

**Диагностика и хирургическое лечение  
посттравматической гидроцефалии.**

**Клинические рекомендации.**

Клинические рекомендации обсуждены и  
утверждены на Пленуме Правления  
Ассоциации нейрохирургов России  
г. Красноярск, 14.10.2015 г

Москва, 2015 г.

## Авторский коллектив

Лихтерман Леонид Болеславович	профессор, д.м.н., главный научный сотрудник, НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н.Бурденко Минздрава РФ
Кравчук Александр Дмитриевич	профессор, д.м.н., заведующий отделением нейротравматологии НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н.Бурденко Минздрава РФ
Латышев Ярослав Александрович	врач-нейрохирург отделения нейротравматологии НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н.Бурденко Минздрава РФ

## Введение

**Определение:** *посттравматическая гидроцефалия (ПТГЦ)* – процесс прогрессирующего патологического накопления в ликворных пространствах цереброспинальной жидкости, в основе которого лежат нарушения циркуляции и резорбции ликвора, запущенные черепно-мозговой травмой (ЧМТ) и приводящие к развитию клинической симптоматики. Вариабельность клинических проявлений и трудности диагностики обусловлены сочетанием симптомов, напрямую связанных с перенесенной травмой, и дополнительного вклада гидроцефалии в картину травматической болезни головного мозга [4,5].

**Код МКБ-10:** G91.3

**Патоморфологическая основа процесса** – компрессия или обструкция субарахноидальных ликворных пространств, расширение желудочковой системы и возникновение областей трансэпендимарной резорбции ликвора. В остром периоде черепно-мозговой травмы обычно встречается окклюзионная гидроцефалия, обусловленная с острой обструкцией ликворных путей сгустками крови, либо их сдавление вследствие отека и дислокации вещества головного мозга [2]. В отдаленном периоде ЧМТ преобладают гипертензивная и нормотензивная арезорбтивная гидроцефалия [26]. Нарушения резорбции ликвора связывают с субарахноидальным кровоизлиянием, с

перенесенными в остром периоде травмы интракраниальными воспалительными процессами и повторными оперативными вмешательствами [43]. Реже имеет место окклюзивная гидроцефалия, как следствие изоляции отдельных частей желудочковой системы, а также стеноз или окклюзия Сильвиева водопровода.

**Частота встречаемости ПТГЦ** в исходе тяжелой ЧМТ по данным разных авторов сильно варьирует: от 0,7 до 51,7% [16,18,20,21,27,30]. Такой разброс данных обусловлен по-видимому, отсутствием единых критериев диагноза и разграни от посттравматической вентрикуломегалии “ex vacuo”.

## **Материалы и методы**

Для создания данных рекомендаций использованы общепринятые подходы к определению классов доказательности и степени рекомендаций.

### **Степени рекомендаций:**

**Стандарты** – общепризнанные принципы диагностики и лечения, которые подтверждены мультицентровыми проспективными рандомизированными исследованиями или результатами независимых крупных нерандомизированных проспективных и ретроспективных исследований.

**Рекомендации** – лечебные и диагностические мероприятия, рекомендованные к использованию большинством экспертов, которые рассматриваются как варианты выбора лечения в конкретных клинических ситуациях. Данные подтверждены в нерандомизированных проспективных или ретроспективных исследованиях.

**Опции** – мнение отдельных авторитетных экспертов.

В основу данных рекомендаций легли отечественные руководства, монографии, отдельные публикации по данной тематике в рецензируемых журналах, а также литературные источники, обнаруженные в системе Medline по 25 августа 2015 года включительно по запросам “posttraumatic hydrocephalus”, “normal-pressure hydrocephalus”, “phase-contrast MRI (and) posttraumatic hydrocephalus”, “complications of shunting procedures”, “hydrocephalus shunt infection”, “ventricular shunt failure” и “shunt malfunction”. В результате двумя независимыми исследователями отобрано 49 статей (включая Европейские и Японские рекомендации по лечению и диагностике идиопатической нормотензивной гидроцефалии), соответствующих теме.

При анализе литературы отмечено, что проблематике ПТГЦ посвящено не так много работ, большая часть исследований сфокусирована вокруг проблемы идиопатической нормотензивной гидроцефалии [37,41]. А. Marmarou (1996) первым предложил дифференцированный подход в диагностике ПТГЦ и на основе данных инструментальных инвазивных методов исследования обосновал показания к оперативному лечению.

## **Диагностика посттравматической гидроцефалии**

В клинической картине посттравматической гидроцефалии сочетается симптоматика, связанная непосредственно с имевшейся черепно-мозговой травмой, и симптомы, принесенные гидроцефалией [4,5,21]. На первый план может выходить замедление темпов восстановления сознания, нарастание психопатологической симптоматики, триада Хакима-Адамса (отдельные симптомы или полностью), цефалгический синдром. Диагноз посттравматической гидроцефалии клинко-нейровизуализационный.

При неврологическом обследовании оцениваются *общемозговые проявления* ПТГЦ с определением уровня сознания (от ясного до грубого его угнетения), а также, симптомы, характерные для гипертензионно-гидроцефального синдрома: тошнота, рвота, головная боль.

*Очаговая симптоматика* в основном является следствием перенесенной черепно-мозговой травмы и усугубляется развивающейся гидроцефалией. Наиболее часто она представлена разнообразными двигательными нарушениями, которые нередко регрессируют после проведения шунтирующих операций. Стволовая симптоматика (спонтанный нистагм, ограничение движений глазных яблок, дисфагия и т.п.) также является следствием перенесенных первичных повреждений мозга, которые могут усиливаться с развитием гидроцефалии. Прогрессия заболевания может приводить к появлению новых симптомов, в основном, с уровня среднего мозга и задней черепной ямки. Подкорковый синдром проявляется обеднением движений, скованностью, тремором, изменением мышечного тонуса. Нарушения статики и походки являются одними из ведущих в клинической картине гидроцефалии и проявляются характерными нарушениями походки («прилипание стоп к полу»). Речевые нарушения часто наблюдаются у пациентов с ПТГЦ и, как правило, отражают первичное травматическое повреждение мозга. Одним из наиболее характерных симптомов гидроцефалии является нарушение функции тазовых органов.

Сочетание когнитивных и мнестических нарушений, нарушений походки и недержания мочи составляют *Триада Хакима-Адамса*[25]. По наблюдениям Института Нейрохирургии, триада Хакима-Адамса в развернутом виде проявилась только у 10,5% пациентов с ПТГЦ, чаще ее слагаемые сочетались с иной симптоматикой.

Нейроофтальмологическая картина обусловлена формой ПТГЦ, при обструктивной и открытой гипертензионной ПТГЦ могут наблюдаться застойные диски зрительных нервов. При длительном течении заболевания и отсутствии своевременного лечения может развиваться нисходящая атрофия зрительных нервов с побледнением их дисков на глазном дне.

***Психопатологическая симптоматика.*** Те или иные психические нарушения обнаруживаются почти у всех пациентов с ПТГЦ и почти в половине случаев они являются ведущими. Для оценки изменений и восстановления сознания сотрудниками нейропсихиатрической группы Института Нейрохирургии предложена классификация нарушений сознания (Доброхотова Т.А., Зайцев О.С., Царенко С.В. 1993, 1994, 2012):

0. Вегетативный статус
1. Акинетический мутизм
2. Мутизм с эмоциональными реакциями
3. Мутизм с пониманием речи
4. Дезинтеграция речи
5. Амнестическая спутанность
6. Мнестическая и когнитивная недостаточность
7. Психоподобный синдром
8. Неврозоподобный синдром.

Предложенная классификация позволяет учитывать даже небольшие, но существенные изменения в состоянии пациента и представляет собой последовательные стадии восстановления сознания после длительной комы [3]. В группе больных, оперированных по поводу ПТГЦ в НИИ Нейрохирургии у 49% ведущим синдромом была именно психопатологическая симптоматика или нарушения сознания.

***Нейропсихологическое исследование*** с проведением тестирования используется у пациентов с достаточно высоким уровнем восстановления психических функций после ЧМТ для оценки когнитивных и мнестических нарушений [30]. Само по себе тестирование позволяет лишь оценить степень тех или иных нарушений и имеет диагностическое

значение при динамическом обследовании после пробы с выведением ликвора. Исследования нарушений походки часто имеют ограниченное значение у пациентов с ПТГЦ ввиду тяжести их состояния. По возможности оценивается темп ходьбы (время прохождения определенного расстояния), характер походки.

Вариабельность клинической картины, возможные сочетания разных синдромов и других последствий черепно-мозговой травмы определяют необходимость применения современных методов нейровизуализации и инструментальных тестов [36,46].

*Данные методов нейровизуализации.* Для определения вентрикуломегалии показано выполнение КТ или МРТ головы. Характерная для ПТГЦ картина – баллонообразное расширение боковых и III желудочка с областями трансэпендимарной абсорбции ликвора и сдавлением субарахноидальных пространств (при нормотензивной характере гидроцефалии эти признаки варьируют в своей выраженности) см. Рис.1, 2 . Для оценки проходимости ликворных пространств используется магнитно-резонансная цистернография (режимы Fiesta, CISS), а также, фазово-контрастная МРТ [11,12,24,45,46]. Диагностическое значение фазово-контрастной МРТ (ФК-МРТ) с кардиосинхронизацией в настоящее время обсуждается [11,12]. В ряде случаев, при отсутствии явных признаков окклюзии и стеноза водопровода, ФК-МРТ может оказывать решающее значение в определении окклюзии и показаний к хирургическому лечению гидроцефалии.

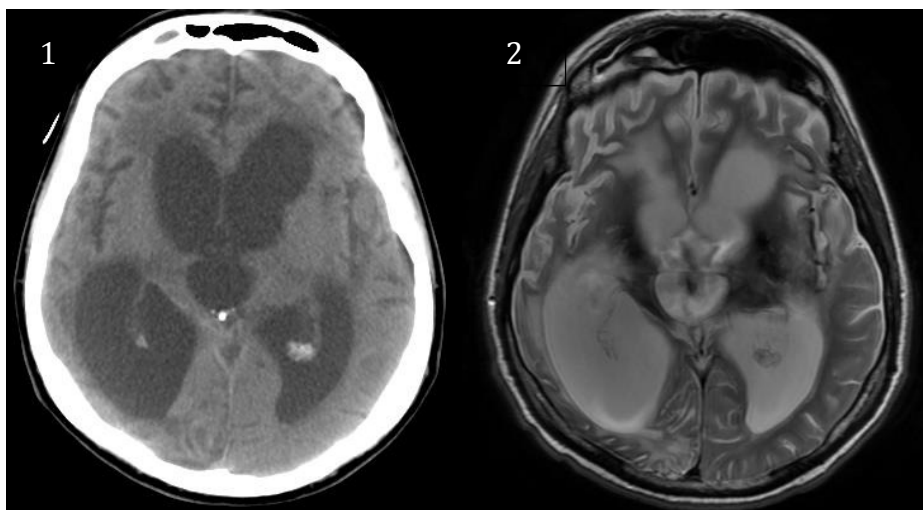


Рис.1-2. КТ и МРТ-картина ПТГЦ. Выраженное расширение желудочковой системы, сдавление субарахноидальных пространств по конвексу затылочных долей, зоны трансэпендимарной абсорбции ликвора в проекции передних рогов боковых желудочков.

Для количественной оценки выраженности расширения желудочков в клинической практике наиболее часто пользуются двумя простыми в применении планиметрическими критериями гидроцефалии, чувствительность которых достоверно высока [40]:

1. Индекс Эванса (ИЭ): отношение максимального расстояния между наружными стенками передних рогов боковых желудочков (А) к максимальному расстоянию между внутренними костными пластинками на том же уровне (В) – см.Рис.3. В норме  $< 0,3$ . Изначально был предложен для оценки состояния желудочковой системы при пневмоэнцефалографии, но оказался удобным и при КТ.
2. Соотношение передних и задних рогов боковых желудочков - отношение суммы расстояния между наружными стенками передних и задних рогов (А+В) к максимальному расстоянию между внутренними костными пластинками на том же уровне (С) см.Рис.4. В норме этот индекс  $< 0,42$ .

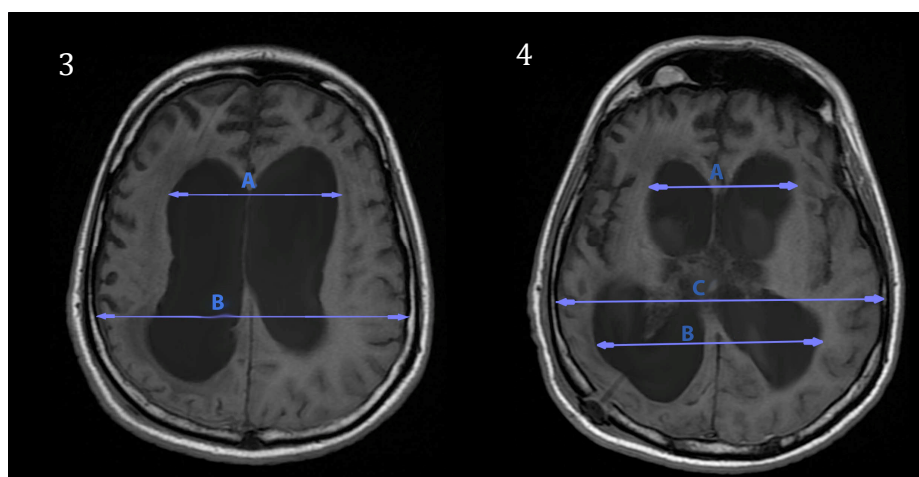


Рис.3 – 4. Вентрикулярные индексы, пояснения см. в тексте.

**Инвазивные методы диагностики ПТГЦ.** Несмотря на активные поиски неинвазивных критериев диагноза ПТГЦ, в настоящее время решающую роль в определении показаний к хирургическому лечению играют инвазивные методы обследования [37,41], вкуче с повторными нейропсихологическими тестами.

**Люмбальный ТАР-тест** предложен для принятия решения о проведении шунтирующих операций при идиопатической нормотензивной гидроцефалии, но может быть рекомендован для диагностики ПТГЦ.

1. В асептических условиях выполняется стандартная люмбальная пункция с выведением 40-60мл ликвора.

2. После этого выполняется контрольный осмотр нейропсихолога с проведением тестирования, а также оценивается изменение походки<sup>1</sup>.

**Наружное люмбальное дренирование** с выведением ликвора за 72 часа (у пациентов с идиопатической нормотензивной гидроцефалией) по данным многоцентрового проспективного исследования может быть альтернативной ТАР-тесту, так как обладает большей чувствительностью и специфичностью, чем обычный ТАР-тест [47,48]. Наружное дренирование может быть рекомендовано в случаях длительного течения заболевания и при сомнительном результате ТАР-теста.

Другие инвазивные тесты, такие как определение *сопротивления резорбции (Rout)*, а также *суточный мониторинг ВЧД* [48] в силу сложности и достаточно высокого риска осложнений могут использоваться как дополнительные предикторы эффективности хирургического лечения.

## **Обследование больных с подозрением на посттравматическую гидроцефалию:**

### **Стандарты:**

1. Клиническое обследование с определением ведущего синдрома в клинической картине ПТГЦ.
2. Нейроофтальмологическое обследование с исследованием глазного дна.
3. Осмотр нейропсихолога и психиатра.
4. Выполнение МРТ головы в режиме цистернографии.
5. Выполнение Тар-теста с последующей оценкой динамики когнитивных функций и/или уровня сознания нейропсихологом и психиатром.

### **Рекомендации:**

1. При отсутствии убедительных данных при люмбальном Тар-тесте возможно проведение люмбального инфузионного теста. Снижение резорбции ликвора и

---

<sup>1</sup> Следует учитывать, что у пациентов в минимальном сознании проведение полноценного нейропсихологического тестирования невозможно, и в основном следует оценивать динамику психического статуса.



повышение сопротивления оттоку ликвора считаются предикторами положительного ответа на шунтирующую операцию.

2. При неубедительных результатах Тар-теста и инфузионного теста рекомендуется проведение наружного люмбального дренирования с динамическим нейропсихологическим и психиатрическим обследованием.

#### **Опции:**

1. Повышение скорости ликворотока в водопроводе, повышение ударного объема при фазово-контрастной МРТ могут быть предикторами эффективности шунтирующей операции у пациентов с ПТГЦ.
2. При невозможности проведения стандартного МРТ исследования - выполнить КТ головы.

## **Хирургическое лечение ПТГЦ**

Цель проводимого лечения – создание условий для резорбции ликвора путем отведения его в брюшную полость, венозный кровоток или создание обходного пути для тока ликвора при наличии окклюзии. **Показанием для проведения шунтирующей операции** является положительная динамика в клинической картине после проведения Тар-теста [41].

#### **Стандарт:**

- Имплантация вентрикуло-перитонеального (ВПШ), атриального (ВАШ) или люмбоперитонеального шунта.

#### **Рекомендации:**

- При установке шунтирующих систем целесообразно использовать программируемые системы, которые позволяют регулировать давление клапана, а так использовать антисифонные устройства и гравитационные клапаны. Эти системы позволяют подобрать необходимые параметры отведения ликвора для каждого конкретного пациента и избежать повторных операций, связанных с неадекватным подбором давления клапана [15,31]. Однако, дороговизна сложных устройств ограничивает их широкое применение в клинической практике.

- Выбор помпы шунтирующей системы обусловлен давлением открытия при люмбальной пункции, исходным состоянием пациента и перспективах дальнейшей реабилитации, наиболее подходящими для пациентов с ПТГЦ являются помпы среднего и низкого давления.

#### **Опции:**

- Эндоскопические операции имеют ограниченное значение в хирургии ПТГЦ, так как даже на фоне окклюзии нарушения резорбции ликвора в той или иной мере доминируют в патогенезе заболевания.
- ВАШ может быть предложено в случаях, когда имплантация перитонеального катетера затруднительна - операции на органах брюшной полости в анамнезе с развитием спаечного процесса, гастростомия.



Рис. 5-7. Результат хирургического лечения у пациента с ПТГЦ и обширными дефектами черепа.

### **Нарушения функции шунтирующих систем и осложнения шунтирующих операций.**

По данным разных авторов, от 70 до 80% имплантированных систем перестают функционировать в течение 10-12 лет. Отрицательная динамика в состоянии пациента и безусловные признаки шунт-инфекции требуют дальнейшего обследования и решения

вопроса о ревизии или экстернализации шунтирующей системы. Все ситуации требующие ревизии шунтирующих систем можно условно разделить на:

- инфицирование (шунт-инфекция);
- дисфункция, или механическое нарушение функции (обструкция или миграция катетера, гипердренирование).

***Инфекционные осложнения.*** Частота инфицирования шунтирующих систем варьирует в разных клиниках и у разных хирургов и составляет в среднем от 10 до 15% [13,14].

Для диагностики шунт-инфекции помимо клинических данных в обязательном порядке необходимо получение ликвора для общего и биохимического анализа, а также посева. Для получения ликвора помпа шунтирующей системы пунктируется в асептических условиях, либо (при отсутствии противопоказаний) выполняется люмбальная пункция.

Сочетание менингеальной симптоматики и воспалительных изменений в ликворе – показание для экстернализации шунтирующей системы или полного удаления с установкой наружного дренажа и проведению системной и интратекальной антибиотикотерапии [45]. До получения результата посевов целесообразно системное использование антибиотиков широкого спектра (ванкомицин + миранем) с последующим переходом на таргетную терапию по результатам антибиотикочувствительности. Интратекально вводится ванкомицин в максимальной суточной дозе 10мг или амикацин – до 20мг/сутки. Продолжительность терапии определяется санацией ликвора и общим состоянием пациента. В случае шунтозависимости и нарастании симптоматики после санации ликвора реимплантируется новая шунтирующая система.

***Профилактика шунт-инфекции.*** Профилактическое применение антибиотиков может быть целесообразно при планировании шунтирующих операций (особенно у пациентов с очагами хронической инфекции – трахеостомами, гастростомами, уроинфекцией), однако достоверных данных о снижении частоты инфицирования в результате исследований не получено [19]. Широко распространены катетеры, импрегнированные антибактериальными препаратами, последние исследования показывают высокую эффективность их применения и уменьшение частоты шунт-инфекций на 1,4% у взрослых и 4,5% у детей [38]. *Достоверно* снижают риск инфицирования использование двух пар перчаток с заменой второй пары перед

имплантацией катетеров, а также использование шовного материала, импрегнированного антибиотиками [38].

***Механическое нарушение функции или дисфункция*** проявляются отрицательной динамикой состояния больного с возвратом на дооперационный уровень неврологической симптоматики. Кроме обтурации катетера или его миграции, приводящих к обратному развитию гидроцефалии и требующих ревизии, нередко встречаются синдромы гипердренирования ликвора. Гипердренирование ликвора может быть связано с неадекватным выбором давления клапана шунта и сифонным эффектом, клинические проявления – ухудшение состояния пациента с возможным угнетением сознания, появлением различной неврологической симптоматики. Нейрорентгенологически длительному гипердренированию соответствует синдром щелевидных желудочков (slit-syndrome). Нередко развитие на фоне гипердренирования субдуральных гематом и гигром. Использование современных программируемых клапанов позволяет неинвазивно корректировать давление, без его замены, а антисифонные и гравитационные устройства избегать осложнений связанных с гипердренированием при вертикализации пациентов [31].

#### ***Стандарты:***

- При наличии шунт-инфекции обязательно экстернализовать шунтирующую систему.
- При наличии шунт-инфекции проводится комбинированная антибиотикотерапия: интратекальное и системное введение антибиотиков.
- В случаях гипердренирования ликвора обязательно проведение ревизии клапана с заменой на клапан более высокого давления или, более предпочтительно, программируемый клапан.

#### ***Рекомендации:***

- Применение программируемых клапанов и антисифонных устройств позволяет избегать повторных операций, связанных с неадекватным дренированием ликвора.
- Использование двух пар перчаток, смена верхней пары перед имплантацией катетеров снижает риск шунт-инфекций.

- Бритье кожи головы станком (в том числе, непосредственно перед операцией) нежелательно, так как может быть фактором риска инфекционных осложнений.
- Использование катетеров, импрегнированных антибиотиками, позволяет снизить риск инфекционных осложнений.
- До получения результатов посева ликвора при шунт-инфекциях целесообразно проведение антибиотикотерапии препаратами широкого спектра с последующим переходом на таргетную терапию.

## Прогноз

Шунтирующие операции при ПТГЦ рассматриваются как важный этап восстановительного лечения пациентов с последствиями черепно-мозговой травмы, способствуют переходу на более высокие уровни сознания, облегчают реабилитацию и социальную адаптацию. При адекватном подборе шунтирующей системы и отсутствии осложнений прогноз благоприятный. Факторы, замедляющие и усложняющие восстановление, - исходно низкий уровень сознания, поздняя диагностика гидроцефалии, а также наличие сопутствующих хронических заболеваний. Наибольшую угрозу для всех пациентов после шунтирующих операций представляет инфицирование. Даже при эффективном лечении интракраниальных инфекционных процессов когнитивные и психопатологические нарушения усугубляются.

## Список литературы

1. Барон М.А., Майорова Н.А. Функциональная стереоморфология мозговых оболочек. М., 1982. — 352 с.
2. Добровольский Г.Ф. Система ликворообращения при черепно-мозговой травме. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме (Под ред. Коновалова А.Н.). Т. 1, 217—229.
3. Доброхотова Т.А., Зайцев О.С., Кравчук А.Д., Лошаков В.А. Влияние шунтирующих операций на психопатологическую симптоматику постравматической гидроцефалии. Вопросы нейрохирургии 1994, 4, с.12-14.
4. Коновалов А.Н. Патогенез, диагностика и лечение черепно-мозговой травмы и ее последствий. Вопросы нейрохирургии 1994, 4, с.18-25.

5. Кравчук А.Д. Реконструктивная и малоинвазивная хирургия последствий и осложнений черепно-мозговой травмы. Дисс. Докт. Мед. Наук. М., 2000.
6. Лихтерман Л.Б., Потапов А.А., Сербиненко Ф.А., Кравчук А.Д., Охлопков В.А., Лысачев А.Г. Классификация и современные концепции хирургии последствий черепно-мозговой травмы. *Нейрохирургия* 2004, 1, 34-39.
7. Лошаков В.А., Юсеф Е.С., Лихтерман Л.Б. Диагностика и хирургическое лечение посттравматической гидроцефалии. *Вопросы нейрохирургии* 1993, 3, с. 18-23.
8. Мухаметжанов Х.Ж. Патология ликворной системы при ЧМТ. Дисс.докт.мед.наук. М., 2002.
9. Щербакова Е.Я., Лошаков В.А., Снигирев В.С. Радионуклидная диагностика патологии ликворных путей при посттравматических состояниях. *Вопросы нейрохирургии*, 1994, 1, 18-22.
10. Юсеф Э.С. Диагностика и лечение посттравматической гидроцефалии с использованием имплантируемых шунтирующих систем. Дисс.канд.мед.наук. М., 1989.
11. Abe K., Ono Y., Yoneyama H., Nishina Y., Aihara Y., Okada Y., Sakai S. Assessment of cerebrospinal fluid flow patterns using the time-spatial labeling inversion pulse technique with 3T MRI: early clinical experiences. *Neuroradiol J.* 2014 Jun;27(3):268-79. doi: 10.15274/NRJ-2014-10045. Epub 2014 Jun 17.
12. Aslan K, Tokatlioglu O, Aydin R, Polat AV, Incesu L. Normal pressure hydrocephalus versus atrophic dilatation to distinguish and predict the benefits of surgical intervention with a phase-contrast MRI technique. *Turk Neurosurg.* 2014;24(4):525-31. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.9101-13.1.
13. Bayston R. Hydrocephalus shunt infections. *J Antimicrob Chemother.* 1994 Aug;34 Suppl A:75-84.
14. Bayston R., Ashraf W., Bhundia C. Mode of action of an antimicrobial biomaterial for use in hydrocephalus shunts. *J Antimicrob Chemother.* 2004 May;53(5):778-82. Epub 2004 Mar 31.
15. Belliard H., Roux F.X., Turak B., Nataf F., Devaux B., Cioloca C. The Codman Medos programmable shunt valve. Evaluation of 53 implantations in 50 patients.[Article in French] *Neurochirurgie.* 1996;42(3):139-45; discussion 145-6.
16. Beyerl B, Black PM. Posttraumatic hydrocephalus. *Neurosurgery.* 1984 Aug;15(2):257-61.
17. Caner H., Caner B., Turul H., Ozcan O.E., Erben G., Bekdik C.F. Pre and postoperative assessment of regional cerebral blood flow in hydrocephalus by

- 99mTc-hexamethyl-propylenamine oxime SPECT. *J Nucl Biol Med.* 1991 Apr-Jun;35(2):66-72.
18. Choi I, Park H.K., Chang J.C., Cho S.J., Choi S.K., Byun B.J. Clinical factors for the development of posttraumatic hydrocephalus after decompressive craniectomy. *J Korean Neurosurg Soc.* 2008 May;43(5):227-31. doi: 10.3340/jkns.2008.43.5.227. Epub 2008 May 20.
  19. Choux M, Genitori L, Lang D., Lena G. Shunt implantation: reducing the incidence of shunt infection. *J Neurosurg.* 1992 Dec;77(6):875-80.
  20. De Bonis P., Sturiale C.L., Anile C., Gaudino S., Mangiola A., Martucci M., Colosimo C., Rigante L., Pompucci A. Decompressive craniectomy, interhemispheric hygroma and hydrocephalus: a timeline of events? *Clin Neurol Neurosurg.* 2013 Aug;115(8):1308-12. doi: 10.1016/j.clineuro.2012.12.011. Epub 2013 Jan 3.
  21. Guyot L.L., Michael D.B. Post-traumatic hydrocephalus. *Neurological Research* [2000, 22(1):25-28]
  22. Fu L., Tang Y., Wang S. Effect of nonoperative treatment on the outcome of patients with posttraumatic hydrocephalus. *Chin J Traumatol.* 2002 Feb;5(1):7-11.
  23. Jiao Q.F., Liu Z., Li S., Zhou L.X., Li S.Z., Tian W., You C. Influencing factors for posttraumatic hydrocephalus in patients suffering from severe traumatic brain injuries. *Chin J Traumatol.* 2007 Jun;10(3):159-62.
  24. Hakim S., Adams R.D. The special clinical problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure. Observations on cerebrospinal fluid hydrodynamics. *J Neurol Sci.* 1965 Jul-Aug;2(4):307-27.
  25. Hakim R., Black P.M. Correlation between lumbo-ventricular perfusion and MRI-CSF flow studies in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Surg Neurol.* 1998 Jan;49(1):14-9; discussion 19-20.
  26. Hakim S., Venegas J.G., Burton J.D., The physics of the cranial cavity, hydrocephalus and normal pressure hydrocephalus: mechanical interpretation and mathematical model. *Surg. Neurology* 1976; 5(3):187-210.
  27. Hirsch J.F. Surgery of hydrocephalus: past, present and future. *Acta Neurochirurgica (Wien)* 1992; 116(2-4): 155-160.
  28. Forner Giner J, Sanz-Requena R, Flórez N, Alberich-Bayarri A, García-Martí G, Ponz A, Martí-Bonmatí L. Quantitative phase-contrast MRI study of cerebrospinal fluid flow: a method for identifying patients with normal-pressure hydrocephalus. *Neurologia.* 2014 Mar;29(2):68-75. doi: 10.1016/j.nrl.2013.02.016. Epub 2013 May 3.

29. Kan P., Amini A., Hansen K., White G.L. Jr., Brockmeyer D.L., Walker M.L., Kestle J.R. Outcomes after decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury in children. *J. Neurosurg.* 2006 Nov;105(5 Suppl):337-42.
30. Kammergaard L.P., Linnemann M., Tibæk M. Hydrocephalus following severe traumatic brain injury in adults. Incidence, timing, and clinical predictors during rehabilitation. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(3):473-80. doi: 10.3233/NRE-130980.
31. Kehler U., Kiefer M., Eymann R., Wagner W., Tschan C.A., Langer N., Rohde V., Ludwig H.C., Gliemroth J., Meier U., Lemcke J., Thomale U.W., Fritsch M., Krauss J.K., Mirzayan M.J., Schuhmann M., Huthmann A. PROSAIKA: A prospective multicenter registry with the first programmable gravitational device for hydrocephalus shunting. *Clin Neurol Neurosurg.* 2015 Jul 8;137:132-136. doi: 10.1016/j.clineuro.2015.07.002.
32. Lee E.J., Hung Y.C., Chang C.H., Pai M.C., Chen H.H. Cerebral blood flow velocity and vasomotor reactivity before and after shunting surgery in patients with normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien).* 1998;140(6):599-604; discussion 604-5.
33. Katz R.T., Brander V., Sahgal V. Updates on the diagnosis and management of posttraumatic hydrocephalus. *Am J Phys Med Rehabil.* 1989 Apr;68(2):91-6.
34. Marmarou A., Foda M.A., Bandoh K., Yoshihara M., Yamamoto T., Tsuji O., Zasler N., Ward J.D., Young H.F. Posttraumatic ventriculomegaly: hydrocephalus or atrophy? A new approach for diagnosis using CSF dynamics. *J Neurosurg.* 1996 Dec;85(6):1026-35.
35. Matsushita H., Takahashi K., Maeda Y., Mandai S., Gohda Y., Kawauchi M., Matsumoto Y. A clinical study of posttraumatic hydrocephalus. *No Shinkei Geka.* 2000 Sep;28(9):773-9. [Article in Japanese].
36. Mazzini L., Campini R., Angelino E., Rognone F., Pastore I., Oliveri G. Posttraumatic hydrocephalus: a clinical, neuroradiologic, and neuropsychologic assessment of long-term outcome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003 Nov;84(11):1637-41.
37. Mori E, Ishikawa M, Kato T, Kazui H, Miyake H, Miyajima M, Nakajima M, Hashimoto M, Kuriyama N, Tokuda T, Ishii K, Kaijima M, Hirata Y, Saito M, Arai H; Japanese Society of Normal Pressure Hydrocephalus. Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus: second edition. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2012;52(11):775-809.
38. Parker S.L., McGirt M.J., Murphy J.A., Megerian J.T., Stout M., Engelhart L. Comparative effectiveness of antibiotic-impregnated shunt catheters in the treatment of adult and pediatric hydrocephalus: analysis of 12,589 consecutive cases from 287 US hospital systems. *J Neurosurg.* 2015 Feb;122(2):443-8. doi: 10.3171/2014.10.JNS13395. Epub 2014 Nov 21.
39. Raimondi A.J. A unifying theory for the definition and classification of hydrocephalus. *Childs Nerv Syst.* 1994 Jan;10(1):2-12.
40. Reinard K., Basheer A., Phillips S., Snyder A., Agarwal A., Jafari-Khouzani K., Soltanian-Zadeh H.,



- Schultz L., Aho T., Schwalb J.M. Simple and reproducible linear measurements to determine ventricular enlargement in adults. *Surg Neurol Int.* 2015 Apr 9;6:59. doi: 10.4103/2152-7806.154777. eCollection 2015.
41. Relkin N., Marmarou A., Klinge P., Bergsneider M., Black P.M. Guidelines for management of idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Neurosurgery.* 2005 Sep;57(3 Suppl):S40-52
  42. Shi S.S., Zhang G.L., Zeng T., Lin Y.F. Posttraumatic hydrocephalus associated with decompressive cranial defect in severe brain-injured patients. *Chin J Traumatol.* 2011;14(6):343-7.
  43. Tian H.L., Xu T., Hu J., Cui Y.H., Chen H., Zhou L.F. Risk factors related to hydrocephalus after traumatic subarachnoid hemorrhage. *Surg Neurol.* 2008 Mar;69(3):241-6; discussion 246. Epub 2007 Aug 17.
  44. Traczewski W., Moskała M., Szwabowska D., Gościński I., Krupa M., Polak J. The role of computerized rheoencephalography in the assessment of normal pressure hydrocephalus. Preliminary report [Article in Polish] *Neurol Neurochir Pol.* 2005 Jul-Aug;39(4):287-93.
  45. Vajramani G.V., Jones G., Bayston R., Gray W.P. Persistent and intractable ventriculitis due to retained ventricular catheters. *Br J Neurosurg.* 2005 Dec;19(6):496-501.
  46. Virhammar J., Laurell K., Ahlgren A., Cesarini K.G., Larsson E.M. Idiopathic normal pressure hydrocephalus: cerebral perfusion measured with pCASL before and repeatedly after CSF removal. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2014 Nov;34(11):1771-8. doi: 10.1038/jcbfm.2014.138. Epub 2014 Aug 20.
  47. Walchenbach R., Geiger E., Thomeer R.T., Vanneste J.A. The value of temporary external lumbar CSF drainage in predicting the outcome of shunting on normal pressure hydrocephalus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002 Apr;72(4):503-6.
  48. Wikkelsø C, Hellström P, Klinge PM, Tans JT; European iNPH Multicentre Study Group. The European iNPH Multicentre Study on the predictive values of resistance to CSF outflow and the CSF Tap Test in patients with idiopathic normal pressure hydrocephalus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2013 May;84(5):562-8. doi: 10.1136/jnnp-2012-303314. Epub 2012 Dec 18.
  49. Yamada S.M., Masahira N., Kawanishi Y., Fujimoto Y., Shimizu K. Preoperative acetazolamide SPECT is useful for predicting outcome of shunt operation in idiopathic normal pressure hydrocephalus patients. *Clin Nucl Med.* 2013 Sep;38(9):671-6. doi: 10.1097/RLU.0b013e31829959a9.