

УДК 617.7-073.178

Диагностические возможности транспальпебральной тонометрии индикатором ИГД-03

АВETISOV С.Э., академик РАН, профессор, научный руководитель;

ЕРИЧЕВ В.П., профессор, заместитель директора;

АНТОНОВ А.А., к.м.н., ведущий научный сотрудник.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней», 119021, Российская Федерация, Москва, ул. Россолимо, 11 А, Б.

Источник финансирования: работа проведена при финансовой поддержке Государственного Рязанского приборного завода.
Конфликт интересов: отсутствует.

Резюме

ЦЕЛЬ. Сравнение показателей тонометрии с помощью индикатора ИГД-03, тонометра Маклакова и метода двунаправленной аппланации роговицы у пациентов с глаукомой и подозрением на данное заболевание.

МЕТОДЫ. Исследование проведено в группе из 70 пациентов (140 глаз) в возрасте от 41 года до 89 лет с первичной открытоугольной глаукомой или подозрением на данное заболевание. 92 глаза обследованы на фоне применения гипотензивной инстилляционной терапии. Всем пациентам проводили последовательные измерения внутриглазного давления (ВГД) с помощью двунаправленной пневмоаппланации роговицы (прибор Ocular Response Analyzer), транспальпебральной тонометрии (индикатор ИГД-03) и аппланационной контактной тонометрии по Маклакову (груз массой 10 г).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Средние значения показателей тонометрии были сопоставимы: роговично-компенсированное ВГД — 18,5±5,7 мм рт.ст., аналогичное тонометрии по Гольдману — 17,5±5,5 мм рт.ст., тонометрическое давление

по Маклакову — 22,2±4,3 мм рт.ст. и показатель транспальпебрального индикатора — 20,9±4,2 мм рт.ст., учитывая различия калибровки. Нельзя исключить влияние положения тела пациента на результаты измерения. Показатели тонометрии имели сильную прямую корреляционную связь ($r>0,7$) между собой. При оценке диагностической ценности приборов превышение показателя над статистической нормой выявлено в 12,8% случаев с помощью ИГД-03, в 14,3% — тонометром Маклакова (различие недостоверно, $p>0,05$) и в 28,6% — при измерении роговично-компенсированного ВГД (достоверное различие с другими методами, $p<0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Диагностическая ценность транспальпебральной тонометрии сопоставима с традиционными аппланационными методами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: внутриглазное давление, глаукома, тонометрия, транспальпебральная тонометрия, роговица, склера.

ENGLISH

Diagnostic capabilities of transpalpebral tonometry with IGD-03

AVETISOV S.E., RAS Academician, Professor, Scientific Director;

ERICHEV V.P., Professor, Deputy Director;

ANTONOV A.A., Ph.D., Leading Research Associate.

Scientific Research Institute of Eye Diseases, 11A, B Rossolimo st., Moscow, Russian Federation, 119021.

Source of Funding: Ryazan State Instrument-making Enterprise.
Conflicts of Interest none declared.

Для контактов:

Антонов Алексей Анатольевич, e-mail: niigb.antonov@gmail.com

Abstract

PURPOSE: To compare IOP measurements with transpalpebral IGD-03 device, Maklakov's tonometer and bidirectional applanation of the cornea in glaucoma patients and suspects.

METHODS: The study included 70 patients with primary open-angle glaucoma and glaucoma suspects aged from 41 to 89 years. 92 eyes had hypotensive treatment. IOP measurement with bidirectional applanation of the cornea (Ocular Response Analyzer), transpalpebral tonometry (IGD-03 device) and contact applanation tonometry (Maklakov's tonometer, 10 g) were performed in all patients consistently.

RESULTS: Mean IOP, measured with different tonometers, was comparable considering the calibration details:

IOPcc — 18.5 ± 5.7 mm Hg, IOPg — 17.5 ± 5.5 mm Hg, applanation tonometric IOP — 22.2 ± 4.3 mmHg and transpalpebral IOP — 20.9 ± 4.2 mm Hg. It is possible that patient's position during measurement had affected results. All IOP measurements were directly strongly correlated with each other ($r > 0.7$). We discovered diagnostic value of all devices, statistically normal IOP was revealed in 12.8% cases with IGD-03, in 14.3% — with Maklakov's tonometer and in 28.6% cases of IOPcc measurements.

CONCLUSION: Diagnostic value of transpalpebral tonometry was equal to Maklakov's applanation tonometry.

KEYWORDS: IOP, glaucoma, tonometry, transpalpebral, cornea, sclera.

В связи с тем что влияние на патогенетические факторы при глаукоме не всегда возможно, основные медикаментозные, лазерные и хирургические методы лечения заболевания направлены на снижение уровня внутриглазного давления (ВГД). Кроме того, определение офтальмотонуса является основой скрининга для выявления глаукомы [1-8]. Как показали исследования последних лет, точность его измерения традиционными методами в значительной степени зависит от биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза [9-20]. Кроме того, в последнее десятилетие предложен еще ряд подходов для повышения точности офтальмотонометрии [21-22]. Для применения каждого способа существуют определенные показания, но единого мнения о предпочтительном методе измерения ВГД нет [22-25].

Аппланационная офтальмотонометрия — традиционная методика измерения ВГД, основанная на регистрации изменения формы роговицы или силы воздействия, приводящей к этой деформации. Тонометры Маклакова, Гольдмана, бесконтактный являются наиболее распространенными приборами, основанными на принципе аппланации роговицы. Недостатком этих способов является существенная зависимость точности от индивидуальных свойств оболочек глаза пациента. Калибровка перечисленных приборов выполнена с применением ограниченного количества пациентов или кадаверных глаз и точна только в ограниченном диапазоне средней физиологической нормы [26, 27].

В данной ситуации повышение точности измерения ВГД может быть достигнуто за счет исследования биометрических и биомеханических свойств роговицы и склеры, исследования суточных колебаний офтальмотонуса и использования склеральной транспальпебральной тонометрии [28-32].

Преимуществом последнего метода может являться отсутствие взаимодействия с роговицей. Транспальпебральное измерение современными приборами не требует применения анестезии,

выполняется быстро с помощью портативного тонметра, что делает эту методику доступной и расширяет круг использования офтальмотонометров. Измерение ВГД через веко и склеру применяется достаточно давно, начиная с пальпаторного метода, который лег в основу первых диагностических приборов. Современный этап транспальпебральной тонометрии начался с разработки Государственным Рязанским приборным заводом (ГРПЗ) совместно с академиком А.П. Нестеровым тонметра ТГДц-01, который производится и в настоящее время. Принцип действия прибора 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 такой степени, чтобы сжатый участок века исполнял роль передаточного звена при взаимодействии штока с глазом, исключая болевые ощущения. Такой метод компенсации влияния века определяет выбор 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. Для достижения достоверного результата транспальпебральной тонометрии особенно важным является точное положение прибора на веке, что связано с различной толщиной хряща века и склеры в области воздействия штока. Эти параметры определяют правильное механическое взаимодействие тонметра, соответствующее калибровочным данным [33, 34].

Точность транспальпебрального метода показана в ряде исследований, которые указывают на хорошее соответствие результатов с тонметром Маклакова, Гольдмана, динамическим контурным и методом

двунаправленной аппланации роговицы. В данных работах выявлены особенности использования приборов, которые необходимо учитывать при клиническом применении. Показана зависимость результата от ритмичных и случайных колебаний ВГД и некоторое занижение показателей при повышенном офтальмотонусе. Это определяет необходимость выполнения серии измерений и усреднения данных, полученных последовательно. Также при выявлении повышенного или пограничного ВГД требуется исследование зрительных функций и контрольная тонометрия аппланационным прибором [35-39].

Новое поколение транспальпебральных тонометров претерпело изменения в сравнении с первыми образцами: изменена конструкция штока и механизм измерения, что позволяет повысить скорость исследования. В индикаторе внутриглазного давления ИГД-03 баллистический принцип измерения заменен на динамическое воздействие на глаз с определенной кинетической энергией через веко в области склеры. Это упрощает методику определения ВГД за счет меньшей зависимости от вертикального положения. Принцип действия индикатора ИГД-03 основан на магнитодинамическом способе формирования дозированного импульса движения подвижному штоку, взаимодействующему с упругой поверхностью глаза через веко, и последующей обработке функции его скорости. Прибор откалиброван по шкале тонометрического ВГД, измеряемого по методу Маклакова грузом массой 10 г. Производители прибора заявляют о его высокой точности и сопоставимости результатов с доступными тонометрами.

Цель настоящей работы — сравнение показателей тонометрии с помощью индикатора ИГД-03, тонометра Маклакова и метода двунаправленной аппланации роговицы у пациентов с глаукомой и подозрением на данное заболевание.

Материалы и методы

Исследование проведено в группе из 70 пациентов (140 глаз) в возрасте от 41 года до 89 лет (средний возраст 70 ± 10 лет), среди них было 20 (28,6%) мужчин и 50 (71,4%) женщин. Отбор пациентов выполняли на основании критериев включения и исключения. В группу исследования вошли пациенты с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) или подозрением на данное заболевание. Все пациенты находились под наблюдением в отделе глаукомы, им были выполнены по показаниям, помимо стандартных методик (визометрии, биомикроскопии, гониоскопии и офтальмоскопии), статическая периметрия и конфокальная лазерная офтальмоскопия. Среди пациентов с глаукомой большая часть (92 глаза) обследованы на фоне применения гипотензивной инстилляционной терапии. Распределение по стадиям глаукомы было следующим: I стадия —

Таблица 1

Средние значения показателей тонометрии

Показатель	Среднее значение ($M \pm \sigma$), мм рт.ст.
Роговично-компенсированное ВГД (IOPcc)	18,5 \pm 5,7
Показатель тонометрии по Гольдману (IOPg)	17,5 \pm 5,5
Тонометрическое давление по Маклакову, измеренное грузом 10 г (M10)	22,2 \pm 4,3
Показатель тонометрического давления, измеренный ИГД-03	20,9 \pm 4,2

8 глаз; II — 77; III — 9; IV — 3. В исследование включали пациентов без офтальмохирургических операций в анамнезе, с прозрачными оптическими средами (допускалось помутнение хрусталика вследствие начальной возрастной катаракты). Критериями исключения были: дистрофические изменения и отек роговицы, патология век и придаточного аппарата глаза, аллергические реакции на применение местноанестезирующих средств, нистагм.

Всем пациентам проводили последовательные измерения ВГД с помощью двунаправленной пневмоаппланации роговицы, транспальпебральной тонометрии и аппланационной контактной тонометрии по Маклакову. Последние два метода использовали при горизонтальном положении пациента. Исследование с помощью двунаправленной пневмоаппланации роговицы выполняли на приборе Ocular Response Analyzer («Reichert», США) в положении пациента сидя. Регистрировали два показателя ВГД: аналогичное тонометрии по Гольдману (IOPg) и роговично-компенсированное (IOPcc). Для тонометрии по Маклакову использовали стандартный груз массой 10 г и линейку, которой комплектуется прибор.

Транспальпебральную тонометрию проводили новым прибором — индикатором-тонометром ИГД-03 (ГРПЗ, Россия). Во время измерения взгляд пациента, находящегося в горизонтальном положении, фиксировали под углом примерно 45°. Исследователь держал включенный индикатор в правой руке вертикально, расправлял левым указательным (левое) или большим (правое) пальцем верхнее веко пациента без надавливания на глаз, после чего устанавливал наконечник прибора вплотную к краю века, непосредственно у корней ресниц (рис. 1). Плавно опуская корпус индикатора без смещения вниз по главному яблоку, выполняли измерение — на дисплее отображалось значение показателя тонометрии. Повторяли методику на каждом глазу не менее трех раз. Полученные данные усредняли и использовали для анализа.

Статистическую обработку результатов измерения проводили с помощью программы MS Excel 2013. Для описания данных применяли методы



Рис. 1. Правильное положение транспальпебрального тонометра и века пациента при измерении

параметрической статистики: рассчитывали среднее значение, стандартное отклонение, коэффициент корреляции по Пирсону для исходных рядов данных. Для малых выборок использовали показатели медианы и межквартильного диапазона значений.

Результаты

После проведения тонометрических исследований были рассчитаны средние значения показателей для используемых приборов. Сопоставление тонометрического ВГД, определяемого ИГД-03 и тонометром Маклакова, с «истинными» значениями, измеренными с помощью двунаправленной аппланации роговицы, возможно с использованием таблиц Нестерова-Вургафта. Показатели тонометрии ИГД-03 в среднем сравнимы с данными тонометрии по Маклакову и Гольдману (табл. 1).

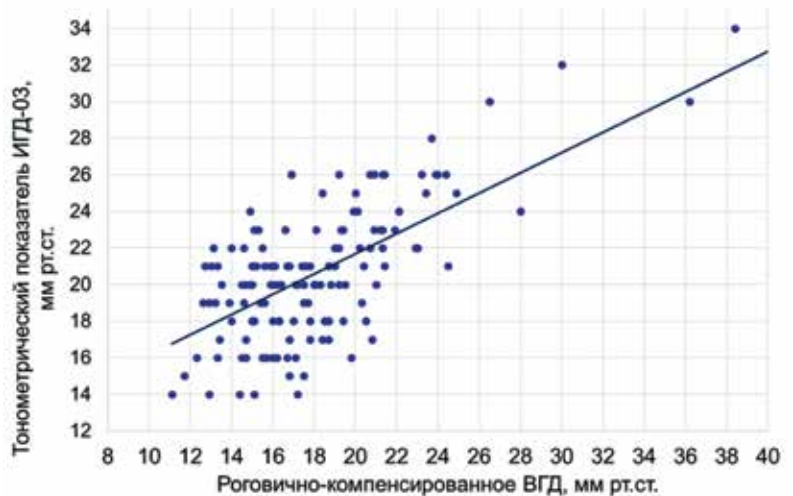


Рис. 2. Взаимосвязь результатов определения роговично-компенсированного ВГД и транспальпебральной тонометрии

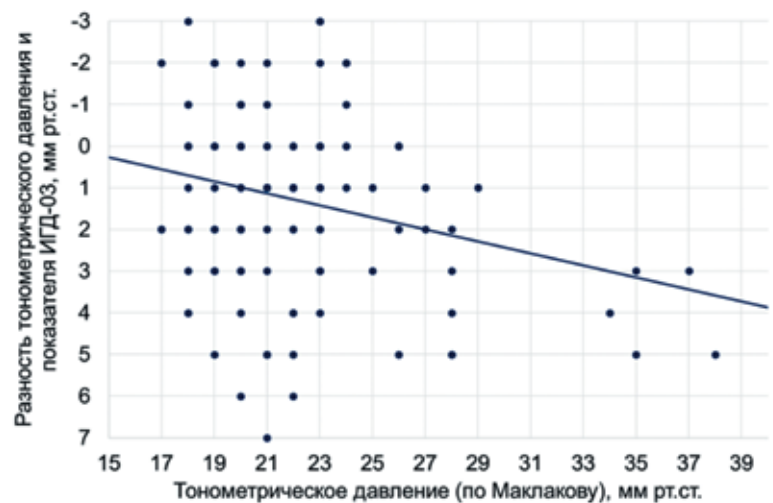


Рис. 3. Зависимость разности показателей ВГД, измеренного с помощью тонометра Маклакова и ИГД-03, от уровня офтальмотонуса (сплошная линия указывает линейный тренд)

Таблица 2

Корреляционные взаимоотношения показателя тонометрического ВГД, измеренного с помощью ИГД-03 (коэффициент корреляции, r)

	ИОРсс	ИОРг	М10
ИГД-03	0,77	0,80	0,88

Стоит отметить, что результаты измерения роговично-компенсированного ВГД и тонометрии по Маклакову в некоторых случаях различались существенно, на это могло влиять положение тела. Однако единичные результаты не сказались на средней тенденции. Анализ корреляционных связей между показателями тонометрии выявил, что максимальная взаимосвязь наблюдается у транспальпебрального индикатора и тонометра Маклакова (табл. 2).

Сравнение показателей тонометрии с помощью ИГД-03 и тонометра Маклакова в различных диапазонах значений, мм рт.ст.

Диапазон значений	Результат измерения с помощью ИГД-03		Тонометрическое давление по Маклакову	
	медиана	межквартильный диапазон	медиана	межквартильный диапазон
менее 20	18	16÷19	18	17÷19
20-26	21	20÷22	22	20÷23
более 26	27	25÷32	29	28÷35

Важно, что все показатели тонометрии имели сильную корреляционную связь ($r > 0,7$) между собой.

Данный результат подтверждается диаграммой распределения результатов двунаправленной аппланации роговицы и транспальпебрального измерения (рис. 2).

При анализе различия показателей, измеряемых с помощью ИГД-03 и тонометра Маклакова, мы выявили, что транспальпебральный прибор имеет тенденцию к занижению показателей, более выраженную в области высоких значений офтальмотонуса (рис. 3).

Однако подробный статистический анализ выявил, что медианы значений показателей тонометрического офтальмотонуса, измеренного тонометром Маклакова и ИГД-03, в диапазонах низкой (до 20 мм рт.ст.), средней и высокой нормы (от 20 до 26 мм рт.ст.) и повышенных цифр (более 26 мм рт.ст.) достоверно не отличались (табл. 3).

При оценке диагностической ценности различных методов тонометрии результаты исследований были разделены на условно «высокие» и «нормальные» в соответствии со статистической нормой для каждого показателя. Повышенный уровень роговично-компенсированного ВГД выявлен в 22,1% случаев, что статистически достоверно ($p < 0,05$) отличается от результатов других методов. По данным ИГД-03 и тонометра Маклакова массой 10 г доля некомпенсированного офтальмотонуса составила 12,8 и 14,3% соответственно. При этом количество измерений, в которых результаты этих приборов отличались более чем на 2 мм рт.ст., составило 28,6%. Это позволяет говорить о близкой диагностической ценности измерения тонометрического ВГД по Маклакову и транспальпебральным индикатором ИГД-03 при тщательном соблюдении методики обоих способов.

Выводы

Транспальпебральная тонометрия является доступным методом измерения внутриглазного давления без воздействия на роговицу. Залогом успешного применения данного способа следует считать тщательное соблюдение методики исследования и учет периодических и случайных колебаний офтальмотонуса.

По результатам систематизации и статистической обработки измерений, тонометрическое ВГД, определяемое индикатором ИГД-03, имеет сильную прямую корреляционную связь с показателями тонометрии по Маклакову и Гольдману.

Диагностическая ценность транспальпебральной тонометрии сопоставима с традиционными аппланационными методами. Небольшое занижение результатов при повышенном ВГД находится в пределах, допустимых для скрининговых исследований.

Литература / References

1. Волков В.В. Глаукома открытоугольная. М.: МИА 2008; 348 с. [Volkov V.V. Glaukoma otkrytougol'naya [Open-angle glaucoma]. Moscow, MIA Publ., 2008. 348 p. (In Russ.).]
2. Нестеров А.П. Глаукома. М.: МИА 2008; 357. [Nesterov A.P. Glaukoma [Glaucoma]. Moscow, MIA Publ., 357 p. (In Russ.).]
3. Куроедов А.В., Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А. и др. Первичная открытоугольная глаукома: в каком возрасте пациента и при какой длительности заболевания может наступить слепота. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности* 2014; 2(12):74-84. [Kuroedov A.V., Avdeev R.V., Aleksandrov A.S., Bakunina N.A. et al. Primary open-angle glaucoma: the age at which the patient and duration of disease which may occur blindness. *Medical and biological problems of life* 2014; 2(12):74-84. (In Russ.).]
4. Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С. и др. Прогнозирование продолжительности сроков заболевания и возраста пациентов с разными стадиями первичной открытоугольной глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2014; 13(2):60-69. [Avdeev R.V., Aleksandrov A.S., Bakunina N.A., Basinskii A.S. et al. Prediction of the duration of the disease and the age of patients with different stages of primary open-angle glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2014; 13(2):60-69. (In Russ.).]
5. Городничий В.В., Дорофеев Д.А., Завадский П.Ч., Зверева О.Г., Каримов У.Р., Кулик А.В., Куроедов А.В. и др. Факторы риска, патогенные факторы развития и прогрессирования глаукомы по результатам многоцентрового исследования российского глаукомного общества. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности* 2012; 2(8):57-69. [Gorodnichii V.V., Dorofeev D.A., Zavadskii P.Ch., Zvereva O.G., Karimov U.R., Kulik A.V., Kuroedov A.V. et al. Prediction of the duration of the disease and the age of patients with different stages of primary open angle glaucoma. *Medical and Biological Problems of Life Activity* 2012; 2(8):57-69. (In Russ.).]
6. Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С. и др. Модель манифестирования и исходов первичной открытоугольной глаукомы. *Клиническая медицина* 2014; 92(12):64-72. [Avdeev R.V., Aleksandrov A.S., Bakunina N.A., Basinskii A.S. et al. Model of outcomes of primary open angle glaucoma. *Clinical medicine* 2014; 92(12):64-72. (In Russ.).]
7. Куроедов А.В., Авдеев Р.В., Александров А.С., Бакунина Н.А., Басинский А.С., Блюм Е.А. и др. Предполагаемый возраст

- пациентов и период болезни для проведения интенсивных лечебно-профилактических манипуляций при первичной глаукоме. *Офтальмология Восточная Европа* 2014; 3(22):60-71. [Kuroedov A.V., Avdeev R.V., Aleksandrov A.S., Bakunina N.A., Basinskii A.S., Blyum E.A. et al. The estimated age of the patients and the duration of the illness for intensive treatment and prevention of manipulation for primary glaucoma. *Ophthalmology Eastern Europe* 2014; 3(22):60-71. (In Russ.)].
8. Петров С.Ю., Антонов А.А., Макарова А.С., Вострухин С.В. Офтальмотонус в оценке медикаментозного и хирургического лечения глаукомы. *РМЖ. Клиническая офтальмология* 2015; 16(2):69-72. [Petrov S.Yu., Antonov A.A., Makarova A.S., Vostrukhin S.V. IOP in the assessment of medical and surgical treatment of glaucoma. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2015; 16(2):69-72. (In Russ.)].
 9. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. К вопросу о нормальных значениях биомеханических параметров фиброзной оболочки глаза. *Национальный журнал глаукома* 2012; 10(3):5-11. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. On normal values of biomechanical parameters of the fibrous layer of the eye. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma* 2012; 10(3):5-11. (In Russ.)].
 10. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Петров С.Ю., Антонов А.А., Решичкова В.С. Особенности биомеханических свойств фиброзной оболочки глаза при первичной открытоугольной глаукоме. *Национальный журнал глаукома* 2012; 4:7-11. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Petrov S.Yu., Antonov A.A., Reshchikova V.S. Features of the biomechanical properties of the fibrous layer of the eye with primary open-angle glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma* 2012; 4:7-11. (In Russ.)].
 11. Аветисов С.Э., Петров С.Ю., Бубнова И.А., Антонов А.А., Аветисов К.С. Влияние центральной толщины роговицы на результаты тонометрии (обзор литературы). *Вестник офтальмологии* 2008; 124(5):1-7. [Avetisov S.E., Petrov S.Yu., Bubnova I.A., Antonov A.A., Avetisov K.S. Influence of central corneal thickness on the results of tonometry (review). *Vestn Oftalmol* 2008; 124(5):1-7. (In Russ.)].
 12. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Шмелева-Демир О.А., Мазурова Ю.В., Рыжкова Е.Г. и др. Новый скрининговый метод определения толерантного внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2009; 125(5):3-7. [Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Shmeleva-Demir O.A., Mazurova Yu.V., Ryzhkova E.G. et al. New screening method for determining the tolerance of intraocular pressure. *Vestn Oftalmol* 2009; 125(5):3-7. (In Russ.)].
 13. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Шмелева-Демир О.А., Галоян Н.С., Мазурова Ю.В. и др. Результаты клинической оценки нового скринингового метода определения индивидуальной нормы внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2010; 126(2):5-7. [Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Shmeleva-Demir O.A., Galoyan N.S., Mazurova Yu.V. et al. The results of the clinical evaluation of a new screening method for determining an individual rate of intraocular pressure. *Vestn Oftalmol* 2010; 126(2):5-7. (In Russ.)].
 14. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Завалишин Н.Н., Ненюков А.К. Экспериментальное исследование механических характеристик роговицы и прилегающих участков склеры. *Офтальмологический журнал* 1988; 4:233-237. [Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Zavalishin N.N., Nenyukov A.K. Experimental study of mechanical properties of the cornea and sclera adjacent areas. *Oftalmologicheskii Zhurnal* 1988; 4:233-237. (In Russ.)].
 15. Еричев В.П., Еремина М.В., Якубова Л.В., Арефьева Ю.А. Анализатор биомеханических свойств глаза в оценке вязкоэластических свойств роговицы в здоровых глазах. *Глаукома* 2007; 1:11-15. [Erichiev V.P., Eryomina M.V., Yakubova L.V., Arefyeva U.A. Ocular Response Analyzer in valuation of cornea's viscoelastic properties in normal eyes. *Glaucoma* 2007; 1:11-15. (In Russ.)].
 16. Еремина М.В., Еричев В.П., Якубова Л.В. Влияние центральной толщины роговицы на уровень внутриглазного давления в норме и при глаукоме. *Глаукома* 2006; 4:78-83. [Eremina M.V., Erichev V.P., Yakubova L.V. Effect of central corneal thickness at the level of intraocular pressure in normal and in glaucoma. *Glaucoma* 2006; 4:78-83. (In Russ.)].
 17. Арутюнян Л.Л., Еричев В.П., Филиппова О.М., Аюкян А.И. Вязкоэластические свойства роговицы при первичной открытоугольной глаукоме. *Глаукома* 2007; 2:14-19. [Arutyunyan L.L., Erichev V.P., Filippova O.M., Ayukyan A.I. Viscoelastic properties of the cornea in primary open-angle glaucoma. *Glaucoma* 2007; 2:14-19. (In Russ.)].
 18. Астахов Ю.С., Потемкин В.В. Толщина и биомеханические свойства роговицы: как их измерить и какие факторы на них влияют. *Офтальмологические ведомости* 2008; 1(4):36-43. [Astakhov Yu.S., Potemkin V.V. The thickness and biomechanical properties of the cornea: how to measure it and what factors affect them. *Ophthalmologic vedomosti* 2008; 1(4):36-43. (In Russ.)].
 19. Астахов Ю.С., Аюков Е.Л., Потемкин В.В. Аппланационная и динамическая контурная тонометрия: сравнительный анализ. *Офтальмологические ведомости* 2008; 1(1):4-10. [Astakhov Yu.S., Akopov E.L., Potemkin V.V. Applanation and dynamic contour tonometry: a comparative analysis. *Ophthalmologic vedomosti* 2008; 1(1):4-10. (In Russ.)].
 20. Аветисов С.Э., Бубнова И.А., Антонов А.А. Еще раз о диагностических возможностях эластонометрии. *Вестник офтальмологии* 2008; 124(5):19-22. [Avetisov S.E., Bubnova I.A., Antonov A.A. Once again on the diagnostical abilities of elastotonometry. *Vestn Oftalmol* 2008; 124(5):19-22. (In Russ.)].
 21. Luce D.A. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(1):156-162. doi: 10.1016/j.jcrs.2004.10.044.
 22. Wang A.S., Alencar L.M., Weinreb R.N. et al. Repeatability and reproducibility of Goldmann applanation, dynamic contour, and ocular response analyzer tonometry. *J Glaucoma* 2013; 22(2):127-132. doi: 10.1097/ijg.0b013e3182254ba3.
 23. Еричев В.П., Петров С.Ю., Козлова И.В., Макарова А.С. и др. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 1. Периметрия как метод функциональных исследований. *Национальный журнал глаукома* 2015; 14(2):75-81. [Erichiev V.P., Petrov S.Yu., Kozlova I.V., Makarova A.S. et al. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 1. Perimetry as a functional diagnostics method. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma* 2015; 14(2):75-81. (In Russ.)].
 24. Еричев В.П., Петров С.Ю., Макарова А.С., Козлова И.В. и др. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 2. Диагностика структурных повреждений сетчатки и зрительного нерва. *Национальный журнал глаукома* 2015; 14(3):72-79. [Erichiev V.P., Petrov S.Yu., Kozlova I.V., Makarova A.S. et al. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 1. Diagnosis of structural damage of the retina and optic nerve. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma* 2015; 14(3):72-79. (In Russ.)].
 25. Еричев В.П., Петров С.Ю., Козлова И.В., Макарова А.С. и др. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 3. Роль морфофункциональных взаимоотношений в раннем выявлении и мониторинге глаукомы. *Национальный журнал глаукома* 2016; 15(2):96-101. [Erichiev V.P., Petrov S.Yu., Kozlova I.V., Makarova A.S. et al. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 3. The role of the morphological and functional relationships in the early detection and monitoring of glaucoma. *Natsional'nyi zhurnal glaucoma* 2016; 15(2):96-101. (In Russ.)].
 26. Heijl A. Perimetry, tonometry and epidemiology: the fate of glaucoma management. *Acta Ophthalmologica* 2011; 89(4):309-315. doi: 10.1111/j.1755-3768.2011.02169.x.
 27. Costin B.R., Fleming G.P., Weber P.A. et al. Corneal biomechanical properties affect Goldmann applanation tonometry in primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma* 2014; 23(2):69-74. doi: 10.1097/ijg.0b013e318269804b.
 28. Шмырева В.Ф., Петров С.Ю., Антонов А.А., Данилов С.С. Исследование суточных колебаний офтальмотонуса у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой при монотерапии тимололом, латанопростом и травопростом. *РМЖ. Клиническая офтальмология* 2010; 11(4):125-127. [Shmyreva V.F., Petrov S.Yu., Antonov A.A., Danilov S.S. The study of IOP diurnal variations in patients with primary open-angle glaucoma with monotherapy with timolol, latanoprost, and travoprost. *RMJ Clinical Ophthalmology* 2010; 11(4):125-127. (In Russ.)].
 29. Астахов Ю.С., Устинова Е.И., Катинас Г.С., Устинов С.Н. и др. О традиционных и современных способах исследования колебаний офтальмотонуса. *Офтальмологические ведомости* 2008; 1(2):7-12. [Astakhov Yu.S., Ustinova E.I., Katinas G.S., Ustinov S.N. et al. On traditional and modern methods of study IOP fluctuations. *Ophthalmologic vedomosti* 2008; 1(2):7-12. (In Russ.)].

30. Филиппова О.М. Транспальпебральная тонометрия: новые возможности регистрации внутриглазного давления. *Глаукома* 2004; 3(1):35-38. [Filippova O.M. Transpalpebral tonometry: the new abilities of IOP registration. *Glaucoma* 2004; 3(1):35-38. (In Russ.)].
31. Аветисов С.Э., Петров С.Ю., Бубнова И.А. и др. Влияние центральной толщины роговицы на результаты тонометрии (обзор литературы). *Вестник офтальмологии* 2008; 124(5):1-7. [Avetisov S.E., Petrov S.Yu., Bubnova I.A. et al. Influence of the CCT on tonometry results (literature review). *Vestn Ophthalmol* 2008; 124(5):1-7. (In Russ.)].
32. Singh R.P., Goldberg I., Graham S.L. et al. Central corneal thickness, tonometry, and ocular dimensions in glaucoma and ocular hypertension. *J Glaucoma* 2001; 10(3):206-210. doi: 10.1097/00061198-200106000-00011.
33. Колесникова М.А., Кунин В.Д., Мироненко Л.В., Удовиченко О.Б. Оценка достоверности показаний транспальпебрального индикатора внутриглазного давления ИГД-02 «ПРА». *Офтальмохирургия* 2002; 3:45-47. [Kolesnikova M.A., Kunin V.D., Mironenko L.V., Udovichenko O.B. Evaluation of reliability of the indications of the IGD-02 "PRA" transpalpebral tonometer. *Ophthalmosurgery* 2002; 3:45-47. (In Russ.)].
34. Нестеров А.П., Джафарли Т.Б., Илларионова А.Р. Использование транспальпебральной тонометрии в оценке внутриглазного давления у пациентов с аномалией рефракции до и после кератопластических вмешательств. *Вестник офтальмологии* 2007; 123(6):41-43. [Nesterov A.P., Dzhafarli T.B., Illarionova A.R. Transpalpebral tonometry in IOP evaluation in patients with refractive abnormalities before and after ceratorefractive invasions. *Vest Ophthalmol* 2007; 123(6):41-43. (In Russ.)].
35. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Антонов А.А. Транспальпебральная тонометрия: сравнительная оценка. *Глаукома* 2010; 9(3):45-48. Avetisov S.E., Elichev V.P., Antonov A.A. Transpalpebral tonometry: comparative evaluation. *Glaucoma* 2010; 9(3):45-48. (In Russ.)].
36. Waisbourd M., Shemesh G., Top L.B. et al. Comparison of the transpalpebral tonometer TGDC-01 with Goldmann applanation tonometry. *Eur J Ophthalmol* 2010; 20(5):902-906.
37. Shemesh G., Waisbourd M., Varssano D. et al. Measurements of intraocular pressure by Goldmann tonometry, Tonopen XL, and the transpalpebral tonometer, TGDC-01, after penetrating keratoplasty: a comparative study. *Cornea* 2009; 28(7):724-727.
38. Troost A., Yun S.H., Specht K. et al. Transpalpebral tonometry: reliability and comparison with Goldmann applanation tonometry and palpation in healthy volunteers. *Br Eur J Ophthalmol* 2005; 89(3):280-283. doi: 10.1136/bjo.2004.050211.
39. Sandner D., Bohm A., Kostov S., Pillunat L. Measurement of the intraocular pressure with the «transpalpebral tonometer» TGDC-01 in comparison with applanation tonometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005; 243(6):563-569. doi: 10.1007/s00417-004-1037-1.

Поступила 18.04.2016

КАПСУЛОТОМИЯ ИРИДОТОМИЯ СЕЛЕКТИВНАЯ ТРАБЕКУЛОПЛАСТИКА

- Сверхточная высококачественная оптика
- Улучшенная технология Crystal-Q лазерного резонатора
- Интеграция с щелевой лампой с 5-ступенчатым увеличением
- Смещение фокуса лазерного луча ± 500 мкм
- Возможность комбинирования с фотокоагулятором
- Инновационная модульная конструкция

Лазерная система
LightLas SeLecTor Deux

**YAG/SLT – ДВОЙНОЙ УДАР
ПО ГЛАУКОМЕ**

Stormoff®

Tel.: (495) 780-0792, 780-7691, 956-0557
www.stormoff.com; optik@stormoff.com



LIGHTMED USA
Enlightening Vision