно-мозговой травмой, результаты лечения, по данным крупных рандомизированных исследований, остаются неудовлетворительными: летальный исход и тяжелая инвалидизация наблюдаются более чем у 50 % пострадавших. Некоторые экспериментальные исследования указывают, что декомпрессивная трепанация черепа может усугублять выраженность отека головного мозга (ГМ) за счет создания условий для тракции нервных волокон и приводить к геморрагической трансформации очагов ушиба и ишемии. В последнее десятилетие экспериментальные исследования и технологический прогресс существенно расширили понимание нормальной и патологической физиологии ГМ и позволили разработать новые методики хирургических вмешательств. В частности, в ряде публикаций показаны значительные преимущества диссекции арахноидальных пространств основания ГМ при тяжелой черепно-мозговой травме по сравнению с классической декомпрессивной трепанацией черепа.

**Цель работы** – анализ данных литературы о патофизиологическом обосновании, технике выполнения, результатах использования диссекции арахноидальных пространств основания ГМ при тяжелой черепно-мозговой травме, преимуществах и недостатках метода по сравнению со стандартными методиками лечения таких пострадавших.

**Материалы и методы.** Проведен поиск научных публикаций в основных базах данных. Проанализированы методики вскрытия базальных субарахноидальных пространств при тяжелой черепно-мозговой травме, патофизиологическое обоснование и техники выполнения, результаты клинических исследований применения методик.

**Результаты.** Найдены, систематизированы и проанализированы сведения о патогенезе отека ГМ и патофизиологическом обосновании эффективности вскрытия цистерн основания ГМ в лечении черепно-мозговой травмы, а также о технике выполнения цистернотомии и результатах клинических исследований ее применения. Публикации отдельных клинических случаев и серий наблюдений свидетельствуют о приемлемых результатах цистернотомии по сравнению с декомпрессивной трепанацией черепа в лечении черепно-мозговой травмы.

**Заключение.** Диссекция арахноидальных пространств основания ГМ с перфорацией терминальной пластинки и мембраны Лилиеквиста – перспективный метод хирургического лечения тяжелой черепно-мозговой травмы.

**Ключевые слова:** черепно-мозговая травма, декомпрессивная трепанация черепа, цистернотомия, отек ГМ, внутричерепное давление

**Для цитирования:** Станишевский А.В., Бабичев К.Н., Гизатуллин Ш.Х. и др. Диссекция базальных цистерн в лечении тяжелой черепно-мозговой травмы. Нейрохирургия 2022;24(4):111–7. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-111-117

## Dissection of basal cisterns for treatment of severe traumatic brain injury

A. V. Stanishevskiy, K. N. Babichev, Sh. Kh. Gizatullin, D. V. Svistov, I. E. Onnitsev, D. V. Davydov

Main Military Clinical Hospital named after Academician N. N. Burdenko, Ministry of Defense of Russia; 3 Gospitalnaya Sq., Moscow 105094, Russia

**Contacts:** Artem Vadimovich Stanishevskiy [a-stan@mail.ru](mailto:a-stan@mail.ru)

**Background.** According to WHO, severe traumatic brain injury is among the top ten leading causes of death worldwide. Despite the centuries-old history of development of the treatment methods to patients with traumatic brain injury their results according to large randomized studies remain unsatisfactory – mortality and severe disability are observed in more than 50 % of patients. Some experimental studies indicate that decompressive craniectomy can aggravate the severity of cerebral edema by creating conditions for traction of nerve fibers and can lead to hemorrhagic transformation of injury foci and ischemia. During the last decade, experimental studies and technological progress have significantly expanded the understanding of brain normal and pathological physiology and made it possible to develop new methods of surgical interventions. In particular, a number of publications have shown significant advantages of dissection

of arachnoid spaces of brain base in case of severe traumatic brain injury as compared with classical decompressive craniectomy.

**Aim.** To analyze the literature data on pathophysiological justification, surgery technique and results of dissection of arachnoid spaces of the brain base in case of severe traumatic brain injury as well as the advantages and disadvantages of the method as compared with standard treatment methods of such patients.

**Materials and methods.** Literature search through in the main databases was carried out. The methods of opening of basal subarachnoid spaces in case of severe traumatic brain injury, pathophysiological justification and surgery techniques as well as results of clinical studies of the techniques employed are analyzed.

**Results.** Information on pathogenesis of cerebral edema and pathophysiological justification of effectiveness of opening of brain base cisterns for treatment of traumatic brain injury, data on cisternostomy surgery technique and results were revealed, systematized and analyzed. Publications of individual clinical cases and series of observations indicate acceptable results of cisternostomy in comparison with decompressive craniectomy for treatment of traumatic brain injury.

**Conclusions.** Dissection of arachnoid spaces of the brain base with perforation of the terminal plate and the Lilliequist membrane is a promising method of surgical treatment of severe traumatic brain injury.

**Keywords:** traumatic brain injury, decompressive craniectomy, cisternostomy, cerebral edema, intracranial pressure

**For citation:** Stanishevskiy A.V., Babichev K.N., Gizatullin Sh.Kh. et al. Dissection of basal cisterns for treatment of severe traumatic brain injury. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(4):111–7. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-4-111-117

## ВВЕДЕНИЕ

О пользе выполнения трепанации черепа при ряде форм черепно-мозговой травмы (ЧМТ) известно с древнейших времен [1]. Методика декомпрессивной трепанации черепа (ДКТЧ), предложенная Т. Kocher (1901) [2, 3], используется в настоящее время при лечении пострадавших с ЧМТ в практически неизменном виде. Вместе с тем крупные исследования (DECRA – Decompressive Craniectomy, RESCUE1cp – Randomized Evaluation of Surgery with Craniotomy for Uncontrollable Elevation of intracranial pressure) показали сопоставимые результаты ДКТЧ и консервативного лечения тяжелой ЧМТ [4]. Некоторые экспериментальные исследования указывают, что ДКТЧ может усугублять выраженность отека головного мозга (ГМ) за счет создания условий для тракции нервных волокон и приводить к геморрагической трансформации очагов ушиба и ишемии [5, 6]. Низкая эффективность существующих подходов [7, 8], прогресс в понимании микрохирургической анатомии, новые сведения о физиологии ГМ [9] и развитие методов микрохирургии и хирургии основания черепа привели к поиску новых способов хирургического лечения пациентов с тяжелой ЧМТ. Одним из таких способов стала широкая диссекция цистерн – цистерностомия (ЦСт) основания ГМ.

**Цель исследования** – анализ данных литературы о патофизиологическом обосновании, технике выполнения и результатах проведения диссекции арахноидальных пространств основания ГМ при тяжелой ЧМТ, а также о преимуществах и недостатках этого метода перед стандартными при лечении пострадавших с тяжелой ЧМТ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для составления обзора проведен поиск в базах данных eLIBRARY, PubMed, Google Scholar, Cochrane,

Medline и Web of Science по ключевым словам: *черепно-мозговая травма, ЧМТ, декомпрессивная трепанация черепа, ДКТЧ, цистерностомия, отек головного мозга, внутричерепное давление (ВЧД)*. Проведен анализ сведений о методике вскрытия базальных субарахноидальных пространств (САП) при тяжелой ЧМТ, ее предпосылках, патофизиологическом обосновании и технике выполнения, а также о результатах клинических исследований применения методики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Гипотеза о дренировании ликвора путем вскрытия САП для лечения ЧМТ выдвинута I. Cherian и соавт. (2013) [10]. Предложенная гипотеза основывается на представлениях о роли глиолимфатической системы, открытой в 2012 г., в церебральной ликвородинамике и обмене жидкости в ГМ. Позже I. Cherian и соавт., а также N. Goyal, P. Kumar [11] развили идеи о патофизиологии отека ГМ при ЧМТ, добавив к существующим концепциям цитотоксического и вазогенного типов отека ГМ новый тип – отек, связанный с перераспределением цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) (англ. CSF-shift edema). Сущность идеи состоит в том, что субарахноидальное кровоизлияние, почти всегда возникающее при тяжелой ЧМТ, вызывает резкий подъем давления в САП, в результате ликвор из САП по градиенту давления распространяется в пространства Вирхова–Робина и далее, в межклеточное пространство паренхимы ГМ. Помимо прямого увеличения содержания жидкости в межклеточном пространстве, это ведет к нарушению функционирования глиолимфатической системы ГМ – ее функционирование при ЧМТ в эксперименте снижается на 60 % [12], к накоплению в ткани ГМ лактата, токсичных продуктов обмена, свободных радикалов и др.

### Патогенез отека головного мозга и патофизиологическое обоснование эффективности вскрытия цистерн основания головного мозга

Процессы, развивающиеся при ЧМТ:

- 1) первичное повреждение (очаговое или диффузное) вещества ГМ, которое обуславливает мгновенно возникающий в момент травмы неврологический дефицит — не представляет перспектив для лечебного воздействия;
- 2) вторичное повреждение (отек ГМ, подъем ВЧД, ишемия вещества ГМ), которое вызывает отсроченный неврологический дефицит (как правило, гораздо более выраженный, чем при первичном повреждении), создает непосредственную угрозу жизни пострадавшего и вместе с тем служит основной точкой приложения лечебного воздействия.

Согласно I. Cheriai и соавт. (2018) [13], патогенез отека ГМ при ЧМТ представлен следующими 3 фазами:

Повреждение → Цитотоксический отек →  
→ Вазогенный отек

На обмен жидкости между компартментами ГМ оказывают влияние преимущественно 2 действующие силы: градиенты гидростатического и осмотического давления. При этом в норме за счет наличия плотных контактов клеток гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) транспорт ионов хорошо регулируется, и градиент осмотического давления служит основной действующей силой обмена жидкости. При ЧМТ структура ГЭБ нарушается и роль градиента гидростатического давления в формировании отека возрастает.

При повреждении клеток в них нарушается выработка аденозинтрифосфата (АТФ), это приводит к прекращению работы ионных насосов, и ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  из межклеточного пространства попадают в клетки, обеспечивая осмотический градиент, по которому внутрь клеток проникает вода. Таким образом, цитотоксический отек создает предпосылки для развития ионного и вазогенного отеков, так как формируется новый осмотический градиент — между межклеточным пространством (из которого ионы проникли внутрь клеток) и просветом капилляров, отделенных от него ГЭБ.

### Фазы вазогенного отека

Нарушение проницаемости ГЭБ ведет к формированию вазогенного отека, который, в свою очередь, состоит из 3 последовательно развивающихся фаз:

Ионный отек → Собственно вазогенный отек →  
Геморрагическая трансформация

Скорость смены фаз и само развитие очередной фазы зависят от выраженности и длительности существования тканевой гипоксии.

*Ионный отек.* Сущность его заключается в проникновении ионов  $\text{Na}^+$  из просвета сосудов обратно, в межклеточное пространство (из него ионы  $\text{Na}^+$  ранее поступили в клетки в фазу цитотоксического отека), через эндотелиоциты, страдающие от гипоксии и потому не способные регулировать трансмембранный перенос ионов. На этой стадии целостность ГЭБ еще не нарушена и макромолекулы не покидают просвета сосудов, а формирование отека обусловлено только наличием осмотического градиента.

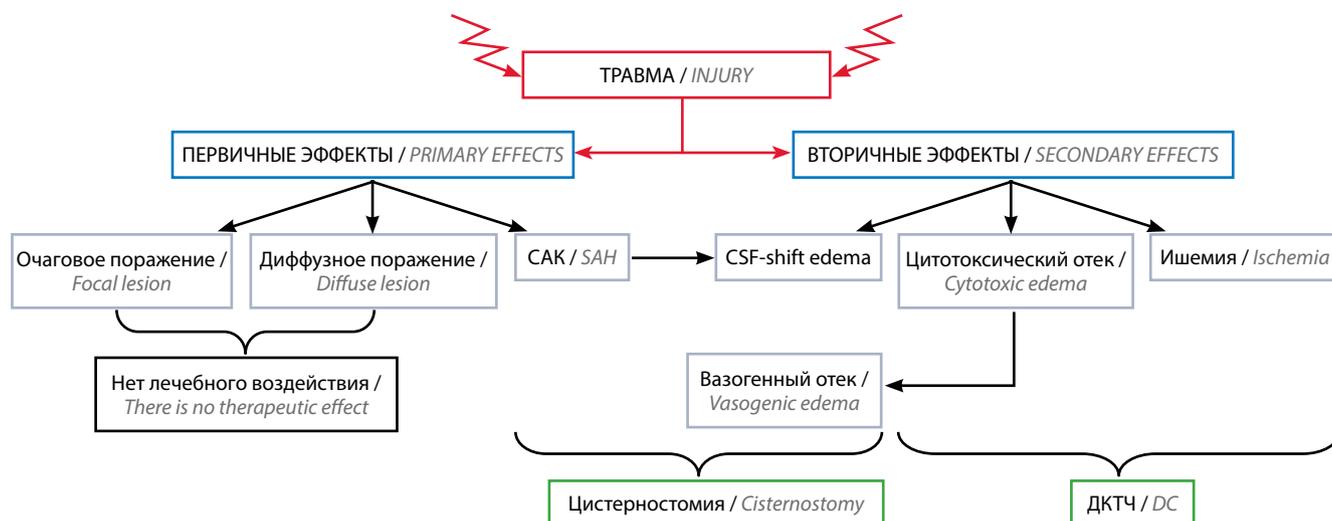
*Собственно вазогенный отек.* Эта, вторая, стадия развивается при нарушении целостности ГЭБ за счет проникновения в межклеточное пространство онкотически активных белков плазмы. Кроме того, при ЧМТ структура ГЭБ нарушается таким образом, что капилляры ГМ функционируют как фенестрированные, при этом в формировании отека начинает играть роль гидростатический градиент. Исходя из механики патогенеза (I. Cheriai и соавт.), следует, что ДКТЧ необходимо выполнять в фазе ионного отека, так как снижение давления в межклеточном пространстве после ДКТЧ в фазе вазогенного отека может увеличить градиент гидростатического давления.

*Геморрагическая трансформация.* Происходит при полном нарушении целостности ГЭБ, которое и приводит к выходу форменных элементов крови из контузионного очага.

Накопление воды в межклеточном пространстве затрудняет транспорт кислорода, нутриентов и токсинов между клетками и кровеносными сосудами. В дополнение к описанным патофизиологическим изменениям: при ЧМТ нарушается функционирование глиолимфатической системы [12], обеспечивающей клиренс токсинов из межклеточного пространства [14].

*Отек, связанный с перераспределением цереброспинальной жидкости.* Дополнительный механизм формирования при ЧМТ отека ГМ, который возникает вследствие перемещения воды из САП в межклеточное пространство по градиенту давления через параваскулярные пространства, так как давление в САП при травме возрастает из-за кровоизлияний [15, 16]. Для лечебного воздействия на этот вид отека I. Cheriai и соавт. (2016) предложили выполнение ЦСт [17]. По мнению авторов методики, широкое вскрытие САП при ЧМТ позволяет не только эвакуировать из межклеточного пространства лишнюю жидкость через пространство Вирхова—Робина, сообщающиеся с САП, но и создать благоприятные условия для элиминации из очагов ушиба избытков лактата, токсичных продуктов обмена, свободных радикалов, нейротрансмиттеров, обладающих эксайтотоксичностью, и других веществ, усугубляющих повреждение клеток, активирующих провоспалительные каскады и механизмы апоптоза (см. рисунок).

Для проверки гипотезы о патогенезе отека ГМ, связанного с перераспределением ЦСЖ, N. Goyal



Компоненты патогенеза черепно-мозговой травмы с точками приложения хирургических вмешательств. САК – субарахноидальное кровоизлияние; CSF-shift edema – отек, связанный с перераспределением цереброспинальной жидкости; ДКТЧ – декомпрессионная трепанация черепа

Components of pathogenesis of traumatic brain injury with end-points of surgical interventions. SAH – subarachnoid hemorrhage; CSF-shift edema – edema associated with redistribution of cerebrospinal fluid; DC – decompressive craniectomy

и Р. Kumar (2021) провели клиническое исследование. Девяти пациентам выполнена ДКТЧ в сочетании с ЦСт. Интраоперационно устанавливались датчики ВЧД: паренхиматозный и в межножковую цистерну. Авторами отмечено, что в результате такого вмешательства состояние пациентов клинически улучшилось; также выявлено, что при снижении ВЧД в цистернах основания ГМ паренхиматозный датчик показывал снижение ВЧД [11].

#### Техника выполнения цистерностомии

Выполнение ЦСт в остром периоде ЧМТ стало возможным благодаря развитию микрохирургической техники и краниобазальных доступов. Подробно техника выполнения ЦСт при ЧМТ описана I. Cherian и соавт. (2016) [17]. Положение пациента – на спине с поворотом головы в контралатеральную сторону на 15° и жесткой фиксации. После лобно-височной краниотомии выполняется рассечение лобно-височной связки – волокон твердой мозговой оболочки (ТМО), соединяющих листки оболочки, покрывающие основание лобной и полюс височной долей. В результате становится возможным экстрадуральный подход к переднему наклоненному отростку и его безопасная резекция кусачками. После диссекции ТМО височной доли от боковой стенки кавернозного синуса открывается доступ к основанию лобной доли. ТМО вскрывается базально, небольшим разрезом, препятствующим пролабированию отеочного вещества ГМ. При выраженном отеке, препятствующем субфронтальному подходу к цистернам основания, допускается резекция полюса височной доли [18]. Умеренная тракция лобной доли позволяет достичь и вскрыть интраоптическую цистерну, из которой, как правило, поступает значительное количество ликвора, содержащего свер-

тки крови. При существенном подъеме ВЧД может наблюдаться выпячивание вещества мозга в разрез ТМО, однако довольно скоро эвакуация ЦСЖ из интраоптической цистерны позволяет достигнуть релапса мозга и обеспечить подход к оптико-каротидному промежутку, при вскрытии которого также наблюдается эвакуация ликвора и свертков крови. Следующий этап – вскрытие мембраны Лилиеквиста, препонтиной и межножковой цистерн. Для этого можно двигаться вдоль глазодвигательного нерва или задней соединительной артерии до достижения развилки основной артерии. В некоторых случаях для доступа к мембране Лилиеквиста необходимо при помощи бора резецировать задний наклоненный отросток в пространстве между внутренней сонной артерией и глазодвигательным нервом. После вскрытия цистерн дополнительно можно выполнить перфорацию терминальной пластинки и эвакуацию ликвора из полости желудочков. После вскрытия препонтиной и межножковой цистерн их омывают физиологическим раствором, в межножковую цистерну устанавливают вентрикулярный катетер, через который идет продленное (до 5 дней) дренирование ликвора из цистерн основания и может проводиться мониторинг ВЧД.

#### Результаты применения цистерностомии (клинические исследования)

Первое исследование, демонстрирующее эффективность ЦСт для лечения тяжелой ЧМТ, опубликовано I. Cherian и соавт. (2013). Представлен опыт лечения 1032 пациентов с тяжелой ЧМТ: у 284 – выполнена стандартная ДКТЧ; у 272 – ДКТЧ дополнена ЦСт; у 476 – ЦСт выполнена как самостоятельный метод лечения. Анализ результатов показал, что группа больных с тяжелой ЧМТ, которым выполнялась только ЦСт,

характеризуется наименьшей летальностью – 15,6 % (только ДКТЧ – 34,8 %, ДКТЧ совместно с ЦСт – 26,4 %) и лучшими показателями шкалы исходов Глазго (2,8; 3,7; 3,9 соответственно) [10]. Авторы отмечают, что ЦСт наиболее эффективна у пациентов с крупными острыми субдуральными гематомами с латеральной дислокацией 1 см и более; при массивных контузионных очагах, вызывающих развитие отека ГМ и стойкую внутричерепную гипертензию. Длительность процедуры (от момента вскрытия ТМО) составляла 10–20 мин.

В 2021 г. J. K. V. S. Parthiban и соавт. проанализировали исходы лечения 40 пациентов с тяжелой ЧМТ, которым выполнялись: ДКТЧ в сочетании с ЦСт по стандартной методике; ЦСт без ДКТЧ. Получены хорошие результаты: летальность составила 6,8 %; удовлетворительное восстановление отмечено в 72,7 % случаев при ДКТЧ в сочетании с ЦСт, 77,8 % – при ДКТЧ + ЦСт [19].

Об успешном лечении внутричерепной гипертензии при помощи ЦСт сообщили L. Giammattei и соавт. (2018) [20], причем именно вскрытие мембраны Лилиеквиста привело к резкому снижению ВЧД, которого не удавалось достичь другими методами (консервативное лечение, трепанация, удаление субдуральной гематомы). По результатам церебральной оксиметрии и микродиализа в представленном клиническом наблюдении продемонстрировано существенное возрастание церебральной оксигенации и метаболизма сразу после выполнения ЦСт.

M. S. Masoudi и соавт. (2016) [21] также представили клиническое наблюдение успешного лечения (ЦСт) пациента с тяжелой ЧМТ: ушиб ГМ тяжелой степени с формированием крупного контузионного очага I типа в лобной доле с выраженным отеком вещества ГМ и угнетением сознания до глубокой комы (6 баллов по шкале комы Глазго). Особенность данного клинического случая – ограниченное (по сравнению с методикой I. Chelian) вскрытие базальных цистерн: авторы не выполняли тривентрикулостомию и перфорацию мембраны Лилиеквиста. Несмотря на это, уже после вскрытия цистерн в оптико-каротидном промежутке отмечено интенсивное поступление ЦСЖ и релаксация вещества ГМ, позволившая выполнить первичную краниопластику. Авторы отмечают, что подъемов ВЧД свыше 20 мм рт. ст. после ЦСт не происходило, а в неврологическом статусе пациента спустя 5 дней после операции наступили существенные изменения – сознание восстановилось до ясного. Через 3 мес после выписки состояние пациента соответствовало 4 баллам по шкале исходов Глазго.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Разработка методики диссекции арахноидальных пространств основания ГМ применительно к хирургическому лечению тяжелой ЧМТ стала возможной благодаря 3 предпосылкам, послужившим толчком

к развитию новых методов хирургического лечения тяжелой ЧМТ.

1. *Имелись в целом неудовлетворительные результаты лечения тяжелой черепно-мозговой травмы.* Так, согласно наиболее крупным рандомизированным исследованиям – DECRA и RESCUEicp, летальность от тяжелой ЧМТ, сопровождающейся внутричерепной гипертензией, резистентной к медикаментозному лечению, достигает 27 %; у 8,5 % пациентов развивается стойкое вегетативное состояние; у 22 % – формируется тяжелый, инвалидизирующий неврологический дефицит. Практический результат исследований – изменение представлений о роли ДКТЧ в лечении ЧМТ: выполнение ДКТЧ перестало быть методом выбора в лечении пострадавших, став методом отчаяния, применяющимся при исчерпании резервов консервативных и менее инвазивных хирургических способов контроля ВЧД. Установка наружного вентрикулярного дренажа при тяжелой ЧМТ для дренирования ликвора и обеспечения внутренней декомпрессии оправдана (III уровень доказательств) [22–24], однако в исследовании I. Timofeev и соавт. показано, что у половины пациентов, которым для контроля ВЧД при тяжелой ЧМТ выполнялось наружное вентрикулярное дренирование, после быстрого снижения ВЧД наступал его подъем, превышающий 20 мм рт. ст. [25]. При этом развивался коллапс боковых желудочков с полным прекращением поступления ликвора по дренажу, оценка ВЧД на основании ликворного давления становилась невозможной, хирургам приходилось возвращаться к вопросу о выполнении ДКТЧ. Кроме того, экспериментальные данные J. J. Iliff и соавт. показывают, что межклеточное пространство ГМ гораздо шире сообщается с цистернами основания, чем с полостью желудочков [9]. Патологически (с учетом концепции отека ГМ, связанного с перераспределением ЦСЖ) выполнение ЦСт представляется более обоснованным, чем дренирование ликвора из желудочков мозга. Перечисленные обстоятельства в сочетании со сложностью пункции желудочков на фоне диффузного отека вещества ГМ обуславливают преимущества ЦСт перед наружным дренированием ликвора для хирургической коррекции ВЧД.

2. *Изменение представлений о физиологии ликворобращения и патогенетических механизмах отека головного мозга.* Основополагающее значение имеют фундаментальные экспериментальные работы J. J. Iliff и соавт. [9, 12], послужившие началом для эволюции представлений о функционировании глиолимфатической системы и ее роли в развитии отека ГМ при ЧМТ. В частности, на этих представлениях основана концепция отека ГМ, связанного с перераспределением ЦСЖ, которая стала патологическим обоснованием для применения ЦСт в лечении пострадавших с тяжелой ЧМТ. Концепция глиолимфатической системы позволяет объяснить, помимо лечения тяжелой

ЧМТ, патогенез ряда последствий такой травмы и предложить патофизиологически обоснованные методики их лечения. К настоящему времени разработаны методы диагностики нарушений работы глиолимфатической системы *in vivo*, например глиолимфатическая МРТ [26], роль которой в диагностике ЧМТ должна стать предметом будущих исследований.

3. *Развитие знаний, технологий и опыта.* Постепенно произошло накопление знаний в области микрохирургической анатомии арахноидальных пространств, развитие сосудистой микрохирургии и хирургии основания черепа, оснащение нейрохирургических операционных микроскопами, микрохирургическими инструментами и моторными системами, а также накопление нейрохирургами опыта в выполнении краниобазальных доступов. Методика вскрытия арахноидальных пространств, предложенная I. Cheriau для лечения пациентов с ЧМТ, существенно не отличается от таковой при хирургии аневризм в остром периоде кровоизлияния. Единственное отличие – область и размер разреза ТМО: при выполнении ЦСт нет необходимости в выделении церебральных артерий и купола аневризмы, поэтому разрез ТМО выполняется базально и делается минимально возможным по размеру, чтобы обеспечить необходимые манипуляции и при этом предотвратить пролабирование вещества ГМ.

Анализ данных литературы показал, что выполнение ЦСт – перспективный метод лечения пострадавших с тяжелой ЧМТ. Действительно, ЦСт позволяет снизить степень хирургической агрессии, установка дренажа в межножковую цистерну обеспечивает дренирование ликвора и возможность для контроля ВЧД в послеоперационном периоде, а фиксация костного лоскута при эффективном снижении ВЧД избавляет от необходимости выполнения краниопластики, развития синдрома трепанированного черепа, забот по сохранению костного лоскута и связанных со всем перечисленным осложнений. Следует отметить, что раз-

нообразные осложнения краниопластики развиваются с частотой от 10 до 40 %, по данным Y.J. Cho и S.H. Kang (2017) [27].

На сегодняшний день данных о безопасности и эффективности ЦСт у пациентов с тяжелой ЧМТ недостаточно для того, чтобы эта методика полностью заменила ДКТЧ. Несмотря на публикацию отдельных клинических случаев и серий наблюдений эффективного применения ЦСт, рандомизированные контролируемые исследования, доказывающие эффективность данной методики, не проводились [19], поэтому ЦСт может выполняться только в качестве дополнения к стандартной ДКТЧ у отдельных групп пациентов. На сегодняшний день недостаточно данных о том, при каких именно формах тяжелой ЧМТ предпочтительно выполнение ЦСт. Кроме того, ДКТЧ в значительной доле случаев выполняется в вечернее и ночное время в условиях urgentных операционных, не всегда оснащенных операционными микроскопами и микрохирургическим инструментарием, при этом не все нейрохирурги, оказывающие помощь пациентам с ЧМТ, владеют методиками микрохирургии и хирургии основания черепа. До разрешения всех этих проблем включение ЦСт в алгоритм оказания помощи пациентам с тяжелой ЧМТ будет преждевременным [28].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным литературы, диссекция арахноидальных пространств основания ГМ с перфорацией терминальной пластинки и мембраны Лиликвиста служит перспективным методом хирургического лечения тяжелой ЧМТ. Публикации отдельных клинических случаев и серий наблюдений свидетельствуют о лучших результатах ЦСт по сравнению с ДКТЧ в лечении ЧМТ. Для проверки этих фактов и определения места ЦСт в алгоритме лечения таких травм необходимо проведение крупных рандомизированных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме: В 3 т. / Под ред. А.Н. Коновалова, Л.Б. Лихтермана, А.А. Потапова. М., 1998–2001.  
Clinical guidelines on traumatic brain injury: in 3 vol. Ed. by A.N. Kononov, L.B. Likhterman, A.A. Potapov. Moscow, 1998–2001.
2. Giammattei L., Messerer M., Cheriau I. et al. Current perspectives in the surgical treatment of severe traumatic brain injury. *World Neurosurg* 2018;116:322–8. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.05.176
3. Kocher T. Hirnerschütterung, Hirndruck und chirurgische Eingriffe bei Hirnerkrankungen. In: Spezielle Pathologie und Therapie. Ed. by H. Nothnagel. Wien: A Hölder, 1901. Pt. 3: 81e290. Pp. 325e367. (In Germ.)
4. 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):1119–30. DOI: 10.1056/NEJMoa1605215
5. von Holst H., Li X., Kleiven S. Increased strain levels and water content in brain tissue after decompressive craniotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 2012;154:1583–93. DOI: 10.1007/s00701-012-1393-2
6. Szczygielski J., Mautes A.E., Muller A. et al. Decompressive craniectomy increases brain lesion volume and exacerbates functional impairment in closed head injury in mice. *J Neurotrauma* 2016;33(1):122–31. DOI: 10.1089/neu.2014.3835
7. Cooper D.J., Rosenfeld J.V., Murray L. et al. Decompressive craniectomy in diffuse traumatic brain injury. *N Engl J Med* 2011;364(16):1493–502. DOI: 10.1056/NEJMoa1102077
8. Barthelemy E.J., Melis M., Gordon E. et al. Decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury: a systematic review. *World Neurosurg* 2016;88:411–20. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.12.044
9. Iliff J.J., Wang M., Liao Y. et al. A paravascular pathway facilitates CSF flow through the brain parenchyma and the clearance

- of interstitial solutes, including amyloid  $\beta$ . *Sci Transl Med* 2012;4(147):147ra111. DOI: 10.1126/scitranslmed.3003748
10. Cherian I., Yi G., Munakomi S. Cisternostomy: replacing the age old decompressive hemicraniectomy? *Asian J Neurosurg* 2013;8(3):132–8. DOI: 10.4103/1793-5482.121684
  11. Goyal N., Kumar P. Putting ‘CSF-Shift Edema’ hypothesis to test: comparing cisternal and parenchymal pressures after basal cisternostomy for head injury. *World Neurosurg* 2021;148:e252–63. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.12.133
  12. Iliff J.J., Chen M.J., Plog B.A. et al. Impairment of glymphatic pathway function promotes tau pathology after traumatic brain injury. *J Neurosci* 2014;34(49):16180–93. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3020-14.2014
  13. Cherian I., Beltran M., Landi A. et al. Introducing the concept of ‘CSF-shift edema’ in traumatic brain injury. *J Neurosci Res* 2018;96(4):744–52. DOI: 10.1002/jnr.24145
  14. Ren Z., Iliff J.J., Yang L. et al. ‘Hit & Run’ model of closed-skull traumatic brain injury (TBI) reveals complex patterns of post-traumatic AQP4 dysregulation. *J Cereb Blood Flow Metab* 2013;33(6):834–45. DOI: 10.1038/jcbfm.2013.30
  15. Xie L., Kang H., Xu Q. et al. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science* 2013;342(6156):373–7. DOI: 10.1126/science.1241224
  16. Yang L., Kress B.T., Weber H.J. Evaluating glymphatic pathway function utilizing clinically relevant intrathecal infusion of CSF tracer. *J Trans Med* 2013;11:107. DOI: 10.1186/1479-5876-11-107
  17. Cherian I., Grasso G., Bernardo A., Munakomi S. Anatomy and physiology of cisternostomy. *Chin J Traumatol* 2016;19(1):7–10. DOI: 10.1016/j.cjtee.2016.01.003
  18. Oncel D., Demetriades D., Gruen P. et al. Brain lobectomy for severe head injuries is not a hopeless procedure. *J Trauma* 2007;63(5):1010–3. DOI: 10.1097/TA.0b013e318156ee64
  19. Parthiban J.K.B.C., Sundaramahalingam S., Rao J.B. et al. Basal cisternostomy – a microsurgical cerebro spinal fluid let out procedure and treatment option in the management of traumatic brain injury. Analysis of 40 consecutive head injury patients operated with and without bone flap replacement following cisternostomy in a Tertiary Care Centre in India. *Neurol India* 2021;69(2):328–33. DOI: 10.4103/0028-3886.314535
  20. Giammattei L., Messerer M., Oddo M. et al. Cisternostomy for refractory posttraumatic intracranial hypertension. *World Neurosurg* 2018;109:460–3. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.10.085
  21. Masoudi M.S., Rezaee E., Hakiminejad H. et al. Cisternostomy for management of intracranial hypertension in severe traumatic brain injury; case report and literature review. *Bull Emerg Trauma* 2016;4(3):161–4.
  22. Лебедев В.В., Сарибекян А.С. Вентрикулярный дренаж у больных с тяжелой черепно-мозговой травмой. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 1983;47(4):36–41. Lebedev V.V., Saribekyan A.S. Ventricular drains in patients with severe traumatic brain injury. *Zhurnal voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko’s Journal of Neurosurgery* 1983;47(4):36–41.
  23. Зотов Ю.В., Кондаков Е.Н., Лапшинов Ю.П. Наружное дренирование желудочковой системы ГМ в комплексной интенсивной терапии тяжелых черепно-мозговых повреждений. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 1985;6:27–31. Zotov Yu.V., Kondakov E.N., Lapshinov Yu.P. External drains of brain ventricular system in complex intensive therapy of severe traumatic brain injuries. *Zhurnal voprosy neurokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko’s Journal of Neurosurgery* 1985;6:27–31.
  24. Carney N., Totten A.M., O’Reilly C. et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition. *Neurosurgery* 2017;80(1):6–15. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001432
  25. Timofeev I., Dahyot-Fizelier C., Keong N. et al. Ventriculostomy for control of raised ICP in acute traumatic brain injury. *Acta Neurochir Suppl* 2008;102:99–104. DOI: 10.1007/978-3-211-85578-2\_20
  26. Taoka T., Naganawa S. Glymphatic imaging using MRI. *J Magn Reson Imaging* 2020;51(1):11–24. DOI: 10.1002/jmri.26892
  27. Cho Y.J., Kang S.H. Review of cranioplasty after decompressive craniectomy. *Korean J Neurotrauma* 2017;13(1):9–14. DOI: 10.13004/kjnt.2017.13.1.9
  28. Di Cristofori A., Gerosa A., Panzarasa G. Is neurosurgery ready for cisternostomy in traumatic brain injuries? *World Neurosurg* 2018;111:427. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.11.139

**Вклад авторов**

А.В. Станишевский: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи, редактирование статьи;  
 К.Н. Бабичев: разработка концепции исследования, сбор и обработка материала;  
 Ш.Х. Гизатуллин: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи;  
 Д.В. Свистов: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи;  
 И.Е. Онницев: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи;  
 Д.В. Давыдов: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование статьи.

**Authors’ contributions**

A.V. Stanishevskiy: research idea and design of the study, collection and processing of material, article writing, editing of the article;  
 K.N. Babichev: research idea of the study, collection and processing of material;  
 Sh.Kh. Gizatullin: research idea and design of the study, editing of the article;  
 D.V. Svistov: research idea and design of the study, editing of the article;  
 I.E. Onnitsev: research idea and design of the study, editing of the article;  
 D.V. Davydov: research idea and design of the study, editing of the article.

**ORCID авторов / ORCID of authors**

А.В. Станишевский / A.V. Stanishevskiy: <https://orcid.org/0000-0002-2615-269X>  
 К.Н. Бабичев / K.N. Babichev: <https://orcid.org/0000-0002-4797-2937>  
 Ш.Х. Гизатуллин / Sh.Kh. Gizatullin: <https://orcid.org/0000-0002-2953-9902>  
 Д.В. Свистов / D.V. Svistov: <https://orcid.org/0000-0002-3922-9887>  
 И.Е. Онницев / I.E. Onnitsev: <https://orcid.org/0000-0002-3858-2371>  
 Д.В. Давыдов / D.V. Davydov: <https://orcid.org/0000-0001-5449-9394>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Работы выполнялись без внешнего финансирования.  
**Funding.** The work was performed without external funding.

**Статья поступила:** 08.07.2021. **Принята к публикации:** 07.09.2022.  
**Article submitted:** 08.07.2021. **Accepted for publication:** 07.09.2022.