

Научная статья

УДК 617.7

doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-4-57-62

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ ПЕРЕДНЕЙ КАПСУЛОТОМИИ В ХИРУРГИИ НАБУХАЮЩИХ ПЕРЕЗРЕЛЫХ КАТАРАКТ

А.В. Терещенко, И.Г. Трифаненкова, М.В. Окунева, А.Р. Булатов

Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Калужский филиал, Калуга, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ирина Георгиевна Трифаненкова, nauka2@mntk.kaluga.ru

Аннотация. В исследование вошли 40 пациентов (40 глаз) с набухающей перезрелой катарактой, которые были разделены на группы. Первая группа – 10 пациентов (10 глаз) с фиброзными изменениями передней капсулы хрусталика, где мощность энергетического фемтолазерного воздействия при выполнении передней фемтокапсулотомии составляла 100 %. Вторая группа – 10 пациентов (10 глаз) с истончением передней капсулы хрусталика, где мощность энергетического фемтолазерного воздействия составляла 60 %. Третья и четвертая группы были контрольными – по 10 пациентов (10 глаз) с фиброзными изменениями и истончением передней капсулы соответственно, где мощность энергетического фемтолазерного воздействия составляла 80 % (рекомендованная фирмой-производителем лазерной установки). В первой и второй группах, в отличие от контрольных, было достигнуто отсутствие тканевых перемычек практически во всех случаях, высеченный диск свободно выделялся, без дополнительных тракций, не оставляя заусенцев, которые являются причиной радиализации передней капсулы при манипуляциях в ходе хирургии катаракты.

В результате проведенного исследования подобраны оптимальные значения мощности фемтолазерного воздействия для проведения передней фемтокапсулотомии при выявлении фиброза или истончения передней капсулы хрусталика при набухающей перезрелой катаракте.

Ключевые слова: набухающая перезрелая катаракта, фемтолазерная передняя капсулотомия, энергетические параметры

Original article

OPTIMIZATION OF ENERGY PARAMETERS OF FEMTOLASER ANTERIOR CAPSULOTOMY IN SURGERY FOR SWELLING OVERMATURE CATARACTS

A. V. Tereshchenko, I. G. Trifanenkova, M. V. Okuneva, A. R. Bulatov

Eye Microsurgery named after Academician S. N. Fedorov, Kaluga branch, Kaluga, Russia

Corresponding author: Irina G. Trifanenkova, nauka2@mntk.kaluga.ru

Abstract. The study included 40 patients (40 eyes) with swelling overmature cataract. These patients were divided into groups. The first group included 10 patients (10 eyes) with fibrotic changes in the anterior lens capsule, where the power of femtolaser energy exposure during anterior femtocapsulotomy was 100 %. The second group consisted of 10 patients (10 eyes) with thinning of the anterior lens capsule, where the power of femtolaser energy exposure was 60 %. The third and fourth

groups were controls, 10 patients each (10 eyes) with fibrotic changes and thinning of the anterior capsule, respectively, where the power of femtolaser energy exposure was 80% (recommended by the manufacturer of the laser unit).

In the first and second groups, in contrast to the control, the absence of tissue bridges was achieved in almost all cases. The carved disc stood out freely, without additional traction, leaving no burrs. These burrs cause radialization of the anterior capsule during manipulation during cataract surgery. As a result of the study, the optimal values of the power of femtolaser exposure were selected for anterior femtocapsulotomy in case of detection of fibrosis or thinning of the anterior lens capsule in case of swelling overmature cataract.

Keywords: swelling overmature cataract, femtolaser anterior capsulotomy, energy parameters

Набухающая перезревшая катаракта характеризуется лизисом и оводнением кортикальных волокон хрусталика, что придает перламутровый оттенок передним слоям, приводит к увеличению его толщины и измельчению передней камеры, отсутствию рефлекса с глазного дна [1, 2]. Вследствие оводнения происходит повышение внутрикапсулярного давления и перерастяжение передней капсулы хрусталика [1].

Наряду с изменениями в веществе хрусталика имеют место патологические структурные изменения в передней капсуле: истончение, уплотнение и фиброз. Это обуславливает высокие риски интраоперационных осложнений при хирургическом лечении, которые наиболее часто происходят на этапе переднего капсулорексиса [3].

Применение фемтоассистированного лазерного сопровождения позволяет снизить частоту осложнений хирургического лечения перезревших катаракт до 28 % [4], в сравнении с мануальной техникой (38,3 %) [5]. Однако процент убегания и радиализации передней капсулы после проведения фемтолазерной капсулотомии при набухании хрусталика остается высоким.

В результате анализа осложнений было выявлено, что чаще они были связаны с непрорезанием передней капсулы хрусталика и наличием тканевых перемычек, обусловленных изменением структуры передней капсулы и выходом лизированных масс, экранирующих прохождение лазерного излучения к капсуле, а также несоответствием лазерных энергетических параметров, которые в ряде случаев приводили к радиализации переднего капсулорексиса [5, 6, 7].

В настоящее время в доступной литературе не представлены рекомендации по дозированию мощности фемтолазерного воздействия на этапе передней капсулотомии в зависимости от изменений структуры передней капсулы хрусталика при перезревших набухающих катарактах.

Использование интраоперационного оптического когерентного томографа (иОКТ) позволяет дифференцировать структурные изменения хрусталика и его передней капсулы [2]. Так, при перезревшей набухающей катаракте визуализируются гиперрефлективные полосы набухших кортикальных волокон с участками

внутрихрусталиковых щелей и областями однородного вида «матового стекла». Фиброзные изменения передней капсулы, по данным иОКТ, определяют гиперрефлективностью и утолщением передней капсулы, тогда как истонченная передняя капсула визуализируется как структура с пониженной рефлективностью.

Детальное предоперационное исследование структур передней капсулы хрусталика с помощью иОКТ является актуальным, открывая возможности планирования оптимальных энергетических параметров фемтолазерной передней капсулотомии согласно выявленным изменениям, а также интраоперационной оценки результата его выполнения.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оптимизировать параметры мощности лазерной энергии на этапе фемтолазерной передней капсулотомии в хирургии набухающих перезревших катаракт в зависимости от структурных изменений хрусталика и его передней капсулы и оценить их эффективность.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки изменений структур передней капсулы хрусталика перед хирургическим вмешательством у всех пациентов с набухающей перезревшей катарактой проводилась иОКТ (Hi-R NEO (HAAG STREIT, Германия).

На этапе подбора энергетических параметров при выявлении уплотнений и фиброзных изменений передней капсулы мощность фемтолазера последовательно повышали с шагом 5 %, начиная от 80 % (значение мощности, рекомендованное фирмой-производителем фемтосекундного лазера), до получения качественного фемтокапсулорексиса. При истончении передней капсулы мощность фемтолазера последовательно понижали с шагом 5 %, также начиная от 80 %.

В результате такого подбора было определено, что оптимальная мощность при уплотнении и фиброзных изменениях передней капсулы хрусталика составляет 100 %, а при истончении передней капсулы хрусталика – 60 %. При этом количество тканевых перемычек и образование парогозовых пузырьков минимальны, а качество реза максимально полноценно.

Оценку эффективности и безопасности оптимизированных значений мощности передней фемтокапсулотомии проводили в сравнении с группой пациентов с аналогичными морфологическими изменениями передней капсулы хрусталика (фиброзом и истончением соответственно), которым выполнялась фемтокапсулотомия с мощностью 80 %, рекомендуемой фирмой-производителем лазерной установки.

В исследование вошли 40 пациентов (40 глаз) с набухающей перезрелой катарактой, которые были разделены на группы. В первую группу были включены 10 пациентов (10 глаз) с фиброзными изменениями передней капсулы хрусталика, где мощность энергетического фемтолазерного воздействия при выполнении передней фемтокапсулотомии составляла 100 %. Во вторую группу были включены 10 пациентов (10 глаз) с истончением передней капсулы хрусталика, где мощность энергетического фемтолазерного воздействия составляла 60 %. Третья и четвертая группы

были контрольными, по 10 пациентов (10 глаз) с фиброзными изменениями и истончением передней капсулы соответственно, где мощность энергетического фемтолазерного воздействия составляла 80 %.

Фемтосекундное лазерное сопровождение на этапе переднего капсулорексиса выполняли на фемтолазерной установке FEMTOLDVZ8 (Ziemer, Швейцария) после предварительного окрашивания передней капсулы хрусталика трипановым синим [8] и заполнения передней камеры вискоэластиком DisCoVisk (Alcon, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность применения различных значений мощности фемтолазерной энергии на этапе передней капсулотомии в хирургическом лечении набухающей перезрелой катаракты у пациентов, вошедших в исследование, представлена в табл.

Эффективность применения различных значений мощности фемтолазерной энергии на этапе передней капсулотомии в хирургическом лечении набухающей перезрелой катаракты в группах исследования

Показатели	I группа (мощность 100 %)	II группа (мощность 60 %)	III группа (мощность 80 %)	IV группа (мощность 80 %)
Полноценная капсулотомия	7	10	3	5
Неполная капсулотомия	2	0	4	2
Убегание переднего капсулорексиса	1	0	2	2
Радиализация переднего капсулорексиса	0	0	1	1

В результате выполнения фемтокапсулотомии с оптимизированными параметрами в I группе мы не наблюдали ни одного случая разрыва капсулы хрусталика (рис. 1, 2). В 2 случаях наблюдалась неполная капсулотомия, обусловленная выраженными фиброзными изменениями передней капсулы, однако капсулорексис удалось завершить канговыми ножницами 25G через корнеоцентез строго по намеченному фемтолазерному резу, благодаря чему

натяжение капсулы не изменилось, и факоэмульсификация завершилась без последующей радиализации капсулы хрусталика.

В 1-м случае произошло убегание переднего капсулорексиса, которое удалось завершить в виде криволинейного округлого капсулорексиса при помощи кангового пинцета.

Во II группе полноценный фемтокапсулорексис был получен во всех случаях.

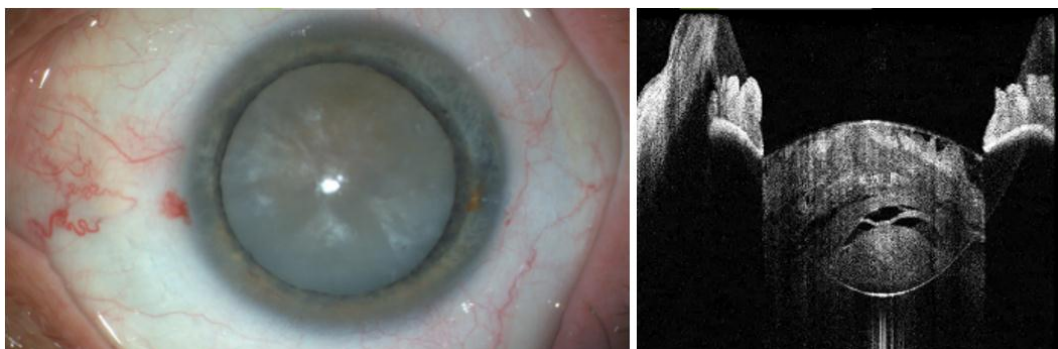


Рис. 1. Снимок с операционного микроскопа (слева): перезрелая катаракта с набуханием кортикальных слоев; скан ИОКТ (справа): выпуклая передняя капсула хрусталика, внутривитреальные щели и лизированные массы кортикальных слоев хрусталика; уплотнение передней капсулы визуализируется в виде гиперрефлективной структуры

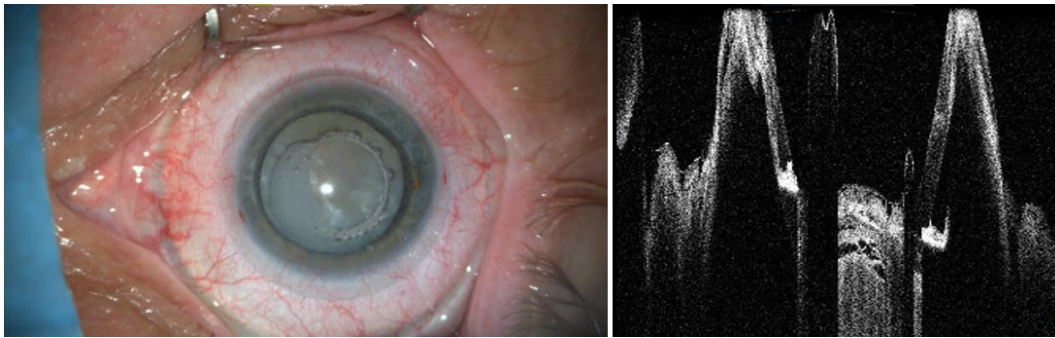


Рис. 2. Снимок с операционного микроскопа, после проведения передней фемтокапсулотомии с мощностью 100 % (слева): незначительный выход лизированных масс в переднюю камеру, умеренное количество парогозовых пузырей; скан иОКТ (справа): выход лизированных масс в переднюю камеру, зоны прорезания передней капсулы, флотирующий край высеченного диска передней капсулы

В контрольных группах при проведении фемтокапсулотомии с рекомендованными фирмой-производителем энергетическими параметрами были получены следующие результаты. В III группе в 4 случаях в большом количестве имели место перемишки по всей окружности с зонами непрорезания, без определения флотирующего края рексиса при удалении высеченного диска передней капсулы. В 2 случаях отмечалось убегание переднего капсулорексиса, в одном случае произошла радиализация.

В IV группе в 2 случаях наблюдалась неполная капсулотомия, представленная преимущественно тканевыми перемишками, что было обусловлено избыточным образованием парогозовых пузырьков. В 2 случаях отмечалось убегание переднего капсулорексиса, из них в одном случае произошла радиализация переднего рексиса до экватора хрусталика, поэтому последующее удаление высеченного листка передней капсулы продолжали в противоположном направлении до его завершения с помощью цангового пинцета и ножниц.

При набухающей перезрелой катаракте, как правило, наблюдаются структурные изменения передней капсулы хрусталика (истончения, уплотнения, фиброз), которые оказывают значительное влияние на проведение переднего капсулорексиса [1, 9, 10]. В таких случаях, выполняя фемтокапсулотомию по стандартной методике с энергетическими параметрами, рекомендуемыми фирмами-производителями фемтосекундных лазеров, хирурги часто сталкиваются с неполной капсулотомией, ее убеганием и радиализацией.

I. Congrad-Hengeler и соавт. в своей работе, проведенной у пациентов с набухающей катарактой, описали образование непрорезанных выступов, которые были закончены цистотомом [4].

Sezgin Asena и соавт. в 15 % отмечали возникновение мостиков передней капсулы при набухающей

белой катаракте, при этом свободный непрерывный криволинейный капсулорексис был выполнен в 72 % случаев.

Yanan Zhu с соавт. в 12 % случаев получили неполную капсулотомию и разрыв передней капсулы при разжижении кортикальных слоев [5].

Учитывая высокую частоту формирования тканевых перемишек при выполнении фемтокапсулорексиса на перезрелых катарактах, обусловленных уплотнением передней капсулы и участками фиброзных изменений, для получения качественного фемтолазерного реза необходимо корректировать энергетические параметры фемтосопровождения.

Практика показывает, что при недостаточной, низкой мощности фемтолазерного сопровождения происходят неполноценные резы передней капсулы, обусловленные большим количеством перемишек и вероятной их радиализации. Тогда как при избыточном превышении мощности образуется избыточное количество парогозовых пузырьков, которые изменяют оптические свойства сред и ведут к снижению эффективности фемтолазерного воздействия.

Благодаря использованию иОКТ стало возможным учитывать структурные изменения капсулы хрусталика и его кортикальных волокон [2] для оптимизации значений мощности фемтолазера и получения высокого качества фемтолазерного сопровождения на этапе передней капсулотомии при набухающих перезрелых катарактах. Это позволяет запланировать алгоритм хирургического лечения, провести качественный капсулорексис и снизить риски интраоперационных осложнений.

В ходе настоящей работы, где использовали лазерную установку FemtoLDZ8 (Ziemer, Швейцария), было определено, что при фиброзных изменениях передней капсулы стандартные энергетические параметры недостаточны для получения полноценного реза,

и требуется повышение мощности фемтолазерного воздействия до 100 %. При истончении же передней капсулы они избыточны, и требуется снижение мощности до 60 % при проведении фемтокапсулорексиса.

При этом было достигнуто отсутствие тканевых перемычек практически во всех случаях, высеченный диск свободно выделялся, без дополнительных тракций, не оставляя заусенцев, которые являются причиной радиализации передней капсулы при манипуляциях в ходе хирургии катаракты. Намеченный фемтолазерный рез по фиброзным участкам передней капсулы служил важным ориентиром для дальнейшего завершения капсулорексиса, в результате чего было возможным сформировать его идеально круглым, не оказывая тракционного воздействия на капсулу. Таким образом, идеально сформированный капсулорексис явился основой для успешного выполнения последующей хирургии набухающей перезрелой катаракты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования подобраны оптимальные значения мощности фемтолазерного воздействия для проведения передней фемтокапсулотомии при выявлении фиброза или истончения передней капсулы хрусталика при набухающей перезрелой катаракте.

Оптимизированные параметры мощности передней фемтокапсулотомии в зависимости от морфологических изменений передней капсулы хрусталика позволяют улучшить качество проведенного капсулорексиса и снизить риск его радиализации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пирогова Е.С., Фабрикантов О.Л., Николашин С.И., Шутова С.В. Измерение внутривнутрихрусталикового давления у пациентов с набухающей катарактой. *Современные технологии в офтальмологии*. 2018. № 4. С. 214–217.
2. Real-time intraoperative dynamics of white cataract-intraoperative optical coherence tomography-guided classification and management / J.S. Titiyal, M. Kaur, F. Shaikh [et al.] // *J. Cataract Refract. Surg.* 2020. No. 4 (46). P. 598–605. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000086.
3. Чанг Д. Фако-чоп и другие современные техники хирургии катаракты. Варианты стратегий хирургии осложненных катаракт: руководство / пер. Д. Джабер; ред. Б. Э. Малугин. М.: Офтальмология, 2019. 412 с.
4. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in intumescent white cataracts / I. Conrad-Hengerer, F.H. Hengerer, S.C. Joachim [et al.] // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2014. No. 1 (40). P. 44–50. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.08.044.
5. Lens capsule-related complications of femtosecond laser-assisted capsulotomy versus manual capsulorhexis for

white cataracts / Zhu Yanan, Xinyi Chen, Peiqing Chen [et al.] // *Cataract. Refract. Surg.* 2019. No. 3 (45). P. 337–342. doi:10.1016/j.jcrs.2018.10.037.

6. Chee Soon-Phaik, Shu-Wen Chan Nicole, Yang Younian. Seng-EiT_i Femtosecond laser-assisted cataract surgery for the white cataract // *Br. J. Ophthalmol.* 2019. No. 4 (103). P. 544–550. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-312289

7. Long-term intraocular pressure changes after femtosecond laser-assisted cataract surgery in healthy eyes and glaucomatous eyes / A.A. Shah, J. Ling, N.R. Nathan [et al.] // *J. Cataract. Refract. Surg.* 2019. No. 2 (45). P. 181–187. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.08.037.

8. Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract / S. Jacob, A. Agarwal, A. Agarwal [et al.] // *J. Cataract Refract Surg.* 2002. No. 10 (28). P. 1819–1825. doi: 10.1016/s0886-3350(01)01316.

9. Chakrabarti A., Singh S., Krishnadas R. Phacoemulsification in eyes with white cataract // *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2000. No. 26. P. 1041–1047. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00838-2.

10. Николашин С.И., Фабрикантов О.Л., Цуканкова М.А., Пирогова Е.С. Хирургическое лечение зрелой набухающей катаракты // *Вестник офтальмологии*. 2016. № 2. С. 6–68. <https://doi.org/10.17116/oftalma2016132262-68>

REFERENCES

1. Pirogova Ye.S., Fabrikantov O.L., Nikolashin S.I., Shutova S.V. Measurement of intracrystalline pressure in patients with swelling cataract. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii = Modern technologies in ophthalmology*. 2018;4:214–217. (In Russ.).
2. Titiyal J.S., Kaur M., Shaikh F., Goel S., Bageshwar L.M.S Real-time intraoperative dynamics of white cataract-intraoperative optical coherence tomography-guided classification and management. *J Cataract Refract Surg.* 2020;4(46):598–605. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000000086
3. Chang D. Fako-chop and other modern techniques of cataract surgery. Options for strategies for complicated cataract surgery: a guide. Transl. D. Dzhaber; ed. by B. E. Malyugin. Moscow; Oftal'mologiya, 2019. (In Russ.).
4. Conrad-Hengerer I., Hengerer F.H., Joachim S.C., Schultz T., Dick H.B. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in intumescent white cataracts. *J Cataract Refract Surg.* 2014;1(40):44–50. doi: 10.1016/j.jcrs.2013.08.044.
5. Yanan Zhu, Xinyi Chen, Peiqing Chen et al. Lens capsule-related complications of femtosecond laser-assisted capsulotomy versus manual capsulorhexis for white cataracts. *Cataract Refract Surg.* 2019;3(45):337–342. doi:10.1016/j.jcrs.2018.10.037
6. Chee Soon-Phaik, Shu-Wen Chan Nicole, Yang Younian. Seng-EiT_i Femtosecond laser-assisted cataract surgery for the white cataract. *Br J Ophthalmol.* 2019;4(103):544–550. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-312289.
7. Shah A.A., Ling J., Nathan N.R. et al. Long-term intraocular pressure changes after femtosecond laser-assisted cataract surgery in healthy eyes and glaucomatous

eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2019;2(45):181–187. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.08.037.

8. Jacob S., Agarwal A., Agarwal A. et al. Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2002;10(28):1819–1825. doi: 10.1016/s0886-3350(01)01316.

9. Chakrabarti A., Singh S., Krishnadas R. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2000;26:1041–1047. doi: 10.1016/s0002-9394(00)00838-2.

10. Nikolashin S.I., Fabrikantov O.L., Tsukankova M.A., Pirogova Ye.S. Surgical treatment of mature swelling cataract. *Vestnik oftal'mologii = Bulletin of ophthalmology.* 2016; 2:62–68. (In Russ.).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация об авторах

Александр Владимирович Терещенко – доктор медицинских наук, директор филиала, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Калужский филиал, Калуга, Россия, mail@eye-kaluga.com

Ирина Георгиевна Трифаненкова – доктор медицинских наук, заместитель директора филиала по научной работе Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Калужский филиал, Калуга, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-7307-7231>

Марина Владимировна Окунева – кандидат медицинских наук, заведующая отделением хирургии катаракты, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Калужский филиал, Калуга, Россия.

Амир Равильевич Булатов – врач-офтальмолог отделения хирургии катаракты, Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова, Калужский филиал, Калуга, Россия.

Статья поступила в редакцию 19.04.2022; одобрена после рецензирования 26.10.2022; принята к публикации 06.12.2022.

The authors declare no conflicts of interests.

Information about the authors

Alexander V. Tereshchenko – MD, Branch Director, Academician S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Kaluga Branch, Kaluga, Russia, mail@eye-kaluga.com

Irina G. Trifanenkova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director of the Branch for Scientific Work of Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Kaluga Branch, Kaluga, Russia, <https://orcid.org/0000-0002-7307-7231>

Marina V. Okuneva – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Cataract Surgery, Eye Microsurgery named after Academician S.N. Fedorov, Kaluga Branch, Kaluga, Russia.

Amir R. Bulatov – Ophthalmologist of the Department of Cataract Surgery, Academician S.N. Fedorov Eye Microsurgery, Kaluga Branch, Kaluga, Russia.

The article was submitted 19.04.2022; approved after reviewing 26.10.2022; accepted for publication 06.12.2022.