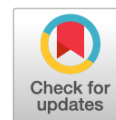


DOI: <https://doi.org/10.17816/OV122120>

Научная статья



Транспальпебральная тонометрия как приоритетный метод контроля внутриглазного давления при патологии роговицы

С.Ю. Петров, О.М. Филиппова, О.И. Маркелова

Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца, Москва, Россия

Актуальность. Измерение внутриглазного давления при наличии сочетанной офтальмопатологии может определять дальнейшую терапию и прогноз. Однако тонометрия при патологии роговицы может приводить к получению недостоверных результатов. Поиск методов измерения офтальмотонуса в таких ситуациях является актуальной задачей, призванной расширить диагностические возможности.

Цель — оценка диагностической ценности и безопасности транспальпебральной тонометрии для контроля внутриглазного давления у пациентов с патологией роговицы различного генеза.

Материалы и методы. Измерения внутриглазного давления проведены у 39 пациентов с глаукомой и/или катарактой (средний возраст $62,34 \pm 9,1$ года) и изменениями роговицы вследствие различной офтальмопатологии: посттравматические рубцы; кератотомические рубцы после рефракционных хирургических вмешательств; дефекты роговицы в исходе язвенного процесса различной этиологии; эрозии роговицы; буллезная кератопатия; деформации и лейкомы после хирургического лечения птеригиума или воздействия инфекционного агента. Внутриглазное давление измеряли несколькими методами: пальпаторно, с помощью «рикошетной» и транспальпебральной тонометрии, в некоторых случаях проведена тонометрия по методу Маклакова.

Результаты. Усреднённые данные были сопоставимы: пальпаторно; «рикошетная» тонометрия — $23,34 \pm 4,7$ мм рт. ст.; транспальпебральная тонометрия — $24,27 \pm 4,7$ мм рт. ст.; по Маклакову — $23,16 \pm 5,4$ мм рт. ст. Точность и воспроизводимость результатов измерения значительно повышались с усовершенствованием навыков работы с тонометрами.

Заключение. Транспальпебральная тонометрия с помощью тонометра ТВГД-02 даёт возможность адекватной оценки внутриглазного давления у пациентов с патологией роговицы. Отсутствие контакта при выполнении методики позволяет признать её приоритетной при измерении внутриглазного давления у определённых категорий пациентов.

Ключевые слова: патология роговицы; внутриглазное давление; глаукома; транспальпебральная тонометрия.

Как цитировать:

Петров С.Ю., Филиппова О.М., Маркелова О.И. Транспальпебральная тонометрия как приоритетный метод контроля внутриглазного давления при патологии роговицы // Офтальмологические ведомости. 2023. Т. 16. № 2. С. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV122120>

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV122120>

Research Article

Transpalpebral tonometry as a priority method for intraocular pressure monitoring in corneal pathology

Sergey Yu. Petrov, Olga M. Filippova, Oksana I. Markelova

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia

BACKGROUND: Measurement of intraocular pressure in the presence of combined ophthalmic condition could determine further therapy and prognosis. However, tonometry in corneal diseases could lead to unreliable results. The search for methods for intraocular pressure measurement in these settings is a critical task intended to expand diagnostic capabilities.

AIM: Evaluation of the transpalpebral tonometry diagnostic value for intraocular pressure monitoring in patients with corneal conditions of various origin.

MATERIALS AND METHODS: Measurements of intraocular pressure were carried out in 39 patients with glaucoma and/or cataract (mean age 62.34 ± 9.1), with corneal changes due to various ophthalmic conditions: post-traumatic scars; keratotomy scars as a result of refractive surgery; corneal defects due to ulcerative process of various etiology; corneal erosions; bullous keratopathy; deformities and leukomas after surgical treatment of pterygium or exposure to an infectious agent. Intraocular pressure measurement was carried out using several methods: palpation, using “rebound” and transpalpebral tonometry, in some cases tonometry was performed according to Maklakov method.

RESULTS: The averaged data were comparable: palpation; “rebound” tonometry — 23.34 ± 4.7 mm Hg; transpalpebral tonometry — 24.27 ± 4.7 mm Hg; and Maklakov tonometry — 23.16 ± 5.4 mm Hg. The accuracy and reproducibility of measurement results increased significantly with the improvement of skills in using tonometers.

CONCLUSIONS: Transpalpebral tonometry using TVGD-02 tonometer makes it possible to adequately assess intraocular pressure in patients with corneal pathology. The absence of contact during the implementation of technique makes it possible to recognize it as a priority when measuring intraocular pressure in certain categories of patients.

Keywords: corneal conditions; intraocular pressure; glaucoma; transpalpebral tonometry.

To cite this article:

Petrov SYu, Filippova OM, Markelova OI. Transpalpebral tonometry as a priority method for intraocular pressure monitoring in corneal pathology. *Ophthalmology Reports*. 2023;16(2):7–15. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV122120>

Received: 16.01.2023

Accepted: 02.03.2023

Published: 30.06.2023

АКТУАЛЬНОСТЬ

Измерение внутриглазного давления (ВГД) при наличии у пациентов сочетанной глазной патологии нередко становится важнейшим исследованием, результаты которого определяют дальнейшую терапию и прогноз течения основного заболевания. Повышение ВГД в различных клинических ситуациях отягощает патологический процесс, усугубляя патогенетические механизмы, приводящие к снижению или даже утрате зрительных функций вследствие как первичного заболевания, так и присоединившейся глаукомной оптической нейропатии [1]. Результаты тонометрии позволяют офтальмологу контролировать ВГД, своевременно дополняя терапию основного заболевания местными гипотензивными препаратами, или решать вопрос о необходимости проведения лазерного или хирургического гипотензивного вмешательства. Более того, уровень офтальмотонуса порой является основополагающим при планировании тактики и стратегии лечения пациента, целесообразности выбора того или иного метода, очередности этапов и сроков лечения, прогнозе его успешности.

Однако выполнение тонометрии при определённых клинических ситуациях и состояниях нередко бывает сопряжено с определёнными трудностями, которые могут приводить к невозможности проведения этого исследования или получению недостоверных результатов. На современном этапе данные о ВГД получают на основании различных методик, в ходе которых внешним воздействием на глазные структуры (с помощью груза, воздуха, различных наконечников) получают некий «отклик» (пятно контакта, динамику аппланации, скорость отскока, частоту электромагнитных колебаний и т. д.) [2–5]. Затем физические и математические принципы и расчёты, использованные в каждой конкретной методике, позволяют преобразовать параметры этого «отклика» в привычную нам величину офтальмотонуса в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.) [6, 7]. В подавляющем большинстве методик в ходе измерения ВГД необходимая информация «считывается» с роговицы. Каждый из методов тонометрии обладает своими достоинствами и недостатками. Неоднократно проводились сравнительные исследования для оценки точности и достоверности данных, получаемых тем или иным методом, сопоставимости результатов и интерпретации возможных различий.

В нашей стране наиболее распространёнными методами измерения офтальмотонуса являются пневмотонометрия и измерение ВГД по методу А.Н. Маклакова, что обусловлено оснащением медицинских учреждений в соответствии с требованиями стандартов Минздрава России по оказанию первичной и специализированной медицинской помощи пациентам при глаукоме. В зарубежных клиниках в подавляющем большинстве случаев «эталонной» методикой считается тонометрия по Гольдману [8]. Для реализации этих методик «*lege artis*»

существенное значение имеет состояние роговицы пациента, поскольку при пневмотонометрии «считывание» информации происходит по световому рефлексу, а при аппланации грузом с заданной массой по Маклакову безукоризненное состояние роговичной поверхности принципиально для получения качественного отпечатка. Наличие патологии роговицы, влияющей на её рефлективность, конфигурацию, прочностные свойства и подверженность травматизации, порой существенно ограничивает возможность выполнения тонометрии, снижает точность и достоверность полученных результатов, а нередко делает эту процедуру невозможной [9–11]. Несмотря на важность контроля ВГД у этой категории пациентов, офтальмологи оказываются в ситуации, когда единственно осуществимой оказывается пальпаторная методика оценки офтальмотонуса, точность которой весьма приблизительна, особенно для специалистов, не имеющих продолжительного клинического опыта.

Таким образом, поиск методов измерения ВГД у пациентов с патологией роговицы в клинических ситуациях, не позволяющих использовать стандартные методики, является актуальной задачей, призванной расширить диагностические возможности. Требуется методика, исключающая участие роговичной поверхности в считывании информации в ходе манипуляции и позволяющая полностью исключить контакт с повреждённой роговицей.

Цель — оценка диагностической важности и безопасности транспальпебральной тонометрии для контроля внутриглазного давления у пациентов с патологией роговицы различного генеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В последние годы для измерения ВГД успешно применяется транспальпебральная тонометрия — методика, при которой верхнее веко является единственной структурой, с которой измерительный прибор контактирует и через которую считывает данные для определения офтальмотонуса [12–15]. В нашей работе мы использовали компактный транспальпебральный тонометр ТВГД-02, Еламед, Россия (рис. 1).

В процессе измерения ВГД этим прибором роговица пациента остаётся интактной, на верхнее веко позиционируется подвижный шток тонометра, создавая упругую систему с веком и глазным яблоком. Вибрационное воздействие на веко пациента вызывается механическими колебаниями штока и затем преобразуется в электрический сигнал. Таким образом, прибор регистрирует параметры упругих взаимодействий физической системы «шток – веко – глазное яблоко», а не локального участка роговицы, как это происходит при офтальмотонометрии с помощью других тонометров. С помощью физико-математических расчётов измерения параметров статического и динамического воздействия прибора переводятся в данные о ВГД [16].



Рис. 1. Транспальпебральный тонометр ТВГД-02 (АО «Елатомский приборный завод», Россия)

Fig. 1. Transpalpebral tonometer TVGD-02 (Yelatma instrument-making enterprise joint-stock company, Russia)

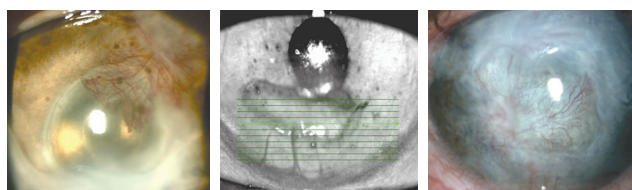


Рис. 2. Патологические изменения роговицы у пациентов

Fig. 2. Pathological changes of the cornea in patients

Измерения ВГД проведены у 39 пациентов с глаукомой и/или катарактой (22 женщины, 17 мужчин, средний возраст $62,34 \pm 9,1$ года, от 43 до 78 лет), с изменениями роговицы вследствие различной офтальмопатологии: посттравматические рубцы (5 глаз); кератомические рубцы после рефракционных хирургических вмешательств, в том числе после сквозной кератопластики (6 глаз); дефекты роговицы в исходе язвенного процесса различной этиологии (4 глаза); эрозии роговицы (12 глаз); буллезная кератопатия (7 глаз); деформации и лейкомы после хирургического лечения птеригиума или воздействия инфекционного агента (5 глаз). У 28 пациентов диагностирована первичная глаукома I–IV стадий или вторичная (постувеальная, неоваскулярная и др.), на 18 глазах ранее, в сроки от 15 лет до 6 мес., были выполнены 1–2 антиглаукомные операции, однако в зонах хирургического вмешательства не выявлялись фильтрационные подушки, которые могли бы повлиять на конгруэнтность поверхности глазного

яблока и верхнего века. В 16 случаях пациенты получали местную гипотензивную терапию в разных сочетаниях лекарственных средств. Все глаза в различные сроки получали противовоспалительную и регенерирующую терапию по поводу заболевания роговицы. Основным из критериев включения в исследование пациентов было наличие патологии роговицы, препятствовавшей проведению пневмотонометрии и контактных методов измерения офтальмотонуса (рис. 2).

Необходимо отметить, что в подобных клинических случаях следует говорить не о точности и прецизионности измерения ВГД, а, вероятно, только лишь о получении данных, наиболее приближенных к достоверным, поскольку не существует метода, который можно было бы принять за контрольный (эталонный). Из-за наличия патологических изменений роговицы и изменения биомеханических свойств фиброзной капсулы глаза при любом методе измерения офтальмотонуса, в котором так или иначе задействована эта структура глаза, может возникать ошибка в полученных результатах, и величину этой ошибки, а следовательно, и достоверность полученных результатов оценить невозможно, опять-таки из-за отсутствия методики, которую можно было бы принять как достоверную при тонометрии у пациентов с поврежденной роговицей [17]. Поэтому для исследования были выбраны методики, соответствовавшие следующим критериям:

- минимальная травматичность для роговицы;
- возможность воспроизведения при динамическом наблюдении пациентов;
- доступность выполнения в медицинских учреждениях различного уровня оказания медицинской помощи.

Разнородность этиопатогенетической и топической картины поражений роговицы у пациентов, вошедших в исследование, обусловила выбор тех или иных методов оценки офтальмотонуса. Предполагаемое отсутствие прецизионности данных измерения ВГД у такой нестандартизованной когорты пациентов определило использование для оценки результатов не среднее значение показателя, как это обычно принято, а величину диапазона данных, полученных в серии из трёх измерений каждым методом (ΔP).

В исследование вошли пациенты с нормализованным или субкомпенсированным ВГД, измерение которого осуществлялось несколькими методами:

- транспальпебральная тонометрия — 39 глаз (тонометр ТВГД-02, Елатмед, Россия);
- пальпаторно — 39 глаз, исследование проводилось опытными офтальмохирургами отделения глаукомы со стажем работы 20–35 лет;
- «рикошетная» («отскоковая») тонометрия — 28 глаз, тонометр Icare Pro (Финляндия);
- тонометрия по методу Маклакова (груз массой 10 г) — 15 глаз.

Каждым методом измерение офтальмотонуса выполняли трижды. Выявляли разброс показателей в серии измерений и сопоставимость полученных результатов, а также комфортность и безопасность каждого метода.

Для статистической обработки и графического представления данных исследования использована программа Microsoft Excel. Результаты представлены в формате среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm \sigma$), указаны максимальные и минимальные значения (max; min).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Тонометрия у пациентов с повреждениями роговицы сопряжена с некоторыми особенностями, влияющими на точность и достоверность полученных данных. Индивидуальные различия в этиологии, локализации, площади, продолжительности развития рубцовой ткани и дефектов роговицы влияли на диапазон полученных результатов в серии измерений ВГД различными методами (рис. 3, 4).

Однако усреднённые данные были сопоставимы (все данные приведены к формату истинного ВГД — P_0 , мм рт. ст.): пальпаторно — $24,68 \pm 5,2$ мм рт. ст.; «рикошетная» тонометрия — $23,34 \pm 4,7$ мм рт. ст.; транспальпебральная тонометрия — $24,27 \pm 4,7$ мм рт. ст.; тонометрия по Маклакову — $23,16 \pm 5,4$ мм рт. ст. (табл. 1).

Поскольку в ходе измерений ВГД различными методами у пациентов с патологией роговицы ожидаемым был значительный разброс полученных данных, индивидуально предпочтительным может быть метод, который продемонстрирует наибольшую воспроизводимость величины офтальмотонуса с меньшим диапазоном показателей в серии данных. Так, например, при «рикошетной» тонометрии на прецизионность результата влияет точное позиционирование датчика в центре роговицы и его перпендикулярное направление при измерении, что не всегда возможно при наличии неровностей повреждённой роговицы. При проведении тоннометрии по Маклакову такие изменения роговичной поверхности приводят к получению отпечатка неидеальной конфигурации и затруднениям его оценки с помощью измерительной линейки. Учитывая различное число глаз, на которых проведены

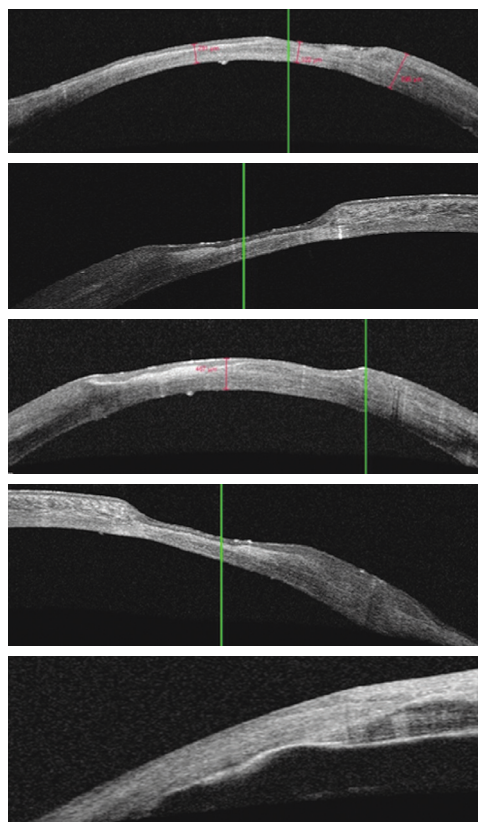


Рис. 3. Варианты изменения конфигурации поверхности роговицы

Fig. 3. Variants for changing the configuration of the corneal surface

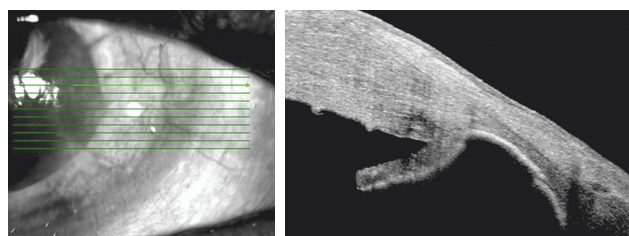


Рис. 4. Деформация роговицы после сквозной кератопластики

Fig. 4. Cornea deformation after penetrating keratoplasty

измерения ВГД различными методами, проанализированы средние значения разброса полученных данных в трёх попытках (ΔP), то есть разница между максимальными и минимальными значениями в серии из трёх измерений ($P_{\max} - P_{\min}$), а также максимальные и минимальные значения флуктуаций.

Таблица 1. Средние значения тоннометрии и флуктуации результатов измерений по трём попыткам, $M \pm \sigma$ (max; min)

Table 1. Average values of tonometry (P_0) and fluctuations of the measurement results for three attempts (ΔP), $M \pm \sigma$ (max; min)

Показатель	Транспальпебральная тонометрия ($n = 39$)	Пальпаторная ($n = 39$)	Рикошетная ($n = 28$)	По Маклакову ($n = 15$)
Средние значения тоннометрии, P_0 , мм рт. ст.	$24,27 \pm 4,7$	$24,68 \pm 5,2$	$23,34 \pm 4,7$	$23,16 \pm 5,4$
Флуктуации показателей в серии из трёх измерений, ΔP , мм рт. ст.	$2,1 \pm 1,8$ (5; 2)	$3,4 \pm 1,6$ (5; 3)	$1,63 \pm 1,2$ (5; 1)	$1,82 \pm 1,6$ (6; 1)

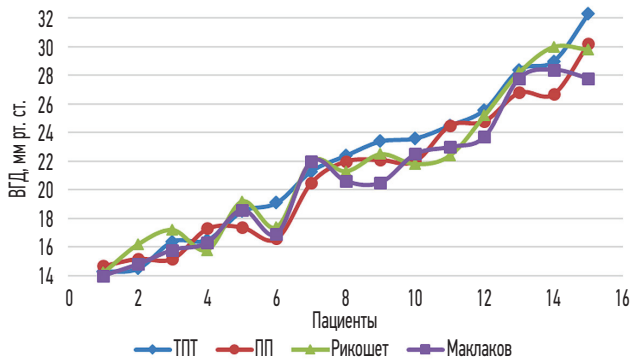


Рис. 5. Показатели внутриглазного давления (ВГД), полученные при измерении различными методами. ТПТ — транспальпебральная тонометрия; ПП — пальпаторная методика; «рикошет» — рикошетная тонометрия; Маклаков — тонометрия по Маклакову

Fig. 5. Intraocular pressure indicators obtained by measuring by various methods. TPT — transpalpebral tonometry; PP — palpation technique; ricochet — ricochet tonometry; Maklakov — tonometry according to Maklakov

Наиболее интересными представляются результаты измерения 15 глаз, на которых тонометрию удалось провести всеми методами: не выявлено преимущественного завышения или занижения показателей, зафиксированных каким-либо из них, уровень офтальмотонуса представлен стохастически, но средние значения ВГД были сопоставимы (табл. 2, рис. 5). Минимальный разброс данных

при сравнении показателей, полученных при измерении ВГД у одного пациента разными методами, составил 0,7 мм рт. ст., максимальный — 4,5 мм рт. ст. При сравнении средних показателей в целом по этой группе пациентов выявлено различие в 2,6 мм рт. ст., что указывает на сопоставимую функциональность всех использованных в данном исследовании методов измерения ВГД и совпадает с литературными данными, свидетельствующими, что разброс показателей офтальмотонуса при использовании различных методик тонометрии на глазах с измененными роговицами может достигать 5–7 мм рт. ст. как в сторону завышения, так и занижения, а достоверно подтвержденного преимущества той или иной методики тонометрии не установлено [18, 19].

Это свидетельствует о наличии индивидуального выбора использования у пациентов с повреждениями роговицы различного генеза метода, оптимального для конкретной клинической ситуации. Однако оценивая изученные в исследовании методы с точки зрения не только функциональной эффективности, но и безопасности, необходимо учитывать риск вероятной травматизации в ходе манипуляций роговицы, исходно поврежденной основным заболеванием. Распределяя приоритеты, необходимо ориентироваться на следующие положения:

- тонометрия по Маклакову является контактной и наиболее травматичной, кроме того, для её проведения требуется топическая анестезия;

Таблица 2. Результаты измерения внутриглазного давления (ВГД, P_0) различными методами, $n = 15$ глаз, мм рт. ст.

Table 2. Results of intraocular pressure measurements (IOL, P_0) using various methods, $n = 15$ eyes, mm Hg

Пациенты	Методы измерения ВГД, М					Среднее	ΔP
	ТПТ	ПП	Рикошет	Маклаков			
1	14,3	14,7	14,2	14,0	14,3	0,7	
2	14,5	15,2	16,2	14,8	15,2	1,7	
3	16,4	15,2	17,2	15,8	16,2	2,0	
4	16,5	17,3	15,8	16,3	16,5	1,5	
5	18,5	17,4	19,2	18,6	18,4	1,2	
6	19,1	16,6	17,4	16,9	17,5	2,5	
7	21,3	20,5	22	22	21,4	1,5	
8	22,4	22	21,3	20,6	21,6	1,8	
9	23,4	22,1	22,5	20,5	22,1	2,9	
10	23,6	22	21,8	22,5	22,5	2,6	
11	24,5	24,5	22,4	23	23,6	1,5	
12	25,6	24,8	25,2	23,7	24,8	1,9	
13	28,4	26,8	28,2	27,8	27,8	1,6	
14	29	26,7	30	28,4	28,5	3,3	
15	32,3	30,2	29,8	27,8	30,0	4,5	
$M \pm \sigma$	$22,8 \pm 5,3$	$21,9 \pm 4,7$	$22,4 \pm 4,8$	$21,7 \pm 4,7$	$20,2 \pm 4,6$	$2,6 \pm 0,95$	

Примечание. ТПТ — транспальпебральная тонометрия; ПП — пальпаторная методика; «рикошет» — рикошетная тонометрия; Маклаков — тонометрия по Маклакову; $M \pm \sigma$ — среднее арифметическое и стандартное отклонение.

- точность «рикошетной» тонометрии зависима от неровностей роговичной поверхности, это контактная методика;
- безопасность пальпаторной тонометрии нивелируется её зависимостью от компетентности исследователя;
- транспальпебральная тонометрия отличается наибольшей атравматичностью и функциональной результативностью.

Точность и воспроизводимость результатов измерения значительно повышались с усовершенствованием навыков работы с тонометрами, учитывая достоинства и недостатки каждого из них при работе с этой категорией пациентов, нуждающейся в исключении нежелательных корнеальных контактов и максимально щадящем отношении к роговице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При необходимости контроля офтальмотонуса у пациентов с заболеваниями, приводящими к изменениям структуры роговицы, её прозрачности, деформациям роговичной поверхности, возможно использование различных методов тонометрии: транспальпебральной, пальпаторной, рикошетной и тонометрии по методу Маклакова. Выбор того или иного метода должен быть персонализирован в зависимости от особенностей патологического процесса, состояния роговицы и других структур глаза, а также ятрогенного риска травматизации в ходе манипуляций. Транспальпебральная

тонометрия с помощью тонометра ТВГД-02 даёт возможность адекватной оценки ВГД у пациентов с патологией роговицы различного генеза. Отсутствие контакта при выполнении методики позволяет признать её приоритетной при измерении ВГД у определённых категорий пациентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров С.Ю. Целевой уровень внутриглазного давления в оценке гипотензивной эффективности антиглаукомных операций // Офтальмология. 2014. Т. 11, № 4. С. 4–9. DOI: 10.18008/1816-5095-2014-4-4-9
2. Самойлов А.Н., Самойлова П.А., Ахметов Н.Р., и др. Методы измерения внутриглазного давления: недостатки и преимущества // Офтальмологические ведомости. 2022. Т. 15, № 3. С. 63–78. DOI: 10.17816/OV106140
3. Greene P.R., Sergienko N.M., Wang S.K. Review: measurement techniques for intraocular pressure // Optom Open Access. 2016. Vol. 1, No. 3. ID 118. DOI: 10.4172/2476-2075.1000118
4. Dabasia P.L., Lawrenson J.G., Murdoch I.E. Evaluation of a new rebound tonometer for self-measurement of intraocular pressure // Br J Ophthalmol. 2016. Vol. 100. P. 1139–1143. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-307674
5. Meier-Gibbons F., Berlin M.S., Töteberg-Harms M. Twenty-four hour intraocular pressure measurements and home tonometry // Curr Opin Ophthalmol. 2018. Vol. 29, No. 2. P. 111–115. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000460
6. Иомдина Е.Н., Клевцов Э.А., Иванищев К.В., и др. Экспериментальное моделирование как основа определения оптимальных параметров датчика для транспальпебральной тонометрии // Вестник офтальмологии. 2019. Т. 135, № 6. С. 27–32. DOI: 10.17116/oftalma201913506127
7. Дыкин В.И., Иванищев К.В., Корнев Н.П., и др. Тонометр внутриглазного давления динамического типа // Медицинская техника. 2013. № 4. С. 33–36.
8. Chen M., Zhang L., Xu J., et al. Comparability of three intraocular pressure measurement: iCare pro rebound, noncontact and Goldmann applanation tonometry in different IOP group // BMC Ophthalmology. 2019. Vol. 19. ID225. DOI: 10.1186/s12886-019-1236-5
9. Кушнаревич Н.Ю., Иомдина Е.Н., Бессмертный А.М., и др. Оценка точности и информативности измерения внутриглазного давления с помощью транспальпебральной тонометрии у пациентов в контактных линзах // Российский офтальмологический журнал. 2020. Т. 13, № 2. С. 23–28. DOI: 10.21516/2072-0076-2020-13-2-23-28
10. Wisse R., Peters N., Imhof S.M., van der Lelij A. Comparison of Diaton transpalpebral tonometer with applanation tonometry in keratoconus // Int J Ophthalmol. 2018. Vol. 9, No. 3. P. 395–398. DOI: 10.18240/ijo.2016.03.12
11. Shikha J., Ashok P., Rahul V., Punam K. Relevance of intraocular pressure measurement in ulcerative microbial keratitis // Acta Sci Ophthalmol. 2021. Vol. 4, No. 4. P. 39–43. DOI: 10.31080/ASOP.2021.04.0233

12. Илларионова А.Р., Пилецкий Н.Г. Исследование достоверности показаний тонометра для измерения внутриглазного давления через веко (ТГДЦ-01 «ПРА») // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2001. № 2. С. 55–56.

13. Филиппова О.М. Транспальпебральная тонометрия: новые возможности регистрации внутриглазного давления // Глаукома. 2004. № 1. С. 54–56.

14. Егоров Е.А., Романова Т.Б., Кац Д.В., и др. Транспальпебральная тонометрия — перспективный метод контроля внутриглазного давления // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2016. № 2. С. 75–78. DOI: 10.21689/2311-7729-2016-16-2-75-78

15. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Антонов А.А. Диагностические возможности транспальпебральной тонометрии индикатором ИГД-03 // Национальный журнал глаукома. 2016. Т. 15, № 3. С. 17–23.

16. Филиппова О.М., Бессмертный А.М., Кузин М.Н., Петров С.Ю. Перспективы применения тонометра ТВГД-02 для ассистирован-

ного мониторинга внутриглазного давления в домашней практике // Российский офтальмологический журнал. 2021. Т. 14, № 2. С. 27–35. DOI: 10.21516/2072-0076-2021-14-2-27-35

17. Вострухин С.В., Агаджанян Т.М., Фокина Н.Д., Шерстнева Л.В. Особенности тонометрии после кераторефракционных операций // РМЖ. Клиническая офтальмология. 2015. Т. 15, № 2. С. 77–82.

18. Dumitrescu O.-M., Istrate S., Macovei M.-L., Gheorghe A.G. Intraocular pressure measurement after penetrating keratoplasty // Diagnostics. 2022. Vol. 12, No. 2. ID 234. DOI: 10.3390/diagnostics12020234

19. Salvatet M.L., Zeppieri M., Miani F., et al. Comparison of ICare tonometer and goldmann applanation tonometry in normal corneas and in eyes with automated lamellar and penetrating keratoplasty // Eye. 2011. Vol. 25. P. 642–650. DOI: 10.1038/eye.2011.60

REFERENCES

1. Petrov SYu. Target IOP as a measure of glaucoma surgery efficacy. *Ophthalmology in Russia*. 2014;11(4):4–9. (In Russ.) DOI: 10.18008/1816-5095-2014-4-4-9

2. Samoylov AN, Samoylova PA, Ahmetov NR, et al. Methods for measuring intraocular pressure: disadvantages and advantages. *Ophthalmology Reports*. 2022;15(3):63–78. (In Russ.) DOI: 10.17816/OV106140

3. Greene PR, Sergienko NM, Wang SK. Review: measurement techniques for intraocular pressure. *Optom Open Access*. 2016;1(3):118. DOI: 10.4172/2476-2075.1000118

4. Dabasia PL, Lawrenson JG, Murdoch IE. Evaluation of a new rebound tonometer for self-measurement of intraocular pressure. *Br J Ophthalmol*. 2016;100:1139–1143. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-307674

5. Meier-Gibbons F, Berlin MS, Töteberg-Harms M. Twenty-four hour intraocular pressure measurements and home tonometry. *Curr Opin Ophthalmol*. 2018;29(2):111–115. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000460

6. Iomdina EN, Klevtsov EA, Ivanishchev KV, et al. Experimental simulation for determining optimal design parameters of a transpalpebral tonometry sensor. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 2019;135(6):27–32. (In Russ.) DOI: 10.17116/oftalma201913506127

7. Dykin VI, Ivanishchev KV, Kornev NP, et al. Tonometr vnutriglaznogo davleniya dinamicheskogo tipa. *Biomedical Engineering*. 2013;(4):33–36. (In Russ.)

8. Chen M, Zhang L, Xu J, et al. Comparability of three intraocular pressure measurement: iCare pro rebound, noncontact and Goldmann applanation tonometry in different IOP group. *BMC Ophthalmology*. 2019;19:225. DOI: 10.1186/s12886-019-1236-5

9. Kushnarevich NYu, Iomdina EN, Bessmertny AM, Kuzin MN. Estimation of the accuracy and informativeness of measuring intraocular pressure in patients with their contact lenses on by transpalpebral scleral tonometry. *Russian Ophthalmological Journal*. 2020;13(2):23–28. (In Russ.) DOI: 10.21516/2072-0076-2020-13-2-23-28

10. Wisse R, Peters N, Imhof SM, van der Lelij A. Comparison of Diaton transpalpebral tonometer with applanation to-

nometry in keratoconus. *Int J Ophthalmol*. 2018;9(3):395–398. DOI: 10.18240/ijo.2016.03.12

11. Shikha J, Ashok P, Rahul V, Punam K. Relevance of intraocular pressure measurement in ulcerative microbial keratitis. *Acta Sci Ophthalmol*. 2021;4(4):39–43. DOI: 10.31080/ASOP.2021.04.0233

12. Илларионова А.Р., Пилецкий Н.Г. Исследование достоверности показаний тонометра для измерения внутриглазного давления через веко (ТГДТС-01 «ПРА»). *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2001;(2):55–56. (In Russ.)

13. Филиппова О.М. Транспальпебральная тонометрия: новые возможности регистрации внутриглазного давления. *Глаукома*. 2004;(1): 54–56. (In Russ.)

14. Егоров Е.А., Романова Т.Б., Каты Д.В., и др. Транспальпебральная тонометрия — перспективный метод контроля внутриглазного давления. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2016;(2):75–78. (In Russ.) DOI: 10.21689/2311-7729-2016-16-2-75-78

15. Аветисов С.Э., Еричев В.П., Антонов А.А. Диагностические возможности транспальпебральной тонометрии с ИГД-03. *National Journal glaucoma*. 2016;15(3):17–23. (In Russ.)

16. Филиппова О.М., Бессмертный А.М., Кузин М.Н., Петров С.Ю. Перспективы применения тонометра ТВГД-02 для ассистированного мониторинга внутриглазного давления в домашних условиях // Российский офтальмологический журнал. 2021;14(2):27–35. (In Russ.) DOI: 10.21516/2072-0076-2021-14-2-27-35

17. Вострухин С.В., Агаджанян Т.М., Фокина Н.Д., Шерстнева Л.В. Особенности тонометрии после кераторефракционных операций // Российский офтальмологический журнал. 2015;15(2):77–82. (In Russ.)

18. Dumitrescu O.-M., Istrate S., Macovei M.-L., Gheorghe A.G. Intraocular pressure measurement after penetrating keratoplasty. *Diagnostics*. 2022;12(2):234. DOI: 10.3390/diagnostics12020234

19. Salvatet ML, Zeppieri M, Miani F, et al. Comparison of ICare tonometer and goldmann applanation tonometry in normal corneas and in eyes with automated lamellar and penetrating keratoplasty. *Eye*. 2011;25:642–650. DOI: 10.1038/eye.2011.60

ОБ АВТОРАХ

Сергей Юрьевич Петров, д-р мед. наук, профессор,
начальник отдела глаукомы;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6922-0464>;
e-mail: glaucomatosis@gmail.com

***Ольга Маратовна Филиппова**, канд. мед. наук,
научный сотрудник отдела глаукомы;
адрес: ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19, Москва, 105062,
Россия; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9082-4537>;
e-mail: changa2@mail.ru

Оксана Игоревна Маркелова, аспирант отдела глаукомы;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8090-6034>;
e-mail: levinaoi@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

Sergey Yu. Petrov, Dr. Sci. (Med.),
Professor, head of the Department of glaucoma;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6922-0464>;
e-mail: glaucomatosis@gmail.com

***Olga M. Filippova**, Cand. Sci. (Med.),
research associate of the Department of glaucoma;
address: 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya st., Moscow, 105062,
Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9082-4537>;
e-mail: changa2@mail.ru

Oksana I. Markelova, postgraduate student of the Department
of glaucoma; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8090-6034>;
e-mail: levinaoi@mail.ru