

Новые возможности в определении индивидуальной нормы внутриглазного давления

ЮСЕФ Ю.Н., д.м.н., профессор, директор; <https://orcid.org/0000-0003-4043-456X>

КАЗАРЯН Э.Э., д.м.н., старший научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии; <https://orcid.org/0000-0003-0391-4695>

РАФАЕЛЯН А.А., к.м.н., научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии. <https://orcid.org/0000-0003-2768-3027>

ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова», 119021, Российская Федерация, Москва, ул. Россолимо, д. 11, корп. А, Б.

Финансирование: авторы не получили финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.

Для цитирования: Юсеф Ю.Н., Казарян Э.Э., Рафаелян А.А. Новые возможности в определении индивидуальной нормы внутриглазного давления. *Национальный журнал глаукома.* 2023; 22(2):23-27.

Резюме

Представлены предварительные результаты клинического исследования анализатора индивидуальной нормы внутриглазного давления (ВГД). Скрининговый метод определения индивидуальной нормы ВГД доказал свою эффективность при ранней диагностике глаукомы, а также при лечении и мониторинге заболевания. Пациентов с превышением офтальмотонуса относительно индивидуальной нормы ВГД до 15% относили к группе с низким риском развития глаукомы, с превышением от

15% до 25% — к группе со средним риском, более 25% — к группе с высоким риском. Офтальмологический анализатор индивидуальной нормы ВГД — это эффективный способ динамического наблюдения, который в комплексе с другими исследованиями позволяет повысить возможности ранней диагностики, мониторинга глаукомы с учетом индивидуальных параметров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: глаукома, толерантное ВГД, индивидуальная норма ВГД, глазной кровоток, риск глаукомы.

ORIGINAL ARTICLE

New possibilities in determining the individual norm of intraocular pressure

YUSEF YU.N., Dr. Sci. (Med.), Professor, Director; <https://orcid.org/0000-0003-4043-456X>

KAZARYAN E.E., Dr. Sci. (Med.), senior researcher at the Department of Modern Treatment Methods in Ophthalmology; <https://orcid.org/0000-0003-0391-4695>

RAFAELYAN A.A., Cand. Sci. (Med.), researcher at the Department of Modern Treatment Methods in Ophthalmology. <https://orcid.org/0000-0003-2768-3027>

Krasnov Research Institute of Eye Diseases, 11A Rossolimo St., Moscow, Russian Federation, 119021.

Funding: the authors received no specific funding for this work.
Conflicts of Interest: none declared.

For citations: Yusef Yu.N., Kazaryan E.E., Rafaelyan A.A. New possibilities in determining the individual norm of intraocular pressure. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma.* 2023; 22(2):23-27.

Для контактов:

Рафаелян Ашкен Альбертовна, e-mail: ashkhenrafaelyan@gmail.com

Abstract

This article presents the preliminary results of a clinical trial of the Individual Intraocular Pressure (IOP) Norm Analyzer. The screening method for determination of individual norm of IOP proved the efficiency for early glaucoma diagnosis, as well as in the treatment and monitoring of the disease. Patients with IOP elevated for up to 15% relative to tolerant IOP were put into the group with low risk of disease development, with IOP elevation of 15 to 25% —

the group with average risk, by more than 25% — the group with high risk of developing glaucoma. The Individual IOP Norm Analyzer is an effective device for dynamic monitoring, which in combination with other examination methods increases the capabilities of early diagnosis, monitoring of glaucoma with regard to individual parameters.

KEYWORDS: glaucoma, tolerant IOP, individual norm, ocular blood flow, risk of glaucoma.

Многие годы среднестатистическая норма внутриглазного давления (ВГД) являлась основным критерием при постановке диагноза глаукомы. Однако оценка ВГД в границах нормальных значений часто приводит к ошибкам диагноза — как к упущенному развитию заболевания, так и к гипердиагностике.

Актуальность расчёта индивидуальной нормы ВГД как одного из главных критериев в диагностике глаукомы впервые обозначил в качестве важной проблемы и ввел в офтальмологическую практику понятие о толерантном ВГД А. М. Водовозов (1975 г.).

Толерантным ВГД является индивидуально обусловленный уровень офтальмотонуса, поддерживающий жизненные процессы в глазу в рамках физиологической нормы. При этом Водовозовым А.М. был предложен и антоним этого термина – интолерантное ВГД, подразумевающее уровень ВГД, превышающий индивидуально допустимое его значение и приводящий к развитию глаукомного процесса [1–3].

Понятие индивидуальной нормы, в отличие от стандарта, предполагает индивидуальное значение оптимального давления для каждого конкретного пациента. Это означает, что каждый глаз имеет свой физиологический диапазон оптимального дав-

ления, максимум которого может быть как выше, так и ниже верхней границы стандартной нормы в 21 мм рт. ст. [4, 5].

На сегодняшний день известен целый ряд способов определения индивидуальной нормы ВГД, построенных на объективных данных функциональных или гемодинамических параметров глаза. Однако широкого распространения они не получили, так как являлись инвазивными, сложными или длительными по времени [6–9].

Сотрудниками ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова» разработана и успешно внедрена оригинальная методика определения толерантного ВГД (Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Шмелева-Демир О.А. Способ определения толерантного внутриглазного давления — патент РФ № 2398554 от 10.09.2010), эффективность которой уже доказана на большом клиническом материале [10].

В основу предложенной новой методики определения индивидуальной нормы внутриглазного давления положен анализатор глазного кровотока (АГК), или флоуметр, BFA (Paradigm, США) [11, 12]. Способ определения индивидуальной нормы ВГД за многие годы научной и практической работы сотрудников ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова» зарекомендовал себя как достоверный и эффективный метод [13–16]. В дальнейшем усилия ученых ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова» совместно со специалистами АО «Загорский оптико-механический завод» холдинга «Швабе» при поддержке государственной корпорации «Ростех» были направлены на разработку отечественного аналога анализатора офтальмологической индивидуальной нормы ВГД (АГК).

АГК уже успешно прошел клинические испытания, предварительные результаты которого предлагаются вашему вниманию.

Анализатор предназначен для определения индивидуальной нормы ВГД посредством измерения ВГД и расчета гемодинамических параметров глаза в медицинской офтальмологической практике.

АГК позволяют измерять ВГД, используя пневмотонометрию с непрерывным потоком воздуха. В течение нескольких секунд прибор дает возможность получить кривую в форме волны, показывающую флуктуацию ВГД, зависящую от пульсового наполнения. Получаемые с датчика данные представляют собой импульсный сигнал, на основании которых отображается график изменения ВГД по времени.



Рис. 1. Общий вид основного блока анализатора.
Fig. 1. General view of the analyzer's main unit.

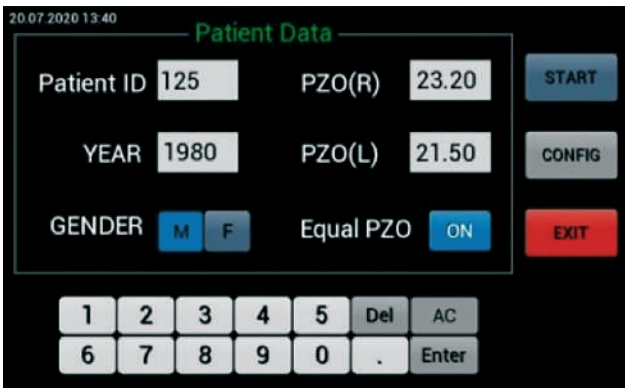


Рис. 2. Внешний вид экрана анализатора.
Fig. 2. Appearance of the analyzer's screen.

Расчет индивидуальной нормы ВГД производят по формуле, использующей в качестве основной переменной величину объемного глазного кровотока (ОГК), измеренного с помощью АГК. До начала измерений вводят все необходимые для последующих расчетов данные. Исследование проводят в условиях инстилляционной анестезии.

Внешний вид экрана прибора представлен на рис. 2. Прибор имеет собственную рабочую станцию с опорой для лба и подбородка, а также с зеркалом, обеспечивающим быстрый и простой способ надежной фиксации. Датчик состоит из 2 частей: корпус датчика с пневматическим поршнем и пластмассовый одноразовый наконечник на датчик, находящийся в защитной упаковке (рис. 3). Отрегулировав соответствующую высоту так, чтобы датчик находился на одной линии с измеряемым глазом, пациента просят зафиксировать взгляд на собственном глазу в зеркале. Это устройство фиксации помогает держать глаза открытыми во время исследования.

Регистрируемые данные в реальном времени анализируются и отображаются на приборе при помощи ПО «АГК-Отчет» и рассчитываются итоговые диагностические параметры.

Среди основных параметров, представленных в протоколе исследования, указывается ВГД (в мм рт.ст.) с его минимальным и максимальным значением. Расчет среднего показателя представлен по анализу пяти импульсов. Флюктуация ВГД зависит от пульсового наполнения.

Офтальмологический анализатор интолерантного ВГД, кроме определения индивидуальной нормы ВГД и значений ВГД, рассчитывает еще и ряд важных гемодинамических показателей, таких как пульсовой объемный кровоток, пульсовая амплитуда, пульсовой объем. Для каждого импульса рассчитываются значения изменения пульсового объема (в мкл), которые вычисляются как разность между максимальным и минимальным значением. Преобразование данных о ВГД в изменение объема производится на основе формулы D. Silver. Пульсовый глазной кровоток (в мкл/сек) представляет собой

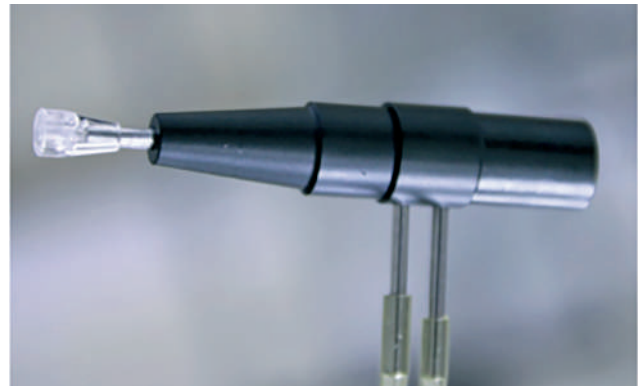


Рис. 3. Мембранный роговичный датчик воздуха.
Fig. 3. Corneal air pressure sensor.

средний поток объема крови, поступающей в глаз в течение каждого пульсового повторения за единицу времени. Вычисление данного параметра проводится посредством интегрирования скорости изменения объема глазного кровотока.

Итоговые результаты исследования отображаются в виде таблиц, текстовых сообщений и цветовых уровней (рис. 4). Для каждого глаза в протоколе исследования отображается индивидуальная шкала ВГД, масштабируемая для отображения следующих цветовых зон:

1. зеленой — зоны оптимального уровня ВГД, в которой показатели реального ВГД соответствуют или находятся ниже уровня толерантного ВГД;
2. желтой — буферной зоны, в которой показатели реального ВГД превышают значения толерантного ВГД в пределах возможностей компенсаторных механизмов (как правило, 5 мм рт.ст.), не вызывая патологических изменений в глазу;
3. красной — зоны интолерантного ВГД (недопустимого превышения нормы), при которой показатели реального ВГД значительно превышают значения толерантного ВГД.

В результате формируется заключение о степени риска возникновения глаукомы или ее прогрессирования у пациентов с установленным диагнозом. В зависимости от степени превышения индивидуальной нормы ВГД различают низкую вероятность (при превышении от уровня индивидуальной нормы ВГД до 15%), среднюю (превышение на 16–25%) и высокую (превышение от уровня индивидуальной нормы ВГД более 25%).

Показания к применению

- пациенты старше 40 лет — в качестве скрининга;
- подозрение на глаукому;
- отягощенный наследственный анамнез по глаукоме;
- офтальмогипертензия;
- при глаукоме — динамическое наблюдение и оценка стабилизации процесса.

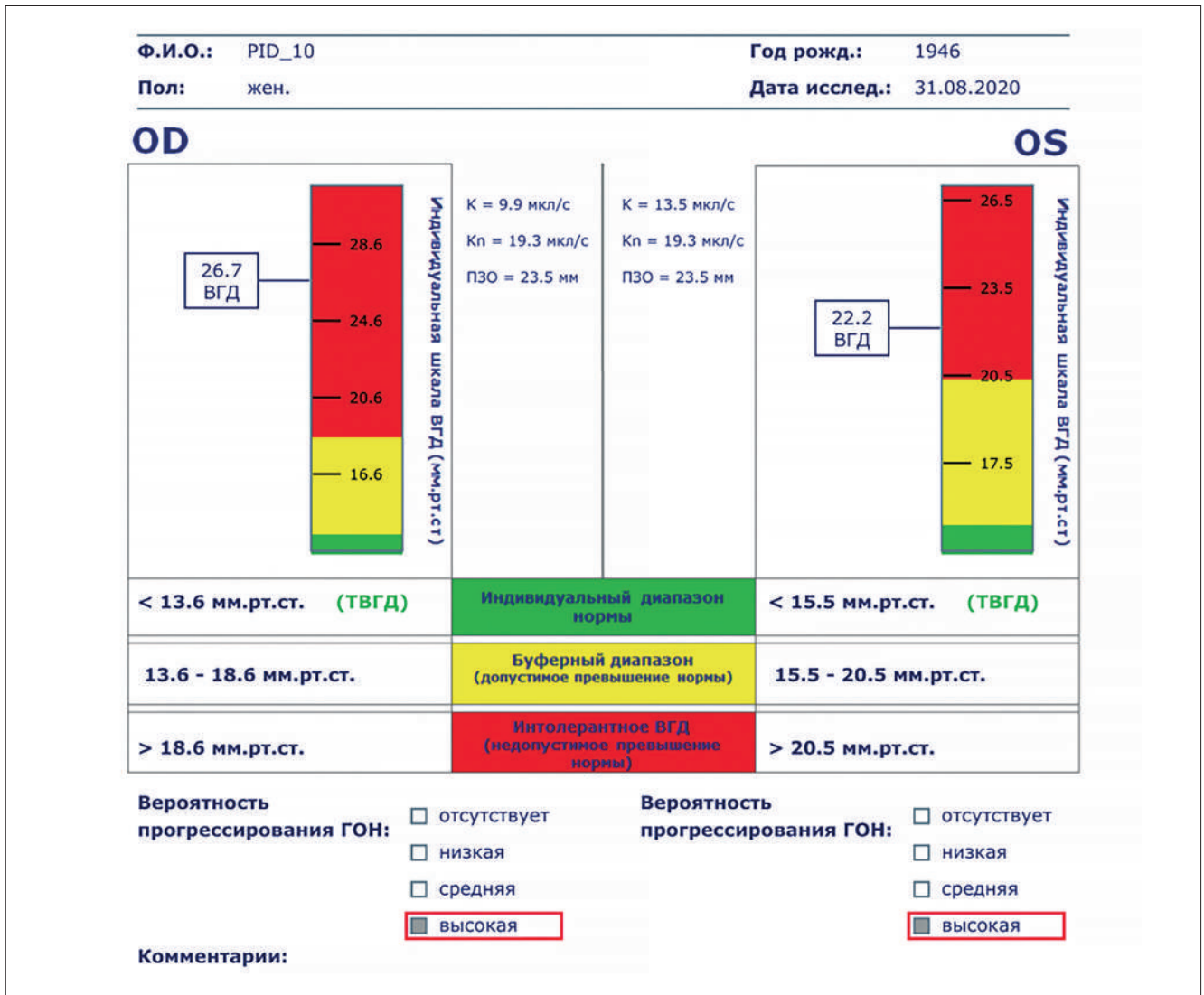


Рис. 4. Протокол исследования по определению индивидуальной нормы ВГД.
Fig. 4. The protocol of examination for determining the individual IOP norm.

Противопоказания к применению

- острые инфекционные заболевания органов глаза и придаточного аппарата глаза;
- состояния, связанные с нарушением целостности глазных оболочек;
- ранний послеоперационный период;
- органическое закрытие УПК.

Заболевания и состояния, приводящие к снижению достоверности измерений

- выраженный роговичный астигматизм;
- рубцовые изменения роговицы;
- врожденные аномалии органа зрения (микрофтальм, буфтальм);
- нистагм;
- дегенеративные заболевания роговицы (кератоктазии, кератоконус);
- аритмия.

Таким образом, отечественный прибор АГК является оптимизированной и улучшенной версией флюометра BFA (Paradigm, США). Мембранные одноразовые роговичные датчики также более чувствительны, материалы, из которых они изготовлены, гипоаллергенны. Программное обеспечение разработано рационально с учётом современных требований к скорости и достоверности выдачи информации: встроенная современная компьютерная программа позволяет быстро провести исследование, сформировать и хранить базу данных с возможностью дальнейшего анализа.

В настоящее время данный прибор не имеет аналогов в мире, информативен, но простой в применении в условиях поликлинического приема. Расчёт индивидуальной нормы ВГД позволяет выявить риск развития глаукомы при отсутствии каких-либо клинических проявлений заболевания.

Кроме того, у пациентов с глаукомой данный прибор используется и для мониторинга заболевания, определяя риск прогрессирования. Таким образом, АГК позволяет не только выявить заболевание на ранней стадии его развития, но и дает возможность персонализировать схему лечения для достижения стабилизации процесса. Несомненным преимуществом АГК является его применение и для профилактического обследования здорового населения

Литература

1. Водовозов А.М. О толерантном и интолерантном внутриглазном давлении при глаукоме. *Вестник офтальмологии* 1990; 106(5):3-6.
2. Водовозов А.М., Борискина Л.Н. Значение индекса интолерантности в определении прогноза глаукомы. *Офтальмологический журнал* 1985; 1:36-39.
3. Charles W McMonnies. Glaucoma history and risk factors. *J Optom* 2017; 10(2):71-78. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2016.02.003>
4. Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Козлова И.В. Исследование пульсового глазного кровотока в диагностике и мониторинге первичной открытоугольной глаукомы. *Глаукома* 2008; 3:21-25.
5. Шмырева В.Ф., Шмелева-Демир О.А., Мазурова Ю.В. К определению индивидуально-переносимого внутриглазного давления (давления цели) при первичной глаукоме. *Вестник офтальмологии* 2003; 119(6):3-5.
6. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Татевосян А.А. Новый скрининговый метод определения толерантного внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2009; 125(5): 3-7.
7. Мамиконян В.Р., Шеремет Н.С., Казарян Э.Э., Татевосян А.А., Анджелова Д.В. Дифференциация сопутствующей глаукомной оптической нейропатии при дрифт диска зрительного нерва. *Вестник офтальмологии* 2013; 129(5):68-72.
8. Казарян Э.Э. Совершенствование и объективизация критериев диагностики и мониторинга первичной открытоугольной глаукомы. Автореферат на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Москва, 2011.
9. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Галоян Н.С., Татевосян А.А., Результаты клинической оценки нового скринингового метода определения индивидуальной нормы внутриглазного давления. *Вестник офтальмологии* 2010; 126(2):5-8.
10. Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Казарян Э.Э., Шмелева Демир О.А. Способ определения толерантного внутриглазного давления, Патент RU 2398554, 10.09.2010.
11. Мамиконян В.Р., Галоян Н.С., Шеремет Н.Л., Казарян Э.Э., Харлап С.И., Шмелева-Демир О.А., Анджелова Д.В., Татевосян А.А. Особенности глазного кровотока при ишемической оптической нейропатии и нормотензивной глаукоме. *Вестник офтальмологии* 2013; 129(4):3-8.
12. Мамиконян В.Р., Галоян Н.С., Шеремет Н.Л., Казарян Э.Э., Шмелева-Демир О.А., Антонов А.А., Татевосян А.А. Определение индивидуальной нормы ВГД в дифференциальной диагностике глаукомы псевдонормального давления и ишемических оптических нейропатий. *Вестник офтальмологии* 2014; 130(4):4-7.
13. Юсеф Ю., Казарян Э.Э., Рафаелян А.А., Сафонова Д.М., Школяренко Н.Ю. Влияние возраста на показатель индивидуальной нормы внутриглазного давления. *Офтальмология* 2019; 16(3): 355-359. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-3-355-359>
14. Юсеф Ю., Рафаелян А.А. Изменение внутриглазного давления после хирургии катаракты в зависимости от показателя индивидуальной нормы. *Офтальмология* 2021; 18(3S):73739. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-735-739>
15. Юсеф Н.Ю., Рафаелян А.А. Изменение внутриглазного давления после хирургии катаракты в зависимости от показателя индивидуальной нормы. *Офтальмология Восточная Европа* 2022, 12(3):386-391. <https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.3.029>
16. Юсеф Ю., Казарян Э.Э., Юсеф С., Алхarki Л., Школяренко Н.Ю. Сравнительная оценка динамики показателей флоуметрии при ультразвуковой и фемтолазерной факосмульсификации катаракты. *Офтальмология* 2021; 18(3S):712-717. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-712-717>

в качестве скринингового исследования для определения групп риска.

Анализатор офтальмологический индивидуальной нормы ВГД — это эффективный способ динамического наблюдения, который в практике врача-офтальмолога в комплексе с другими исследованиями позволяет повысить возможности ранней диагностики и мониторинга глаукомы с учетом индивидуальных параметров.

References

1. Vodovozov A.M. On tolerant and intolerant intraocular pressure in glaucoma. *Vestnik oftalmologii* 1990; 106(5):3-6.
2. Vodovozov A.M. Boriskina L.N. The value of the intolerance index in determining the prognosis of glaucoma. *Ophthalmology in Russia* 1985; 1:36-39.
3. Charles W McMonnies. Glaucoma history and risk factors. *J Optom* 2017; 10(2):71-78. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2016.02.003>
4. Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Kozlova I.V. Study of pulse eye blood flow in diagnostics and monitoring of primary open angle glaucoma. *Glaucoma* 2008; 3:21-25.
5. Shmyreva V.F., Shmeleva-Demir O.A., Mazurova Yu.V. To determination of individual tolerable intraocular pressure (target pressure) in primary glaucoma. *Vestnik oftalmologii* 2003; 119(6):3-5.
6. Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Tatevosyan A.A. New screening method for determining tolerant intraocular pressure. *Vestnik oftalmologii* 2009; 125(5):3-7
7. Mamikonyan V.R., Sheremet N.S., Kazarian E.E., Tatevosyan A.A., Angelova D.V. Differentiation of associated glaucoma optical neuropathy in optic disc drusen. *Vestnik oftalmologii* 2013; 129(5):68-72.
8. Kazarian E.E. Improvement and objectivization of diagnostic criteria and monitoring of primary open angle glaucoma. Thesis of Doc. Sci. (Med.) dissertation. Moscow, 2011.
9. Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Galoyan N.S., Tatevosyan A.A. The results of the new screening method for determining the individual norm of intraocular pressure clinical evaluation. *Vestnik oftalmologii* 2010; 126(2):5-8
10. Avetisov S.E., Mamikonyan V.R., Kazaryan E.E., Shmeleva Demir O.A. Method of tolerant intraocular pressure determination, Patent RU 2398554, 10.09.2010.
11. Mamikonyan V.R., Galoyan N.S., Sheremet N.L., Kazarian E.E., Kharlap S.I., Shmeleva-Demir O.A., Angelova D.V., Tatevosyan A.A. Peculiarities of ocular blood flow at ischemic optical neuropathy and normotensive glaucoma. *Vestnik oftalmologii* 2013; 129(4):3-8.
12. Mamikonyan V.R., Galoyan N.S., Sheremet N.L., Kazarian E.E., Shmeleva-Demir O.A., Antonov A.A., Tatevosyan A.A. Definition of individual normal IOP in differential diagnosis of pseudonormal pressure glaucoma and ischemic optical neuropathies. *Vestnik oftalmologii* 2014; 130(4):4-7.
13. Yusef N.Yu., Kazaryan E.E., Rafaelyan A.A., Safonova D.M., Shkolyarenko N.Yu. The Effect of Age on the Indicator of Individual Norm of Intraocular Pressure. *Ophthalmology in Russia* 2019; 16(3):355-359. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-3-355-359>
14. Yusef Naim Yusef, Rafaelyan A.A. Changes in Intraocular Pressure after Cataract Surgery, Depending on the Indicator of the Individual Norm. *Ophthalmology in Russia* 2021; 18(3S):735-739. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-735-739>
15. Yusef Naim Yusef, Rafaelyan A.A. IOP Changes in Patients with Primary Open-Angle Glaucoma after Cataract Surgery. *Ophthalmology. Eastern Europe* 2022; 12(3):386-391. <https://doi.org/10.34883/PI.2022.12.3.029>
16. Yusef Naim Yusef, Kazaryan E.E., Said Naim Yusef, Alkharki L., Shkolyarenko N.Yu. Comparative Assessment of the Flowmetry Indicators Dynamics in Ultrasound and Femtolasar Phacoemulsification. *Ophthalmology in Russia* 2021; 18(3S):712-717. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-712-717>