

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Красноярский государственный медицинский
университет имени профессора В.Ф.Войно-Ясенецкого" Министерства
здравоохранения Российской Федерации
Кафедра офтальмологии с курсом ПО им. проф. М.А.Дмитриева

Реферат на тему:

Методы измерения внутриглазного давления

Выполнил:

Ординатор 1-го года

Кобежиков И. А.

Заведующий кафедрой:

Д.м.н., доцент Козина Е. В.

Красноярск, 2019.

Введение

На протяжении всей жизни человечество ищет пути сохранения здоровья, в том числе и здоровья такой важной сенсорной системы, как зрение. Одной из причин распространенных глазных заболеваний является отклонение внутриглазного давления от нормы.

Внутриглазное давление - давление, под которым внутриглазная жидкость находится внутри замкнутой полости глазного яблока.

Чтобы избежать развития нарушений работы зрительного аппарата, необходима своевременная диагностика, в том числе измерение внутриглазного давления.

Один из основных и необходимых методов обследования пациентов с подозрением на такое опасное заболевание, как глаукома (которое может привести к полной потере зрения) - это измерение внутриглазного давления.

В настоящем реферате рассматривается история, методики и устройства для исследования внутриглазного давления, вопросы его современной диагностики.

1. Внутриглазное давление

Измерение внутриглазного давления - один из основных и необходимых методов обследования пациентов с подозрением на глаукому и с уже выявленным заболеванием.

Глазное яблоко – сферической формы резервуар, заполненный жидким, несжимаемым содержимым. Уровень внутриглазного давления (офтальмотонуса) определяется циркуляцией водянистой влаги в глазу и давлением в эписклеральных венах.

Внутриглазное давление (далее ВГД) обусловлено действием упругих сил, возникающих в оболочках глаза при его растяжении, его уровень определяется циркуляцией водянистой влаги в глазу и давлением в эписклеральных венах.

ВГД — это динамичная, непрерывно изменяющаяся величина. Различают системные, ритмичные его колебания относительно постоянного уровня (они зависят от кровенаполнения внутриглазных сосудов и внешнего давления на глазное яблоко) и кратковременные изменения случайного характера, например, ВГД повышается при переходе из вертикального положения в горизонтальное. В значительной мере из-за ритмичных колебаний офтальмотонуса данные последовательных измерений ВГД могут различаться.

Мигание, сжатие глаза круговой мышцей или наружными мышцами глазного яблока кратковременно повышают ВГД, осуществляют массаж глаза и уменьшают венозный застой, но вместе с тем и являются причинами погрешности при измерении ВГД. Статистически нормальное ВГД варьирует от 9 до 21 мм рт. ст. (в среднем 15-16 мм рт. ст.) В пожилом возрасте увеличивается число людей с ВГД от 16 до 21 мм рт. ст. Более 3% здоровых лиц имеют ВГД выше 21 ммрт. ст. [1].

Каждый глаз настроен на определенный уровень ВГД (давления равновесия), который поддерживается с помощью пассивных и активных

механизмов. При повышении ВГД увеличивается давление оттока и фильтрации жидкости из глаза, при снижении продукции водянистой влаги ее отток уменьшается и давление равновесия восстанавливается.

Активные механизмы регуляции ВГД изучены недостаточно. Возможно участие гипоталамуса, надпочечников, вегетативной нервной системы и местных ауторегуляторных механизмов. [1]

2. Методики и устройства для исследования офтальмотонуса.

Прямое измерение давления с помощью введения канюли в переднюю камеру и манометрической методики проводить нецелесообразно, поэтому используют непрямые методики. Они основаны на определении ответа глазного яблока на прилагаемую внешнюю силу.

Измерение тензии глаза, (т.е. ВГД или офтальмотонуса) производят двумя основными методами:

- 1) пальцевым (пальпаторным);
- 2) инструментальным. [2]

2.1. Пальцевой метод определения ВГД.

Пальпация является простейшим, всякому доступным и легко усвояемым методом исследования ВГД. Имеются две вариации этого метода:

а) непосредственной пальпации глазного яблока (после анестезии его), которым пользуются, чаще всего, на операционном столе;

б) транспальпебральной пальпации - через веки. В этом случае больного просят спокойно закрыть глаза и смотреть вниз. Концы указательных пальцев обеих рук кладут на мягкую часть верхнего века т.е. выше верхнего края хряща, пальцами производят попеременное надавливание и получают впечатление о степени твердости глаза. Всегда, для сравнения, необходимо произвести исследование и второго глаза.

Для регистрации полученных результатов издавна, еще по предложению Боумена, принята трехбалльная система оценки офтальмотонуса. Результаты исследования записываются следующим образом:

- **T-N** - нормальное состояние ВГД;
- **T+1** - ясное уплотнение глаза в сравнении с нормой;
- **T+2** - значительное увеличение плотности глаза, но такое, при котором пальцами еще производится вдавление фиброзной оболочки и изменение формы глаза;
- **T+3** - столь сильное увеличение плотности, что даже интенсивное надавливание не производит вдавления глазного яблока, "глаз твёрд как камень".
- **T+?** – так обозначается сомнительное повышение ВГД.

Цифры с противоположным знаком (T-1; T-2; T-3) - означают три степени понижения ВГД.

Конечно, метод пальпаторного исследования ВГД очень неточен, приближителен и недопустим при научных или клинических исследованиях. И тем не менее он всегда сохранит своё значение в офтальмологической практике для быстрой ориентировки в столь важном вопросе, как состояние офтальмотонуса.[2]

2.2. Инструментальные методы определения ВГД.

Ведущее значение в диагностике глазных болезней, а особенно таких как глаукома, имеют определение уровня ВГД и регуляции ВГД с помощью следующих инструментальных методов:

- 1) Измерение внутриглазного давления:
 - офтальмотонометрия (или тонометрия);
 - эластотонометрия.
- 2) Исследование показателей оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ):

- тонография.
- 3) Прогностическая нагрузочная вакуум-периметрическая проба.

3. Офтальмотонометрия.

Тонометрия, или, точнее офтальмотонометрия, занимает видное место в диагностике наличия глазной гипертензии, в том числе – глаукоматозной. Измерение ВГД производится тонометрами. [4]

Основной принцип тонометрии заключается в том, что под действием внешних сил (т.е. под действием тонометра) оболочки глазного яблока деформируются. Деформации роговой оболочки по форме могут быть в виде вдавления (импрессии) и сплющивания (аппланации).

По принципу воздействия на наружную оболочку глаза и тонометры делятся на два основных вида. Первый вид тонометров - импрессионные тонометры, построенные на принципе вдавления склеры (импрессия - вдавление) с помощью специального стержня (плунжера). Второй вид тонометров - аппланационные, когда производится сплющивание роговой оболочки какой-нибудь плоской поверхностью - аппланация.

С первых лет своего существования (вторая половина 19 века) и до наших дней вся инструментальная тонометрия развивается по этим двум основным направлениям: вдавления и сплющивания, в связи с чем и все методы измерения ВГД делятся на импрессионные и аппланационные.

Первый **тонометр** был создан **Грефе** в 1862 г. и был он импрессионным. Вслед за ним появилось много других импрессионных приборов, как правило грубых, очень неточных и сложных.[2]

3.1. Тонометр Шиотца.

В 1905 году появился **импрессионный тонометр Шиотца**, который был значительно более точным инструментом, по сравнению с другими импрессионными тонометрами, сравнительно простой конструкции и пользования. В связи с этим он быстро получил широкое распространение.

Однако, импрессионная тонометрия по Шиотцу в гораздо меньшей мере отражает состояние истинного ВГД и поэтому в современном мире выходит из употребления.[2]

Тонометр Шиотца (Schiotz)— это импрессионный инструмент, который измеряет внутриглазное давление, регистрируя глубину вдавления роговицы при наложении тонометра с определенной массой на предварительно анестезированный глаз.

Груз находится на поршне, который должен свободно двигаться вдоль держателя. Когда тонометр устанавливают на глаз, внутриглазное давление оказывает противоположно направленную силу, которая давит на поршень. В результате стрелка с помощью выгнутого молоточка отклоняется вдоль изогнутой шкалы. Каждое деление на шкале (от 1 до 20) соответствует вдавлению в роговицу на 1/20 мм. Высокое внутриглазное давление противостоит вдавлению, тогда стрелка отклоняется совсем немного, а при низком офтальмотонусе вдавление становится глубоким, и стрелка отклоняется значительно. В случаях повышенного внутриглазного давления (отклонение стрелки менее 4 делений при любом грузе) на стандартный груз 5,5 г следует помещать больший груз до тех пор, пока результат не будет больше 4 делений. Внутриглазное давление определяют с помощью калибровочных таблиц, сопоставляя значения шкалы с применяемым грузом.[5]

3.2. Тонометр Маклакова.

Тонометр Маклакова, предложенный им в 1884 г., положил начало всей аппланационной тонометрии.

Аппланационные тонометры, подразделяются на два вида: в одном - масса тонометра постоянная и измеряется кружок сплющивания роговицы, вызванный этим тонометром. Во втором типе аппланационных тонометров постоянной является площадка, до размеров которой следует сплющить роговицу, а масса тонометра меняется.[2]

Алексей Маклаков создал простой по конструкции, без единого винтика, тонометр и приставлял его не к склере, а к роговице, характеризующейся отличающейся от склеры гибкостью и небольшой вариабельностью толщины и радиуса кривизны, что уже само по себе повысило точность тонометрического исследования. Кроме того, точность результатов измерения повысилась из-за наличия в тонометре двух площадок (среднее из двух измерений обычно дает более точные результаты), а так же в связи с возможностью отпечатывать на бумаге кружки сплющивания и затем в спокойной обстановке с большой точностью (с использованием лупы) определять их диаметр и, в случае надобности, перепроверять.

Сущность метода Маклакова заключается в том, что на поверхность роговицы помещается груз (тонометр) определенного веса с плоским основанием. При этом роговица деформируется и образуется площадка контакта груза и роговицы. Благодаря тому, что форма роговицы близка к сферической, площадка контакта близка к кругу. Ясно, что при прочих равных условиях (заданных упругих свойствах роговицы и склеры, размере глаза, его положении в глазнице и т.д.) площадка контакта будет тем меньше, чем больше ВГД. Поэтому площадь контактирующей поверхности S или ее диаметр d могут служить численной характеристикой величины ВГД.

Обосновывая свой метод измерения ВГД, Маклаков опирался на модель глазного яблока в виде тонкостенной упругой оболочки, заполненной жидкостью, и исходил из двух модельных предположений. Во-первых, он считал, что вес тонометра уравнивается только ВГД, действующем на площадке контакта (пренебрегалось упругими силами, действующими на границе площадки контакта при деформации оболочки) и, во-вторых, что при нагружении оболочки глаза давление внутри оболочки — внутриглазное давление — не изменяется. Эти предположения приводят к следующим соотношениям:

$$P_0 = P_t \quad (1)$$

$$P_t = \frac{P}{S} = \frac{4P}{S \pi d^2} \quad (2)$$

Здесь P_0 , P_t — давление в оболочке (внутриглазное давление) до и после нагружения глаза тонометром, P — вес груза, S — площадь площадки контакта роговицы и тонометра, d — диаметр площадки контакта. Из (2) следует, что, если принятые модельные предположения верны, то для оценки ВГД достаточно измерить диаметр площадки контакта, соответствующий весу тонометра.

К концу второго десятилетия XX в. возникло понимание того, что при нагружении глазного яблока тонометром ВГД изменяется (возрастает). По-видимому, впервые этот факт был использован в офтальмологической литературе и получил наглядное экспериментальное доказательство в работе Кальфа С.Ю. Им опытно было доказано, что офтальмотонус при нагружении глаза тонометром изменяется. ВГД в ненагруженном глазу стали называть истинным (P_0), а в нагруженном глазу — тонометрическим (P_t). Тем самым было показано, что соотношение (2), предложенное Маклаковым, позволяет определить только тонометрическое давление. Этим был поставлен вопрос об определении истинного ВГД или его связи с тонометрическим давлением.

Friedenwald J.S. предложил формулы для вычисления истинного ВГД P_0 , которые стали основой современной тонометрии независимо от того, какой тонометр используется:

$$\ln P_0 = \ln P_t - K \Delta V \quad (3)$$

$$P_t = \frac{4P}{\pi d^2} \quad (4)$$

Здесь ΔV - объем смещенной жидкости в оболочке глазного яблока при оказании на нее давления тонометром, d – диаметр площадки контакта, P – вес тонометра, K – величина связанная с упругими свойствами оболочки глазного яблока и называемая коэффициентом ригидности. Считается, что величина K не зависит от веса тонометра и величины ВГД. При этом ясно,

что, выполнив два измерения офтальмотонуса тонометрами разного веса, можно определить истинное P_0 . [7]

Простота конструкции и хорошая повторяемость получаемых результатов обусловили большую популярность среди офтальмологов нашей страны аппланационного тонометра Маклакова, созданного уже более 120 лет назад. Тонометр подобного типа в несколько видоизмененном виде [Posner и Inglima, 1962] используют и в США.

Однако методика тонометрии по Маклакову нуждается в уточнении, так как глаз не является идеальным тонкостенным сферическим телом. В связи с этим правило Имберта — Фика, согласно которому о давлении (P) внутри сферического тела можно судить по силе (F), необходимой для того, чтобы "уплостить" сферу в расчете на единицу площади (A), откуда $P=F/A$, неприменимо к главному яблоку из-за упругих свойств роговицы. При проведении тонометрии с использованием рассматриваемой методики тонометрическое давление (P_t) оказывается существенно выше истинного внутриглазного давления (P_0), причем разница может достигать 30%. [8]

Достоинства его общеизвестны. Но есть и недостатки:

- 1) Он не позволяет дифференцировать кольцо слезы от диаметра плоскости сплющивания роговицы.
- 2) Стеклянные или фарфоровые плоскости тонометра часто и быстро выходят из строя, трескаются и разбиваются.
- 3) Он плохо стерилизуется. А эпидемиологическая обстановка диктует достаточно жесткие требования к современным аппланационным тонометрам. [2]

3.3. Измерение ВГД по методу Краснова.

М. М. Красновым был предложен следующий принцип измерения ВГД: конвекс-тонометрия, и конвекс-тонография. Предложенный им принцип имеет общие черты с аппланационным принципом, но лишен его недостатков. Основным недостатком аппланационной тонометрии и

особенно аппланационной тонографии является образование "складок" задней поверхности роговины, которые сужают пути оттока ВГЖ и, следовательно, затрудняют отток ВГЖ. При конвекс-тонографии и задняя поверхность роговицы сохраняет ту же площадь, какая была до тонографии. Достигается это выпуклой поверхностью тонометрического груза с радиусом кривизны, соответствующей кривизне роговицы (8,5 мм).[2]

3.4. Тонометр Гольдмана.

В стремлении создать более точный прибор **Goldmann и Schmidt** (1957) решили не только стандартизировать, но и значительно уменьшить зону сплющивания роговицы. Влияние упругих сил роговицы при этом уменьшилось настолько, что P_t оказывалось выше P_0 всего на 3%, причем оценивали не диаметр кружка сплющивания, а то усилие, которое необходимо приложить, чтобы сплющить роговицу до определенной степени, до пятна диаметром 3,06 мм. По расчетам Гольдмана, именно при таких размерах пятна сплющивания взаимно нейтрализуются два фактора, неблагоприятно влияющих на точность замеров. Имеются в виду, с одной стороны, сопротивление роговичных структур их деформации, а с другой — то дополнительное давление на роговицу, которое оказывает грузик на непосредственно своей площадкой, а через окружающий ее мениск слезной жидкости, неизбежно возникающий в ходе исследования.[8]

Тонометр Гольдмана - возможно, самый распространенный тонометр, который представляет собой международный стандарт в измерении внутриглазного давления. Этот тонометр разрабатывался на основании ряда предположений. Человеческий глаз был принят за полностью эластичную и очень тонкую сферу. [5]

Для улучшения визуального контроля используют щелевую лампу, а также в конъюнктивальный мешок закапывают раствор флюоресцеина натрия. При этом на общем синеватом фоне становятся отчетливо видны мениски слезной жидкости, окрашенные в желто-зеленый цвет. Поскольку

площадка тонометра составлена из двух призм, окрашенное кольцо слезного мениска представляется наблюдателю разделенным на два полукольца (верхнее и нижнее). Как только в процессе компрессии концы полуколец соприкоснутся, роговица сплющивается до пятна диаметром 3,06 мм. Умножив показатели шкалы тонометра на 10, определяют истинное внутриглазное давление (P_0).

Современными тонометрами Гольдмана оснащены многие щелевые лампы. Близкий по конструкции прибор был создан в нашей стране А.Я.Буниным с соавт. (1964). Известно немало других модификаций, основанных на том же принципе.[8]

3.5. Ручной тонометр Perkins

Ручной тонометр Perkins - этот тонометр действует по тем же принципам, что и тонометр Goldmann. Призма помещена на уравновешивающую ее ручку, а изменения в прилагаемой силе достигаются вращением спиральной пружины. Диск, находящийся на вершине прибора, помещают напротив лба пациента как подпорку. Его нужно крепить к щелевой лампе, он адаптируется к маленькому источнику света, например к электроофтальмоскопу, и позволяет исследовать офтальмотонус у лежачих больных, в том числе у находящихся в состоянии наркотического сна.[5]

В 1994 г. А.П.Нестеровым с соавт., разработан вариант аппланационного тонометра, который получил название "**аппланометр Маклакова-Нестерова**". В этом "аппланометре":

1. Возможен любой вид стерилизации.
2. Имеется возможность стабилизировать вариации кольца слезы.
3. Он небьющийся.

С целью стандартизации и перехода на общепринятые во всём мире величины истинного офтальмотонуса (P_0) они, к наборам тонометров типа Маклакова, прилагают новую переводную линейку, которая называется "Переводная линейка Нестерова, Вургафта, Вагина".

Авторы считают, что внедрение в практику апланометра и новой переводной линейки повысят точность измерения ВГД, позволят перейти на общепринятые нормативы (т.е. на P_0) и снизить вероятность передачи инфекции при тонометрии.[2]

3.6. Электронная тонометрия.

В современном мире разрабатываются тонометры электрические, электромеханические, фотоэлектрические, бесконтактные, самозаписывающиеся и т.д. Для развития современной тонометрии характерен переход к динамическим исследованиям ВГД с возможной графической записью его величины и стремление к большей точности измерения.[2]

3.6.1. Тонометр Маккея – Марга.

Тонометр Маккея - Марга (Mackay - Marg) портативный электронный прибор, в котором объединены как апланационный, так и импрессионный принципы тонометрии. Активной частью тонометра, устанавливаемой на роговицу, служит тонкий (1,5 мм) плунжер.[8] Тонометр Mackay–Marg был разработан для измерения внутриглазного давления в глазах с поврежденной, неровной или отечной роговицей, диаметр его наконечника по сравнению с тонометром Goldmann почти в 2 раза меньше. Подвижная головка выступает над окружающей ее площадкой и поддерживается пружиной, прикрепленной к датчику. Датчик воспринимает напряжение пружины и трансформирует ее в числовое значение. При приближении наконечника к роговице измеряют давление, деформирующее роговицу. Полученные значения записываются на движущейся бумажной ленте.[5]

По этому же принципу построен **микроэлектронный тонокарандаш**, снабженный иглоподобным трансдюсером, который при соприкосновении с роговицей преобразует механический сигнал в электрический. Результаты

нескольких касаний записываются в цифровом или графическом виде. Топокарандаш может быть использован в ранние сроки после кератопластики или кератотомии.[8]

Наиболее совершенным из всех существующих тонометров является компьютеризированный прибор мембранного типа конструкции Langham, позволяющий проводить, кроме тонометрических, топографические исследования с учетом различных параметров глазного пульса.

Для скрининговых исследований создавались менее точные, но более простые в обращении устройства типа **индикатора ВГД Беренса - Толмана, глаукотеста Брунна - Иенсена** (фирмы "Heine") **прибора Цаймера** и др. Последний в США рекомендуют использовать для самоконтроля внутриглазного давления в домашних условиях. Прибор состоит из двух основных элементов: оптоэлектронного зонда и электронной схемы. Лампа накаливания излучает свет, который после линзы идет параллельным пучком. Этот коллимированный свет попадает на эластичную и прозрачную мембрану, укрепленную на торце поршня с помощью кольцевой подставки. Часть света отражается от мембраны и на обратном пути фокусируется линзой после отражения от стеклянной пластинки фотодетектора. Давление воздуха внутри цилиндра, в котором перемещается поршень, контролируется нажатием на эластичную педаль и измеряется манометром.

Для правильной ориентации исследуемого глаза относительно прибора необходимо увидеть мишень и центрировать на ней изображение диафрагмы. При низком зрении это не каждому удастся. Нажатием на педаль пациент повышает давление воздуха в приборе и приводит в движение оптоэлектронный зонд до контакта его торцевой мембраны с роговицей, предварительно анестезированной. По мере аппланации роговицы свет, отраженный от ее поверхности, усиливается. Это происходит до тех пор, пока роговица не начнет вдавливаясь. Электрическая схема точно улавливает момент максимального уровня света, т. е. аппланации роговицы, до ее прогибания и регистрирует потребовавшееся для этого усилие (в

миллиметрах ртутного столба). По окончании измерения срабатывает звуковой сигнал, и пациент прекращает давление на педаль, а зонд сразу же отводят от глаза назад. При неправильной юстировке прибор не срабатывает. Для контроля ориентировки пациентом мишени на ней имеется одна светлая точка. Пациент сообщает о положении этой точки. Стандартные отклонения показателей домашнего тонометра от результатов обычной аппланационной тонометрии достигают 2,5 мм рт.ст. Пациенты даже преклонного возраста, разводя веки пальцами, могли без больших усилий приспособиваться к самостоятельному проведению тонометрии. В настоящее время изучается возможность уменьшения диаметра рабочей части тонометра.[8]

3.6.2. Пневматический тонометр.

Пневматический тонометр — еще один прибор, используемый для измерения давления в глазах с поврежденной, неровной и/или отечной роговицей. Измерять ВГД также можно через бандажную контактную линзу.

Прибор состоит из камеры, наполненной газом, и датчика, который воспринимает давление в этой камере. Как только прибор подносят к глазу, внутриглазное давление передается обратно на наконечник и повышает давление на газ, пока не будет достигнута конечная точка. Показатели записываются на движущуюся бумажную ленту либо отображаются на цифровом индикаторе. Этот прибор также можно использовать для тонографии.

3.6.3. Tonopen™.

Прогресс в электронике привел к созданию компактного ручного автономного (работает на батарейках) аппланационного тонометра Tonopen™, который работает по тем же принципам, что и тонометр Maskau–Marg. Прибор аккуратно помещают на анестезированную роговицу, и после пяти измерений значение внутриглазного давления отображается на цифровом индикаторе. Разброс показателей представлен на дисплее и в

процентном эквиваленте. Тонومتر подходит для измерения внутриглазного давления у пациентов, которых нельзя осмотреть с помощью щелевой лампы. Также его используют для измерения давления у пациентов с неровной роговицей, т.к. контактная поверхность Топорен намного меньше, чем у тонометра Goldmann. [5]

3.6.4. Транспальпебральный склеральный метод тонометрии через веко.

Транспальпебральный склеральный индикатор (ИГД-02) разработан группой офтальмологов и инженеров. Была поставлена задача создать портативный, простой в использовании прибор, который позволил бы проводить измерение ВГД через веко не только в офтальмологических кабинетах, но и в домашних условиях. Прибор должен был обладать достаточной точностью, быстродействием и обеспечивать возможность вести мониторинг офтальмотонуса, что очень важно как для диагностики глаукомы, так и для контроля за эффективностью проводимого лечения. Разработанный нами "Индикатор внутриглазного давления портативный" (ИГД-02 «ПРА» под торговой маркой diathera) отвечает поставленным задачам.

Особенность этого прибора заключается в том, что измерение ВГД производится через веко, что исключает контакт с конъюнктивой и роговицей и не требует применения анестезирующих препаратов. При этом воздействие на глаз осуществляется через веко на склере.

Принцип действия тонометра основан на обработке функции движения штока в результате его свободного падения и взаимодействия с упругой поверхностью глаза через веко. Главная проблема заключалась в том, как исключить влияние индивидуальных особенностей века на результаты тонометрии. Эта проблема была решена путем сжатия века на площади диаметром 1,5 мм до такой степени, чтобы сжатый участок века выполнял роль передаточного звена при взаимодействии штока с глазом, при

исключении болевых ощущений. Метод компенсации влияния века привел к выбору динамического (баллистического) способа дозированного механического воздействия на глаз для оценки его упругих свойств.

Для определения положения штока в процессе его свободного падения с постоянной высоты и взаимодействия с глазом через веко в приборе имеется датчик положения. Значение точек функции движения штока во времени запоминаются встроенным процессором.

Погрешность измерения ВГД новыми индикаторами ИГД-02 в клинической практике принято оценивать по сравнению с результатами, полученными на тех же глазах с помощью тонометра Маклакова.

Многочисленные исследования, выполненные на сотнях пациентов в течение нескольких лет, показали высокую достоверность измерения ВГД индикатором ИГД-02. Расхождения результатов, полученных с помощью индикатора ИГД-02 и тонометра Маклакова не имели системного характера и не превышали 4 мм рт. ст. При повторных измерениях ВГД в здоровых глазах колебания показателей были в пределах 2-4 мм рт. ст.[9]

Транспальпебральный офтальмотонометр ТГДц-01 diaton .

Принцип его действия основан на обработке функции ускорения движения штока в результате его свободного падения и взаимодействия с упругой поверхностью глаза через веко. Главная проблема - влияние индивидуальных особенностей века на результаты тонометрии - решается путём сжатия века на площади диаметром 1,5 мм до той степени, что сжатый участок века исполняет роль передаточного звена при взаимодействии штока с глазом, исключая болевые ощущения. Для определения положения штока в процессе его свободного падения с постоянной высоты и взаимодействия с глазным яблоком через веко в приборе имеется датчик положения. Значение точек функции движения штока во времени обрабатываются встроенным процессором.

В представленной версии тонометра ТГДц-01 diaton использована программа автоматического расчета среднего значения внутриглазного давления, в основе которой лежит статистическая обработка результатов последовательных измерений ($n=2-6$) с учетом величины офтальмотонуса. При этом промежуточные результаты измерения фиксируются выводением на дисплей их порядкового номера. В случае совпадения значений ВГД в пределах допустимого прибор информирует о завершении измерения звуковым сигналом, среднее значение ВГД отображается на дисплее. Такой алгоритм работы позволяет в большей степени сосредоточить внимание исследователя на правильности выполнения процедуры тонометрии, положении тонометра на глазном яблоке и максимально автоматизировать оценку среднего результата.[10]

4. Эластотонометрия

В настоящее время некоторые офтальмологи считают, что эластотонометрическое исследование является устаревшим, мало информативным методом и по тому его не следует ни употреблять, ни изучать.

Но это не совсем верно. Эластотонометрическая методика может подкрепить или опровергнуть другие методы исследования на глаукому и тем самым является методикой, повышающей наши диагностические возможности. Кроме того, на методике эластотонометрии основана наиболее точная простая тонография по Кальфу-Вургафту-Плюшко. И в последней "унифицированной программе" для ИУВ она рекомендована к изучению.

Этот метод диагностики Г. предложен В.П.Филатовым в 1913 г. Заслуга в разработке, объяснении и внедрении этого метода исследования в клинику принадлежит С. Ф. Кальфа.

Методика эластотонометрии состоит в последовательном измерении ВГД тонометрами Маклакова массой в 5; 7,5; 10; и 15 грамм. Каждым тонометром ВГД измеряют 2 раза. Для анализа используют среднюю

величину из двух измерений. Результаты тонометрии наносят на систему координат: по линии абсцисс - массу каждого тонометра, по линии ординат - соответствующе каждому тонометру ВГД. Линия, соединяющая 4-е точки наз. эластотонометрической кривой, которая, по мнению С.Ф.Кальфа, характеризует состояние нервно-сосудистого рефлекса, регулирующего ВГД. Нарушение этого сосудистого рефлекса приводит к изменению эластотонометрической кривой. И эти изменения эластокривой, по С.Ф.Кальфа, являются одним из признаков глаукомы.

При анализе эластотонометрической кривой учитывают: её начало (т.е. показания тонометра массой в 5,0 гр.); форму кривой и её размах (эластоподъём). Под последним, т.е. размахом или эластоподъёмом понимают разность показаний тонометров большей и меньшей массы (15 и 5 гр).

- В норме начало кривой не должно превышать 20-21 мм рт.ст.
- Размах эластокривой не должен быть менее 7 и больше 12 мм (в среднем 9 -11 мм).
- Наивысший подъём - не более 30 мм.

В норме разница в величине эластоподъёма на двух глазах у одного человека не должна быть больше 5 мм рт.ст.

Эластокривая нормального глаза имеет восходящий характер, приближаясь по форме к прямой. И.Н.Шевелев считает, что в норме отклонения от прямой линии не должны превышать 15 градусов. Однако сам автор С.Ф.Кальфа, М.Б.Вургафт и др. считают, что изломы эластокривой, даже значительные, могут быть результатом допустимой ошибки измерения. Эта допустимая ошибка данного метода составляет $\pm 0,1$ мм диаметра кружка сплющивания. Для того чтобы выяснить является ли изломанность эластокривой патологическим признаком или ошибкой метода - эту эластокривую необходимо выпрямить.

Практически эластокривые выпрямляют с помощью "скользящей средней". Для этого, между четырьмя показателями эластокривой, находят 3

точки, каждая из которых является средней между двумя соседними показателями. Если эти 3-и точки окажутся лежащими на одной прямой, то это и будет искомая выпрямленная эластокривая. Если полученные 3 точки не оказались лежащими на одной прямой, то между ними опять находят 2 средних точки, через которые проводят линию. Затем сравнивают первоначальную эластокривую и полученную выпрямленную эластокривую. Если разница между их показаниями для каждого тонометра не превышает пределы допустимой ошибки метода (т.е. $\pm 0,1$ мм диаметра кружка), то эта выпрямленная эластокривая считается нормальной и все параметры снимаются с этой выпрямленной эластокривой. Если же ошибка метода выходит за эти пределы, то изломанность эластокривой следует считать патологическим признаком.

Изучение особенностей эластокривых и привели С.Ф.Кальфа к мысли о существовании сосудистого рефлекса, регулирующего ВГД. Эластокривые глаукоматозного глаза часто бывают патологическими.[2]

5. Тonoграфия.

Для клинической тонографии используют либо импрессионные, либо аппланационные устройства. В нашей стране применяли импрессионные электротonoграфы Сахарова, Нестерова и др., длительное время использовали тонометр Шиотца, удерживаемый на роговице в течение определенного времени, применяли также перилимбальные присоски.

А. И. Дашевским (1961), С. Ф. Кальфа и М. Б. Вургафтом (1962), А. П. Нестеровым (1963) были разработаны оригинальные методики для аппланационной тонографии. В.С. Красновидов (1970) наряду с достоинствами отметил недостатки этих методик. Наибольшее распространение в нашей стране в свое время получила упрощенная методика, предложенная А. П. Нестеровым.

В начале измеряют офтальмотонус с помощью тонометров Маклакова массой 5 и 15 г, затем на 4 мин на роговицу помещают грузик массой 15,0 г.

По окончании компрессии измеряют давление в глазу, используя тот же грузик. После сопоставления размеров кружков сплющивания до и после компрессии по таблицам находят коэффициент легкости оттока (C). Минутный объем камерной влаги (F) определяют расчетным путем, принимая уровень давления в эписклеральных венах, равным 10 мм рт.ст.

Хотя современная тонография и позволяет установить некоторые патофизиологические механизмы течения глаукомы, ее клиническое значение в оценке статуса конкретного больного невелико, получаемые показатели довольно переменны. Не случайно даже А.П. Нестеров, потративший много усилий для детальной разработки и пропаганды метода, в настоящее время относит эту методику во "второй эшелон" диагностических приемов, используемых при глаукоме. Привлекательной представляется американская технология офтальмотонометрии и тонографии, предложенная М. Langham (1995). Его пневматический компьютеризированный тонометр позволяет благодаря контакту податливой мембраны, поддавливаемой изнутри потоком газа, а снаружи контактирующей с анестезированной роговицей, вести непрерывную запись офтальмотонуса на фоне пульсовых колебаний крови. При этом также регистрируют амплитуду глазного пульса, измеряют пульсовой и минутный объем крови.

В приборе Лангхама предусмотрена также возможность проведения тонографии с использованием лимбальных присосок; можно, кроме того, измерять давление в глазной артерии, выявляя, в частности, относительную недостаточность глазного кровообращения, например, вследствие стеноза внутренней сонной артерии. Однако, как отметил J. Kiel (1995), в приборе Лангхама заложен показатель ригидности оболочек глаза по Фриденвальду, вычисленный без учета влияния на результаты исследования индивидуального среднего уровня артериального давления.[8]

6. Прогностическая нагрузочная вакуум-периметрическая проба.

В. В. Волков и соавт. (1974) первыми предложили использовать дозированную компрессию глазного яблока сжатым воздухом через очки гермошлема пилота с одновременным контролем за состоянием зрительных функций в центральном поле зрения.

По мере усовершенствования метода были созданы специальные устройства, одним из вариантов является глаукотестер Волкова — Сухининой — Тер-Андриасова (рисунок 14), компрессия в котором создается разрежением воздуха в подочковом пространстве.

Искусственное повышение ВГД в обоих случаях (как при компрессии нагнетанием воздуха, так и при вакуумировании) создается за счет деформации глазного яблока и уменьшения его объема. Вариант с использованием вакуума оказался предпочтительным, так как меньше запотевали стекла и желаемый нагрузочный эффект создавался при меньших изменениях давления в подочковом пространстве (до 45— 50 мм рт. ст.). При использовании вакуума, правда, требуется временная фиксация верхнего века полоской липкого пластыря для предотвращения сужения глазной щели. В очковой оправе предусмотрены гнезда для установления заслонки перед одним из глаз и корригирующего стекла перед исследуемым глазом. В конструкции вакуум-компрессора предусмотрена защита от передозировки нагрузочного эффекта.[8]

Заключение

В данном реферате освещены основные методы и устройства измерения глазного давления, такие как тонометрия, эластотонметрия, тонография. Рассмотрены принципы работы распространенных как за рубежом, так и в России приборов измерения ВГД.

Я считаю, что проблема контроля ВГД очень актуальна в офтальмологии, помогает выявить и предотвратить нарушения в зрительном аппарате. Измерение внутриглазного давления обязательно должно входить в любое обследование глаза.

Несмотря на разнообразие методов измерения внутриглазного давления, благодаря развитию современной электроники, существуют перспективы создания новых более точных, электронных, автономных, компактных и бесконтактных приборов измерения тензии глаза, с помощью которых представляется возможным обследование не только в медицинских учреждениях, но и в домашних условиях.

Глаукома весьма распространенное заболевание, требующее постоянного наблюдения за ВГД, но имеющиеся в продаже приборы для измерения ВГД в домашних условиях доступны не многим из-за относительно высокой стоимости.

Список используемой литературы

1. А.П. Нестеров, Г.К. Пилецкий, Н.Г.Пилецкий – Транспальпебральный тонометр для измерения внутриглазного давления. // Вестник офтальмологии – 2003 - №1- М. - с3-5.
2. Ю. Бакбардин, Ю. Кондратенко – ТонOMETрические, тонографические и гониоскопические методы исследования – Киев, 1997, - 32с.
3. <http://www.glaukoma.info/diagnostika/> 16.04.11
4. Волков В. В., Сухина Л. Б., Устинова Б. И. Глаукома, преглаукома, офтальмогипертензия: (дифференциальная диагностика). — Л.: Медицина, 1985. — 216 с., ил
5. Н.Т. Чоплин, Д.С. Ланди; пер. с англ, под ред. Еричева – М.:Логосфера, 2011, - 372с.
6. Игорь Нуштаев, тонометр Маклакова: к истории одного изобретения. // Медицинская газета – 12.01.2005 - №1 – с 15.
7. Г.А. Любимов. История развития и биомеханическое содержание измерения внутриглазного давления по методу Маклакова. // Глаукома – 2006 - №1 – с 43-49.
8. Шамшинова А.М., Волков В.В., Функциональные методы исследования в офтальмологии – М.: Медицина, 1999 – 416с.
9. Девятаева М.А., Черкашина И.Г., и соавт., Клиническая оценка применения индикатора измерения ВГД ИГД-02 «ПРА» в условиях общей врачебной (семейной) практики. // Вестник семейной медицины – 2004 - №2 – М. – с36-38.
10. Нестеров А.П., Илларионова А.Р., Обруч Б.В., Новый транспальпебральный тонометр ТГДЦ-01 diathon. // Вестник офтальмологии – 2007 – №1 – с42-44.