

<https://doi.org/10.24060/2076-3093-2019-9-3-229-233>



## Хирургическое лечение идиопатического макулярного отверстия с применением ультразвуковой витрэктомии 25G

Б.М. Азнабаев<sup>1</sup>, Т.И. Дибает<sup>1,2</sup>, Т.Н. Исмагилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450008, Уфа, ул. Ленина, 3

<sup>2</sup> Центр лазерного восстановления зрения «Оптимед», Россия, 450059, Уфа, ул. 50 лет СССР, 8

**Контакты:** Исмагилов Тимур Наилевич, e-mail: ismagilovt@inbox.ru

Азнабаев Булат Маратович — д.м.н., профессор, зав. кафедрой офтальмологии с курсом ИДПО, [orcid.org/0000-0003-1796-8248](https://orcid.org/0000-0003-1796-8248)

Дибает Тагир Ильдарович — к.м.н., доцент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО, витреоретинальный хирург, [orcid.org/0000-0002-7448-6037](https://orcid.org/0000-0002-7448-6037)

Исмагилов Тимур Наилевич — клинический ординатор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО, e-mail: ismagilovt@inbox.ru, [orcid.org/0000-0003-4132-4979](https://orcid.org/0000-0003-4132-4979)

### Резюме

**Введение.** Идиопатическое макулярное отверстие (ИМО) — частая патология заднего сегмента глаза, приводящая к нарушению зрительных функций в виде снижения остроты зрения и появления метаморфопсии. Основным методом лечения ИМО в большинстве случаев является трансконъюнктивная трехпортовая гильотинная витрэктомия. В ключе последующего развития витрэктомии наиболее актуальным является применение ультразвуковой энергии для фрагментации стекловидного тела. Сотрудниками кафедры офтальмологии с курсом ИДПО Башкирского государственного медицинского университета совместно с отделом микрохирургического оборудования ЗАО «Оптимедсервис» создана система ультразвуковой витрэктомии калибра 25G с механизмом действия, который заключается в преобразовании стекловидного тела в легкоудаляемую эмульсию с помощью ультразвука.

**Материалы и методы.** В статье представлен клинический случай успешного лечения идиопатического макулярного отверстия методом субтотальной ультразвуковой витрэктомии калибра 25G.

**Результаты и обсуждение.** По данным комплексного офтальмологического обследования, а также на основании снимков фундус-камеры и ОКТ, ОКТ-А исследований был выставлен диагноз: Витреомакулярный тракционный синдром. Идиопатическое макулярное отверстие, 3 стадия (по J.D. Gass). Выполнена субтотальная ультразвуковая витрэктомия калибра 25G на универсальной офтальмохирургической системе «Оптимед Профи» («Оптимедсервис», Россия) с окрашиванием и пилингом внутренней пограничной мембраны и сопоставлением краев макулярного отверстия с газовой тампонадой под контролем интраоперационной ОКТ. Достигнут положительный анатомический и функциональный результат — закрытие ИМО и положительная динамика по остроте зрения.

**Заключение.** Таким образом, субтотальная ультразвуковая витрэктомия 25G с пилингом ВПМ и газовой тампонадой — эффективный метод лечения ИМО, обеспечивающий высокие зрительные функции.

**Ключевые слова:** идиопатическое макулярное отверстие, стекловидное тело, ультразвуковая витрэктомия, ультразвук, оптическая когерентная томография, офтальмохирургическая система

**Для цитирования:** Азнабаев Б.М., Дибает Т.И., Исмагилов Т.Н. Хирургическое лечение идиопатического макулярного отверстия с применением ультразвуковой витрэктомии 25G. Креативная хирургия и онкология. 2019;9(3):229–233. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2019-9-3-229-233>

## 25G Ultrasonic Vitrectomy in Surgical Treatment of Idiopathic Macular Hole

Aznabaev Bulat Maratovich —  
Doctor of Medical Sciences,  
Professor, Head of the  
Department of Ophthalmology  
with the Course of Additional  
Professional Education,  
[orcid.org/0000-0003-1796-8248](https://orcid.org/0000-0003-1796-8248)

Dibaev Tagir Ildarovich —  
Candidate of Medical Sciences,  
Associate Professor of the  
Department of Ophthalmology  
with the Course of Additional  
Professional Education,  
Vitreoretinal surgeon,  
[orcid.org/0000-0002-7448-6037](https://orcid.org/0000-0002-7448-6037)

Ismagilov Timur Nailevich —  
Resident of the Department  
of Ophthalmology with  
the Course of Additional  
Professional Education,  
e-mail: [ismagilovt@inbox.ru](mailto:ismagilovt@inbox.ru),  
[orcid.org/0000-0003-4132-4979](https://orcid.org/0000-0003-4132-4979)

*Bulat M. Aznabaev<sup>1</sup>, Tagir I. Dibaev<sup>1,2</sup>, Timur N. Ismagilov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Bashkir State Medical University, 3 Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation

<sup>2</sup> Center of laser vision recovery "Optimed", 8 50 let SSSR str., Ufa, 450059, Russian Federation

**Contacts:** Ismagilov Timur Nailevich, e-mail: [ismagilovt@inbox.ru](mailto:ismagilovt@inbox.ru)

### Summary

**Introduction.** Idiopathic macular hole (IMH) is a frequent disorder of the posterior segment of the eye that impacts on visual functions leading to the reduction of visual acuity and the manifestation of metamorphopsia. In the majority of cases the basic treatment technique for IMH is a three-port transconjunctival guillotine vitrectomy. In the key of the further development of vitrectomy the latest and most interesting is the use of ultrasonic energy for vitreous fragmentation. Members of staff of the Department of Ophthalmology with the Course of Additional Professional Education of Bashkir State Medical University jointly with the Department of Microsurgical Equipment of CJSC Optimeservice have built a 25G ultrasonic vitrectomy system with the mechanism of action that turns the vitreous body into easy-to-remove emulsion with the use of ultrasound.

**Materials and methods.** This paper presents a clinical case of idiopathic macular hole successfully treated with the method of 25G subtotal ultrasonic vitrectomy.

**Results and discussion.** The data obtained through comprehensive ophthalmological examination and supported by fundus-camera, OCT and OCTA images made it possible to make a diagnosis of vitreomacular traction syndrome, idiopathic macular hole, J. D. Gass stage 3. 25G subtotal ultrasonic vitrectomy was performed on the universal ophthalmic surgery system Optimed Profi (Optimeservice, Russia) with intraoperative OCT-controlled internal limiting membrane staining and peeling, and apposition of the macular hole edges with gas tamponade. A good outcome, both anatomical and functional, was achieved; IMH has closed and a positive visual acuity dynamic has been recorded.

**Conclusion.** We can thus conclude that 25G subtotal ultrasonic vitrectomy with ILM peeling and gas tamponade is an effective IMH treatment method that ensures high visual functions.

**Keywords:** idiopathic macular hole, vitreous body, ultrasound vitrectomy, ultrasonics, optical coherence tomography, ophthalmic surgery system

**For citation:** Aznabaev B.M., Dibaev T.I., Ismagilov T.N. 25G Ultrasonic Vitrectomy in Surgical Treatment of Idiopathic Macular Hole. *Creative Surgery and Oncology*. 2019;9(3):229–233. <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2019-9-3-229-233>

## Введение

Идиопатическое макулярное отверстие (ИМО) — частая патология заднего сегмента глаза, приводящая к нарушению зрительных функций в виде снижения остроты зрения и появления метаморфопсии [1–5]. Главным фактором в патогенезе данного заболевания является задняя отслойка стекловидного тела (ЗОСТ), которая является естественным возрастным процессом. Волокна стекловидного тела, сокращаясь, приводят к образованию тракционных сил, исходом которых может являться формирование сквозного дефекта фовеальной зоны [6–8].

Основопологающим методом лечения ИМО в большинстве случаев становится трансконъюнктивальная трехпортовая гильотинная витрэктомия [9, 10]. Главным направлением совершенствования процесса витрэктомии является увеличение скорости и безопасности этапа удаления стекловидного тела, достигаемое с помощью увеличения частоты резов, уменьшения размера инструментов и инвазивности хирургии. В ключе последующего развития витрэктомии наиболее актуально применение ультразвуковой энергии для фрагментации стекловидного тела [11, 12].

Сотрудниками кафедры офтальмологии с курсом ИДПО БашГМУ совместно с отделом микрохирургического оборудования ЗАО «Оптимедсервис» создана система ультразвуковой витрэктомии калибра 25G на базе отечественной офтальмохирургической системы «Оптимед Профи» (РУ № ФСР 2011/11396) [13].

Ультразвуковая витрэктомия имеет принципиально иной механизм действия, сущность которого заключается в преобразовании стекловидного тела в легкоудаляемую эмульсию с помощью ультразвука, в отличие от традиционной гильотинной методики, которая основана на повторении циклов «аспирация-рез», которые сопровождаются более или менее выраженной нестабильностью аспирационного потока, создающей предпосылки для ятрогенных повреждений сетчатки [14, 15].

**Цель:** демонстрация клинического случая успешного хирургического лечения идиопатического макулярного отверстия с применением ультразвуковой витрэктомии 25G.

## Материалы и методы

### Клинический случай

Пациентка Я., 1958 г. р., обратилась в Центр лазерного восстановления зрения «Оптимед» (г. Уфа) в мае 2019 года с жалобами на ухудшение зрения, выпадение центрального зрения и метаморфопсии правого глаза в течение недели.

Пациентке было проведено полное офтальмологическое обследование, а также исследования на оптическом когерентном томографе-ангиографе Avanti XR (Optovue, США) с использованием программного обеспечения AngioVue (Software Version: 2017.1.0.155) (рис. 1А).

Данные предоперационного обследования: Visus OD = 0,3 с коррекцией 0,5, Visus OS = 0,9. ВГД: OD = 17 мм рт. ст., OS = 16 мм рт. ст.

Снимок с помощью фундус-камеры с 24-мегапиксельной матрицей ZEISS VISUCAM 524/224: в макулярной

области правого глаза сглаженность фовеолярного рефлекса, появление желтого кольца вследствие перераспределения ксантофильного пигмента (рис. 2А).

По данным оптической когерентной томографии (ОКТ): на томограмме правого глаза, проходящей через центр фовеальной ямки, визуализируется дефект слоев нейрорепителлия диаметром 95 мкм, виден отрыв «крышечки» от края отверстия вследствие тракции со стороны задней гиалоидной мембраны с формированием сквозного дефекта, который офтальмоскопически не виден (рис. 3А).

Пациентке выставлен диагноз: Витреомакулярный тракционный синдром. Идиопатическое макулярное отверстие, 3-я стадия (по J.D. Gass).

Выполнена трехпортовая субтотальная ультразвуковая витрэктомия калибра 25G на универсальной офтальмохирургической системе «Оптимед Профи» («Оптимедсервис», Россия) с нанесением красителя («Оптимед») и последующим пилингом внутренней пограничной мембраны и сопоставлением краев макулярного отверстия. В качестве тампонирующего агента использовалась газоздушная смесь (5 % перфторциклобутан) [14].

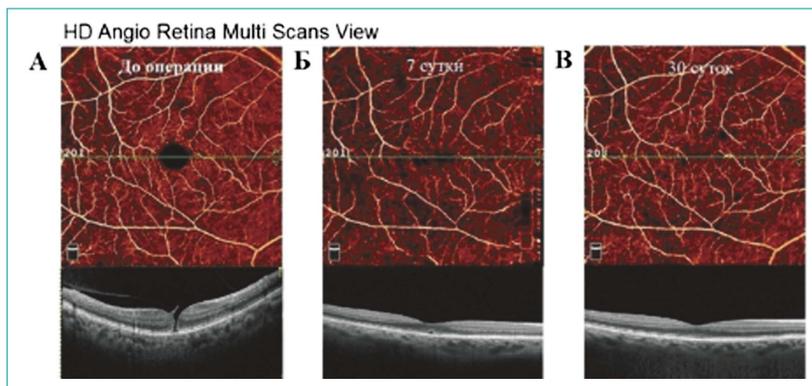
Эмульсификация стекловидного тела выполнялась с использованием следующих параметров ультразвука: частота 32 кГц — эквивалентна 1 920 000 «рез»/мин, мощность ультразвука до 20 %, эквивалентна амплитуде колебаний до 20 мкм [9].

Все манипуляции выполняли под контролем интраоперационной оптической когерентной томографии на микроскопе Carl Zeiss OPMI Lumera 700.

Анатомический результат операции и динамика восстановления структуры капиллярных сетей сетчатки при идиопатическом макулярном отверстии в различные послеоперационные сроки демонстрируются на рисунке 1Б, В.

## Результаты и обсуждение

В результате операции был достигнут положительный анатомический эффект — закрытие макулярного от-



**Рисунок 1.** Оптические когерентные томограммы-ангиограммы до и в различные сроки после ультразвуковой витрэктомии 25G. На серии ОКТ-ангиографических сканов демонстрируется анатомический результат и восстановление структуры капиллярных сетей сетчатки в области макулярного отверстия в различные послеоперационные сроки

**Figure 1.** Optical coherence tomograms — angiograms prior to and at various times after 25G ultrasonic vitrectomy. OCT-angiography scan series shows anatomic outcome and recovery of macular area retinal capillary networks structure at different times postop



**Рисунок 2.** Динамика картины глазного дна пациентки Я. до и через 30 дней после ультразвуковой витрэктомии 25G. До операции (А): в макулярной области — сглаженность фовеолярного рефлекса, появление желтого кольца вследствие перераспределения ксантофильного пигмента (стрелка). После операции (Б): в макулярной области — восстановление нормального фовеолярного рефлекса

**Figure 2.** Patient Y. fundus dynamics – prior to and 30 days after 25G ultrasonic vitrectomy. Preop (A): in macular area —smoothness of foveolar reflex, yellow ring emerging due to xanthophyll pigment migration (arrow). Postop (Б) — in macular area — normal foveolar reflex restored



**Рисунок 3.** Оптические когерентные томограммы до и в различные сроки после ультразвуковой витрэктомии 25G при идиопатическом макулярном отверстии. А — до операции. Visus = 0,5. Визуализируется дефект наружных слоев нейроэпителия диаметром 95 мкм (белая стрелка), виден отрыв «крышечки» от края отверстия (красная стрелка) с формированием сквозного дефекта. Синяя стрелка указывает на заднюю гиалоидную мембрану. Б — через 7 дней после операции. Visus = 0,7. Восстановление конфигурации фовеа вследствие устранения тракции, гипорефлективный «дефект» эллипсоидной зоны фоторецепторов (белая стрелка). В — через 30 дней после операции. Visus = 0,9. Полное восстановление правильной конфигурации фовеального углубления и хода ретинальных слоев

**Figure 3.** Optical coherence tomograms before and after 25G ultrasonic vitrectomy. A — preop. Visus = 0.5. Outer retinal layers defect 95  $\mu$ m in diameter (white arrow) is visible, with separation of "opercula" from hole edge (red arrow) with formation of full-thickness defect not visible through ophthalmoscope. Blue arrow points to posterior hyaloid membrane; Б — 7 days postop. Visus = 0.7. Fovea configuration recovered due to eliminated traction, hyporeflectivity "defect" of the ellipsoid zone of photoreceptors (white arrow); В — 30 days postop. Visus = 0.9. Complete recovery of normal fovea and retinal layers configuration.

верстия, что было подтверждено интраоперационной ОКТ. Конфигурация фовеальной ямки и микроархитектоника наружных слоев нейроэпителия в макулярной зоне были восстановлены. Специфических осложнений, связанных с воздействием ультразвука, таких как дезорганизация и деструкция слоев нейроэпителия, не зарегистрировано.

В данном клиническом случае для эффективного проведения витрэктомии было предпочтительнее применять более низкие значения вакуума, в отличие от традиционной гильотинной методики. Таким образом, на этапе инициации отделения задней гиалоидной мембраны использовался уровень вакуума равный 300–350 мм рт. ст. (при традиционной методике применяется уровень вакуума 600 мм рт. ст.), на этапе периферической витрэктомии — 150–200 мм рт. ст. (при традиционной методике применяется уровень вакуума 350–400 мм рт. ст.).

Это связано с отличиями в конструкции и увеличенном диаметре аспирационной магистрали ультразвукового витреотома. В отличие от традиционной гильотинной конструкции витреотомов, работающих за счет движения ножа внутри трубки, ультразвуковой витреотом имеет одну трубку, что позволяет существенно увеличить просвет аспирационного канала и скорость потока в аспирационной магистрали.

Время, затраченное на проведение витрэктомии с применением ультразвука — 282 с (при традиционной гильотинной методике средняя продолжительность витрэктомии составляет 400–500 с) [11].

Через 7 дней после операции пациентка отметила улучшение остроты зрения (Visus OD = 0,5, с коррекцией 0,7). На глазном дне: в макулярной области — восстановление нормального фовеолярного рефлекса (рис. 2Б). Через 30 дней также наблюдалась положительная динамика по остроте зрения (Visus OD = 0,7, с коррекцией 0,9).

По данным ОКТ через 7 дней после операции: восстановление конфигурации фовеа вследствие устранения тракции, сохранение дефекта миоидной и эллипсоидной зоны фоторецепторов (рис. 3Б). ОКТ через 30 дней после операции: полное восстановление правильной конфигурации фовеального углубления (рис. 3В). Достигнутый анатомический результат остался стабильным в течение трехмесячного наблюдения.

## Заключение

Положительный анатомический результат операции, отсутствие ретинальных осложнений, связанных с применением ультразвука, а также положительная динамика остроты зрения в послеоперационном периоде свидетельствуют о безопасности и эффективности применения технологии ультразвуковой витрэктомии. Таким образом, субтотальная ультразвуковая витрэктомия с пилингом ВПМ и газовой тампонадой — эффективный метод лечения идиопатического макулярного отверстия, обеспечивающий высокие зрительные функции.

## Информация о конфликте интересов.

Конфликт интересов отсутствует.

## Информированное согласие.

Информированное согласие пациента на публикацию своих данных получено.

## Информация о спонсорстве.

Данная работа не финансировалась.

## Список литературы

- 1 Азнабаев Б.М., Дибаяев Т.И., Янбухтина З.Р., Исмагилов Т.Н. Анализ морфометрических параметров макулярной зоны при хирургии идиопатического сквозного макулярного отверстия. Медицинский вестник Башкортостана. 2018;1(73):23–6.
- 2 Faria M.Y., Ferreira N.P., Cristóvão D.M., Mano S., Sousa D.C., Monteiro-Grillo M. Tomographic structural changes of retinal layers after internal limiting membrane peeling for macular hole surgery. *Ophthalmic Res.* 2018;59:24–9. DOI: 10.1159/000480243
- 3 Pavlidis M. Two-Dimensional Cutting (TDC) Vitrectome: in vitro flow assessment and prospective clinical study evaluating core vitrectomy efficiency versus standard vitrectome. *J Ophthalmol.* 2016;2016:3849316. DOI: 10.1155/2016/3849316
- 4 Mohamed S., Claes C., Tsang C.W. Review of small gauge vitrectomy: progress and innovations. *J Ophthalmol.* 2017;2017:6285869. DOI: 10.1155/2017/6285869
- 5 Bennis A., Chraïbi F., Abdellaoui M., Benatiya A., Lenoble P., et al. Prognostic factors for idiopathic macular hole surgery: Report of 107 eyes (Approach by univariate statistical analysis). *J Fr Ophtalmol.* 2019;42(2):153–8. DOI: 10.1016/j.jfo.2018.05.010
- 6 Wilczynski T., Heinke A., Niedzielska-Krycia A., Jorg D., Michalska-Malecka K. Optical coherence tomography angiography features in patients with idiopathic full-thickness macular hole, before and after surgical treatment. *Clin Interv Aging.* 2019;14:505–14. DOI: 10.2147/CIA.S189417
- 7 Yu Y., Liang X., Wang Z., Wang J., Liu W. Clinical and morphological comparisons of idiopathic macular holes between stage 3 and stage 4. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018;256(12):2327–33. DOI: 10.1007/s00417-018-4158-7
- 8 Akahori T., Iwase T., Yamamoto K., Ra E., Kawano K., Ito Y., et al. Macular displacement after vitrectomy in eyes with idiopathic macular hole determined by optical coherence tomography angiography. *Am J Ophthalmol.* 2018;189:111–21. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.02.021
- 9 Zou J., Zeng J. The macular microstructure repair and predictive factors of surgical outcomes after vitrectomy for idiopathic macular hole. *Int J Ophthalmol.* 2019;12(5):852–7. DOI: 10.18240/ijo.2019.05.25
- 10 Su D., Obeid A., Hsu J. Topical aqueous suppression and closure of idiopathic full-thickness macular holes. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2019;50(2):38–43. DOI: 10.3928/23258160-20190129-17
- 11 Irion L., Pastor-Idoate S., Bonshek R., Zambrano I., Bishop P., Mironov A., et al. Histopathological findings after pars plana vitrectomy with a new hypersonic vitrector. *Acta Ophthalmol.* 2016;94(S256). DOI: 10.1111/j.1755-3768.2016.0580
- 12 Stanga P.E., Pastor-Idoate S., Zambrano I., Carlin P., McLeod D. Performance analysis of a new hypersonic vitrector system. *Plos One.* 2017;12(6):e0178462. DOI: 10.1371/journal.pone.0178462
- 13 Азнабаев Б.М., Дибаяев Т.И., Мухаммадеев Т.Р. Оценка эффективности ультразвуковой витрэктомии 25G при хирургическом лечении различной витреоретинальной патологии. Современные технологии в офтальмологии. 2018;1:17–21.
- 14 Pastor-Idoate S., Bonshek R., Irion L., Zambrano I., Carlin P., Mironov A., et al. Ultrastructural and histopathologic findings after pars plana vitrectomy with a new hypersonic vitrector system. Qualitative preliminary assessment. *PLoS One.* 2017;12(4):e0173883. DOI: 10.1371/journal.pone.0173883
- 15 Wuchinich D. Ultrasonic vitrectomy instrument. *Physics Procedia.* 2015;63:217–22. DOI: 10.1016/j.phpro.2015.03.035
- 1 Aznabaev B.M., Dibaev T.I., Ismagilov T.N. Analysis parameters microcirculation macular area after ultrasound vitrectomy based on optical coherence tomography angiography. *Saratov journal of medical scientific research.* 2018;14(4):856–62 (In Russ.).
- 2 Faria M.Y., Ferreira N.P., Cristóvão D.M., Mano S., Sousa D.C., Monteiro-Grillo M. Tomographic structural changes of retinal layers after internal limiting membrane peeling for macular hole surgery. *Ophthalmic Res.* 2018;59:24–9. DOI: 10.1159/000480243
- 3 Pavlidis M. Two-Dimensional Cutting (TDC) Vitrectome: in vitro flow assessment and prospective clinical study evaluating core vitrectomy efficiency versus standard vitrectome. *J Ophthalmol.* 2016;2016: 3849316. DOI: 10.1155/2016/3849316
- 4 Mohamed S., Claes C., Tsang C.W. Review of small gauge vitrectomy: progress and innovations. *J Ophthalmol.* 2017;2017:6285869. DOI: 10.1155/2017/6285869
- 5 Bennis A., Chraïbi F., Abdellaoui M., Benatiya A., Lenoble P., et al. Prognostic factors for idiopathic macular hole surgery: Report of 107 eyes (Approach by univariate statistical analysis). *J Fr Ophtalmol.* 2019;42(2):153–8. DOI: 10.1016/j.jfo.2018.05.010
- 6 Wilczynski T., Heinke A., Niedzielska-Krycia A., Jorg D., Michalska-Malecka K. Optical coherence tomography angiography features in patients with idiopathic full-thickness macular hole, before and after surgical treatment. *Clin Interv Aging.* 2019;14:505–14. DOI: 10.2147/CIA.S189417
- 7 Yu Y., Liang X., Wang Z., Wang J., Liu W. Clinical and morphological comparisons of idiopathic macular holes between stage 3 and stage 4. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2018;256(12):2327–33. DOI: 10.1007/s00417-018-4158-7
- 8 Akahori T., Iwase T., Yamamoto K., Ra E., Kawano K., Ito Y., et al. Macular displacement after vitrectomy in eyes with idiopathic macular hole determined by optical coherence tomography angiography. *Am J Ophthalmol.* 2018;189:111–21. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.02.021
- 9 Zou J., Zeng J. The macular microstructure repair and predictive factors of surgical outcomes after vitrectomy for idiopathic macular hole. *Int J Ophthalmol.* 2019;12(5):852–7. DOI: 10.18240/ijo.2019.05.25
- 10 Su D., Obeid A., Hsu J. Topical aqueous suppression and closure of idiopathic full-thickness macular holes. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2019;50(2):38–43. DOI: 10.3928/23258160-20190129-17
- 11 Irion L., Pastor-Idoate S., Bonshek R., Zambrano I., Bishop P., Mironov A., et al. Histopathological findings after pars plana vitrectomy with a new hypersonic vitrector. *Acta Ophthalmol.* 2016;94(S256). DOI: 10.1111/j.1755-3768.2016.0580
- 12 Stanga P.E., Pastor-Idoate S., Zambrano I., Carlin P., McLeod D. Performance analysis of a new hypersonic vitrector system. *Plos One.* 2017;12(6):e0178462. DOI: 10.1371/journal.pone.0178462
- 13 Aznabaev B.M., Dibaev T.I., Mukhamadeev T.R. Evaluation of the effectiveness of ultrasonic vitrectomy 25G in surgical treatment of various vitreoretinal pathology. *Modern technologies in ophthalmology.* 2018;1:17–21 (In Russ.).
- 14 Pastor-Idoate S., Bonshek R., Irion L., Zambrano I., Carlin P., Mironov A., Bishop P., McLeod D., Stanga P.E. Ultrastructural and histopathologic findings after pars plana vitrectomy with a new hypersonic vitrector system. Qualitative preliminary assessment. *PLoS One.* 2017;12:4.
- 15 Wuchinich D. Ultrasonic vitrectomy instrument. *Physics Procedia.* 2015;63:217–22. DOI: 10.1016/j.phpro.2015.03.035