

To cite this article:

Gavryushin AV, Oshorov AV, Savin IA. Invasive intracranial pressure monitoring in posterior cranial fossa after neurosurgery: an exclusive option or a necessity? *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Zhurnal voprosy neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2022;86(2):71–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/neiro20228602171>

Список сокращений:

ВЧД — внутричерепное давление
ВЧГ — внутричерепная гипертензия
ЗНМА — задняя нижняя мозжечковая артерия
ЗЧЯ — задняя черепная ямка
ИВЛ — искусственная вентиляция легких
КТ — компьютерная томография
НВД — наружный вентрикулярный дренаж
ТМО — твердая мозговая оболочка

Введение

Нарастание локальной внутричерепной гипертензии (ВЧГ) в раннем послеоперационном периоде нейрохирургического вмешательства по поводу патологических образований в задней черепной ямке (ЗЧЯ) является грозным осложнением. Из-за компактного расположения жизненно важных нейроанатомических образований даже небольшой объем кровоизлияния или минимальный отек мозгового вещества может быстро привести к дислокации структур мозга, нарушению циркуляции ликвора, ишемии и летальному исходу [1, 2]. Проблема контроля уровня внутричерепного давления (ВЧД) в ЗЧЯ является наиболее острой в тех случаях, когда из-за пролонгированной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и седации большого неврологического осмотра ограничен, а мониторинг показателей витальных функций является лишь непрямым методом диагностики ВЧГ, который в итоге может оказаться неточным и несвоевременным. В таких случаях хорошей альтернативой служит установка датчика ВЧД в супратенториальное пространство, несмотря на то, что разница давления в полости черепа выше и ниже намета уже неоднократно описана в литературе [3–5]. Это объясняют тем, что установка датчика непосредственно в ЗЧЯ сопряжена с риском развития ряда осложнений [3–5], например ликвореи, миграции датчика в ствол головного мозга и т.д.

В данной работе мы приводим собственный опыт применения датчиков ВЧД у пациентов с тяжелой нейрохирургической патологией ЗЧЯ. У каждого пациента измерение проводилось как супра- так и инфратенториально, для выявления градиента давления и оценки эффективности мониторинга выше и ниже намета.

Цель исследования — определить целесообразность установки датчика ВЧД в паренхиму мозжечка при развитии отека в ЗЧЯ после нейрохирургических вмешательств.

Материал и методы

Мы представляем три клинических наблюдения пациентов — мужчин в возрасте 24, 32 и 59 лет, ко-

торые прооперированы по поводу патологических образований ЗЧЯ. Операции выполнены в 2010 г. — наблюдение 1, в 2012 г. — наблюдение 2, в 2013 г. — наблюдение 3.

В 2 случаях показаниями к мониторингу ВЧД послужили высокая вероятность отека в ЗЧЯ на фоне возможного развития ишемических нарушений или кровоизлияния в результате пересечения большого количества сосудов, кровоснабжающих как опухоль, так и прилегающее к опухоли мозговое вещество, а также возможная затрудненная оценка неврологического статуса, обусловленная пролонгированной ИВЛ и седацией. В 1 случае датчик установлен в связи с неэффективностью эмпирической противоотечной терапии.

В инфратенториальном пространстве мониторинг ВЧД проводили с помощью паренхиматозного датчика ВЧД Codman Microsensor («Codman&Shurtleff, Inc.», США), который предварительно калибровали, а затем имплантировали в конце операции после этапа гемостаза под визуальным контролем в интактную гемисферу мозжечка на глубину 2 см. Твердая мозговая оболочка в 2 случаях зашита герметично, а в 1 — выполнена ее надежная пластика свободным лоскутом из надкостницы. Костный лоскут в 2 наблюдениях уложен на место и фиксирован (предварительно в костном лоскуте сформирована канавка для расположения датчика), а в 1 — выполнена декомпрессионная трепанация. Мягкие ткани зашиты послойно.

Супратенториальное измерение ВЧД проводили у 2 пациентов с помощью датчика Codman, который после калибровки имплантировали в белое вещество правой лобной доли через трефинационное отверстие в точке Кохера на глубину до 2 см, а у 1 — через наружный вентрикулярный дренаж (НВД) с помощью тензометрического датчика.

Все датчики соединяли с монитором ICP Express Codman («Codman&Shurtleff, Inc.», США), который подсоединяли к прикроватному монитору MP 60 («Philips Medizin Systeme Boblingen GmbH», ФРГ).

Длительность одновременного измерения уровня ВЧД в супра- и инфратенториальных простран-

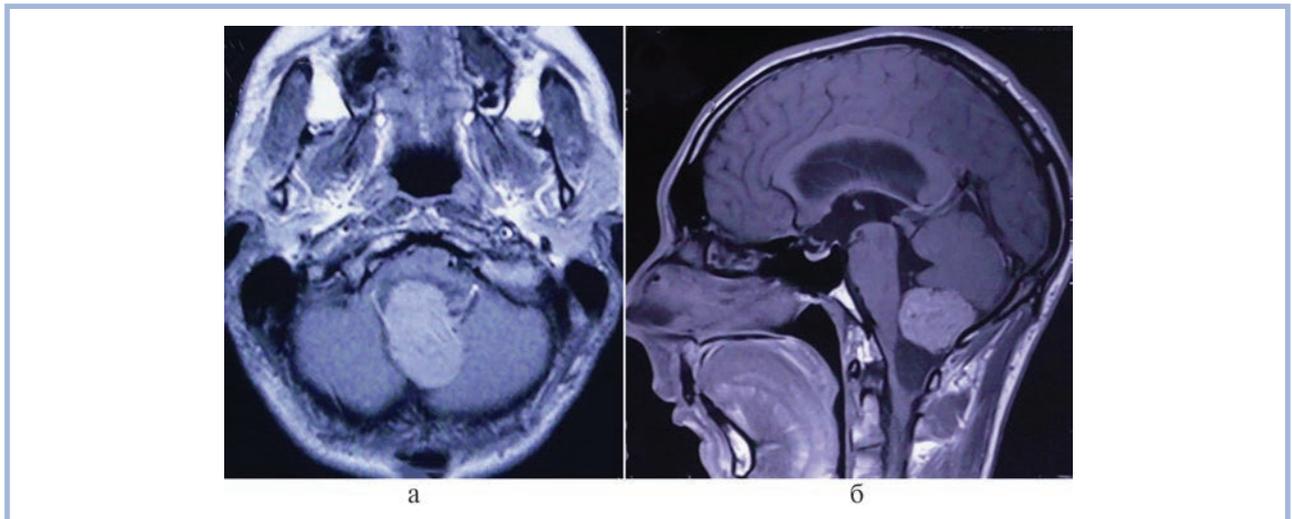


Рис. 1. Клиническое наблюдение 1. Магнитно-резонансные томограммы в режиме T1 с контрастированием до операции, аксиальная проекция (а); сагиттальная проекция (б).

Отграниченное новообразование (гемангиобластома), равномерно накапливающее контрастное вещество, с крупной кистой на нижнем полюсе (б), заполняет каудальные отделы IV желудочка и большую затылочную цистерну, компримирует своим передним полюсом ствол мозга. К опухоли с двух сторон прилежат задние нижние мозжечковые артерии (а).

ствах составила от 3 до 5 сут. Среднее значение ВЧД за время мониторинга в супратенториальном пространстве составило $13 \pm 3,4$, $11 \pm 4,5$ и $11 \pm 2,8$ мм рт.ст. в наблюдениях 1, 2 и 3 соответственно. Среднее значение градиента ВЧД (разница между значением ВЧД в инфра- и супратенториальном пространствах) составило $5 \pm 1,6$, $8,5 \pm 4,4$ и $7,7 \pm 2,2$ мм рт.ст. в наблюдениях 1, 2, 3 соответственно.

Клиническое наблюдение 1

Пациент, 32 лет. Заболевание дебютировало за год до госпитализации в виде приступообразной головной боли давящего, распирающего характера в шейно-затылочной области. В течение последних месяцев головная боль приобрела ежедневный характер и стала сопровождаться тошнотой, рвотой, появились головокружения, шаткость при ходьбе, редкое поперхивание при приеме жидкости, а также онемение правой кисти.

При магнитно-резонансном томографическом (МРТ) исследовании визуализировано новообразование каудальных отделов IV желудочка и большой затылочной цистерны с кистой на нижнем полюсе. Опухоль интенсивно и равномерно накапливала контрастное вещество. Желудочковая система мозга умеренно расширена (рис. 1, а, б).

По данным селективной вертебральной ангиографии, опухоль богато кровоснабжалась из задней нижней мозжечковой артерии (ЗНМА) с двух сторон, но преимущественно кровоснабжение осуществлялось из ветвей правой ЗНМА (рис. 2).

Удаление опухоли производили в положении пациента сидя на операционном столе. После стандартной анестезиологической подготовки выполнена субокципитальная срединная краниотомия. Узел

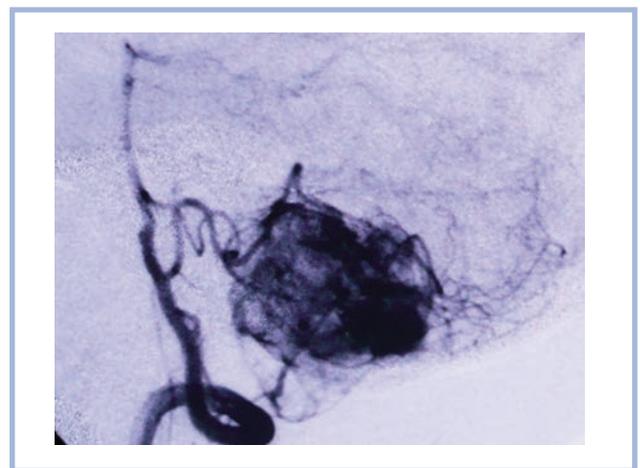


Рис. 2. Клиническое наблюдение 1. Селективная вертебральная ангиография до операции, артериальная фаза.

Выраженная сосудистая сеть опухоли; источник кровоснабжения — задняя нижняя мозжечковая артерия с двух сторон.

опухоли, красно-оранжевого цвета, располагался в большой затылочной цистерне. Его постепенно отделили от окружающего мозгового вещества и удалили единым блоком (биопсия: гемангиобластома). При мобилизации патологической ткани от мозгового вещества пересечено множество сосудов, питающих как опухоль, так и ствол. Граница между опухолью и мозгом прослеживалась достаточно четко, но ткань мозга из-за выраженной ее компрессии опухолью была бесструктурной. Для оценки состояния ядерных образований в покрывке продолговатого мозга проведено картирование ромбовидной ямки, продемонстрировавшее четкий ответ от каудальной группы нервов. В конце операции пациенту имплантированы два паренхиматозных датчика ВЧД.

В раннем послеоперационном периоде уровень сознания пациента колебался от сопора до глубокого оглушения, отмечены эпизоды гемодинамической нестабильности и десинхронизации с аппаратом ИВЛ. В неврологическом статусе снизились кашлевой и глоточный рефлекс, появилась гиперсаливация, уменьшилась моторика языка (не выволил его за линию зубов).

При компьютерном томографическом (КТ) исследовании в 1-е сутки после операции на фоне послеоперационных изменений кровоизлияний или отека в ЗЧЯ не было (рис. 3). В первые 24 ч после операции отмечены эпизоды повышения уровня ВЧД в ЗЧЯ до 28—31 мм рт.ст. на фоне выраженного градиента между двумя пространствами, достигавшего 10 мм рт.ст. При этом повышение уровня ВЧД в супратенториальном пространстве было кратковременным и менее выраженным, чем в ЗЧЯ. ВЧГ в ЗЧЯ сопровождалась нестабильной гемодинамикой (уровень артериального давления от 100/45 до 195/105 мм рт.ст.), бради-, тахикардией (от 45 до 120 уд. в 1 мин) при сохранном синусовом ритме.

На 2-е сутки после операции наметилась положительная динамика в виде нарастания уровня бодрствования и двигательной активности, в связи с чем прекращена седация. Сохранялся выраженный бульбарный синдром, из-за чего выполнена пункционная дилатационная трахеостомия и продолжено зондовое кормление.

Со 2-х суток уровень ВЧД снизился до 10 мм рт.ст. в супратенториальном пространстве и до 14 мм рт.ст. в ЗЧЯ, а также уменьшилась разница в уровнях давления между двумя пространствами до 4 мм рт.ст. Положительная динамика уровня ВЧД сопровождалась стабилизацией гемодинамики. На 3-и сутки пациент переведен на самостоятельное дыхание через трахеостомическую трубку. Мониторинг ВЧД прекращен, датчики удалены.

На 4-е сутки пациент переведен из отделения реанимации и интенсивной терапии в клиническое отделение, где продолжена реабилитационная терапия. Швы с операционной раны удалены на 10-е сутки после операции. Признаков воспаления или ликвореи в области послеоперационной раны и в месте установки датчика ВЧД не было.

Бульбарные нарушения постепенно регрессировали в течение 1 мес после операции, что позволило перевести пациента на пероральное кормление и удалить трахеостому на 28-е сутки после операции. Пациент выписан из стационара на 30-е сутки после операции. Оценка по шкале Карновского к моменту выписки составила 70 баллов.

Клиническое наблюдение 2

Пациент, 24 лет. За 2 нед до госпитализации на фоне выраженной головной боли в шейно-заты-

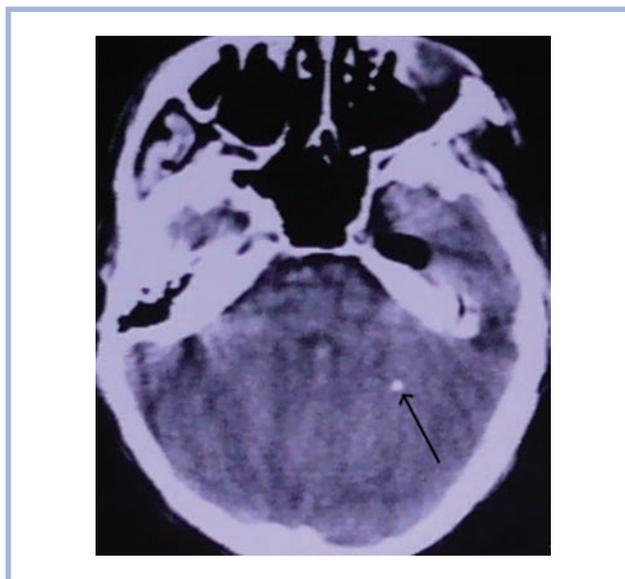


Рис. 3. Клиническое наблюдение 1. Компьютерная томограмма в 1-е сутки после хирургического вмешательства.

Послеоперационные изменения задней черепной ямки; очаг повышения плотности сигнала в левой гемисфере мозжечка — место расположения датчика внутричерепного давления (стрелка).

лочной области развились головокружения несистемного характера и шаткость при ходьбе.

При МРТ-исследовании выявлено новообразование в области червя и правой гемисферы мозжечка разнородно пониженного сигнала с перифокальным кольцом повышенного сигнала в режиме T1 и T2, с зоной отека по периферии. Контрастное вещество немного накапливалось в зоне повышенного сигнала, усиливая эффект «кольца». Выявленные магнитно-резонансные характеристики соответствовали кровоизлиянию в подострой стадии (рис. 4). Явные признаки мальформации по данным МРТ не определялись, в связи с чем пациенту выполнена селективная вертебральная ангиография, при которой не выявлены какие-либо признаки артериовенозной мальформации.

Операция выполнена в положении пациента сидя на операционном столе. Хроническая гематома, ее капсула и патологические сосуды червя и правой гемисферы мозжечка удалены из срединной субокципитальной краниотомии. Результат биопсии: недифференцируемый порок развития сосудов.

В 1-е сутки после операции состояние пациента удовлетворительное. При КТ выявлены только послеоперационные изменения в правой гемисфере мозжечка. Пациент активизирован в 1-е сутки после операции.

Ухудшение состояния отмечено на 2-е сутки: появилась головная боль давящего характера в шейно-затылочной области, усилилась степень головокружения, присоединились тошнота и рвота. Пациент стал вялым, адинамичным. На контрольной КТ — диффузный отек в ЗЧЯ, компрессия IV желудочка, расширение боковых желудочков.

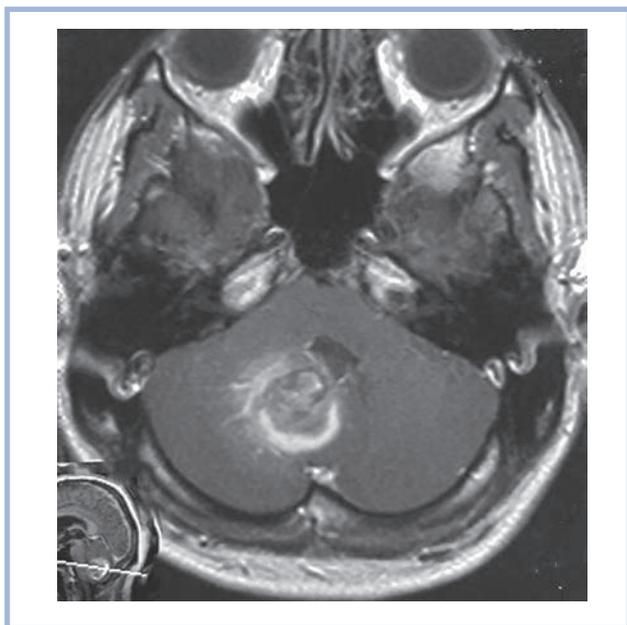


Рис. 4. Клиническое наблюдение 2. Магнитно-резонансная томограмма в режиме T1 с контрастированием, аксиальная проекция, до операции.

Очаг разнородного сигнала в проекции червя и правой гемисферы мозжечка, соответствующий кровоизлиянию в подострой стадии; контрастное вещество накапливается по периферии образования в виде кольца.

Увеличена доза гормонов (дексаметазон 16 мг/сут), начато введение осмодиуретиков (маннитол 0,5 г на 1 кг массы тела в сутки), установлен НВД в передний рог правого бокового желудочка. На фоне проведенных мероприятий состояние пациента несколько улучшилось, но по истечении 2-х суток вновь прогрессивно ухудшилось. Уровень сознания резко снизился до комы, появились признаки дыхательной недостаточности, развилась артериальная гипертензия до 180/100 мм рт.ст. Пациент переведен в отделение реанимации и интенсивной терапии, интубирован и подключен к аппарату ИВЛ, усилена проводимая ранее противоотечная терапия, что привело к положительной динамике в виде восстановления уровня бодрствования до сомноленции и выполнения элементарных инструкций.

В связи с прогнозируемой длительной ИВЛ на 3-и сутки выполнена пункционная трахеостомия. К 4-м послеоперационным суткам, несмотря на противоотечную терапию и дренирование ликвора, состояние пациента постепенно ухудшилось до комы II. Появился миоз с отсутствием фотореакции и рефлекторного взора вверх. На фоне неизменного мышечного тонуса выявлялась лишь спонтанная орорандибулярная активность. При КТ-исследовании отмечено нарастание отека в ЗЧЯ, появление отека в супратенториальных пространствах. В связи с нарастающим отеком пациенту выполнены декомпрессия ЗЧЯ и одномоментная имплантация паренхиматозного датчика ВЧД Codman в правую гемисферу мозжечка по ранее описанной методике. Измерение уровня ВЧД в супратенториальном пространстве выполняли через НВД, соединенный с тензометрическим датчиком.

В первые 24 ч после проведенной декомпрессии средний показатель давления в ЗЧЯ составил около 18 мм рт. ст. с эпизодами повышения до 22 мм рт.ст., тогда как в супратенториальном пространстве он держался в пределах 11—15 мм рт.ст. Таким образом, разница в показаниях давления составила 7—10 мм рт.ст. В последующие сутки на фоне дегитратационной терапии показатели ВЧД снизились (рис. 5) до 11—13 мм рт.ст. в супратенториальном пространстве и до 15—17 мм рт.ст. в ЗЧЯ. Градиент ВЧД составил в среднем 3 мм рт.ст. С 3-х суток после декомпрессии эпизодов повышения ВЧД не было (рис. 6). В состоянии пациента наметилась положительная динамика в виде спонтанного приоткрывания глаз, появления выраженного кашлевого рефлекса на фоне проводимой санации трахеи, попытки выполнения элементарных инструкций. При контрольной КТ отмечено уменьшение отека в ЗЧЯ, появление ликворных пространств, уменьшение в размерах боковых желудочков головного мозга. На 5-е сутки мониторинг ВЧД прекращен. После операции рана в области ЗЧЯ без признаков воспаления и ликвореи. В связи с сохраняющейся у пациента зависимостью от НВД из-за нарушений резорбции ликвора и высоким ри-

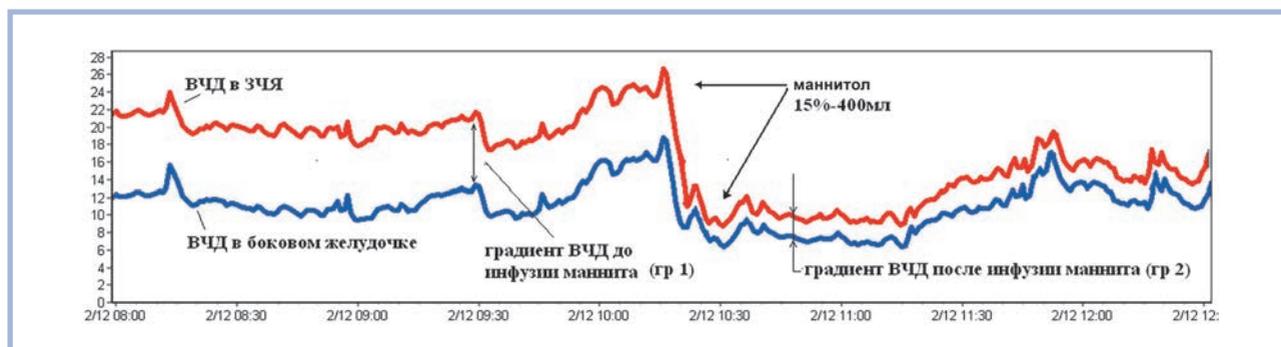


Рис. 5. Клиническое наблюдение 2. Градиент уровня внутричерепного давления до и после противоотечной терапии осмодиуретиком (маннитол 15%, 400 мл) после операции.

ЗЧЯ — задняя черепная ямка; ВЧД — внутричерепное давление.

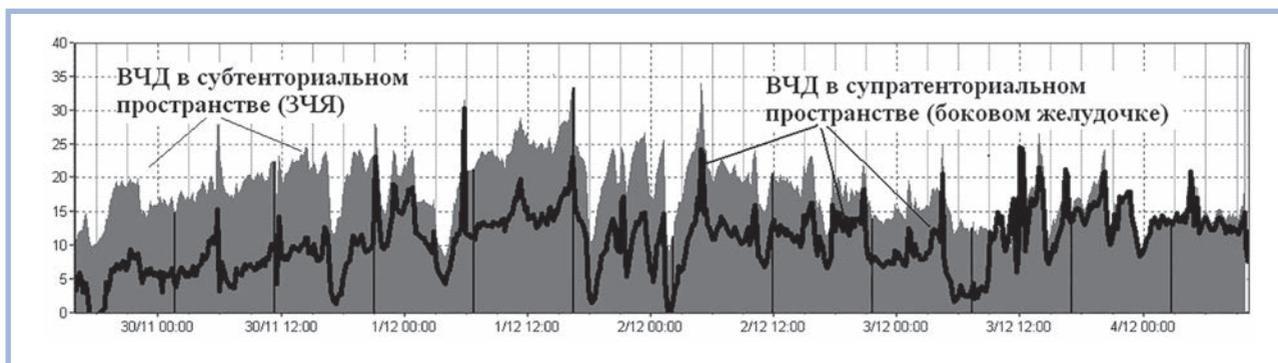


Рис. 6. Клиническое наблюдение 2. Динамика разницы уровней давления в задней черепной ямке и супратенториальном пространстве в течение 5 сут после декомпрессии задней черепной ямки.

ЗЧЯ — задняя черепная ямка; ВЧД — внутричерепное давление.

ском развития менингита принято решение о конверсии НВД в вентрикулоперитонеальный шунт низкого давления. Во время операции на стадии наркоза у пациента развилась острая сердечная недостаточность, повлекшая смерть.

Клиническое наблюдение 3

Пациент, 59 лет. Заболевание проявилось за 2 года до госпитализации, когда стала беспокоить приступообразная головная боль давящего характера в шейно-затылочной области, присоединились головокружение несистемного характера и неуверенность при ходьбе. За 6 мес до обращения за медицинской помощью появились редкие поперхивания при приеме пищи.

При МРТ-исследовании визуализировано новообразование однородного сигнала в режиме T1 и разнородного сигнала в режиме T2 в области латеральной цистерны продолговатого мозга слева, компримирующее каудальные отделы ствола мозга. После введения контрастного препарата последний накапливался опухолью неравномерно (рис. 7).

Удаление опухоли проводили в положении пациента сидя, из срединной субокципитальной краниотомии. Новообразование, расположенное в левой церебелломуллярной щели, постепенно мобилизовано от ствола головного мозга, каудальной группы нервов и позвоночной артерии, разделено на фрагменты и удалено (биопсия: кавернозная ангиома с массивными отложениями гемосидерина, выраженной лимфоидной инфильтрацией и микроскопическими участками жировой ткани). После основного этапа имплантированы паренхиматозные датчики ВЧД Codman в супра- и инфратенториальное пространство.

Мониторинг ВЧД осуществляли в течение 1-х послеоперационных суток. За это время эпизоды повышения ВЧД не регистрировались и, следовательно, целенаправленную противоотечную терапию не проводили, но в первые 12 ч после операции наблю-

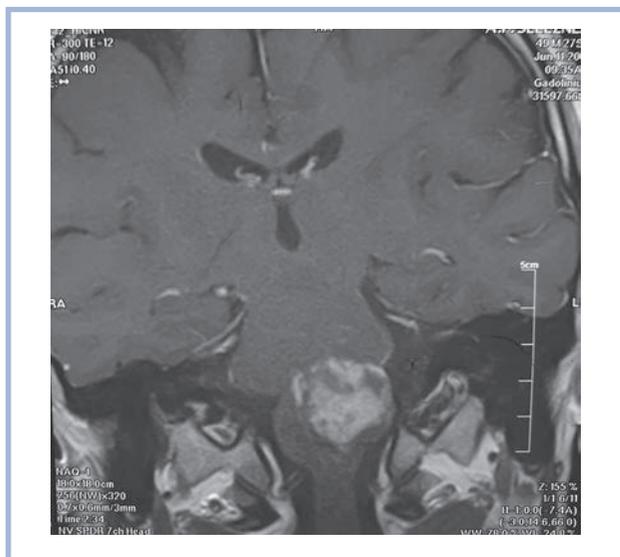


Рис. 7. Клиническое наблюдение 3. Магнитно-резонансная томограмма в режиме T1 с контрастированием, фронтальная проекция, до операции.

Новообразование боковой цистерны и продолговатого мозга слева, неравномерно и неоднородно накапливающее контрастное вещество.

далась существенная разница в уровнях давления между двумя пространствами. Так, в супратенториальном пространстве уровень давления составлял 13 мм рт.ст., а в ЗЧЯ — 20 мм рт.ст. Соответственно градиент ВЧД держался в пределах 7—8 мм рт.ст. К концу 2-х послеоперационных суток эта разница самостоятельно нивелировалась до 2—3 мм рт.ст.

В неврологическом статусе после операции выросли бульбарные нарушения, в связи с чем на 2-е сутки после операции пациенту выполнена пункционная трахеостомия, что позволило отключить пациента от аппарата ИВЛ на 3-и сутки после операции. В связи со стабильным состоянием на 4-е сутки мониторинг ВЧД прекращен. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением. Ликвореи из операционной раны или по штифт-каналу на месте датчика не было.

При КТ-исследовании в динамике (1-е, 3-и и 5-е сутки) послеоперационные осложнения не выявлены.

Особенно хорошо это демонстрирует наше первое клиническое наблюдение. В 1-е сутки после операции из-за выраженных бульбарных нарушений и стволовых реакций у пациента продолжены седация и ИВЛ через оротрахеальную интубационную трубку. На этом фоне наблюдались эпизоды нестабильной гемодинамики, обусловленные локальным повышением уровня давления в ЗЧЯ. При этом существенного повышения уровня давления, по данным супратенториального датчика, не было. Своевременно назначенная дегидратационная терапия на пиках повышения уровня ВЧД в ЗЧЯ способствовала быстрому восстановлению нормальной гемодинамики, регрессу стволовых нарушений, прекращению ИВЛ на 2-е сутки после операции, сокращению времени пребывания пациента в интенсивной терапии и его ранней реабилитации. Второе клиническое наблюдение интересно с той точки зрения, что проводимая эмпирическая (не ориентированная на уровень ВЧД) дегидратационная терапия не приносила желаемого эффекта, и только после установки датчика удалось своевременно реагировать на пики повышения уровня давления, что стабилизировало состояние пациента.

Очевидно, что не каждое хирургическое вмешательство на структурах ЗЧЯ должно сопровождаться установкой паренхиматозного датчика ВЧД. Следует рассматривать только те случаи, в которых операция сопряжена с высоким риском повреждения венозных коллекторов, развитием нарушений микроциркуляции и появлением бульбарного синдрома. Это могут быть ситуации при удалении крупных парастволовых опухолей (гемангиобластомы, невриномы), при артериовенозной мальформации ЗЧЯ, а так-

же при операциях по поводу больших и/или множественных метастазов, когда еще до вмешательства имеется отек структур ЗЧЯ.

Заключение

Операции на задней черепной ямке сопряжены с риском развития локального повышения уровня внутричерепного давления, которое приводит к появлению выраженных стволовых нарушений и тяжелому состоянию пациента. Рекомендательный в настоящее время контроль с использованием супратенториального паренхиматозного датчика или измерение уровня ликворного давления через наружный вентрикулярный дренаж не отражают истинную ситуацию в субтенториальном пространстве. В связи с этим в ряде случаев после операции на структурах задней черепной ямки необходима установка датчика внутричерепного давления непосредственно в паренхиме мозжечка.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования — Гаврюшин А.В., Ошоров А.В., Савин И.А.

Сбор и обработка материала — Гаврюшин А.В., Ошоров А.В.

Анализ данных — Гаврюшин А.В., Ошоров А.В.
Написание текста — Гаврюшин А.В., Ошоров А.В.

Редактирование — Гаврюшин А.В., Ошоров А.В., Савин И.А.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Плам Ф., Познер Д. *Диагностика ступора и комы*. Пер. с англ. М.: Медицина; 1986.
Plam F, Pozner D. *Diagnostika stupora i komy*. Per. s angl. M.: Medicina; 1986. (In Russ.).
2. Symon L, Pasztor E, Branston NM, Dorsch NW. Effect supratentorial space-occupying lesions on regional intracranial pressure and local cerebral blood flow: an experimental study in baboons. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1974;37(6):617-626.
<https://doi.org/10.1136/jnnp.37.6.617>
3. Slavin KV, Misra M. Infratentorial intracranial pressure monitoring in neurosurgical intensive care unit. *Neurological Research*. 2003;25(8):880-884.
<https://doi.org/10.1179/016164103771954014>
4. Rosenwasser RH, Kleiner LI, Krzeminski JP, Buchheit WA. Intracranial pressure monitoring in the posterior fossa: a preliminary report. *Journal of Neurosurgery*. 1989;71(4):503-505.
<https://doi.org/10.3171/jns.1989.71.4.0503>
5. Takizawa H, Gabra-Sanders T, Miller JD. Analysis of changes in intracranial pressure and pressure-volume index at different locations in craniocervical axis during supratentorial epidural balloon inflation. *Neurosurgery*. 1986;19(1):1-8.
<https://doi.org/10.1227/00006123-198607000-00001>
6. Wong JM, Panchmatia JR, Ziewacz JE, Bader AM, Dunn IF, Laws ER, Gawande AA. Patterns in neurosurgical adverse events: intracranial neoplasm surgery. *Neurosurgical Focus*. 2012;33(5):E16.
<https://doi.org/10.3171/2012.7.FOCUS.12183>
7. Moyses E, Ros M, Marhar F, Swider P, Schmidt EA. Characterisation of Supra- and Infratentorial ICP Profiles. *Acta Neurochirurgica. Supplement*. 2016;122:37-40.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-22533-3_7
8. Mindermann T, Gratzl O. Interhemispheric pressure gradients in severe head trauma in humans. *Acta Neurochirurgica. Supplement*. 1998;71:56-58.
https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6475-4_18
9. Sahuquillo J, Poca MA, Arribas M, Garnacho A, Rubio E. Interhemispheric supratentorial intracranial pressure gradients in head-injured patients: are they clinically important? *Journal of Neurosurgery*. 1999;90(1):16-26.
<https://doi.org/10.3171/jns.1999.90.1.0016>
10. Khan A, Borg N, Shenouda E. Posterior fossa ICP monitoring: a tale of two compartments. *British Journal of Neurosurgery*. 2021;35(2):129-132.
<https://doi.org/10.1080/02688697.2020.1765974>
11. Soni SR. Continuous measurement of differential CSF pressures across the tentorium. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1974;37(12):1283-1284.
12. Kaufmann GE, Clark K. Continuous simultaneous monitoring of intraventricular and cervical subarachnoid cerebrospinal fluid pressure to indicate development of cerebral or tonsillar herniation. *Journal of Neurosurgery*. 1970;33(2):145-150.
<https://doi.org/10.3171/jns.1970.33.2.0145>
13. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GW, Bell MJ, Bratton SL, Chesnut R, Harris OA, Kissoon N, Rubiano AM, Shutter L, Task-

- er RC, Vavilala MS, Wilberger J, Wright DW, Ghajar J. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*. 2017;80(1):6-15.
<https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001432>
14. Потапов А.А., Крылов В.В., Гаврилов А.Г., Кравчук А.Д., Лихтерман Л.Б., Петриков С.С., Талыпов А.Э., Захарова Н.Е., Ошоров А.В., Сычев А.А., Александрова Е.В., Солодов А.А. Рекомендации по диагностике и лечению тяжелой черепно-мозговой травмы. Часть 2. Интенсивная терапия и нейромониторинг. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2016;80(1):98-106.
- Potapov AA, Krylov VV, Gavrilov AG, Kravchuk AD, Likhтерman LB, Petrikov SS, Talypov AE, Zakharova NE, Oshorov AV, Sychev AA, Alexandrova EV, Solodov AA. Guidelines for the diagnosis and treatment of severe traumatic brain injury. Part 2. Intensive care and neuromonitoring. *Voprosy neirohirurgii im. N.N. Burdenko*. 2016;80(1):98-106. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17116/neiro201680198-106>
15. Poon WS. Intracranial pressure monitoring in the posterior fossa. In: Nagai H, Kamia K, Ishii S, eds. *Intracranial Pressure IX*. Tokio: Springer, 1994.

Поступила/Received 22.09.2021
Принята к печати/Accepted 28.01.2022