

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 617.7-007.681

doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-1-40-45

## АНАЛИЗ ПИГМЕНТАЦИИ ТРАБЕКУЛЫ У БОЛЬНЫХ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМой С ПОМОЩЬЮ ГОНИОСКОПА NIDEK GS-1

*А.С. Саркисян<sup>1</sup>, С.В. Балалин<sup>1,2</sup>, А.С. Балалин<sup>1</sup>, Б.Г. Джаши<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоградский филиал, Волгоград, Россия

<sup>2</sup> Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Сергей Викторович Балалин, s.v.balalin@gmail.com

**Аннотация.** Фотоколориметрический анализ степени пигментации трабекулы по всей окружности угла передней камеры глаза у больных первичной открытоугольной глаукомой стал возможным при применении гониоскопа Nidek GS-1. По показателям RGB определены значения для слабой, умеренной, выраженной и резко выраженной пигментации трабекулы. Применение цветовой модели RGB позволяет с высокой достоверностью оценить различия между степенями пигментации трабекулы у больных первичной открытоугольной глаукомой.

**Ключевые слова:** первичная открытоугольная глаукома, гониоскопия, фотоколориметрическая оценка степени пигментации

ORIGINAL RESEARCHES

Original article

## ANALYSIS OF PIGMENTATION OF THE TRABECULA IN PATIENTS WITH PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA WITH THE USE OF THE NIDEK GS-1 GONIOSCOPE

*A.S. Sarkisyan<sup>1</sup>, S.V. Balalin<sup>1,2</sup>, A.S. Balalin<sup>1</sup>, B.G. Jashi<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd Branch, Volgograd, Russia

<sup>2</sup> Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

**Corresponding author:** Sergey V. Balalin, s.v.balalin@gmail.com

**Abstract.** Photocolorimetric analysis of the degree of pigmentation of the trabecula along the entire circumference of the anterior chamber angle in patients with primary open-angle glaucoma became possible with the use of the Nidek GS-1 gonioscope. According to RGB indicators, values were determined for weak, moderate, pronounced and pronounced pigmentation of the trabecula. The use of the RGB color model makes it possible to assess with high reliability the differences between the degrees of pigmentation of the trabecula in patients with primary open-angle glaucoma.

**Keywords:** primary open-angle glaucoma, gonioscopy, photocolorimetric assessment of the degree of pigmentation

Глаукома остается одной из актуальнейших проблем современной офтальмологии. Это обусловлено широким ее распространением, трудностями ранней диагностики и серьезным прогнозом заболевания [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, количество больных, страдающих глаукомой, составляет более 100 млн человек и в ближайшие десятилетия увеличится еще на 10 млн. Ранняя диагностика и своевременное патогенетическое лечение являются необходимыми условиями длительного сохранения зрительных функций у больных

При этом одним из обязательных диагностических методов исследования передней камеры глаза является гониоскопия, которая должна применяться для ранней диагностики глаукомы, определении ее формы, при постановке диагноза и решении вопроса о тактике лечения пациента [3, 7, 8, 9].

Впервые исследование угла передней камеры было выполнено в 1898 году греческим офтальмологом Alexios Trantas. Термин гониоскопия был впервые введен им в 1915 году. В 1914 году австрийский офтальмолог Maximillian Salzmann описал нормальный угол

передней камеры, появление крови в Шлеммовом канале при гониоскопии, а также различные патологические изменения (гоиосинехии, рецессию УПК). Немецкий офтальмолог Леонард Кеппе (Leonhard Koeppe) в 1920 году разработал и усовершенствовал контактную линзу для осмотра угла передней камеры глаза. Линза Кеппе была популярной и достаточно долго использовалась для прямой гониоскопии. В 1925 году Manuel Uribe Troncoso первым ввел анатомическую терминологию структурных элементов угла и идентифицировал их при гониоскопии. В 1936 году американский врач Otto Barkan предложил использовать гониоскопию в постоянной работе офтальмологических клиник как неотъемлемую часть обследования пациентов. Прорыв в области обследования УПК произошел в 1938 году, когда швейцарский офтальмолог Hans Goldmann предложил для осмотра УПК специальный прибор – зеркальный гониоскоп. Возникла методика, получившая название биомикрогоиоскопия, которая остается наиболее доступным и надежным способом исследования структур угла передней камеры [7, 9, 10].

При проведении гониоскопии врач-офтальмолог оценивает форму и профиль угла передней камеры у пациента, его ширину и степень пигментации, определяет сужение или склерозирование венозного синуса, степень гоиодизгенеза, наличие патологических изменений [2, 3].

Важным диагностическим критерием при первичной открытоугольной глаукоме является пигментация в зоне трабекулы, связанная с альтерацией пигментных клеток радужки и последующим накоплением пигментных гранул в трабекулярной сети. Результатом увеличения степени пигментации угла передней камеры является претрабекулярная ретенция, что в дальнейшем приводит к повреждению корнеосклеральной трабекулы, стабильному повышению внутриглазного давления и развитию глаукомного процесса [2, 3].

При определении степени пигментации в отечественной офтальмологической практике широко применяется 4-балльная система оценки, предложенная в 1975 году академиком А.П. Нестеровым [3]:

- 1) отсутствие пигмента в трабекуле обозначается «0»,
- 2) слабая пигментация ее задней части – 1 балл,
- 3) интенсивная пигментация той же части – 2 балла,
- 4) интенсивная пигментация всей трабекулярной зоны – 3 балла,
- 5) интенсивная пигментация всех структур передней стенки УПК – 4 балла.

В настоящее время в результате развития компьютерных и автоматизированных технологий в офтальмологии появились новые высокотехнологичные приборы, которые позволили повысить качество диагностического процесса. Одним из таких приборов

является гониоскоп GS-1 (Nidek Co., Япония), предназначенный для быстрого автоматизированного обследования и документирования УПК, формирования линейных и круговых цветных изображений структуры иридо-корнеального угла. В данном приборе используется многозеркальная призматическая линза с 16 поверхностями, что обеспечивает захват изображения 360° в единый снимок. Каждая область автоматически захватывается в 17 различных фокусных расстояниях, позволяющих увеличить глубину фокуса. Изображения высокого разрешения позволяют оценить степень пигментации, ширину иридо-корнеального угла, зафиксировать наличие патологических изменений с определением точной локализации на круговом изображении угла передней камеры. Преимуществом данного метода исследования является возможность подробного анализа изображений, проведения осмотра в динамике [9, 11, 12, 13, 14].

Несмотря на наличие автоматизированных приборов для осмотра угла передней камеры глаза, визуальная оценка степени пигментации субъективна и требует объективизации.

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Анализ результатов фотоколориметрического способа оценки степени пигментации трабекулы по всей ее окружности у больных первичной открытоугольной глаукомой.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено исследование 36 больных (62 глаза) первичной открытоугольной глаукомой. Средний возраст:  $(61,5 \pm 9,8)$  года (от 48 до 75 лет). Мужчин – 24 (40 глаз), женщин – 12 (22 глаза).

Критерии включения: первичная открытоугольная глаукома, пигментация УПК I-IV степени.

Критерии исключения: терминальная болящая глаукома, неоваскулярная глаукома, закрытоугольная глаукома, наличие острого воспалительного процесса, механического повреждения глазного яблока, непрозрачность роговицы, тяжелые психические заболевания у пациента, эпилепсия в анамнезе.

Всем пациентам проводилось комплексное офтальмологическое обследование, а также фоторегистрация угла передней камеры по всей окружности с помощью автоматизированного гониоскопа GS-1 (Nidek Co., Япония). Исследование выполнялось под местной капельной анестезией в затемненной комнате в положении пациента сидя перед аппаратом. С помощью графического редактора Pixelmator Pro (Pixelmator Team, США) и полученных фотоизображений выполнялась колориметрическая оценка степени пигментации угла передней камеры на 360°. Для этого

определялись значения показателей колориметрического анализа R (красный), G (зеленый), B (голубой), производился расчет степени окрашивания структур УПК глаза по всей окружности с дальнейшим определением диапазона показателей колориметрического анализа, соответствующего определенной степени пигментации трабекулы. RGB – аддитивная цветовая модель, описывающая способ синтеза цвета для цветопроизведения, состоящая из совокупности красного, зеленого и синего цветов. На основании компьютерного колориметрического анализа степень пигментации оценивалась по получаемой пигментной шкале. Интенсивность каждого критерия цветовой модели RGB определялась в диапазоне от 0 до 255.

Статистическая обработка результатов проводилась при помощи программ Numbers (Apple Inc., США) и SPSS (IBM, США). Статистическая обработка

выполнялась для показателей колориметрического анализа R, G, B.




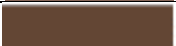
Учитывая малую численность выборки, для определения различий между начальными и конечными результатами использовался непараметрический критерий Вилкоксона. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По степени пигментации пациенты были разделены на 4 группы: слабая пигментация – 18 глаз, средняя пигментация – 24 глаза, выраженная пигментация – 13 глаз, резко выраженная пигментация – 7 глаз.

Анализ пигментации трабекулярной сети Шлемова канала по системе RGB у больных первичной открытоугольной глаукомой представлен в таблице.

Средние значения показателей фотоколориметрического анализа степени пигментации трабекулы у больных первичной открытоугольной глаукомы (62 глаза)

Степень пигментации трабекулы	Показатели фотоколориметрического анализа			
	R (красный)	G (зеленый)	B (голубой)	Цвет
	M ± σ	M ± σ	M ± σ	
Слабая (I), 18 глаз	242,9 ± 19,6	209,8 ± 29,5	178,2 ± 32,7	
Средняя (II), 24 глаза	189,5 ± 33,5	153,9 ± 30,8	132,7 ± 28,2	
Выраженная (III), 13 глаз	136 ± 42,7	102,7 ± 29,8	88,9 ± 19,8	
Резко выраженная (IV), 7 глаз	84 ± 25,1	73,3 ± 26,5	57,7 ± 28,4	

Различие между средними значениями показателей RGB при слабой и средней степенях пигментации статистически достоверны: по значению R ( $t = 6,3$ ;  $p < 0,001$ ), по значению G ( $t = 5,8$ ;  $p < 0,001$ ) и по значению B ( $t = 4,6$ ;  $p < 0,001$ ). Наиболее выраженное отличие было по показателю R.

Достоверное различие между средними значениями показателей RGB отмечались также между средней и выраженной степенями пигментации: по значению R ( $t = 3,7$ ;  $p < 0,001$ ), по значению G ( $t = 4,7$ ;  $p < 0,001$ ) и по значению B ( $t = 5,3$ ;  $p < 0,001$ ). Наиболее выраженное отличие было по показателю B.

Различие между средними значениями показателей RGB при выраженной и резко выраженной степенях пигментации было также статистически достоверно: по значению R ( $t = 3,25$ ;  $p < 0,001$ ), по значению G ( $t = 2,1$ ;  $p < 0,05$ ) и по значению B ( $t = 2,4$ ;  $p < 0,05$ ). Наиболее выраженное отличие было по показателю R.

Различие между средними значениями показателей RGB при слабой и резко выраженной степенями

пигментации было в 2,9 раза по показателю R, в 2,86 раза по показателю G и в 3,1 раза по показателю B.

Следует отметить, что при обследовании больных глаукомой границы между максимальными и минимальными значениями RGB, которые представлены в таблице, перекрываются между собой при различных степенях пигментации.

На рис. представлена фотография пигментации трабекулы у больного М., 57 лет, с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы на 360° (А) и по нижневисочному сегменту (Б), которая выполнена с помощью автоматизированного гониоскопа GS-1 (Nidek Co., Япония).

Таким образом, с помощью гониоскопии на аппарате Nidek GS-1 появилась возможность объективизации исследования структур угла передней камеры, что согласуется с работами авторов [9, 11, 12, 13, 14].

Для анализа исследователи делили изображение на 16 секторов, степень окрашивания каждого из которых оценивали вручную и с помощью

автоматического алгоритма, используя классификацию Scheie H.G.

Оценка средней степени пигментации трабекулы по всей окружности не проводилась.

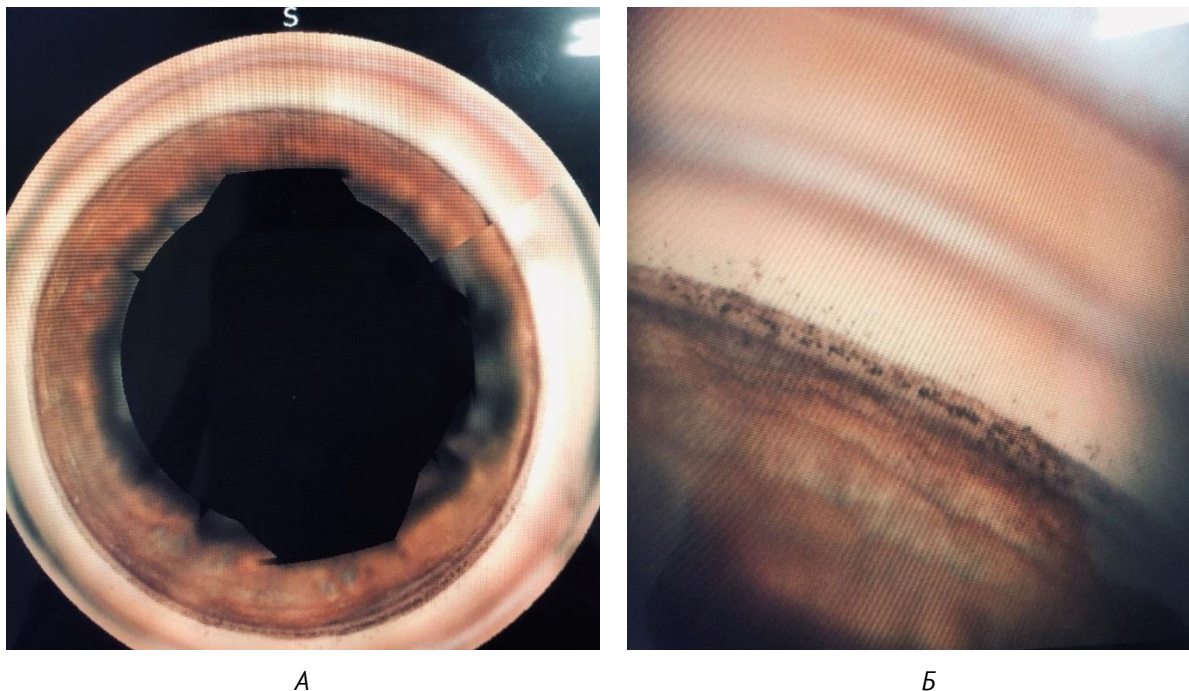


Рис. Фоторегистрация пигментации трабекулы у больного М., 57 лет, с развитой стадией первичной открытоугольной глаукомы на 360° (А) и по нижневисочному сегменту (Б)

В нашем исследовании мы проводили анализ с помощью аддитивной системы RGB, описывающей способ синтеза цвета для цветовоспроизведения. Степень пигментации оценивалась по получаемой пигментной шкале. В итоге, появилась возможность объективной оценки степени пигментации структур УПК и получения средних цифровых значений цветовых характеристик трабекулярного аппарата.

Также немаловажным условием является способность новой системы к быстрой визуализации и документированию качественных изображений угла передней камеры стандартизированным образом, что было наглядно представлено в исследовании авторов [11, 12].

Метод колориметрического анализа степени пигментации угла передней камеры был применен в исследовании авторами [4] до и через 3 месяца после селективной лазерной трабекулопластики для оценки успешности фототермолизиса пигментных гранул.

Однако в данном исследовании не учитывалась исходная степень пигментации УПК по всей окружности. В нашей работе определена степень пигментации не только определенного сегмента трабекулы, но и по всей окружности УПК, благодаря фоторегистрации угла передней камеры с помощью автоматизированного гониоскопа GS-1.

Полученные нами результаты послужат в дальнейшем для более точной объективизации определения степени пигментации, что, безусловно, имеет

практическое значение в клинической практике и подтверждает мнение исследователей [10, 11, 12, 13, 14] о значимости применения автоматизированного гониоскопа Nidek GS-1 как рутинного метода обследования в практике врача-офтальмолога.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фотоколориметрический анализ степени пигментации трабекулы по всей окружности угла передней камеры глаза у больных первичной открытоугольной глаукомой стал возможным при применении гониоскопа Nidek GS-1 [15].

Применение цветовой модели RGB позволяет с высокой достоверностью оценить различия между степенями пигментации трабекулы у больных глаукомой.

С помощью данной методики возможна объективная оценка эффективности лазерных операций, направленных на уменьшение степени пигментации трабекулы по всей окружности угла передней камеры.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балалин С.В., Саркисян А.С. К вопросу о точности определения индивидуального переносимого внутриглазного давления у больных первичной открытоугольной глаукомой // Новости глаукомы. 2020. № 1. С. 58–59. <https://doi.org/10.25276/2227-8281-1-58-59>.

2. Егоров Е.А., Еричев В.П. Национальное руководство по глаукоме для практикующих врачей. 4-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 384 с. <https://doi.org/10.33029/9704-5442-8-GLA-2020-1-384>.

3. Нестеров А.П. Первичная глаукома. М.: Медицина, 1995. 256 с.

4. Фокин В.П., Балалин С.В., Борискина Л.Н. Толерантность и интолерантность зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме. Волгоград: Изд-во ВолгМУ, 2016. 207 с.

5. Золотарев А.В. Микрохирургическая анатомия дренажной системы глаза. Самара, 2009. 72 с.

6. Филина Н.В. Характеристика дренажной зоны глаза в онтогенезе человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Владивосток, 2010. 23 с.

7. Даль Н. Ю., Чистякова Н. В. Гониоскопия. Как все начиналось... // Офтальмологические ведомости. 2020. Т. II № 1. С. 90–95.

8. De Giusti A., Pajaro S., Tanito M. Automatic pigmentation grading of the trabecular meshwork in gonioscopic images // Proc. of Computational Pathology and Ophthalmic Medical Image Analysis (COMPAY-OMIA 2018). Springer International Publishing, 2018. P. 193–200.

9. Gorin G., Posner A. Slit lamp gonioscopy. Third Edition. Chapter 3. History of gonioscopy. Williams and Wilkins, 1957. P. 37–52.

10. Traverso C.E. Automated Gonioscopy Clinical Cases GS-01 Gonioscope. URL: [https://indo.es/img/pdf/GS\\_1\\_Clinical\\_CasesE\\_12P\\_2.pdf](https://indo.es/img/pdf/GS_1_Clinical_CasesE_12P_2.pdf)

11. Matsuo M., Inomata Y., Kozuki N., Tanito M. Characterization of Peripheral Anterior Synechiae Formation After Microhook Ab-interno Trabeculotomy Using a 360-Degree Gonio-Camera // Clin. Ophthalmol. 2021. Vol. 15. P. 1629–1638. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S306834>.

12. Automated anterior chamber angle pigmentation analyses using 360° gonioscopy / M. Matsuo, S. Pajaro, A. De Giusti [et al.] // British Journal of Ophthalmol. 2020. Vol. 104. P. 636–641. <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314320>.

13. Automated gonioscopy photography for iridocorneal angle grading / F. Teixeira, D.C. Sousa, I. Leal [et al.] // Eur. J. Ophthalmol. 2020. Vol. 30 (1). P. 112–118. doi: 10.1177/1120672118806436.

14. Novel and Semiautomated 360-Degree Gonioscopic Anterior Chamber Angle Imaging in Under 60 Seconds / Sh. Yue, Y. Xin, M.M. Kenneth [et al.] // Ophthalmology Glaucoma. 2019. Vol. 2, no. 4. P. 215–223. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2019.04.002>.

15. Dellaporta A. Historical notes on gonioscopy // Surv. Ophthalmol. 1975. Vol. 20, no. 2. P. 137–149.

#### REFERENCES

1. Balalin S.V., Sarkisyan A.S. To the question of the accuracy of determining the individual tolerable intraocular pressure

in patients with primary open-angle glaucoma. *Novosti glaukomy = News of glaucoma*. 2020;1:58–59. <https://doi.org/10.25276/2227-8281-1-58-59>. (In Russ.).

2. Yegorov Ye.A. Yerichev V.P. National guidelines for glaucoma for practitioners. Ed. 4th, rev. and additional. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2019. 384 p. <https://doi.org/10.33029/9704-5442-8-GLA-2020-1-384>. (In Russ.).

3. Nesterov A.P. Primary glaucoma. Moscow: Medicine Publ.; 1995. 256 p. (In Russ.).

4. Fokin V.P., Balalin S.V., Boriskina L.N. Tolerance and intolerance of the optic nerve in primary open-angle glaucoma. Volgograd: VolgGMU Publ.; 2016. 207 p. (In Russ.).

5. Zolotarev A.V. Microsurgical anatomy of the drainage system of the eye. Samara, 2009. 72 p. (In Russ.).

6. Fillina N.V. Characteristics of the drainage zone of the eye in human ontogenesis: abstract dissertation of the Candidate of Medical Sciences. Vladivostok, 2010. 24 p. (In Russ.).

7. Dal' N.Yu., Chistyakova N.V. Gonioscopy. How it all began... *Oftal'mologicheskiye vedomosti = Ophthalmological journals*. 2020;2(1):90–95. (In Russ.).

8. De Giusti A., Pajaro S., Tanito M. Automatic pigmentation grading of the trabecular meshwork in gonioscopic images. *Proc. of Computational Pathology and Ophthalmic Medical Image Analysis (COMPAY-OMIA 2018)*. Springer International Publishing, 2018:193–200.

9. Gorin G., Posner A. Slit lamp gonioscopy. Third Edition. Chapter 3. History of gonioscopy. Williams and Wilkins; 1957:37–52.

10. Traverso C.E. Automated Gonioscopy Clinical Cases GS-01 Gonioscope. URL: [https://indo.es/img/pdf/GS\\_1\\_Clinical\\_CasesE\\_12P\\_2.pdf](https://indo.es/img/pdf/GS_1_Clinical_CasesE_12P_2.pdf)

11. Matsuo M., Inomata Y., Kozuki N., Tanito M. Characterization of Peripheral Anterior Synechiae Formation After Microhook Ab-interno Trabeculotomy Using a 360-Degree Gonio-Camera. *Clin. Ophthalmol*. 2021;15:1629–1638. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S306834>.

12. Matsuo M., Pajaro S., De Giusti A. et al. Automated anterior chamber angle pigmentation analyses using 360° gonioscopy. *British Journal of Ophthalmol*. 2020;104:636–641. <http://dx.doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314320>.

13. Teixeira F., Sousa D.C., Leal I. et al. Automated gonioscopy photography for iridocorneal angle grading. *Eur. J. Ophthalmol*. 2020;30(1):112–118. doi: 10.1177/1120672118806436.

14. Yue Sh., Xin Y., Kenneth M.M. et al. Novel and Semiautomated 360-Degree Gonioscopic Anterior Chamber Angle Imaging in Under 60 Seconds. *Ophthalmology Glaucoma*. 2019;2(4):215–223. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2019.04.002>.

15. Dellaporta A. Historical notes on gonioscopy. *Surv. Ophthalmol*. 1975;20(2):137–149.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Информация об авторах*

**Ануш Самвеловна Саркисян** – врач-офтальмолог офтальмологического отделения по лечению глаукомы, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоградский филиал, Волгоград, Россия, anushsarkisyan93@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2504-9068>

**Сергей Викторович Балалин** – доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии, Институт непрерывного медицинского и фармацевтического образования, Волгоградский государственный медицинский университет, заведующий научным отделом, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоградский филиал, Волгоград, Россия, s.v.balalin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5250-3692>

**Александр Сергеевич Балалин** – врач-офтальмолог офтальмологического отделения по лечению глаукомы, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоградский филиал, Волгоград, Россия, a.s.balalin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0941-4184>

**Бента Гайозовна Джаши** – кандидат медицинских наук, заведующий отделением по лечению глаукомы, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Волгоградский филиал, Волгоград, Россия, benta1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5763-888X>

Статья поступила в редакцию 09.02.2022; одобрена после рецензирования 23.02.2022; принята к публикации 02.03.2022.

The authors declare no conflicts of interests.

*Information about the authors*

**Anush S. Sarkisyan** – Ophthalmologist of the Ophthalmological Department for the Treatment of Glaucoma, Academician S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Volgograd Branch, Volgograd, Russia, anushsarkisyan93@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2504-9068>

**Sergey V. Balalin** – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Ophthalmology, Institute of Continuing Medical and Pharmaceutical Education, Volgograd State Medical University, Head of the Scientific Department, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd Branch, Volgograd, Russia, s.v.balalin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5250-3692>

**Alexander S. Balalin** – Ophthalmologist of the Ophthalmological Department for the Treatment of Glaucoma, Academician S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Volgograd Branch, Volgograd, Russia, a.s.balalin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0941-4184>

**Benta G. Jashi** – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for the Treatment of Glaucoma, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Volgograd Branch, Volgograd, Russia, benta1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5763-888X>

The article was submitted 09.02.2021; approved after reviewing 23.02.2021; accepted for publication 02.03.2022.