



О.И. ЛЕБЕДЕВ, Г.М. СТОЛЯРОВ, А.В. ЗОЛОТАРЕВ, Е.В. КАРЛОВА

УДК 617.711-008.8-07

Омская государственная медицинская академия
Самарский государственный медицинский университет

Метод количественной клинической оценки увеосклерального пути оттока у человека

Карлова Елена Владимировна

кандидат медицинских наук, заведующая глаукомным отделением
443068, г. Самара, ул. Ново-Садовая, д. 158, тел. 8-927-6537606, e-mail: karlova@inbox.ru

Исследование увеосклерального оттока у человека является очень сложной задачей. Большинство методов количественной оценки являются опосредованными. Нами предложен метод количественной оценки увеосклерального пути оттока. С помощью этого метода был исследован увеосклеральный отток у живого человека, в том числе и у глаукомных больных. Для блокады дренажной системы глаза также использовался интерфейс от фемтосекундного лазера, исследование в этом направлении продолжается.

Ключевые слова: увеосклеральный отток, измерение увеосклерального оттока у живого человека, тонография, вакуумный колпачок, ПОУГ.

O.I. LEBEDEV, G.M. STOLYAROV, A.V. ZOLOTAREV, E.V. KARLOVA

Omsk State Medical Academy
Samara State Medical University

A method of quantitative clinical measurement of uveoscleral outflow in human

Measurement of uveoscleral outflow at the human eye is very difficult problem. The majority of methods of a quantitative estimation are non-direct. We present a method of measurement of uveoscleral outflow. Using of this method with our exclusively device has been investigated uveoscleral outflow at the alive persons, including patients with POAG. The drainage system was blocked also by Patient interface Clip. It was successful experience, but it need close examination.

Keywords: uveoscleral outflow, measurement of uveoscleral outflow in human, tonography, vacuum clip, POAG.

Глаукома — термин, объединяющий группу заболеваний, общим для которых является оптическая нейропатия с ассоциированной потерей зрительной функции. Повышенное внутриглазное давление (ВГД) или нестабильные его значения являются важнейшим фактором риска развития и прогрессии глаукомы, так как это способствует гибели ганглиозных клеток сетчатки и повреждению аксонов зрительного нерва, что ведет к необратимой слепоте [1].

С целью снижения и стабилизации ВГД применяется обширный арсенал медикаментозных и хирургических видов лечения, точкой приложения которых является гидродинамическая система глаза. Выявление особенностей ее функционирования продолжает оставаться актуальной проблемой [2, 3]. Исследовать и количественно измерять увеосклеральный путь оттока

непосредственно у живого человека до недавнего времени не представлялось возможным.

Наибольшее распространение получили опосредованные методики количественной оценки увеосклерального оттока внутриглазной жидкости (ВГЖ). Исследования выполнялись на энуклеированных человеческих глазах, в том числе имевших патологические процессы (злокачественные новообразования) [4] и глазах животных [5-7]. Использовались различные белковые субстанции, меченные радиоактивными частицами (изотопы йода), высокотехнологичные и высокоточные методы визуализации и регистрации промежуточных и конечных результатов (флюорофотометрия) [8]. В 2004 г. был предложен метод оценки увеосклерального оттока с химической блокадой цианоакрилатом дренажной системы глаза, в том

числе вортикозных и эписклеральных вен (эксперимент выполнен на энуклеированных свиных глазах) [9]. В описанных выше исследованиях использовались методы количественной оценки увеосклерального пути оттока внутриглазной жидкости характеризующие его функцию лишь опосредованно, в последующем, полученные данные экстраполировались на человека.

В первой половине XX века В. Rosengren впервые предпринял попытку оценки гидродинамических параметров глаза живого человека на фоне заблокированного трабекулярного пути оттока внутриглазной жидкости, используя для этого вакуумный колпачок диаметром 13-14 мм. Под колпачком создавался вакуум в 50 мм рт. ст., благодаря чему его края сдавливали эписклеральное венозное сплетение [10]. Метод Rosengren имел недостатки, которые позже были частично исправлены [11]. Дальнейшее развитие подобных методик предусматривало применение колпачка с прозрачным дном [12-13]. Было установлено, что проницаемость гематоофтальмического барьера с повышением уровня разряжения уменьшается. Предпринимались попытки использования тонометра Schiottz для блокады дренажной системы. Блокировалась только нижняя или только верхняя часть эписклеры [14].

Многие исследователи отмечали зависимость результатов проб от диаметра склерокомпрессора. Чем больше диаметр, тем выше прирост ВГД [15].

В 1956 г. была предпринята попытка проведения тонографии с одновременной блокадой дренажной системы глаза [16]. На роговицу устанавливался тонометр Schiottz, прикрепленный к специальному конусу, оказывающему перилимбальное давление. Из-за технического несовершенства и кратковременности экспозиции каких-либо закономерностей выявлено не было. Тем не менее это была проба на функцию увеосклерального оттока.

В 1982 г. Н.В. Косых в своей работе по оценке увеосклерального оттока у больных первичной глаукомой использовал разработанную им методику блокады дренажной системы глаза с помощью перилимбального вакуумного компрессионного кольца — ПВКК, изготовленного из фторопласта методом токарной обработки и одновременным проведением электронной тонографии на тонографе ТНЦ-100. Вакуум создавался при помощи двух сосудов, наполовину заполненных водой и помещенных на разной высоте. Между вакуумным аппаратом и ПВКК имелся трехходовый кран, позволяющий менять давление в вакуумной камере ПВКК [17]. Методика была достаточно сложна в использовании, что связано с громоздкой конструкцией ПВКК, состоящего из двух фторопластовых частей, соединенных резиновой манжетой. Это было причиной сложной адаптации ПВКК к глазной щели и поверхности глазного яблока. Создание и дозирование необходимого разряжения было также непростой задачей, т.к. для этого использовались герметично соединенная система бутылок и трехходового крана с переходниками.

Материалы и методы

Нами была усовершенствована методика количественной оценки оттока ВГЖ по увеосклеральному пути благодаря внесению ряда изменений [18] и проведено клиническое количественное исследование увеосклерального оттока у живого человека. В исследовании принимал участие 51 пациент (94 глаза) обоего пола, без выраженной соматической патологии с диагнозом ПОУГ в начальной (33 глаза) и развитой (30 глаз) стадиях, а также с подозрением на глаукому (31 глаз). Средний возраст пациентов составлял $66,4 \pm 8,3$ года. Всем пациентам диагноз был выставлен впервые, гипотензивное лечение до этого они не получали.

После исключения глазной патологии и противопоказаний к исследованию пациенту выполнялась электронная офтальмотонография на стандартизованном электронном офтальмотонографе GlauTest-60 по стандартной методике. Через час производилась электронная офтальмотонография с блокадой дренажной системы глаза с применением ПВКК. Прототипом послужил метод Н. В. Косых. При регистрации тонограммы осуществлялась запись основных гидродинамических параметров, но уже в условиях заблокированной дренажной системы глаза. Усовершенствование методики заключалось в изменении механизма создания пониженного давления и в применении новой модели ПВКК. Для изготовления усовершенствованного ПВКК применяется мягкая и безопасная стандартизованная медицинская резина, а не фторопласт. Увеличенный диаметр внешнего кольца позволяет добиться надежной и длительной фиксации благодаря более устойчивому разряжению в вакуумной камере. Медицинская резина имеет высокий коэффициент трения по коже, следствием чего является высокая надежность соединения со стальным наконечником переходника. Кроме того, наличие внешней поверхности большого радиуса, контактирующей с пальпебральной конъюнктивой, обеспечивает плотное прилегание век пациента к ПВКК, что сводит к минимуму возможность его смещения.

Рисунок 1.
 $C_{\text{общ}}$ и $C_{\text{увео}}$ при различных стадиях ПОУГ

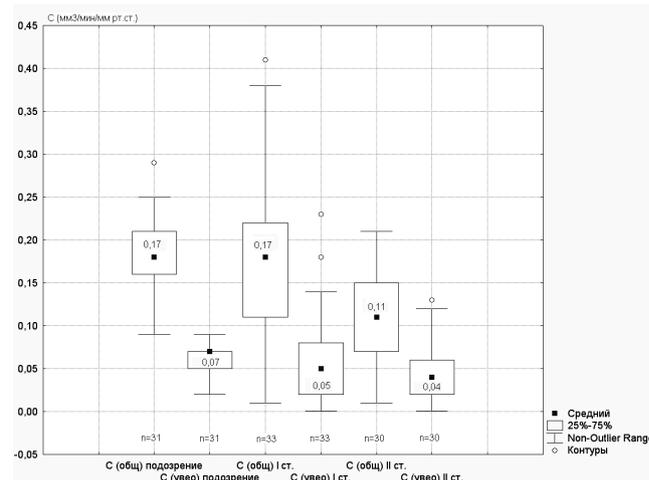
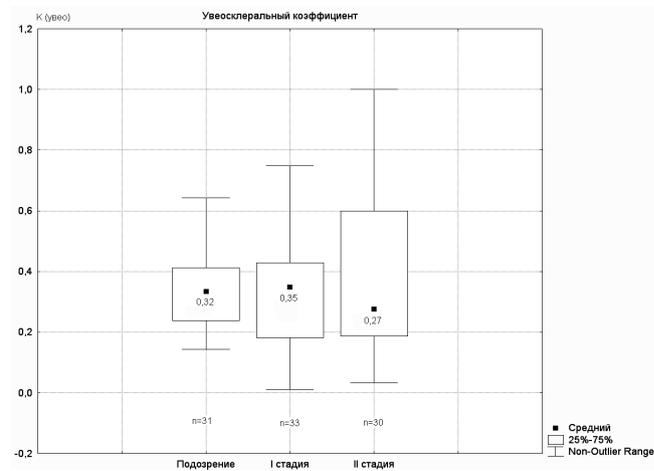


Рисунок 2.
 $K_{\text{увео}}$ при различных стадиях ПОУГ





Используемый для изготовления усовершенствованного ПВКК материал — медицинская резина — позволяет применять технологию литья с использованием пресс-формы, благодаря чему достигается стандартизация и снижается стоимость. Для изготовления ПВКК из фторопласта требуется токарная обработка.

Способ наложения разряжения также был доработан. Для этого использовался стандартный одноразовый медицинский шприц. ПВКК и шприц были соединены посредством полимерного переходника, имеющего постоянный объем, т.е. не обладающего способностью к растяжению. Посредством математического моделирования был рассчитан объем воздуха, который необходимо получить для создания нужного давления в системе «ПВКК — переходник — шприц». Для этого использовался математический алгоритм, написанный нами в приложении Microsoft Excel 2003. Значение давления между ребрами ПВКК непосредственно определяет уровень давления ребер на поверхность глазного яблока в проекции эписклеральных вен, благодаря чему и происходит блокада дренажной системы глаза.

Результаты и их обсуждение.

Результаты наглядно представлены на рисунках 1 и 2. В здоровых глазах сопоставимого возраста (46 лет и старше по Н.В. Косых) общий коэффициент легкости оттока ($C_{\text{общ}}$) составляет $0,31 \pm 0,02$ мм³/мин/мм рт. ст., коэффициент легкости оттока по увеосклеральному пути ($C_{\text{увео}}$) — $0,12 \pm 0,01$ мм³/мин/мм рт. ст. Производная величина — увеосклеральный коэффициент ($K_{\text{увео}}$) — отношение $C_{\text{увео}}/C_{\text{общ}}$ составлял 0,39.

В глазах с подозрением на глаукому, общий коэффициент легкости оттока $C_{\text{общ}}$ составил $0,18 \pm 0,03$ мм³/мин/мм рт. ст. (с учетом ненормальности распределения — 0,17), а коэффициент легкости оттока по увеосклеральному пути $C_{\text{увео}}$ — $0,06 \pm 0,01$ мм³/мин/мм рт. ст. (0,07) (рис. 1). Увеосклеральный коэффициент $K_{\text{увео}}$ составил 0,32 (рис. 2). Прослеживается снижение доли ВГЖ, оттекающей как по основному, так и по увеосклеральному пути, что может являться признаком декомпенсации механизмов гидродинамической регуляции на фоне сниженной функции основной дренажной системы глаз с подозрением на глаукому. Уменьшение $C_{\text{увео}}$ и $K_{\text{увео}}$ можно рассматривать как результат прогрессирования склеротических процессов в цилиарном теле и склере, составляющим основу увеосклерального пути, ведущих к повышению гидростатического сопротивления.

В начальной стадии ПОУГ $C_{\text{общ}}$ составил $0,17 \pm 0,07$ мм³/мин/мм рт. ст., $C_{\text{увео}}$ — $0,05 \pm 0,04$ мм³/мин/мм рт. ст., $K_{\text{увео}}$ — 0,35. Отмечаются статистически значимые, но невыраженные различия в гидродинамике по сравнению с подозрением на глаукому: $C_{\text{общ}}$ не изменен, $C_{\text{увео}}$ уменьшается, $K_{\text{увео}}$ увеличивается. Тем не менее возрастает вариабельность значений исследуемых гидродинамических параметров, что связано с индивидуальными особенностями системы «компенсация-декомпенсация» у различных пациентов (возраст, стаж заболевания, значения офтальмотонуса, выраженность пресбиопии, состояние тканей внутриглазных структур, общесоматическое состояние и др.).

В глазах с развитой стадией ПОУГ $C_{\text{общ}}$ составил $0,11 \pm 0,05$ мм³/мин/мм рт. ст., $C_{\text{увео}}$ — $0,04 \pm 0,03$ мм³/мин/мм рт. ст., $K_{\text{увео}}$ — 0,38, но с поправкой на ненормальное распределение — 0,27. Это связано с тем, что у некоторых больных $K_{\text{увео}}$ — превышал 0,6–0,7, а в одном глазу он был равен 1, ($C_{\text{общ}} = C_{\text{увео}} = 0,01$ мм³/мин/мм рт. ст.). Исходя из сказанного, можно отметить, что в развитой стадии ПОУГ наблюдается максимальная вариабельность $K_{\text{увео}}$ на фоне снижения абсолютных значений $C_{\text{общ}}$ и $C_{\text{увео}}$, что также может быть связано с прогрессированием склеротических процессов в цилиарном теле и в трабекулярной

сети. В развитой стадии ПОУГ возможно полное функциональное замещение дренажного пути оттока увеосклеральным.

По предложению А.В. Золотарева (Самара), нами проводилось исследование увеосклерального оттока ВГЖ с использованием иного метода блокады дренажной системы глаза. Вместо ПВКК, применялся интерфейс — индивидуальный колпачок пациента (Patient Interface Clip) производства Technolas™ Perfect Vision, необходимый для фиксации глазного яблока при вмешательствах с использованием фемтосекундной лазерной установки (FEMTEC® Laser System). Нами была смонтирована система «интерфейс — переходник — шприц». Были измерены все необходимые размеры и объемы интерфейса. Уровень необходимого объема системы «интерфейс — переходник — шприц» и степень нужного разряжения в ней рассчитывался с использованием разработанного нами математического алгоритма. Сопоставление первых данных, полученных при использовании различных методов блокады синусного оттока, показало что индивидуальный колпачок пациента позволяет создавать надежное разряжение (о чем свидетельствует характерная тонограмма, полученные значения и четкая странгуляционная борозда на склере после исследования). Кроме того, он является безопасным и разрешен к использованию в офтальмологии, поэтому является перспективным для исследования увеосклерального оттока. Именно это побудило нас проводить тонографическое измерение увеосклерального оттока у пациентов после гипотензивных операций, направленных на активацию данного вида оттока.

Выводы

1. Усовершенствованная методика количественной оценки увеосклерального оттока позволяет добиваться более надежного и длительного разряжения и максимально блокировать основной путь оттока ВГЖ, не требует дополнительных затрат и подготовки оборудования и специалистов.

2. Коэффициенты легкости оттока и коэффициент легкости оттока по увеосклеральному пути снижаются при прогрессировании глаукомы: $C_{\text{общ}}$ — более значительно, $C_{\text{увео}}$ — в меньшей мере.

3. Показатель увеосклерального коэффициента демонстрирует высокий рост вариабельности при прогрессировании глаукомы и требует более детального исследования для установления и оценки значимости связей с другими параметрами.

4. Для наложения разряжения помимо ПВКК может применяться колпачок — интерфейс от фемтосекундного лазера, результаты его использования для количественной оценки увеосклерального оттока будут представлены в последующих работах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kwon Y.H., Fingert J.H. Primary open-angle glaucoma // N. Engl. J. Med. — 2009. — Vol. 360. — № 11. — P. 1113-1124.
2. Симановский А.И. Гидравлические характеристики глаза и усовершенствование клинической тонографии (часть I) // Глаукома. — 2008. — № 2. — С. 50-56.
3. Симановский А.И. Гидравлические характеристики глаза и усовершенствование клинической тонографии (часть II) // Глаукома. — 2008. — № 3. — С. 54-60.
4. Bill A. Phillips I. Uveoscleral drainage of aqueous humor in human eye // Exp. Eye Res. — 1971. — Vol. 21. — P. 275-281.
5. Aihara M., Lindsey J.D., Weinreb R.N. Aqueous Humor Dynamics in Mice // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. — 2003. — Vol. 44. — P. 5168-5173.

Полный список литературы на сайтах
www.mfv.ru, www.parchive.ru