



<sup>1</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский и испытательный институт медицинской техники

<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт глазных болезней им. М.М. Краснова

# Анализ различий врачебных измерений внутриглазного давления и самотонометрии транспальпебральным методом

В.И. Сипливый, к.м.н.<sup>1,2</sup>, М. Штиуи<sup>1</sup>, Д.В. Косова<sup>3</sup>, В.В. Войтович<sup>1</sup>

Адрес для переписки: Владимир Иванович Сипливый, [siplivy\\_v@mail.ru](mailto:siplivy_v@mail.ru)

Для цитирования: Сипливый В.И., Штиуи М., Косова Д.В., Войтович В.В. Анализ различий врачебных измерений внутриглазного давления и самотонометрии транспальпебральным методом. Эффективная фармакотерапия. 2025; 21 (26): 38–41.

DOI 10.33978/2307-3586-2025-21-26-38-41

*Будучи одной из ведущих причин необратимой слепоты, глаукома требует постоянного мониторинга внутриглазного давления (ВГД). Самостоятельное измерение ВГД в домашних условиях позволит своевременно корректировать терапию и минимизировать риск утраты зрения.*

**Цель** – сравнить результаты транспальпебральной тонометрии, выполненной врачом, с данными самостоятельных измерений пациентов.

**Материал и методы.** Обследовано 100 пациентов (200 глаз) – 50 здоровых добровольцев в возрасте  $21,54 \pm 2,82$  года и 50 пациентов с глаукомой в возрасте  $66,34 \pm 13,53$  года. ВГД измеряли с помощью транспальпебрального тонометра «Тонотест» (четыре замера: два врачом, два пациентом).

Статистический анализ включал использование метода Бланда – Альтмана (сравнение измерений, сделанных врачом и пациентом, оценка пределов согласия) и *t*-критерия Стьюдента (сравнение ошибок самостоятельных измерений между группами).

**Результаты.** В группе здоровых добровольцев 95%-ные пределы согласия между повторными врачебными измерениями составили 2,65 мм рт. ст., тогда как при сравнении с самостоятельными измерениями пациентов – 2,43 мм рт. ст. Ошибка самоизмерения превысила 2 мм рт. ст. в 2% случаев. У пациентов с глаукомой соответствующие показатели составили 3,0 и 2,77 мм рт. ст. Ошибка самоизмерения превысила 2 мм рт. ст. в 4% случаев. Статистически значимых различий в ошибках измерений между группами не выявлено ( $p = 0,64$ ).

**Заключение.** Самостоятельная транспальпебральная тонометрия может служить дополнением, но не предназначена для замены врачебной тонометрии в диагностических ситуациях на этапе первичной диагностики и постановки диагноза, однако может использоваться в домашних условиях для динамического контроля изменений ВГД.

**Ключевые слова:** внутриглазное давление, транспальпебральная тонометрия, самоизмерение

## Введение

Как показывают результаты многочисленных исследований, глаукома продолжает занимать ведущее место среди причин необратимой слепоты в мире [1, 2]. Основным модифицируемым фактором

риска развития и прогрессирования патологии служит повышенное внутриглазное давление (ВГД), приводящее к необратимому повреждению зрительного нерва. С учетом того что уровень ВГД поддается медицинской коррекции, его регулярный контроль



остается основной составляющей алгоритма ведения пациентов с глаукомой.

Традиционно ВГД измеряют в специализированных офтальмологических учреждениях. Однако ограниченная доступность медицинской помощи и организационные сложности нередко затрудняют своевременный мониторинг. В связи с этим перспективным направлением представляется применение транспальпебральных тонометров, которые не требуют анестезии и позволяют пациентам самостоятельно контролировать ВГД в домашних условиях. Такой подход обеспечивает дистанционное наблюдение за динамикой заболевания, сохраняя необходимость очного визита к врачу лишь при выявлении критических отклонений от целевых значений. Своевременная коррекция терапии в подобных ситуациях способна предотвратить необратимую утрату зрительных функций [3].

**Цель** – сравнить результаты транспальпебральной тонометрии, выполненной врачом, с данными самостоятельных измерений пациентов.

## Материал и методы

В исследовании участвовало 100 пациентов (200 глаз). Они были разделены на две группы. Первую группу составили 50 здоровых добровольцев (21 мужчина и 29 женщин) без офтальмологической патологии в возрасте ( $M \pm \sigma$ )  $21,54 \pm 2,82$  года, вторую – 50 пациентов (17 мужчин и 33 женщины) с установленным диагнозом глаукомы и повышенным ВГД ( $> 21$  мм рт. ст.) хотя бы на одном глазу в возрасте  $66,34 \pm 13,53$  года.

Критериями исключения служили: патология верхнего века, нарушения мелкой моторики и когнитивные расстройства, препятствующие освоению методики самостоятельного измерения. Измерения проводили с помощью транспальпебрального магнитодинамического тонометра «Тонотест» (АО «Елатомский приборный завод», Россия, номер РУ МИ-RUBYKQKZ-000020 от 24.11.2022) по стандартизированному протоколу: первое врачебное измерение, первое самостоятельное измерение, второе врачебное измерение, второе самостоятельное измерение. Процедуру выполняли в положении сидя с запрокинутой головой. Измерительный штوك располагали на верхнем веке в проекции соответствующей *corona ciliaris* в меридиане 12 часов на расстоянии 2–3 мм от лимба. Тонометр удерживали за корпус, штук направляли вниз, а корпус ориентировали так, чтобы дисплей находился в зоне видимости. При измерении давления врачом взгляд

пациента фиксировался на тест-объекте (например, поднятом большом пальце вытянутой руки), чтобы линия зрения составляла угол 45–50°. При самостоятельном измерении применяли аналогичный метод. Основание ладони руки с тонометром располагали на лбу пациента для обеспечения плавности и точности движений. Верхнее веко аккуратно расправляли пальцем свободной руки, чтобы его край совпадал с верхним краем лимба, и фиксировали без оказания давления на глазное яблоко.

Результаты обрабатывали с помощью R Software v. 4.1.1 (R Foundation for Statistical Computing). В обеих группах методом Бланда – Альтмана анализировали соответствие результатов первого и второго врачебного измерения. Аналогичным образом анализировали самостоятельные измерения пациентов. Для оценки взаимозаменяемости врачебных измерений и самоизмерений пределы согласия между первым измерением врача и первым самоизмерением сравнивали с пределами согласия между врачебными измерениями. Для оценки различий в точности самоизмерений у здоровых добровольцев и пациентов с глаукомой на основании

**Таблица 1. Результаты измерений в первой группе (здоровые испытуемые)**

Серия измерений	$M \pm \sigma$ , мм рт. ст.	Минимальное измеренное значение, мм рт. ст.	Максимальное измеренное значение, мм рт. ст.
1-е врачебное измерение	$17,28 \pm 3,28$	12	26
1-е самоизмерение	$17,31 \pm 3,35$	10	26
2-е врачебное измерение	$16,59 \pm 3,31$	10	25
2-е самоизмерение	$16,71 \pm 3,34$	10	26

**Таблица 2. Результаты измерений во второй группе (пациенты с глаукомой)**

Серия измерений	$M \pm \sigma$ , мм рт. ст.	Минимальное измеренное значение, мм рт. ст.	Максимальное измеренное значение, мм рт. ст.
1-е врачебное измерение	$20,79 \pm 3,92$	13	35
1-е самоизмерение	$20,87 \pm 4,0$	13	35
2-е врачебное измерение	$20,19 \pm 4,04$	12	35
2-е самоизмерение	$20,3 \pm 3,83$	13	30

**Таблица 3. Результаты анализа согласия между измерениями методом Бланда – Альтмана в первой группе (здоровые испытуемые)**

Сравниваемые серии измерений	Систематическая ошибка (Bias), мм рт. ст.	Нижний порог 95%-ного согласия (Lower LOA), мм рт. ст.	Верхний порог 95%-ного согласия (Upper LOA), мм рт. ст.	Ширина коридора 95%-ного согласия, мм рт. ст.
1-е и 2-е врачебные измерения	0,69	-0,64	2,02	2,65
1-е и 2-е самоизмерения	0,6	-0,61	1,81	2,43
1-е врачебное и 1-е самоизмерение	-0,03	-1,67	1,61	3,27



Таблица 4. Результаты анализа согласия между измерениями методом Бланда – Альтмана во второй группе (пациенты с глаукомой)

Сравниваемые серии измерений	Систематическая ошибка (Bias), мм рт. ст.	Нижний порог 95%-ного согласия (Lower LOA), мм рт. ст.	Верхний порог 95%-ного согласия (Upper LOA), мм рт. ст.	Ширина коридора 95%-ного согласия, мм рт. ст.
1-е и 2-е врачебные измерения	0,6	-0,9	2,1	3,0
1-е и 2-е самоизмерения	0,57	-1,11	2,25	3,35
1-е врачебное и 1-е самоизмерение	-0,08	-1,46	1,3	2,77

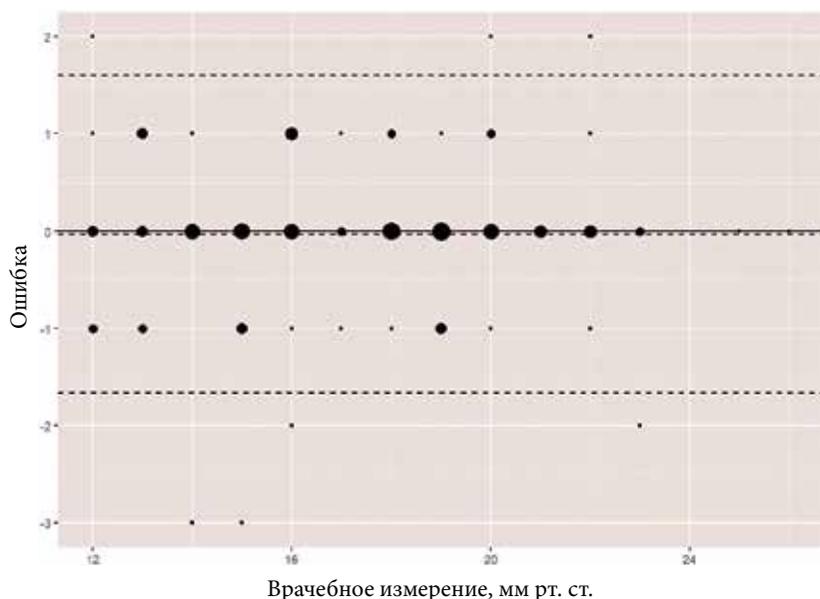


Рис. 1. График Бланда – Альтмана: сравнение врачебных и самоизмерений в первой группе (здоровые испытуемые). Размер маркера соответствует количеству повторяющихся значений

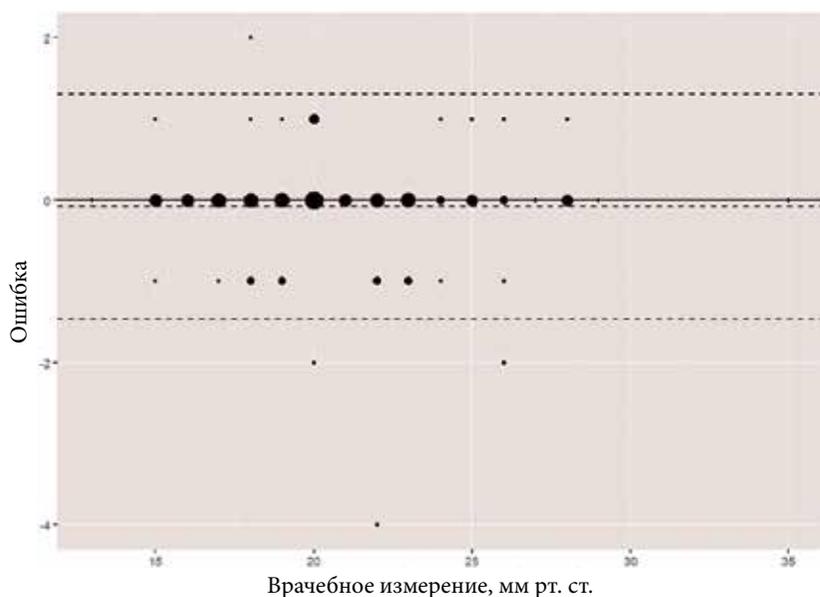


Рис. 2. График Бланда – Альтмана: сравнение врачебных и самоизмерений во второй группе (пациенты с глаукомой). Размер маркера соответствует количеству повторяющихся значений

t-критерия Стьюдента оценивали достоверность различий ошибок измерений в двух группах.

Проведение исследования одобрено на заседании локального этического комитета Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова (протокол № 02-24 от 29 января 2024 г.). Все процедуры соответствовали принципам, изложенным в Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотренном варианте 2000 г. Перед исследованием его участники были подробно проинформированы о процедуре и дали согласие на ее проведение.

### Результаты

Результаты измерений в группах приведены в табл. 1 и 2. Результаты анализа порогов согласия измерений методом Бланда – Альтмана представлены в табл. 3 и 4, а также на рис. 1 и 2.

В первой группе в 62% случаев врачебное измерение и самоизмерение были равны, в 31% случаев ошибка самоизмерения составила 1 мм рт. ст., в 7% – 2 мм рт. ст. или более. Во второй группе в 74% случаев врачебное и самоизмерение были равны, в 22% ошибка самоизмерения составила 1 мм рт. ст., в 4% – 2 мм рт. ст. или более. Сравнение методом Стьюдента ошибок самоизмерений в двух группах не позволило исключить нулевую гипотезу об их однородности (средняя ошибка самоизмерений в первой группе – -0,03 мм рт. ст., во второй – -0,08 мм рт. ст.;  $p = 0,65$ ).

### Обсуждение

Результаты исследования показали хорошее соответствие между врачебными и самостоятельными измерениями в обеих группах. Ошибка самостоятельных измерений пациентов, превышавшая 4 мм рт. ст., не зафиксирована.

Согласно анализу, проведенному методом Бланда – Альтмана, в первой группе ширина 95%-ного коридора согласия между самостоятельными и врачебными замерами превысила таковую для повторного замера врачом. Во второй группе наблюдалась обратная ситуация. Однако сравнение ошибок самоизмерений в двух группах не выявило между ними достоверных различий.

Полученные результаты показывают, что самостоятельная транспальпебральная тонометрия может служить дополнением, но не предназначена для замены врачебной тонометрии в диагностических ситуациях на этапе первичной диагностики и постановки диагноза, поскольку по крайней мере для некоторых



групп ошибки самоизмерений могут превышать погрешности врачебного измерения. В то же время с учетом сопоставимой повторяемости врачебных и самостоятельных измерений использование транспальпебрального тонометра в домашних условиях может быть полезно для динамического контроля изменений ВГД в процессе наблюдения за пациентом. Эти данные согласуются с результатами исследований других транспальпебральных тонометров подобного типа [3–5].

### Заключение

Самостоятельная транспальпебральная тонометрия может служить дополнением, но не

предназначена для замены врачебной тонометрии в диагностических ситуациях на этапе первичной диагностики и постановки диагноза, однако может использоваться в домашних условиях для динамического контроля изменений ВГД. 🌟

**Финансирование.** Работа выполнена при финансовой поддержке АО «Елатомский приборный завод», Россия. Спонсор не принимал участия в разработке исследования, сборе данных, анализе, подготовке рукописи или принятии решения о ее представлении.

### Литература

1. Брежнев А.Ю., Егоров Е.А., Еричев В.П. и др. «Ландшафт» глаукомы в России, странах СНГ и Восточной Европы: что поменялось за 15 лет? РМЖ. Клиническая офтальмология. 2023; 23 (2): 73–79.
2. Куроедов А.В., Мовсисян А.Б., Егоров Е.А. и др. Профиль пациентов с первичной открытоугольной глаукомой в Российской Федерации (предварительные результаты многоцентрового популяционного исследования). Часть 1. Национальный журнал «Глаукома». 2021; 20 (1): 3–15.
3. Астахов С.Ю., Фарикова Э.Э., Конопляник К.А. Роль самостоятельной тонометрии в улучшении диагностики и лечения больных открытоугольной глаукомой. Офтальмологические ведомости. 2019; 12 (2): 41–46.
4. Егоров Е.А., Романова Т.Б., Кац Д.В. и др. Транспальпебральная тонометрия – перспективный метод контроля внутриглазного давления. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2016; 16 (2): 75–78.
5. Филиппова О.М., Бессмертный А.М., Кузин М.Н., Петров С.Ю. Перспективы применения тонометра ТВГД-02 для ассистированного мониторинга внутриглазного давления в домашней практике. Российский офтальмологический журнал. 2021; 14 (2): 27–35.

### Analysis of Differences Between Medical Measurements of Intraocular Pressure and Transpalpebral Self-Tonometry

V.I. Siplivy, PhD<sup>1,2</sup>, M. Shtiu<sup>1</sup>, D.V. Kosova<sup>3</sup>, V.V. Voitovich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

<sup>2</sup> All-Russian Scientific Research and Testing Institute of Medical Technology

<sup>3</sup> M.M. Krasnov Scientific Research Institute of Eye Diseases

Contact person: Vladimir I. Siplivy, siplivy\_v@mail.ru

*As one of the leading causes of irreversible blindness, glaucoma requires constant monitoring of intraocular pressure (IOP). The ability to IOP self-measurement at home will help to adjust therapy promptly and minimize the risk of vision loss.*

**Objective.** To compare the results of transpalpebral tonometry performed by a doctor with the data of self-measurements of patients.

**Material and methods.** 100 participants (200 eyes) were examined: 50 healthy (age  $21.54 \pm 2.82$  years) and 50 patients with glaucoma (age  $66.34 \pm 13.53$  years). IOP was measured with a transpalpebral tonometer Tonotest (4 measurements: 2 by a doctor, 2 self-measurements). Statistical analysis included the Bland – Altman plot (comparison of physician and self-measurements, limits of agreement) and Student's t-test (comparison of self-measurement errors between groups).

**Results.** In the healthy group 95% limits of agreement between repeated physician measurements were 2.65 mmHg, while when compared with self-measurements – 2.43 mmHg. The self-measurement error exceeded 2 mmHg in 2% of cases. In patients with glaucoma the corresponding indicators were 3.0 mmHg and 2.77 mmHg, the self-measurement error exceeded 2 mmHg in 4% of cases. No statistically significant differences in measurement errors were found between the groups ( $p = 0.64$ ).

**Conclusion.** Transpalpebral self-tonometry can serve as a supplement but is not intended to replace medical tonometry in diagnostic situations during the initial examination and diagnosis, but it can be used at home for dynamic monitoring of changes in IOP.

**Keywords:** intraocular pressure, transpalpebral tonometry, self-measurement