

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования "Красноярский государственный медицинский  
университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого" Министерства  
здравоохранения Российской Федерации

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО



Реферат на тему:

«Методы измерения внутричерепного давления»

Выполнила: Сухотина Дарья Владимировна

Ординатор 1 года по специальности: «Анестезиология и реаниматология»

Красноярск 2024

## **Введение.**

Лечение больных с острыми церебральными повреждениями почти всегда представляет серьезную проблему и, прежде всего из-за особенностей интракраниальной системы, расположенной в замкнутой герметичной полости черепа с фиксированным объемом.

Патогенез и танатогенез больных с церебральными повреждениями изучен в настоящее время достаточно полно. Результат этого изучения однозначно показал ведущую роль синдрома острой внутричерепной гипертензии (ВЧГ). Важность количественной оценки значений давления в полости черепа для больных с церебральной патологией в настоящее время не вызывает сомнений.

Более того, человечество прошло определенный путь и в методологическом аспекте, разработав различные методы измерения ВЧД.

Настоящая работа посвящена, прежде всего, таким аспектам как методология измерения ВЧД и его клиническому значению.

### **ВЧД в норме.**

Нормальные значения ВЧД могут варьировать в зависимости от возраста, положения тела, и клинического состояния.

У взрослого человека в состоянии покоя на спине ВЧД колеблется от 5 до 15 мм рт.ст., а в положении стоя может принимать отрицательное значение до - 5, а при наличии шунтирующей системы не должно быть ниже – 15 мм рт.ст..

В детском возрасте оно составляет величину от 3 до 7 мм рт.ст, а у новорожденных оно в пределах от 1,5 до 6 мм рт.ст..

Значение ВЧД свыше 15-18 мм рт.ст. считается патологическим состоянием. Показанием для лечения при гидроцефалии является ВЧД выше 15 мм рт.ст., а при ЧМТ выше 20 мм рт.ст..

### **Методы регистрации ВЧД.**

*Методы измерения ВЧД условно можно разделить в зависимости от места расположения датчика ВЧД:*

- Субдуральное;
- Паренхиматозное;
- Вентрикулярное;
- Эпидуральное;
- Субарахноидальное;
- Твердая мозговая оболочка;
- Боковые желудочки мозга.

Наиболее ранним методом и сохраняющим за собой право называться *«золотым» стандартом* считается измерение ликворного давления в полости боковых желудочков мозга.

### **Вентрикулярное измерение ВЧД.**

Для вентрикулярного измерения ВЧД в точке Кохера выполняется вентрикулостомия. Измерение ликворного желудочкового давления проводится при помощи тензометрического датчика, который располагается экстракраниально на уровне наружного слухового отверстия. Именно данное положение трансдюссера обеспечивает нулевое значение ВЧД, что соответствует анатомической проекции отверстия Монро. Данная методика измерения ВЧД остается эталонной со времен работ Lundberg. Метод не требует дорогостоящего оборудования, достаточно прост в использовании и интерпретации данных. Метод имеет свои преимущества и недостатки.

### *Преимущества вентрикулярного измерения ВЧД:*

- Остается на протяжении многих лет самым дешевым и доступным.
- Метод дает возможность проводить перекалибровку датчика при развитии «дрейфа нуля». Так же позволяет проводить анализ ликвора на клеточный и биохимический состав, выполнять метаболический и бактериологический мониторинг. Метод является не только диагностическим, но и терапевтическим, так как позволяет контролировать ВЧД путем дренирования ликвора. К недостаткам метода можно отнести: Риск развития инфекционных (5%) и геморрагических осложнений (1,1%); Вероятность возникновения технических трудности при выполнении вентрикулостомии на фоне диффузного отека мозга и суженных боковых желудочков.
- Соблюдение асептики и антисептики, антибактериальная профилактика, использование закрытых систем для вентрикулярного дренирования (рис. 4 Система наружного вентрикулярного дренирования Codman EDS 3 TM. 1 – измерительная линейка, 2 – воздушный фильтр накопительного резервуара, 3- резервуар, 4 – измерительный канал для подключения наружного тензометрического датчика, 5 - трех - ходовой кран для измерения ВЧД и дренирования ликвора, 6 – трех-ходовой кран для слива ликвора.), катетеров с антибактериальным покрытием позволяет снизить инфекционные осложнения.

### **Другие инвазивные способы измерения ВЧД.**

На сегодняшний день принято считать, что измерения ВЧД в субдуральном и субарахноидальном пространствах менее точно в сравнении с паренхиматозным и вентрикулярным измерением. Все попытки внедрения новых методик преследовали единственную цель - снизить вероятность инфекционных и геморрагических осложнений, а также упростить способ установки датчика ВЧД. С этих позиций весьма обнадеживающим был метод эпидурального расположения датчика ВЧД. Однако показатели внутричерепного давления при эпидуральном измерении сильно завышались в сравнении с люмбальным и субдуральным измерением.

Были попытки измерения ВЧД в люмбальном пространстве, точнее измерение ликворного давления. Данная методика, как обсуждалось ранее, имела свои ограничения из-за неточности измерения при наличии компрессии ликворопроводящих путей. Нужно помнить, что люмбальная пункция при отеке мозга может вызвать аксиальную дислокацию и вклинение мозга.

В современных рекомендациях по детской нейротравматологии допускается дренирование люмбального пространства, как дополнительная опция при купировании неуправляемой внутричерепной гипертензии (ВЧГ). Метод рассматривается как способ, увеличивающий резерв краниоспинального пространства.

Есть опыт использования вспомогательного люмбального дренирования при некупируемой ВЧГ у пациентов с ЧМТ и САК. Авторы делают оговорку, что люмбальное дренирование можно использовать только при проходимости ликворопроводящих путей и отсутствии блока на уровне охватывающей цистерны. Современные технологии позволяют проводить одновременно непрерывное измерение и контролируемое дренирование ликвора со строгим контролем заданного уровня ликворного давления, не допуская развития гипердренирования и дислокации головного мозга.

Такими возможностями обладает система LiquoGuard (Moller medical GmbH @CO.KG), позволяющая проводить контролируемое дренирование ликвора в пределах заданных значений ликворного давления.

Среди инвазивных методик наиболее распространенным остается паренхиматозный метод измерения.

Датчик устанавливается в паренхиму мозгового вещества на глубину 2-2,5 см. Датчик устанавливается через трефинационное отверстие в точке Кохера, которая используется при пункции переднего рога бокового желудочка. Датчик ВЧД может фиксироваться с помощью специальной болт-системы (Richmond bolt), либо с предварительным тунелированием под кожей. Датчик имплантируется в премоторную зону недоминантного полушария.

Паренхиматозный метод измерения ВЧД считается предпочтительным, так как лучше остальных методов соответствует 5 показаниям внутрижелудочкового измерения.

Недостатком паренхиматозного измерения ВЧД является дороговизна датчика и невозможность перекалибровки, необходимость в которой возникает при «дрейфе нуля».

### **Неинвазивные методы измерения ВЧД.**

В литературе освещены различные способы инвазивной и неинвазивной оценки ВЧД. Поиски более точного и легко воспроизводимого метода продолжаются. Актуальность разработки новых неинвазивных методик диктуется, прежде всего, попыткой свести к минимуму все осложнения, связанные с инвазивным измерением ВЧД. Кроме того, у отдельных пациентов и в отдельных возрастных группах, таких как новорожденные, младенцы, люди преклонного возраста, а также у пациентов с нарушением гемостаза, использование неинвазивных методов измерения очевидно предпочтительнее.

В специальной литературе обсуждается возможность оценки ВЧД по смещению барабанной перепонки. Предполагается, что изменение ВЧД меняет давление перилимфы в лабиринте улитки, а это приводит к смещению (деформации) барабанной перепонки. Однако эта методика описана только для пациентов с гидроцефалией. Обязательным условием применения этой методики является сохранность структур среднего уха и ствола мозга. По мнению авторов, результат измерения является суррогатным маркером ВЧД и может служить только как ориентировочный показатель, отражающий динамику изменения ВЧД у конкретного пациента.

Метод требует дальнейшего совершенствования и не может пока быть рекомендован к широкому использованию.

Одной из попыток оценки ВЧД и ЦПД была интерпретация с помощью доплерографии. Для расчета ЦПД используется компьютерный анализ волновых характеристик артериального давления и линейной скорости кровотока. Метод позволяет проводить измерение ЦПД с погрешностью +/- 10 мм рт.ст.

Проводились исследования по измерению ВЧД с помощью офтальмодинамометрии. Метод зарекомендовал себя как неточный и давал большие погрешности у пациентов в коме и с миопией. Не оправдал себя и метод количественной папиллометрии, сущность которого заключается в оценке скорости папиллоконстрикции, которая снижается при развитии внутричерепной гипертензии. Метод позволяет выявлять пациентов с выраженной гипертензией (ВЧД выше 20 мм рт.ст.), но требует использования специального оборудования.

В литературе освещены методы, основанные на оценке скорости прохождения ультразвуковой волны в полости черепа. Предполагается, что скорость прохождения ультразвуковой волны будет зависеть от плотности внутричерепного содержимого, т.е. меняться при развитии отека мозговой ткани. На пациентах с ЧМТ были получены сопоставимые результаты инвазивного («Саміно») и неинвазивного измерения ВЧД, полученного сонографическим монитором «Vittamed».

У новорожденных и младенцев проводились измерения ВЧД неинвазивно через отверстие Фонтанелле (незаращенный родничок). С этой целью был разработан специальный контактный датчик (Rotterdam Teletransducer), который прикладывался к незаращенному переднему родничку и фиксировался на голове при помощи облегченной рамы. Результаты мониторинга 70 младенцев, как здоровых, так и с различной неврологической патологией, дали весьма обнадеживающие результаты. Дальнейшее совершенствование данной технологии, показало сопоставимость показаний датчика Rotterdam Teletransducer на младенцах с гидроцефалией с инвазивным измерением ВЧД, а также высокую степень корреляции двух методов ( $r=0,96-0,98$ ).

Разработка неинвазивных методов измерения ВЧД остается актуальной. В настоящее время, лидирующее место занимают различные ультразвуковые и телеметрические методы измерения. Вопрос о точности получаемых данных при неинвазивных методах остается открытым и требует дальнейшего уточнения. Все вышеперечисленные методы не позволяют измерить абсолютное значение ВЧД, а только позволяют экстраполировать динамику его изменений.

### **Показания для измерения ВЧД.**

За последние 15 лет использование ВЧД мониторинга не ограничивается только пострадавшими с ЧМТ. Перечень заболеваний, при которых проводится измерение ВЧД значительно расширился.

Внутричерепные кровоизлияния и САК - Гидроцефалия - Инсульт, сопровождающийся отеком головного мозга - Постгипоксическая энцефалопатия - Инфекционные менингиты - Печеночная энцефалопатия. Показания для проведения инвазивного измерения ВЧД четко установлены для пациентов с тяжелой черепно-мозговой травмой. Прежде всего, показанием для мониторинга ВЧД является коматозное состояние и наличие патологических изменений по данным КТ. Показанием для проведения мониторинга ВЧД также является коматозное состояние при отсутствии изменений на КТ, но при наличии любых двух из трех признаков: возраст свыше 40 лет, позно-тонические реакции, систолическое АД <90 mmHg. \*\* Спорные вопросы мониторинга ВЧД.

Развитие внутричерепной гипертензии связывают с высоким риском летального исхода, однако есть сообщения, что не все пациенты с высоким ВЧД имеют неблагоприятный исход. Это не удивительно, так как параметры ВЧД и ЦПД не могут характеризовать все патофизиологические процессы в поврежденном мозге и отражать всё многообразие церебральных процессов. В настоящее время показано, что терапия, ориентированная только на параметры ВЧД и ЦПД, в ряде клинических ситуаций не способна предотвратить развитие вторичного ишемического повреждения головного мозга. На сегодняшний день не было проведено ни одного рандомизированного контролируемого исследования, подтвердившего влияние ВЧД мониторинга на исход травмы. Проводить данное сравнение невозможно по простым этическим соображениям. Кроме того, согласно расчетам, для подтверждения различий в исходах между сравниваемыми группами, потребуются значительные финансовые и материальные затраты.

Опрос, проведенный среди нейрохирургов и intensivистов разных стран, установил, что настоящее время не существует единого подхода к использованию различных методов мониторинга в нейроинтенсивной терапии. Что касается измерения ВЧД, то в США мониторинг ВЧД использовался у 83% пациентов с тяжелой ЧМТ, а в Великобритании и Ирландии было охвачено только 57% пострадавших. Несмотря на то, что в Канаде был самый высокий показатель использования ВЧД, только 20 % нейрохирургов считают, что данный метод может существенно улучшить исход при ЧМТ.

Достаточно «интересное» исследование провела группа авторов из Голландии, которая сравнила исходы и агрессивность терапии среди пострадавших с тяжелой ЧМТ, поступивших в два разных медицинских центра. В первом центре не использовался ВЧД мониторинг, а среднее артериальное давление всем поступившим обеспечивалось на уровне не ниже 90 мм рт.ст. Во втором центре использовался протокол, ориентированный на обеспечение ЦПД выше 70 и ВЧД ниже 20 мм рт. ст. Вывод, сделанный авторами, был весьма неожиданным. Терапия, ориентированная на протокол ВЧД/ЦПД приводит к увеличению длительности искусственной вентиляции легких и увеличивает агрессивность терапии, не улучшая исходы.

Работа часто цитируется на страницах специальной литературы, посвященной проблеме мониторинга ВЧД. Данная публикация противоречит большинству сообщений о ценности измерения ВЧД. Она часто используется как контраргумент в дискуссиях по данной проблематике, но одновременно является аргументом в пользу проведения проспективного исследования, которое смогло бы разрешить споры вокруг мониторинга ВЧД.

### **Градиенты давления в полости черепа.**

Неравномерность распределения значений ВЧД в полости черепа в настоящее время является общепризнанным фактом, однако многие вопросы остаются нерешенными. Если бы полость черепа была заполнена однородной жидкостью, то давление во всех точках интракраниального пространства было бы одинаковым. Поскольку мозг является неоднородным по составу, его структуры (кора, проводящие пути, подкорковые ядра, сосудистая сеть и ликворные пространства) имеют разную плотность и упругость. Повышение давления в поврежденной зоне в каждом случае перераспределяется и выравнивается в полости черепа по-разному и в разные сроки. Очевидно, что упругость мозга зависит от количества внутри- и внеклеточной жидкости в ткани мозга, состояния сосудистой системы мозга и кровотока, наличия или отсутствия атрофии мозговой ткани и состояния ликворной системы. В настоящее время публикаций, посвященных исследованию интракраниальных градиентов давления и динамике перераспределения ВЧД, мало.

Существование градиента давления в полости черепа выше и ниже намета мозжечка было описано в послеоперационном периоде у пациентов перенесших операции по удалению опухолей в задней черепной ямке. Rossenwasser и соавт. установили, что в ВЧД в задней черепной ямке превышало значение ВЧД в просвете желудочков мозга в среднем на 50%. Данный градиент сохранялся в послеоперационном периоде до 12 часов.

При одновременной двусторонней регистрации внутричерепного давления в субдуральном пространстве у пациентов с супра- и инфратенториальными опухолями всегда выявлялся градиент давлений между здоровой и пораженной стороной.

При острых субдуральных гематомах одновременное измерение ВЧД в паренхиме обеих лобных долей выявило межполушарный градиент давления, который превышал 10 мм рт.ст. Однако при очаговых поражениях вещества мозга и при внутримозговых гематомах градиент ВЧД не регистрировался. По мнению авторов, проводивших данное сравнительное исследование, измерение ВЧД при субдуральных гематомах целесообразно проводить со стороны поражения (ипсилатерально).

В клинических работах Yano M. и соавт. не был выявлен межполушарный градиент при различных видах травматического поражения. По сообщению других авторов при различных интракраниальных поражениях (оболочечные гематомы, очаги ушиба, и т.д.) супратенториальный градиент давления мог быть весьма значительным, достигая 20-28 мм рт. ст. Mindermann and Gratz (1998) на группе пациентов с ЧМТ показали, что даже при отсутствии



повреждений с масс-эффектом, может развиваться межполушарный градиент давлений. Авторы утверждают, что одновременное 2-х стороннее измерение ВЧД может быть оправдано в раннем периоде ЧМТ, а контроль ЦПД с коррекцией внутричерепной гипертензии могут устранять данный градиент.

При сравнении групп с различным видом повреждения головного мозга, было установлено, что межполушарный градиент давления отсутствует при диффузном повреждении и появляется при очаговом повреждении. При очаговом повреждении градиент давления разрешался в течение 4 часов и указывал на трансформацию первичного очага либо формирование нового очага. Важным условием для разрешения градиента давления, по мнению авторов, была проходимость субарахноидальных пространств. Частота развития градиента давления при очаговом супратенториальном повреждении мозга составила 25%. У большинства из этих пациентов на КТ регистрировалось латеральное смещение срединных структур.

Наиболее важными из патофизиологических механизмов, приводящих к формированию градиента давлений, принято считать формирование вазогенного отека в зоне вокруг опухоли или очагового повреждения мозга. На фоне формирования и трансформации первичных очагов поражения мозговой ткани так же происходят изменения локального мозгового кровотока, содержания жидкости в веществе мозга, изменение упругости мозга – все эти динамические патофизиологические процессы так же приводят к развитию градиента давлений в веществе мозга. Определенный вклад в развитие градиента давлений при отеке головного мозга вносит нарушение венозного оттока, которое развивается при обструкции венозных коллекторов на фоне повышенного ВЧД.

При паренхиматозном измерении ВЧД сторона расположения датчика зависит от характера поражения мозговой ткани. При очаговом поражении мозга датчик располагается со стороны патологического очага (гематома, ушиб и т.д.), при диффузном повреждении (ДАП, диффузный отек и др.) - измерение проводится со стороны не доминантного полушария. Одновременное измерения ВЧД в разных зонах (билатеральное, инфра- и супратенториальное, вентрикулярное и люмбальное) при разной патологии всегда демонстрировало наличие градиента давлений. Ряд авторов полагают, что только у небольшой группы пациентов мультифокальное измерение ВЧД может быть оправдано.

Важность своевременной диагностики градиента давлений обусловлена тем, что развитие градиента может приводить к дислокации структур мозга. Ригидность конструкции черепа, неравномерность его основания с многочисленными костными выступами, а также наличие выростов твердой мозговой оболочки (фалькс, намет мозжечка и др.) при дислокации мозга обуславливают разные виды вклинения.

Приведенный обзор свидетельствует о неравномерности распределения давления в полости черепа. Важным остается вопрос о выборе метода измерения и месте расположения датчика ВЧД. Современные рекомендации по мониторингу предполагают измерение только «глобального» ВЧД, с преимущественным использованием вентрикулярного и паренхиматозного методов измерения. В нейрохирургии и нейроинтенсивной терапии принятие решения по тактике ведения всегда проводится на основании комплексной оценки больного, которая включает мониторинг «глобального» ВЧД, методы нейровизуализации (КТ, МРТ), а так же клиничко-неврологическую оценку.

### **Аргументы в пользу мониторинга ВЧД или почему важно измерять ВЧД.**

Внутричерепная гипертензия встречается у 80% пострадавших с тяжелой ЧМТ, причем у трети развивается неуправляемая ВЧГ и в последствии они погибают. В группе пациентов с тяжелой ЧМТ нормальным ВЧД летальность составляет 17%, а при повышении ВЧД свыше 20 мм рт.ст. достигает 47%.

Внутричерепная гипертензия является фактором неблагоприятного исхода при травматическом повреждении головного мозга. Прогностическое значение имеет не только выраженность, но и длительность гипертензии. Чем дольше по времени существует внутричерепная гипертензия, тем выше вероятность неблагоприятного исхода и выхода в вегетативное состояние. Установлено, что не только длительность внутричерепной гипертензии, но и ответ на терапию имеет прогностическое значение.

В настоящее время измерение ВЧД уже вошло в разряд рутинных клинических методик. Измерение ВЧД проводится у разной категории пациентов, как у пациентов с САК и ЧМТ, так и пациентов после удаления новообразований головного мозга. Мониторинг ВЧД позволяет контролировать и управлять церебральным перфузионным давлением (ЦПД) у пациентов с осложненным течением послеоперационного периода, а так же проводить направленную патогенетическую терапию при различной церебральной патологии: отеке мозга, церебральной дисгемии и др.

Мониторинг ВЧД позволяет оценить эффективность проводимой противоотечной терапии. Нельзя проводить терапию, не оценив эффективность и продолжительность её эффекта. Инвазивное измерение ВЧД дает возможность измерять церебральное перфузионное давление, которое отражает эффективность мозгового кровотока и является независимым прогностическим показателем. При мониторинге ВЧД специальное 11 программное обеспечение позволяет оценить состояние церебральной ауторегуляции и упругости мозга. Данная информация имеет ценное значение при выборе тактики терапии. Так на основании расчетного коэффициента церебральной реактивности мозговых сосудов можно добиться «оптимальных значений» ЦПД.

### **Заключение.**

Несмотря на полувековую историю измерения ВЧД, продолжают поиски и разработки новых методов измерения ВЧД. При лечении пациентов с острой церебральной патологией одной из важных задач остается лечение внутричерепной гипертензии. Мониторинг внутричерепного давления обеспечивает быструю и точную диагностику данного патологического состояния и позволяет проводить направленную патогенетическую терапию, что благоприятно сказывается на исходах лечения.

### **Литература.**

1. Башкиров М.В., Шахнович А.Р., Лубнин А.Ю. Внутричерепное давление и внутричерепная гипертензия. Российский журнал анестезиологии и интенсивной терапии 1999; 1: 4-11.
2. Белкин А.А., Алашеев А.М., Инюшкин С.Н. Транскраниальная доплерография в интенсивной терапии. Методическое пособие для врачей. Екатеринбург: Издание Клинического института Мозга СУНЦ РАМН; 2004.
3. Ошоров А.В., Савин И.А., Горячев А.С. и соавт. Первый опыт применения мониторинга ауторегуляции мозговых сосудов в остром периоде тяжелой черепно-мозговой травмы. Анестезиология и реаниматология 2008; 2: 16 – 20.
4. Плам Ф., Познер Д. Диагностика ступора и комы. Пер. с англ. М.: Медицина; 1986.
5. Сарибекян А.С. Транскраниальная доплерография при оценке уровня внутричерепного давления. Журн. неврол. и психиатр 1994; 1: 34-37.