

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ЦЕНТР РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ

ОФТАЛЬМОТОНОМЕТРИЯ

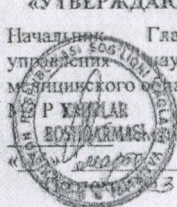
Учебно-методическая разработка
(для студентов V курса медицинских высших
образовательных учреждений)

Ташкент 2018

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ЦЕНТР РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
ИНСТИТУТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник Главного
управления науки и
медицинского образования
Р. ХАМИДОВ
Бухарийский ул.С.
2018 г.



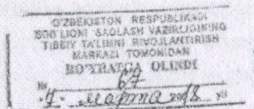
«СОГЛАСОВАНО»

Директор Центра
развития медицинского
образования МЗ Р У з
Ангиева Н.Р.
2018 г.
Протокол № 3



ОФТАЛЬМОТОНОМЕТРИЯ

Учебно-методическая разработка для студентов V курса
медицинских высших образовательных учреждений



Самарканд – 2018

Составители:

1. Миррахимова С.Ш. – д.м.н., доцент кафедры офтальмологии СамМИ
2. Нарзикулова К.И. – д.м.н., доцент кафедры офтальмологии ТМА
3. Салиев Я.М. – главный врач Республиканской глазной больницы Республики Каракалпакстан
4. Миркомиллов Э.М. – ассистент кафедры офтальмологии ТМА

Рецензенты:

1. Бахритдинова Ф.А. – д.м.н., профессор, кафедры офтальмологии ТМА
2. Юсупов А.А. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой глазных болезней СамМИ

Методическая разработка рассмотрены на заседании ЦМК («__»
_____ 2017 года, протокол №__) и Ученом Совете при
_____ (протокол № _____ от « _____ » 2018 г.)

Введение

Несмотря на прогресс в методах лечения и диагностики глаукомы, эта проблема стала в последние годы главной причиной неизлечимой слепоты в развитых странах. Причинами постоянного внимания к этому заболеванию служат значительная распространенность, серьезный прогноз и трудности ранней диагностики.

Внутриглазное давление — наиболее значимый фактор риска глаукомной оптической нейропатии, снижение которого достоверно уменьшает опасность ее развития и прогрессирования. Снижение и стойкая нормализация ВГД остается одной из основных задач лечения глаукомы. Именно поэтому определение величины внутриглазного давления (ВГД) имеет большое значение в диагностике глаукомы и является первой оценкой эффективности лечения.

Понятие о норме внутриглазного давления

Для интегральной оценки офтальмотонуса нужно различать:

- статистическую норму ВГД;
- понятие толерантного ВГД;
- «давление цели».

Статистическая норма истинного ВГД (P_0) составляет от 10 до 21 мм рт.ст. На основании крупных эпидемиологических исследований установлено, что среднее значение офтальмотонуса приблизительно 16 мм рт.ст., стандартное отклонение — 3 мм рт.ст., следовательно 95% людей должны иметь ВГД в диапазоне от 10 до 22 мм рт.ст. ($\pm 2\sigma$).

Для тонометрического давления, измеренного тонометром Маклакова массой 10 г, статистическая норма составляет от 15 до 26 мм рт.ст. Все пространство статистической нормы ВГД можно условно разделить на три зоны:

- высокой нормы — от 23 до 26 мм рт.ст.;
- средней нормы — от 19 до 22 мм рт.ст.;
- низкой нормы — от 18 мм рт.ст. и ниже.

Толерантное ВГД — термин, введенный А.М. Водовозовым в 1975 году. Автор рассматривал толерантное давление как верхнюю границу

нормального, присущего данному больному внутриглазного давления, выше которой оно становится патологическим — интолерантным. Толерантное ВГД относится непосредственно к глаукомному процессу и обозначает уровень офтальмотонуса, не оказывающий повреждающего действия на внутренние структуры глазного яблока. Разработаны и предложены для практического применения кампиметрический, периметрический, электроокулографический, тоносфигмографический и другие методы определения толерантного ВГД.

Целевое внутриглазное давление — верхний уровень тонометрического ВГД, при котором возможно остановить или замедлить повреждение внутренних структур глазного яблока и распад зрительных функций. «Давление цели» определяется эмпирически с учетом всех факторов риска, имеющихся у данного пациента, и также, как толерантное, не должно оказывать повреждающего действия на зрительный нерв. Определение «давления цели» является результатом детального обследования конкретного больного (табл. 1). Сутью является достижение такого уровня ВГД, при котором не происходит распада зрительных функций с учетом других факторов риска. В повседневной практике принято, что «давление цели» достигается снижением начального уровня ВГД не менее чем на 30%.

Следует понимать, что не существует четкой линии между опасным и безопасным уровнем внутриглазного давления. Для каждого пациента эта граница индивидуальна, и если у одного отмечается прогрессирование глаукомы на уровне 18 мм рт.ст., то другой может быть компенсирован при 30 мм рт.ст. Внутриглазное давление следует рассматривать как очень важный фактор риска для развития глаукомной оптической нейропатии. Сочетание его с другими факторами будет приводить к прогрессированию глаукомы, но только внутриглазное давление является фактором риска, который в большинстве случаев может быть устранен в кратчайшие сроки.

Факторы, влияющие на уровень внутриглазного давления

Внутриглазное давление зависит от ряда факторов, включая время суток, работу сердца, дыхание, физические нагрузки, прием жидкости, лекарства как системного, так и местного применения (табл. 2).

Таблица 1

Выбор уровня целевого давления в зависимости от исходных факторов

Уровень целевого давления	Факторы							
	Дефекты поля зрения		Ожидаемая продолжительность жизни		Исходное ВГД		Прогрессирование заболевания	
	Выраженный	Невыраженный	Низкая	Высокая	Низкая	Высокая	Медленное	Быстрое
Высокий		+	+			+	+	
Низкий	+			+	+			+

Алкоголь приводит к транзиторному снижению офтальмотонуса. По данным большинства исследований, кофеин не влияет на ВГД. Гипотензивное действие марихуаны известно, однако ее медицинское применение в России запрещено.

Внутриглазное давление в положении лежа выше, чем сидя и стоя. У некоторых пациентов отмечается резкий подъем офтальмотонуса при переходе в положение лежа. Внутриглазное давление обычно повышается с возрастом, это генетически.

Таблица 2

Факторы влияющие на внутриглазное давление

Повышающие ВГД	Понижающие ВГД
Повышенное центральное венозное давление: <ul style="list-style-type: none"> • проба Вальсальвы; • игра на духовых музыкальных инструментах; • тугий воротник одежды; • наклоны; • упор о край стола; • интубация. Давление на глазное яблоко: <ul style="list-style-type: none"> • блефароспазм; • сжатие при плаче (особенно у маленьких детей). Повышенная температура тела (приводит к повышению продукции водянистой влаги). Гормональные влияния — гипертиреоз. Вещества повышающие внутриглазное давление: <ul style="list-style-type: none"> • ЛСД; • кортикостероиды; • антихолинэргические средства (приводят у некоторых пациентов к закрытию угла передней камеры). 	Регулярные физические упражнения. Метаболический или респираторный ацидоз (приводит к снижению продукции водянистой влаги). Гормональные влияния — беременность. Нелекарственные вещества, снижающие внутриглазное давление: <ul style="list-style-type: none"> • алкоголь; • героин; • марихуана.

Суточные колебания внутриглазного давления

Однократные или повторные измерения ВГД в дневные или вечерние часы не всегда выявляют его повышение. Для ранней диагностики глаукомы значительно большее значение имеет исследование суточных колебаний офтальмотонуса.

Русский офтальмолог А.И. Масленников, используя тонометр Маклакова, первым установил, что уровень ВГД и у здоровых лиц, и у больных глаукомой в течение суток меняется: как правило, утром оно выше, чем вечером. Величина колебаний уровня ВГД у больных глаукомой значительно больше, чем у здоровых.

Суточные колебания ВГД у здоровых лиц, как правило, находятся в пределах 2-3 и лишь в редких случаях достигают 4-6 мм. рт.ст.

Установлено, что у некоторых людей офтальмотонус может повышаться в разное время суток, а не только в утренние часы. И это повышение ВГД, которое может быть недолгим (например, ночью или рано утром), вполне достаточно для развития и прогрессирования глаукомы.

При проверке эффективности медикаментозного режима у больных с установленным диагнозом глаукомы суточную тонометрию выполняют с соблюдением следующих условий: ВГД измеряют утром и вечером до инстилляций гипотензивных препаратов для определения уровня давления в конце действия капель.

Развитие новых электронных технологий позволило создать прибор для измерения ВГД, который непосредственно не касается оболочек глаза. Воздействие на роговицу кратковременным воздушным импульсом и регистрация ее уплощения оптическим датчиком легли в основу бесконтактной тонометрии (пневмотонометрии), предложенной в 1971 году компанией American Optical.

История измерения внутриглазного давления

Тонометрическое измерение ВГД приобретало свою актуальность в клинической офтальмологии по мере того, как стала выясняться роль повышенного офтальмотонуса при глаукоме.

Начало разработки инструментального метода измерения ВГД было положено А. Грефе, предложившим в 1863 году первый тонометр, построенный на принципе вдавления (импрессии) склеры.

Вслед за Грефе было предложено большое количество тонометров, построенных на этом же принципе. Однако ни один из них не получил широкого распространения из-за сложности конструкции и низкой точности. Так, Вебер (1873) определил среднее ВГД равным в норме 30-40 мм рт.ст.; Пфлютер (1877) считал нормальным давление от 60 до 70 мм рт.ст., а его колебания при глаукоме от 60 до 200 мм рт.ст.

В это время в клинической практике главенствовал пальцевой метод Боумена (1826).

Действительно объективное, точное клиническое изучение офтальмотонуса начинается с 1884 года, когда А.Н. Маклаковым был предложен собственный тонометр. Данный прибор отличали простота конструкции, воздействие на роговицу, а не склеру, и принцип уплощения — более простой деформации, чем импрессия. Надо сказать, что тонометр Маклакова по сей день остается непревзойденным по соотношению простоты и точности измерения ВГД.

Несмотря на подтвержденную исследованиями того времени точность тонометра Маклакова, он уступил место в клинической практике за рубежом предложенному в 1905 году импрессионному тонометру Шютца. Преимуществом этого прибора является простота манипуляций и быстрое получение результата.

С тех пор развитие методов тонометрии в России и за рубежом происходило разными путями. Совершенствование аппланационной тонометрии нашими соотечественниками С.Я. Лившицем (1904) и А.И. Дашевским (1939-1949) привело к созданию приборов, которые производили постоянную деформацию роговицы, определяя силу воздействия на глаз.

Работы С.Ф. Кальфа о тонометрическом давлении как результате сложного взаимодействия истинного ВГД, эластической и сосудистой рефлекторной реакции глаза на прикладывание к нему тонометра явились важной предпосылкой для создания и развития метода эластотонометрии.

Многолетние исследования под руководством В.П. Филатова способствовали широкому распространению тонометра Маклакова на территории нашей страны.

В 50-х годах XX века Г. Гольдман (Hans Goldmann) предлагает использовать для тонометрии стеклянную пластинку, связанную с чувствительным динамометром, под контролем щелевой лампы добиваясь сплющивания роговицы, равного площадке тонометра. Данный метод получил широкое распространение в мире и считается стандартом тонометрии.

Развитие новых электронных технологий позволило создать прибор для измерения ВГД, который непосредственно не касается оболочек глаза. Воздействие на роговицу кратковременным воздушным импульсом и регистрация ее уплощения оптическим датчиком легли в основу бесконтактной тонометрии (пневмотонометрии), предложенной в 1971 году компанией American Optical.

Пальцевой метод

Пальпация является простейшим методом исследования ВГД. Этот метод применяют только в тех случаях, когда нельзя выполнить тонометрию одним из доступных способов, когда непосредственный инструментальный контакт с глазным яблоком нежелателен или высока вероятность недостоверного результата измерения — при ранениях роговицы, после глазных операций и т. п.

Имеются два варианта этого метода:

- 1) непосредственная пальпация глазного яблока после его анестезии (пользуются чаще всего на операционном столе);
- 2) транспальпебральная пальпация через веки.

Методика пальпаторного измерения ВГД

Больной закрывает глаза и смотрит вниз (рис. 1).

Исследующий кладет указательный палец левой руки на кожу века выше хряща и слегка прижимает его к глазу.

В это же время указательным пальцем правой руки надавливают через кожу на глазное яблоко с противоположной стороны.

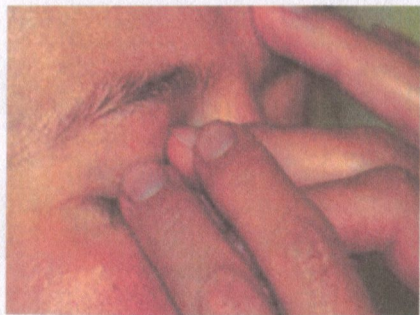


Рис. 1. Пальпаторное измерение ВГД

Об уровне внутриглазного давления судят по податливости склеры. При нормальном давлении каждый палец ощущает толчки при надавливании с другой стороны.

При высоком давлении требуется большее усилие, чтобы надавить на склеру, а толчка почти не ощущается на противоположной стороне глазного яблока.

Производя это исследование на обоих глазах, устанавливают разницу в давлении.

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

T — нормальное давление;

T+1 — 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 твердый как камень».

Сомнительное повышение ВГД обозначается T+P.

При понижении внутриглазного давления различают три степени гипотензии:

T-1 — глаз мягче нормы;

T-2 — глаз мягкий;

T-3 — глаз очень мягкий, палец почти не встречает сопротивления.

Конечно, метод пальпаторного исследования ВГД очень неточен, приближителен, однако он всегда сохранит свое значение в офтальмологической практике для быстрой оценки офтальмотонуса.

В настоящее время для измерения внутриглазного давления применяют инструментальные методы. Если при пальпации точность измерения зависит только от рук исследователя и его опыта, то при использовании приборов вероятность ошибки возрастает.

Возможные причины ошибок при тонометрии:

- сжатие век;
- задержка дыхания или симптом Вальсальвы;
- давление на глазное яблоко;
- действие экстраокулярных мышц;
- тугой воротничок или галстук;
- ожирение или стремление дотянуться при тонометрии сидя;
- нарушение калибровки тонометра;
- высокий роговичный астигматизм;
- слишком тонкая роговица (в том числе после кераторефракционных операций);
- чрезвычайно толстая роговица;
- патология или отек роговицы;
- рубцы роговицы (в том числе после радиальной кератотомии);
- технические ошибки.

Рассмотрим существующие методы измерения внутриглазного давления.

Тонометрия по Маклакову

Тонометр Маклакова наиболее распространен на территории России (рис. 2). Преимуществами данного прибора являются простота, низкая стоимость, высокая точность определения ВГД.



Рис. 2. Тонометр Маклакова

Недостатками принято считать необходимость использования красителя и анестетика, невозможность дифференцировать кольцо слезы от диаметра плоскости сплющивания роговицы, возможность распространения некоторых инфекционных заболеваний.

Для получения точного результата

при тонометрии по Маклакову важно аккуратное соблюдение **методики измерения**.

Площадки тонометра Маклакова протирают спиртом, насухо вытирают сухим стерильным тампоном.

Перед началом тонометрии площадку тонометра смазывают тонким слоем краски. Избыток краски на площадке удаляют для получения равномерного тонкого слоя.

Для измерения внутриглазного давления исследуемого укладывают горизонтально со слегка запрокинутой назад головой.

Дважды с интервалом в 2-3 минуты в глаз закапывают раствор анестетика.

Врач указательным и большим пальцами фиксирует веки (у верхнего и нижнего края орбиты). Испытуемый фиксирует глазами свой палец так, чтобы центр роговицы при тонометрии совпадал с центром площадки тонометра.

Тонометр вставляют в гнездо поддерживающей ручки.

Если в конъюнктивальном мешке имеется избыток слезной жидкости, его нужно удалить ватным шариком до наложения тонометра на роговицу.

Осторожно, без толчка, тонометр опускают на глаз до соприкосновения с центром роговицы. При этом тонометр должен находиться в вертикальном положении, всем своим весом давить на роговицу и сплющивать определенную ее площадку. Это обеспечивают отдалением рукоятки от верхнего утолщения тонометра и смещением ее книзу на 1/3 высоты тонометра. Площадь сплющивания роговицы будет зависеть от величины внутриглазного давления. На участке соприкосновения окрашенной площадки тонометра с роговицей краска смывается слезой, благодаря чему образуется бесцветный кружок.

Затем производят оттиск площадки тонометра на слегка смоченной спиртом гладкой бумаге. Отпечатки получаются более четкими, если дать спирту слегка подсохнуть на бумаге.

Измерение диаметра кружка сплющивания производят измерительной линейкой. Ее накладывают на тонограмму таким образом, чтобы светлый кружок поместился между расходящимися линиями шкалы и чтобы края кружка точно соприкасались с этими линиями (*рис. 3*).

Число на шкале указывает величину внутриглазного давления в мм ртутного столба.

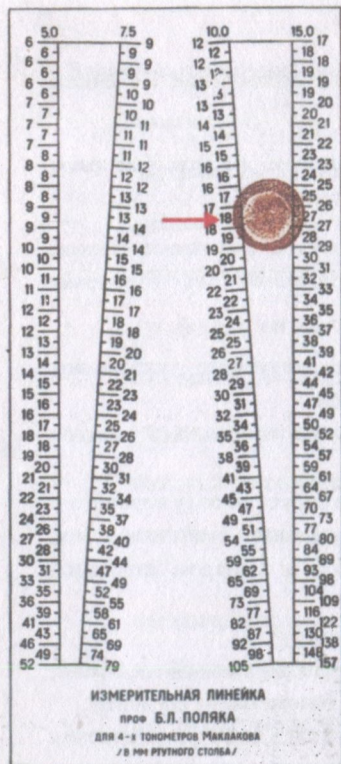


Рис. 3. Измерение диаметра кружка сплющивания измерительной линейкой Б.Л. Поляка

Примечания авторов:

В основу таблицы положены данные, полученные на 10 энуклеированных глазах.

Исследования проводили на открытой манометрической системе.

Значения истинного давления рассчитаны по уравнению Friedenwald (1937).

Исследования истинного ВГД следует сочетать с эластонометрией по Филатову-Кальфа для определения индивидуальных особенностей ригидности глаза.

Для получения более точных результатов исследований, рекомендуется тонометр накладывать на роговицу дважды, используя для этого обе его площадки.

Нечеткость границы кружка может зависеть от качества бумаги, на которой производится оттиск. Кружок считается хорошим, если измерение его диаметра в двух разных направлениях не выводит кружок за пределы двух смежных делений шкалы. При этом условии линейная разница диаметра не превышает 0,1 мм. Если эта разница больше, нужно повторить исследование.

В тех случаях, когда это сделать невозможно, а кружок, несмотря на вытянутую форму, имеет достаточно четкие границы, следует пользоваться результатами измерения в меньшем диаметре (табл. 3).

Таблица 3

Калибровочные таблицы для тонометра Маклакова массой 10 г по А.П. Нестерову и М.Б. Вургафту (1972)

Диаметр тонограммы (мм)	Тонометрическая давление (мм рт. ст.)	Истинное ВГД (мм рт. ст.)
4	75,2	72,8
4,1	71,4	68,8
4,2	67,6	64,9
4,3	64,4	61,5
4,4	61,2	58,2
4,5	58,2	54,9
4,6	55,5	51,8
4,7	52,9	49
4,8	50,4	46,2
4,9	48	43,6
5	45,6	41,3
5,1	43,5	39,1
5,2	41,5	36,9
5,3	39,6	34,9
5,4	37,8	32,9
5,5	36	30,9
5,6	34,2	28,9
5,7	32,6	27
5,8	31	25,4
5,9	29,6	23,7
6	28,3	22,3
6,1	27,4	21
6,2	26,5	20
6,3	25,7	19
6,4	24,9	18,1
6,5	24,1	17,1
6,6	23,4	16,2
6,7	22,7	15,3
6,8	22,1	14,4
6,9	21,5	13,6
7	20,9	12,8
7,1	20,2	11,9
7,2	19,5	11,1
7,3	18,8	10,4
7,4	18,2	9,7
7,5	17,5	9
7,6	16,9	8,3
7,7	16,4	7,7
7,8	15,9	7,1
7,9	15,3	6,6
8	41,8	6,1
8,1	14,3	5,6
8,2	13,8	5,2
8,3	13,3	4,7
8,4	12,9	4,3

Эластонометрия по Филатову-Кальфа



Рис. 4. Набор для измерения внутриглазного давления по Маклакову и эластонометрии по Филатову-Кальфа

Методика эластонометрии состоит в последовательном измерении внутриглазного давления тонометрами Маклакова массой в 5; 7,5; 10; и 15 г (рис. 4). Измерение каждым тонометром проводят 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 — соответствующее тонометрическое давление. Линия, соединяющая четыре точки, называется эластонометрической кривой.

При анализе эластонометрической кривой учитывают: ее начало (т.е. показания тонометра массой в 5 г); форму кривой и ее размах или эластоподъем — разность показаний тонометров большей и меньшей массы (15 и 5 г).

Долгое время считалось, что эластокривая нормального глаза имеет восходящий характер; приближаясь по форме к прямой, а эластокривые глаукомного глаза часто бывают патологическими. Признаками патологической кривой являлись высокое начало, укорочение эластокривой, изломанность, удлинение.

В настоящее время можно рассматривать эластонометрию как ориентировочный, но доступный метод оценки биомеханических свойств роговицы. Выявлена зависимость величины эластоподъема от толщины роговицы.

Тонометрия по Гольдману

Тонометрия по Гольдману более пятидесяти лет является «золотым стандартом» измерения ВГД в мире.

Тонометр Гольдмана основан на достижении фиксированного диаметра уплощения роговицы (3,06 мм) приложением груза различной массы. Преимуществом прибора является малая масса воздействия (1 г на 10 мм кв.ст. ВГД) и, следовательно, небольшое вытеснение камерной влаги (около 0,5 мкл) и минимальное повышение давления в глазу.

Когда Ганс Гольдман конструировал тонометр, он понимал, что определенные свойства роговицы (например, сопротивление деформации) будут влиять на измерение внутриглазного давления. В своих вычислениях он использовал механические свойства «средней роговицы» толщиной 520 мкм и определил, что сопротивление деформации будет компенсировано поверхностным натяжением, создаваемым прекорнеальной слезной пленкой, при диаметре аппланации 3,06 мм.

Методика измерения

Пациент садится за щелевую лампу, лоб плотно прижат к упору (рис. 5). В конъюнктивальный мешок инсталлируют местный анестетик и флюоресцеин.



Рис. 5. Тонометрия по Гольдману

На призму, которую помещают напротив вершины роговицы, через кобальтовый голубой фильтр направляют самый яркий луч в косой проекции.

На шкале устанавливают число между 1 и 2 (т.е. 10 и 20 мм рт.ст.).

Призму приближают до тех пор, пока она не коснется вершины роговицы.

Врач смотрит в окуляры щелевой лампы, становятся видны 2 полукольца: одно — выше, другое — ниже горизонтальной средней линии. Они представляют собой слезную пленку, окрашенную флюоресцеином, которая образует эти полукольца при соприкосновении с верхней и нижней наружными частями призмы (рис. 6).

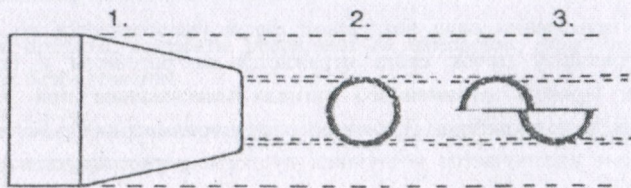


Рис. 6. Вид через призму (1) на циркулярный мениск слезы (2), превращаемый призмой в полукольца (3)

Шкалу тонометра устанавливают в такую позицию, при которой внутренние края полуколец только соприкасаются (рис. 7).

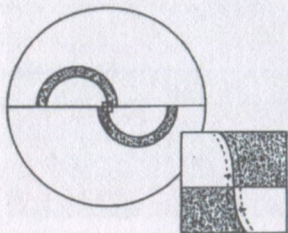


Рис. 7. Правильная ширина и позиция полуколец при тонометрии по Гольдману



Рис. 8. Флюоресцентные полукольца:
а) избыток флюоресцеина;
б) недостаточное количество флюоресцеина;
в) правильное измерение

Показатель шкалы умножают на 10, что соответствует уровню ВГД в мм рт.ст.

Неточный флюоресцеиновый рисунок получается при избыточном нанесении вещества; в этом случае полукольца получаются слишком толстые, а их радиус слишком маленьким, в то время как недостаточное количество флюоресцеина приводит к образованию слишком тонких полуколец с очень большим радиусом (рис. 8).

Бесконтактная тонометрия

Бесконтактная тонометрия была создана для измерения ВГД у широкого круга лиц без привлечения врача-офтальмолога.

Это скрининговая методика, не требующая применения местных анестетиков.

Аппланация роговицы производится кратковременным воздушным импульсом. Оптические датчики, расположенные по бокам от воздушной пушки, регистрируют перемещение роговицы.

При измерении сила воздушной струи увеличивается со временем. Сфокусированный пучок света отражается от роговицы и попадает в приемник. Яркость отраженного сигнала максимальна при уплощении роговицы в зоне диаметром 3,06 мм (как при тонометрии по Гольдману). В этот момент выключается воздушная пушка и регистрируется показатель внутриглазного давления.

Поскольку воздушный тонометр является аппланационным, различие свойств роговицы у пациентов приводит к тем же погрешностям, что и при тонометрии по Гольдману.



Рис. 9. Пневмотонометр

Дополнительный источник погрешности при бесконтактной тонометрии — короткое время измерения (десятки миллисекунд). ВГД изменяется в зависимости от кровенаполнения сосудистой оболочки в течение сердечного цикла (глазной пульс). Этот феномен можно наблюдать в виде пульсации миры при тонометрии по Гольдману или колебаний стрелки тонометра Шюцца. В некоторых случаях различие отдельных измерений может

составлять 5-6 мм рт.ст. в течение одной секунды, в то время как сосудистая оболочка заполняется и пустеет. При пневмотонометрии (рис. 9) невозможно определить, в какую фазу глазного пульса произведено измерение, поэтому для получения достоверного результата необходимо выполнять не менее трех измерений для каждого глаза.

Методика измерения

Измерение проводят сидя. Пациент фиксирует подбородок и лоб. Высоту прибора подбирают таким образом, чтобы воздействие воздушной струи на роговицу происходило в перпендикулярной плоскости.

Исследователь располагается с противоположной стороны прибора перед монитором.

Анестезию не применяют.

Пациента просят фиксировать взгляд. Контролируя правильность установки глаза по монитору, исследователь нажимает кнопку измерения, которая активирует воздушную пушку.

Как правило, пациенты реагируют на измерение морганием, однако измерение безболезненно.

Для получения достоверного результата необходимо не менее трех последовательных измерений.

Аналогично измеряют ВГД другого глаза.

Результат измерения отображается на экране прибора и может быть распечатан.

Тонометрия по Шиотцу

Тонометр Шиотца измеряет внутриглазное давление по глубине вдавления (импрессии) роговицы, возникающего при постановке прибора известной массы на глаз. Грузик тонometра установлен на плунжере, свободно перемещающемся внутри рукоятки.

Площадка тонometра, устанавливаемая на глаз, имеет вогнутую поверхность с кривизной, соответствующей кривизне роговицы. Перемещение плунжера, вдавливающего роговицу, через вогнутый молоточек передается на стрелку прибора.

Шкала прибора имеет 20 делений, соответствующих вдавлению роговицы на 0,05 мм — одна единица по Шиотцу.

При высоком внутриглазном давлении импрессия минимальная и, наоборот, при низком офтальмотонусе показания прибора увеличиваются.

Методика измерения

Измерение проводят в положении пациента лежа.

Проверяют калибровку прибора, устанавливая его на тестовую площадку, стрелка должна указывать на ноль. При необходимости проводят подстройку с помощью винта, расположенного на рукоятке тонometра.

После инстилляции анестетика исследователь берет тонometр за рукоятку, аккуратно придерживает пальцами свободной руки веки пациента (избегая давления на глазное яблоко), просит его смотреть прямо или другим глазом на точку фиксации и ставит тонometр перпендикулярно на центр роговицы.

Необходимо опустить рукоятку до середины цилиндра, по которому она перемещается. Если тонometр установлен правильно, часто наблюдаются небольшие колебания стрелки вследствие глазного пульса. Стрелка указывает на шкале внутриглазное давление в единицах по Шиотцу. Перевод в миллиметры ртутного столба выполняют с помощью таблицы, прилагаемой к прибору (табл. 4).

Калибровочная таблица для тонометра Шиотца (1955)

Единицы Шиотца	Масса плунжера, г		
	5,5	7,5	10,0
	Внутриглазное давление, мм рт.ст.		
0.0	41.5	59.1	81.7
0.5	37.8	54.2	75.1
1.0	34.5	49.8	69.3
1.5	31.6	45.8	64.0
2.0	29.0	42.1	59.1
2.5	26.6	38.8	54.7
3.0	24.4	35.8	50.6
3.5	22.4	33.0	46.9
4.0	20.6	30.4	43.4
4.5	18.9	28.0	40.2
5.0	17.3	25.8	37.2
5.5	15.9	23.8	34.4
6.0	14.6	21.9	31.8
6.5	13.4	20.1	29.4
7.0	12.2	18.5	27.2
7.5	11.2	17.0	25.1
8.0	10.2	15.6	23.1
8.5	9.4	14.3	21.3
9.0	8.5	13.1	19.6
9.5	7.8	12.0	18.0
10.0	7.1	10.9	16.5
10.5	6.5	10.0	15.1
11.0	5.9	9.0	13.8
11.5	5.3	8.3	12.6
12.0	4.9	7.5	11.5
12.5	4.4	6.8	10.5
13.0	4.0	6.2	9.5
13.5		5.6	8.6
14.0		5.0	7.8
14.5		4.5	7.1
15.0		4.0	6.4
15.5			5.8
16.0			5.2
16.5			4.7
17.0			4.2

Если значение давления менее 4 единиц по Шиотцу, следует установить дополнительный груз на плунжер поверх стандартного (5,5 г).

На точность измерения ВГД тонометром Шиотца значительное влияние оказывают биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза,

кривизна роговицы, что привело к его вытеснению другими типами тонометров. Типично занижение показателей офальмотонуса у миопов и завышение у гиперметропов.

Тонومتر оказывает наибольшее механическое воздействие на глаз, минимальная масса прибора (без рукоятки) — 16,5 г (плунжер 5,5 г), максимальная — 21 г (плунжер 10 г).

Транспальпебральная тонометрия

Принцип действия приборов, измеряющих внутриглазное давление транспальпебрально, основан на регистрации свободного падения штока, осуществляющего компрессию глаза в области склеры через веко (рис. 10). При расчете ВГД используют тот участок движения штока, в котором веко сжимается полностью и действует как жесткое передаточное звено. Таким образом, происходит компенсация влияния различных биомеханических свойств век на оценку ВГД.

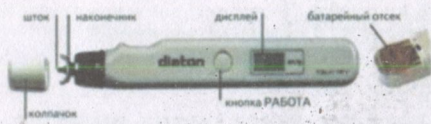


Рис.10. Тонومتر ТГДц-01 diaton

Одинокое измерение ВГД происходит мгновенно, поэтому его результаты подвержены влиянию ритмичных колебаний офальмотонуса.

Использование транспальпебральной склеральной тонометрии позволяет определять ВГД без контакта с роговицей, что может быть полезно при ее патологии, после лазерных рефракционных операций, при измененной толщине роговицы.

Методика измерения

Оценку ВГД возможно проводить в положении пациента сидя или лежа. Обязательным условием является горизонтальное положение головы пациента без запрокидывания. Проводят дезинфекцию наконечника тонометра.

Исследователь располагается сбоку и сзади относительно пациента.

Приведя шток в рабочее положение, включают тонометр. Устанавливают и фиксируют взгляд пациента с помощью тестобъекта (например, руки пациента) так, чтобы линия его зора была примерно под углом 45° (рис. 11).

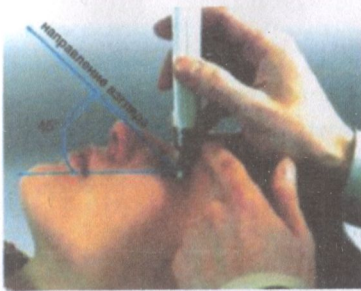


рис.11. Транспальпебральная тонометрия.

Необходимо расправить верхнее веко пальцем свободной руки, чтобы край верхнего века совпадал с лимбом. Веко удерживают в таком положении. Не должно быть давления на глазное яблоко.

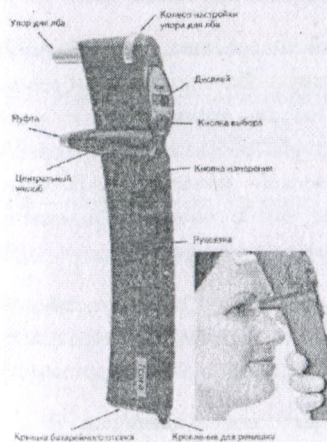
Руку с тонометром располагают на лбу пациента. Устанавливают наконечник тонометра на веко так, чтобы передняя часть наконечника, не касаясь ресниц, находилась как можно ближе к переднему ребру верхнего века.

Зона воздействия штока тонометра должна приходиться на участок склеры, соответствующий согопа ciliaris в меридиане 12 часов. Важно добиться вертикального положения тонометра (звуковой сигнал отсутствует).

Корпус тонометра плавно опускают, сохраняя его вертикальное положение, до падения штока на веко, сопровождающегося коротким звуковым сигналом.

Ошибки измерения могут быть связаны со смещением тонометра вместе с веком на роговицу или от ресничного края века вверх. Также важны положение головы пациента, вертикальность тонометра и, конечно, опыт применения прибора.

Портативный тонометр iCare



Принцип действия прибора заключается в мгновенном ударе маленького легкого наконечника по центру роговицы (рис.12). Регистрация измерения основана на индукционном методе оценки упругости. Для измерения используют одноразовые датчики. Применение местных анестетиков не требуется.

Измерение занимает доли секунды и производится с помощью устройства, которое удерживается в руках. Для получения точных результатов требуется провести несколько измерений, программное

обеспечение прибора изначально настроено на выполнение серии из шести измерений.

Методика измерения

Вскрывают тубу датчика, повернув колпачок, и устанавливают датчик в держатель, как показано на рис. 12.

Активируют тонометр однократным нажатием кнопки запуска измерения; тонометр готов к работе, как только на дисплее отобразится показание 00.

Для того чтобы получить точные результаты измерения при правильном расстоянии, необходимо получить жесткий упор прибора ко лбу пациента.

Просят пациента расслабиться и смотреть прямо вперед на указанную точку. Подносят тонометр к глазу пациента. Центральный желоб должен находиться в горизонтальном положении, а расстояние от глаза до передней части муфты

Электронная тонография

Это метод изучения гидродинамики глаза. Он позволяет определить состояние оттока внутриглазной жидкости и применяется в основном при обследовании больных с подозрением на глаукому или для оценки эффективности лазерных и хирургических методов, способствующих увеличению оттока внутриглазной жидкости.

При тонографии тонометр устанавливают на роговицу исследуемого глаза и удерживают на ней в течение 4 минут. Вследствие компрессии происходит повышение офтальмотонуса, отток жидкости из глаза усиливается, что приводит к постепенному понижению внутриглазного давления, отражаемого в виде тонографической кривой. Графическая регистрация должно быть равным длине муфты. Иначе говоря, расстояние от кончика зонда до роговицы пациента должно быть от 4 до 8 мм.

Для выполнения измерения слегка нажимают кнопку запуска измерения, стараясь избегать дрожания тонометра. Кончик датчика должен коснуться центральной части роговицы. Выполняют серию из шести измерений.

После шестого измерения на дисплее появляется буква Р, за которой идет значение внутриглазного давления.

Основным преимуществом данного тонометра является портативность.

Считается, что короткое время измерения позволяет снизить влияние биомеханических свойств роговицы на точность определения ВГД. Изменений офтальмотонуса становится возможной благодаря подключению регистрирующего устройства (рис. 13).

Методика измерения

Больной ложится лицом вверх и фиксирует взор на шарике, встроенном в прибор, или черном кружке на потолке.

рис.13. Тонограф глазной Glau Test-60



После эпibuльбарной анестезии веки разводят пластмассовым кольцом, наружный диаметр которого не должен превышать 20 мм. Для того чтобы избежать эрозии роговицы, в конъюнктивальную полость вводят 2-3 капли физраствора, после чего датчик тонометра удерживают 10-20 секунд

непосредственно у роговицы. Затем медленно опускают на глаз. Запись тонограммы производится в течение 4 минут.

В процессе тонографии регистрируются следующие показатели:

P_0 — истинное внутриглазное давление;

C — коэффициент легкости оттока (КЛЮ) внутриглазной жидкости;

F — минутная скорость образования внутриглазной жидкости;

V — объем вытесненной внутриглазной жидкости;

КБ — коэффициент Беккера;

$R(t)$ — массив 5-секундных отсчетов тонометра в единицах Шюотца.

P_0 . Истинное ВГД в здоровых глазах составляет 8-21 мм рт.ст. Методика измерения аналогична тонометрии по Шюотцу. Ошибка прибора сильно возрастает при повышенном внутриглазном давлении.

C . В здоровых глазах варьирует от 0,14 до 0,6 мм³/минхмм рт.ст. Асимметрия КЛЮ в здоровых глазах одного человека не может превышать 0,14 мм³/минхмм рт.ст.

Глаукома чаще характеризуется снижением коэффициента легкости оттока, чем повышением скорости образования внутриглазной жидкости.

F. Скорость образования водянистой влаги определяется менее точно. В здоровых глазах минутная скорость образования внутриглазной жидкости находится в пределах 1,5-4,5 мм³. Точность определения F страдает из-за того, что при расчетах давление в эписклеральных венах принимается равным 10 мм рт.ст, при том что его индивидуальные значения лежат в диапазоне от 6 до 15 мм рт.ст. Считается, что асимметрия образования внутриглазной жидкости не должна превышать 0,8 мм³/мин у одного человека.

КБ. Беккер (Becker) в 1957 г. предложил для характеристики гидродинамики глаза вычислять отношение P₀ к C. По данным Беккера и других авторов, величина этого коэффициента не должна превышать 100. При глаукоме P₀ имеет тенденцию увеличиваться, а C — уменьшаться. Следовательно, коэффициент Беккера будет изменяться быстрее, чем числитель и знаменатель в отдельности. Большая величина отношения указывает на значительное напряжение механизмов регуляции ВГД, что особенно характерно для ранних стадий глаукомы.

Следует помнить, что все расчеты при тонографии базируются на определении внутриглазного давления, которое в значительной степени зависит от кривизны роговицы и биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза. Кроме того, при использовании препаратов, снижающих продукцию внутриглазной жидкости, достоверность исследования снижается.

Влияние биомеханических свойств оболочек глаза на точность определения ВГД

Относительно точное определение истинного внутриглазного давления возможно только методом прямой (манометрической) тонометрии с катетеризацией передней камеры глаза. Прочие методы регистрируют показатель тонометрии или тонометрическое внутриглазное давление.

При тонометрии по Маклакову происходит изменение внутриглазного давления в результате воздействия прибора. Величина давления, регистрируемая в таком случае, называется тонометрическим внутриглазным давлением, она превышает значения, получаемые при манометрическом исследовании.

Считается, что тонометр Гольдмана (а также бесконтактный тонометр, тонометр Pascal и др.) не изменяет давление внутри глазного яблока. Поэтому показатель тонометрии, получаемый с помощью этих приборов, называют «истинным внутриглазным давлением» или PO. Значения давления в данной ситуации действительно сопоставимы с показаниями, получаемыми при катетеризации передней камеры. Существуют таблицы для определения такого «истинного» ВГД с помощью тонометра Маклакова, Шиютца. Однако, учитывая результаты современных исследований о влиянии биомеханических свойств оболочек глаза на измерение внутриглазного давления, следует отказаться от термина «истинное внутриглазное давление» для всех способов измерения, кроме прямой манометрии с катетеризацией передней камеры.

Центральная толщина роговицы

Согласно многочисленным исследованиям, основное влияние на показатели тонометрии принадлежит толщине центральной части роговицы (ЦТР). Считается, что более толстая роговица вызывает завышение показаний тонометров, в то время как более тонкая, напротив, занижает. Величина ЦТР может меняться под влиянием возраста, времени суток, контактных линз, длительного применения ряда препаратов, при различных офтальмопатологиях и после кераторефракционной хирургии.

Для наиболее точного определения ВГД авторы приводят расчеты зависимости показателя тонометрии от величины ЦТР. Так, согласно роттердамскому исследованию, увеличение ЦТР на 100 мкм завышает результаты тонометрии на 1,9 мм рт.ст., для жителей Монголии — на 1,8-2,4 мм рт.ст., Китая — на 1,5 мм рт.ст., Канады — на 2,9 мм рт.ст. для мужчин и на 1,2 мм рт.ст. для женщин. По данным английских исследователей, изменение ЦТР на 10% соответствует изменению показателя тонометрии на 1,5 мм рт.ст.

Наиболее часто для коррекции показаний тонометрии от центральной толщины роговицы применяется формула Эйлера (Ehlers). В ее основе представление о том, что при уменьшении ЦТР показания тонометра Гольдмана уменьшаются, измерение ВГД при «средней» роговице правильно, и если роговица относительно толстая — тонометр завышает показания (табл. 5).

Таблица 5

Поправка величины ВГД в зависимости от ЦТР по данным исследований Ehlers et al. (1975), Stodtmeister (1998) и Doughtry (2000)

ЦТР, мкм	Поправка ВГД, мм рт.ст.
445	7
455	6
465	6
475	5
485	4
495	4
505	3
515	2
525	1
535	1
545	0
555	-1
565	-1
575	-2
585	-3
595	-4
605	-4
615	-5
625	-6
635	-6
645	-7

Хотя формула Эйлера основана на манометрических исследованиях, ее несовершенство в малом количестве наблюдений, из которых она выведена, и большой вариабельности в свойствах роговицы. Имеются исключения, когда при толстой роговице показатель тонометрии занижен и наоборот. Поэтому формулы Эйлера недостаточно, чтобы уверенно судить об уровне ВГД по тонометрии и ЦТР.

Другой популярной формулой коррекции показателей тонометрии от центральной толщины роговицы является формула Orsengo-Pye (1999):

Корректированное ВГД = Показатель тонометрии — (ЦТР-545)/50x2,5мм
рт.ст.

Она была создана для расчета внутриглазного давления на основании тонометрии по Гольдману после эксимерлазерной кераторефракционной хирургии.

Однако, как и многие другие биологические зависимости, связь толщины роговицы и показателя тонометрии сложнее, чем предложенные формулы и таблицы, что подтверждается последними исследованиями.

В настоящее время считают, что эластичность роговицы является параметром, который, в большей степени, чем центральная толщина, определяет ошибку при тонометрии. Для простоты понимания роговицу с высокой эластичностью можно назвать мягкой, а с низкой — жесткой. При измерении внутриглазного давления у пациента с мягкой роговицей показатель тонометрии ниже истинного офтальмотонуса. Жесткая роговица приводит к завышению данных тонометров.

Что может сделать роговую оболочку слишком жесткой или слишком мягкой? Рубцы роговицы, увеличение толщины (без отека или рефракционной хирургии), микрокорнеа могут сделать роговицу необычно твердой. Причины для более мягкой роговицы встречаются чаще:

- низкая толщина роговицы;
- отек роговицы (независимо от толщины);
- дети до 7 лет (независимо от толщины роговицы);
- кераторефракционная операция в анамнезе;
- эндотелиальные дистрофии;
- эпителиальные дистрофии.

Современные исследования в области тонометрии направлены на создание устройств, которые быстро, точно, независимо от параметров оболочек глазного яблока будут определять истинный офтальмотонус. На данный момент предложены два решения, использующие различные подходы: двунаправленную аппланацию — Ocular Response Analyzer (Reichert, США) и контурную тонометрию — PASCAL, Dynamic Contour Tonometer (Ziemer Ophthalmic Systems, Швейцария).

Исследование с помощью двунаправленной аппланации роговицы (Ocular Response Analyzer)

Ocular Response Analyzer (ORA) с помощью динамической двунаправленной аппланации роговицы измеряет ее вязкоэластические свойства и внутриглазное давление (рис. 14).

Прибор использует кратковременный воздушный импульс для механического воздействия на роговицу и инфракрасную электрооптическую систему для слежения за деформацией.

Дозированный импульс воздуха заставляет роговицу прогибаться, вызывает аппланацию (уплощение) и приводит к образованию небольшой вогнутости. Воздушный насос отключается — по мере падения давления роговица возвращается к первоначальной форме, вновь проходя стадию аппланации.

Оптическая система контролирует положение центральной зоны роговицы в ходе всего процесса деформации. При достижении аппланации, сначала при движении внутрь, затем наружу регистрируются два значения давления (P_1 и P_2). Эти значения различаются из-за поглощения энергии воздушного импульса, связанного с вязкоэластическими свойствами роговицы.

Разность между P_1 и P_2 называют роговичным гистерезисом (CH).

Среднее между P_1 и P_2 оценивают как показатель ВГД, близкий к таковому при тонометрии по Гольдману (IOPg).

Также на основании анализа данных, полученных при исследовании у пациентов до и после операции LASIK, разработчики рассчитали еще два показателя.



рис. 14. Ocular Response Analyzer
(Reichert).

Роговичнокомпенсированное, то есть не зависящее от биомеханических свойств роговицы, ВГД (ЮРсс) определяется по формуле, нивелирующей влияние снижения толщины роговицы в ходе кераторефракционной операции на показатель офтальмотонуса.

Фактор резистентности роговицы (CRF), характеризующий ее упругие свойства, рассчитывается из P_1 и P_2 по формуле, дающей максимальную корреляцию с центральной толщиной роговицы.

Методика измерения

Правильное размещение пациента способствует быстрому и точному проведению измерений.

Пациент должен снять контактные линзы, ослабить тугую воротник или галстук и расслабиться. Оператор прибора информирует пациента о том, что в ходе исследования ничто не коснется глаза, и все, что он почувствует — это только мягкое дуновение воздуха.

ORA имеет перемещающуюся влево/ вправо опору для лба, позволяющую про-граммному обеспечению автоматически определять глаз, для которого проводится измерение. Измерение может быть выполнено, если опора полностью перемещена в крайнее левое или правое положение.

Пациент, занявший правильное положение, легко увидит яркие метки фиксации взгляда. Точка фиксации представляет собой зеленый огонек, расположенный внутри воздушной трубки и окруженный кольцом из красных огоньков. Для того, чтобы провести измерение, пациент должен зафиксировать взгляд на зеленом огоньке.

Если пациент не видит его, проверяют, может ли пациент видеть хотя бы несколько красных огоньков. В этом случае автоматическая система юстировки переведет зеленый огонек точки фиксации в поле зрения пациента.

Пациент должен слегка наклониться вперед так, чтобы центр его лба лег в середину резиновой подушечки опоры. Голова пациента должна прилегать к опоре перпендикулярно к передней поверхности прибора.

Для быстрого получения точных результатов исследователь предлагает пациенту несколько раз моргнуть, а затем держать оба глаза открытыми.

Эти действия выполняют непосредственно перед щелчком по кнопке «Measure».

Пациент должен смотреть прямо на зеленый огонек и не шевелиться.

Завершив все требуемые измерения на первом глазу, перемещают опору для лба в крайнее противоположное положение и, вновь правильно разместив пациента, выполняют измерения на втором глазу.

Результаты измерения представлены на экране в виде диаграммы (корнеограммы) и значений измеряемых параметров (рис. 15).

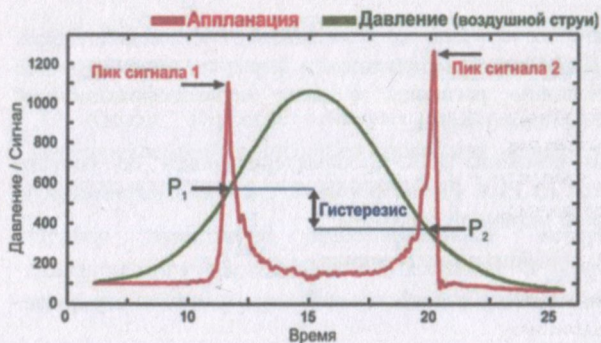


рис.15.
Корнеограмма

В ОРА встроен ультразвуковой пахиметр, управляемый основным программным обеспечением. Перед измерением центральной толщины роговицы необходимо закапать в конъюнктивальную полость анестетик. Прежде чем приступить к измерению, убедитесь в том, что датчик пахиметра дезинфицирован. Если пахиметрия пациенту уже проводилась, ее результаты можно ввести в поле программы

Динамическая контурная тонометрия (PASCAL)

Основу динамического контурного тонометра Pascal составляет наконечник из эластичного материала с вогнутой поверхностью, при контакте образующий единый контур с роговицей. Внутри наконечника находится пьезодатчик, реагирующий на изменение давления.

Контактный наконечник прибора производит 100 измерений в секунду в течение всего сердечного цикла, а затем выдает среднее ВГД в диастолу и глазную амплитуду импульса или разницу между средним ВГД в систолу и диастолу.



Тонومتر представляет собой электронный прибор, который крепится на щелевую лампу наподобие тонометра Гольдмана (рис. 16).

рис.16. Внешний вид тонометра Pascal.

Контактирующая с роговицей насадка имеет вогнутую форму, контур которой повторяет кривизну передней поверхности роговицы. В контур вмонтирован пьезоэлектрический датчик

давления (рис. 17). Радиус кривизны контура составляет 10,4 мм (32,5 дптр) при пересчете на кератометрические данные), что позволяет использовать прибор для роговиц с радиусом кривизны более 5-6 мм (55-65 дптр) и толщиной центральной зоны от 300 до 700 мкм. При этих условиях кривизна роговицы и кривизна контура в определенной зоне совпадают при минимальном давлении на глазное яблоко (менее 1 г), и датчик регистрирует ВГД «прямым транс-корнеальным методом».

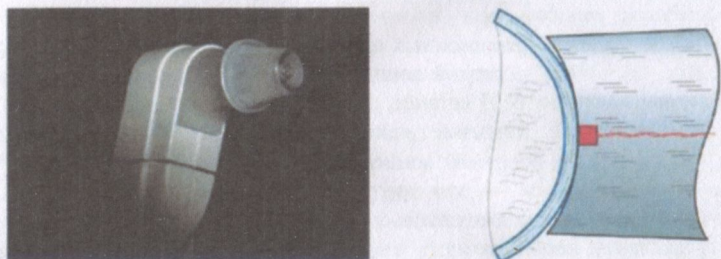


Рис.17. Датчик контурного тонометра (внешний вид и схема).

Принципиальное отличие от других тонометров заключается в отсутствии аппланации, поэтому свойства роговицы теоретически не влияют на показания прибора.

Принцип динамической тонометрии реализован благодаря тому, что ВГД регистрируется в течение 5-7 пульсовых волн, и окончательная величина вычисляется как среднее из диастолических (минимальных) значений.

Прибор позволяет также регистрировать амплитуду глазного пульса в мм рт.ст., что полезно определять как при глаукоме, так и при ряде сосудистых заболеваний.

Тонометр Pascal является полностью автоматизированным прибором для измерения ВГД. Результат каждого измерения отражается на жидкокристаллическом мониторе с точностью до десятых долей мм рт.ст.

Ошибки измерения учитываются автоматически и регистрируются в виде показателя качества исследования Q, который зависит от правильности центрации датчика, стабильности фиксации взора, наличия достаточной слезной пленки, сжатия век пациентом и ряда других факторов. Величина показателя Q может быть от 1 (очень хорошее качество) до 5 (неприемлемое качество).

Самотестирующаяся система динамического контурного тонометра не требует калибровки.

Заключение

Необходимо ли очень точное измерение внутриглазного давления с учетом биомеханических особенностей глаза?

Первый ответ на этот вопрос является самым очевидным. Если мы измеряем что-то, почему бы не делать это настолько точно, насколько это может быть

сделано фактически! Если мы хотим использовать измерительную линейку, почему бы не выбрать ту, которая является прямой!

Во-вторых, внутриглазное давление входит в перечень базовых офтальмологических исследований, выполняемых всем пациентам. По сути, это скрининг на выявление глаукомы, и мы не должны получать ложноотрицательные результаты, допустим небольшой процент ложноположительных. Современные исследования показывают, что типичные погрешности в измерении ВГД приводят именно к его недооценке. Самые серьезные ошибки при измерении офтальмотонуса отмечают у пациентов после кераторефракционных операций. В настоящее время в мире насчитывается несколько десятков миллионов таких пациентов. Особенно остро проблема измерения ВГД встанет, когда они состарятся.

Наконец, внутриглазное давление является не только фактором риска глаукомы, оно является основной мишенью терапии этого заболевания. И измерение офтальмотонуса — это контроль эффективности применяемых препаратов и хирургических вмешательств.

Поэтому существует необходимость измерять внутриглазное давление как можно точнее. И это аргументированная мотивация к созданию новых приборов для измерения внутриглазного давления.

Босишга рухсат этилди: 19.03.2018 йил

Бичими 60x45 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурала ракамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоги 5. Алади: 100. Буюртма: №35

100060, Тошкент, акад. Я.Ғуломов кўчаси, 74

«TOP IMAGE MEDIA»
босмаҳонасида босилди.