

Усовершенствованная фемтолазерная факоэмульсификация катаракты с плотным ядром



Ю.Н. Юсеф



Г.В. Воронин



С.Н. Юсеф



А.С. Введенский

Л. Алхарки, Н.Ю. Школяренко, Е.В. Резникова

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2020;17(4):733–738

Цель: разработка и клиническое изучение усовершенствованной технологии фемтолазерной факоэмульсификации (ФЭ) катаракты с плотным ядром. **Пациенты и методы.** Усовершенствованная фемтолазерная ФЭ катаракты с плотным ядром выполнена у 83 больных (93 глаза) (1-я группа), фемтолазерная ФЭ по известной методике, рекомендованной производителем, проведена у 72-х пациентов (78 глаз) (2-я группа), торсионная ФЭ — у 81 пациента (89 глаз) (3-я группа). Во всех группах оценивали степень интраоперационного миоза, эффективное время ультразвука, потерю клеток эндотелия роговицы. **Результаты.** Фемтолазерная ФЭ является эффективной методикой удаления катаракты с плотным ядром, которая позволяет значительно снизить энергетическую ультразвуковую нагрузку на ткани глаза. Предложенная методика инстилляций ингибиторов синтеза простагландинов и соблюдение минимального по возможности интервала между первым и вторым этапом вмешательства позволяют предупредить существенное интраоперационное сужение зрачка. Выраженное сужение зрачка (более чем на 2 мм) после фемтолазерного этапа отмечено в 7 (7,5 %) случаях в 1-й группе больных, в 15 (16,9 %) случаях во 2-й группе, в 5 случаях (6,4 %) в 3-й группе. Результаты исследования показали значительное уменьшение эффективного времени ультразвука при фемтолазерной ФЭ по сравнению с торсионной ФЭ. Эффективное время ультразвука было в 1-й группе (усовершенствованная технология фемтолазерной ФЭ) — $3,81 \pm 0,75$ с, во 2-й группе (известная технология фемтолазерной ФЭ) — $5,23 \pm 1,07$ с ($p < 0,05$), в 3-й группе (технология OZil) — $8,67 \pm 1,83$ с ($p < 0,05$). Уменьшение эффективного времени ультразвука стало определяющим фактором в снижении потери клеток эндотелия роговицы при обеих технологиях фемтолазерной ФЭ по сравнению с торсионной ФЭ. Средняя потеря клеток эндотелия роговицы через 3 месяца после операции составила $8,7 \pm 1,8$ % в 1-й группе, $10,3 \pm 2,1$ % во 2-й группе, $13,5 \pm 2,7$ % ($p < 0,05$) в 3-й группе пациентов. **Заключение.** Применение предложенной усовершенствованной технологии способствует решению ряда проблем, характерных для ФЭ с применением фемтосекундного лазера, а также обеспечивает возможность уменьшения эффективного времени ультразвука и потери клеток эндотелия роговицы.

Ключевые слова: катаракта, факоэмульсификация, фемтосекундный лазер, капсулорексис, фрагментация ядра

Для цитирования: Юсеф Ю.Н., Воронин Г.В., Юсеф С.Н., Введенский А.С., Алхарки Л., Школяренко Н.Ю., Резникова Е.В. Усовершенствованная фемтолазерная факоэмульсификация катаракты с плотным ядром. *Офтальмология*. 2020;17(4):733–738. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-733-738>

Прозрачность финансовой деятельности: Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует

Improved Femtosecond Laser-Assisted Phacoemulsification of Hard Nucleus Cataract

Y.N. Yusef, G.V. Voronin, S.N. Yusef, A.S. Vvedenskiy, L. Alkharki, N.Y. Shkolyarenko, E.V. Reznikova

Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2020;17(4):733–738

Purpose: The development and clinical study of improved femtosecond laser-assisted phacoemulsification (PE) technology of hard nucleus cataract. **Patients and methods.** Improved femtosecond laser-assisted PE of hard nucleus cataract performed in 83 patients (93 eyes) (1st group), known femtosecond laser-assisted PE technique performed in 72 patients (78 eyes) (2nd group), torsional PE performed in 81 patients (89 eyes) (3rd group). The degree of intraoperative myosis, effective ultrasound time, corneal endothelial cell loss were evaluated in all groups. **Results.** Femtosecond laser-assisted PE is an effective technique for hard nucleus cataract removal, which can significantly reduce the energy ultrasonic load on the eye tissue. The proposed method for the instillation of prostaglandin synthesis inhibitors and the observance of the minimum possible interval between the first and second stages of the operation can prevent significant intraoperative narrowing of the pupil. A significant narrowing of the pupil by more than 2 mm after the femtolaser stage was noted in 7 (7.5 %) cases in the 1st group of patients, in 15 (16.9 %) cases in the 2nd group, in 5 (6.4 %) cases in the 3rd group. The results of the study has shown a significant decrease in the effective ultrasound time for a femtosecond laser-assisted PE compared with a torsional PE. The effective ultrasound time was in the 1st group (improved technology of femtosecond laser-assisted PE) — 3.81 ± 0.75 , in the 2nd group (known technology of the femtosecond laser-assisted PE) — 5.23 ± 1.07 s ($p < 0.05$), in the 3rd group (OZil technology) — 8.67 ± 1.83 s ($p < 0.05$). The decrease in the effective ultrasound time has become a determining factor in reducing the loss of corneal endothelial cells in both femtosecond laser-assisted PE technologies compared to torsional PE. The average loss of corneal endothelial cells 3 months after surgery was 8.7 ± 1.8 % in the 1st group, 10.3 ± 2.1 % in the 2nd group, 13.5 ± 2.7 % ($p < 0.05$) in the 3rd group of patients. **Conclusion.** The proposed improved technology contributes to the solution of some problems that characterize femtosecond laser-assisted PE, and also helps to reduce the effective ultrasound time and the loss of corneal endothelial cells.

Keywords: cataract, phacoemulsification, femtosecond laser, capsulorhexis, nucleus fragmentation

For citation: Yusef Y.N., Voronin G.V., Yusef S.N., Vvedenskiy A.S., Alkharki L., Shkolyarenko N.Yu., Reznikova E.V. Improved Femtosecond Laser-Assisted Phacoemulsification of Hard Nucleus Cataract. *Ophthalmology in Russia*. 2020;17(4):733–738. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2020-4-733-738>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Важным этапом совершенствования технологии удаления катаракты стало внедрение в хирургическую практику фемтосекундного лазера, который позволяет выполнять ряд основных этапов хирургического вмешательства до вскрытия глазного яблока на новом, недостижимом для мануальной хирургической техники уровне [1–4]. Применение фемтосекундного лазера дает возможность получить практически идеальную центрацию и форму переднего капсулорексиса, а также обеспечить точность диаметра отверстия в передней капсуле до 0,01 мм. При этом достигается максимально возможная в настоящее время равномерность натяжения передней и задней капсулы хрусталика, что создает оптимальные условия для правильного полностью внутрикапсульного расположения интраокулярной линзы. Это особенно важно при имплантации современных мультифокальных ИОЛ с повышенными требованиями к качеству зрения в послеоперационном периоде [2, 5–7]. Использование фемтосекундного лазера обеспечивает возможность предварительной фрагментации ядра хрусталика до вскрытия глазного яблока. При этом программное обеспечение лазерной хирургической установки позволяет выполнять различные паттерны

фрагментации ядра. Это обуславливает существенное уменьшение эффективного времени ультразвука, что положительно сказывается на послеоперационном состоянии внутриглазных структур при прочих равных условиях по сравнению с чисто ультразвуковыми способами факоэмульсификации (ФЭ). Согласно результатам большинства исследований использование фемтосекундного лазера позволяет в несколько раз уменьшать эффективное время ультразвука [4, 8–10].

Однако имеющийся у нас опыт выполнения более 2000 операций ФЭ с фемтолазерным сопровождением выявил возможности совершенствования данной хирургической технологии, показал пути решения некоторых специфических для фемтолазерной ФЭ проблем. Учитывая повышенный, по сравнению со стандартной ФЭ, выброс простагландинов из радужной оболочки в ходе фемтолазерного этапа вмешательства, представляется целесообразным усилить медикаментозную профилактику интраоперационного сужения зрачка, которое может существенно затруднять эмульсификацию фрагментов ядра и повышать травматичность операции. Кроме того, проведение эмульсификации фрагментов ядра в условиях развившегося миоза связано с риском осложнений [9, 11, 12].

Ю.Н. Юсеф, Г.В. Воронин, С.Н. Юсеф, А.С. Введенский, Л. Алхарки, Н.Ю. Школяренко, Е.В. Резникова

Применение энергии лазерного излучения, в особенности повышенной мощности, для проведения капсулорексиса и предварительной фрагментации ядра хрусталика сопровождается негативным влиянием на ткани глазного яблока. Отмечена корреляция между уровнем энергии лазерного излучения и степенью выраженности воспалительной реакции в ответ на вмешательство [13–16], что обуславливает необходимость оптимизации параметров мощности фемтосекундного лазера в ходе выполнения переднего капсулорексиса и фрагментации ядра. Кроме того, представляет интерес поиск оптимальных паттернов лазерного воздействия на ядро хрусталика различной степени плотности при его предварительной фрагментации для максимально возможного снижения ультразвуковой энергетической нагрузки в ходе эмульсификации фрагментов.

Целью настоящего исследования явились разработка и клинический анализ усовершенствованной технологии фемтолазерной ФЭ катаракты с плотным ядром.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на основе результатов обследования и хирургического лечения 236 пациентов (260 глаз) со старческой катарактой и ядром хрусталика IV степени плотности по классификации Буратто. Пациенты были разделены на три группы, не отличающиеся существенно по возрасту ($p > 0,05$). В 1-й группе было 83 больных (93 глаза) в возрасте от 69 до 79 лет (в среднем $73,2 \pm 1,2$ года), которым была произведена фемтолазерная ФЭ по разработанной нами модифицированной технологии.

Во 2-ю группу были включены 72 пациента (78 глаз) в возрасте от 67 до 79 лет (в среднем $72,9 \pm 1,3$ года), которым была выполнена ФЭ с фемтолазерным капсулорексисом и предварительной фрагментацией ядра по известной и рекомендованной производителем технологии фемтолазерной ФЭ.

В 3-ю группу вошел 81 пациент (89 глаз) в возрасте от 67 до 79 лет (в среднем $72,6 \pm 1,2$ года), которым была произведена торсионная ФЭ по технологии OZil.

Пациентов с осложненной и травматической катарактой, псевдоэкзофалиативным синдромом, сопутствующей офтальмологической патологией, а также сахарным диабетом и другими тяжелыми соматическими заболеваниями в исследование не включали.

Комплексное офтальмологическое обследование выполняли до хирургического вмешательства и на 1-й, 3-й день, через 1 и 3 месяца после хирургического вмешательства. До операции и через 3 месяца после во всех случаях проводили исследование толщины и состояния эндотелия роговицы. Пахиметрические исследования и оценку плотности эндотелия роговицы выполняли с помощью бесконтактного эндотелиального микроскопа SP-3000P (фирма Торсон, Япония). В ходе исследования определяли толщину роговицы в центре и плотность клеток эндотелия роговицы (количество

клеток в 1 мм^2). Исходная плотность эндотелия роговицы не имела каких-либо существенных различий во всех трех группах больных ($p > 0,05$).

Диаметр зрачка оценивали с помощью окуляра с микрометром с точностью до 0,1 мм перед выполнением фемтолазерного этапа хирургического вмешательства и перед проведением тоннельного роговичного разреза на втором этапе.

Стандартизацию параметров ультразвукового воздействия осуществляли по общепринятой методике путем вычисления эффективного времени ультразвука (T) по формуле: $T = P \times t / 100 \%$, где P — мощность факосистемы в %, t — время в секундах.

Обработку полученных результатов выполняли стандартными статистическими методами: Microsoft Office Excel, где M — среднее арифметическое значение, σ — стандартное отклонение. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ

Наш опыт выполнения фемтолазерной ФЭ показал, что, в отличие от торсионной ФЭ (технология OZil), инстилляций ингибиторов синтеза простагландинов только за несколько часов до операции бывает недостаточно для предупреждения интраоперационного миоза при использовании фемтосекундного лазера, который используют для проведения капсулорексиса и фрагментации ядра. При применении усовершенствованной технологии фемтолазерной ФЭ (1-я группа) за 3 дня до операции пациентам проводили инстилляции ингибитора синтеза простагландинов 3 раза в день, а за 2 часа до операции 3 раза закапывали тот же препарат с интервалом 30 минут. Передний капсулорексис и предварительную фемтолазерную фрагментацию ядра выполняли с помощью лазерной хирургической системы Victus (Technolas Perfect Vision, Германия). Во всех случаях для полностью внутрикапсульной фиксации интраокулярной линзы (ИОЛ) диаметр капсулорексиса составлял 5,0–5,2 мм. С целью снижения лазерной энергетической нагрузки на ткани глазного яблока и предупреждения такого крайне нежелательного явления, как коагуляция передних кортикальных слоев в зоне лазерной капсулотомии и слипания их с внутренней поверхностью передней капсулы, что вызывает значительное затруднение их удаления при проведении предложенной нами методики (1-я группа), уменьшали мощность фемтосекундного лазера с 7000 нДж (2-я группа), согласно известной технологии, до 6700 нДж (1-я группа).

У больных с IV степенью плотности ядра хрусталика согласно усовершенствованной технологии фемтолазерной ФЭ формировали 4 радиальных сегмента ядра хрусталика в сочетании с циркулярным рассечением ядра (цилиндры) от 1 до 7 мм, используя энергию импульсов фемтосекундного лазера величиной 7700 нДж. С целью предупреждения сохранения не полностью разделенных

задних слоев ядра, что бывает в ряде случаев и требует дополнительных манипуляций, особенно при плотном ядре, при известной методике фемтолазерной ФЭ (2-я группа), в 1-й группе уменьшали расстояние от зоны предварительной фрагментации ядра фемтосекундным лазером до задней капсулы хрусталика с 700 мкм, согласно известной методике, до 500 мкм. При этом ни в одном случае не отмечали какого-либо повреждения задней капсулы хрусталика. Эмульсификацию сформированных лазером фрагментов ядра начинали выполнять с центральной зоны ядра, то есть в зоне максимального воздействия фемтосекундного лазера.

Во 2-й группе инстилляцией ингибитора синтеза простагландинов проводили по общепринятой методике — за 2 часа до операции с интервалом 30 минут. При проведении переднего кругового капсулорексиса мощность лазерных импульсов составляла согласно рекомендации производителя 7000 нДж. Для предварительной фемтолазерной фрагментации ядра выполняли 8 радиальных разрезов ядра с использованием мощности импульсов фемтосекундного лазера 8000–8300 нДж. Расстояние от зоны фрагментации ядра до задней капсулы составляло 700 мкм. Эмульсификацию сформированных фрагментов так же, как и в 1-й группе, начинали выполнять с центральной зоны ядра, где было максимальное воздействие фемтосекундным лазером.

Во всех случаях в 1-й и 2-й группах интервал между фемтолазерным воздействием и началом эмульсификации ядра не превышал 15 минут (от 5 до 14 минут): в 1-й группе в среднем $9,6 \pm 0,6$ минуты, во 2-й — $9,1 \pm 0,5$ минуты. Соблюдение интервала менее 15 минут между двумя основными этапами хирургического вмешательства является важным фактором предупреждения развития интраоперационного миоза в ходе фемтолазерной ФЭ. Эмульсификацию сформированных фрагментов в 1-й и 2-й группе больных выполняли с применением торсионной ФЭ и использованием установки Infiniti Vision System.

В 3-й группе инстилляцией ингибитора синтеза простагландинов проводили по общепринятой методике за 2 часа до операции с интервалом 30 минут. Выполняли мануальный круговой капсулорексис пинцетом диаметром 5,0–5,5 мм. Торсионную ФЭ осуществляли с использованием установки Infiniti Vision System (технология OZil), ядро фрагментировали по методике stop and chop.

В качестве вископротектора во всех группах использовали одинаковые препараты. Для интраокулярной коррекции афакии во всех трех группах внутрикапсулярно имплантировали гидрофобную акриловую ИОЛ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты применения усовершенствованной технологии фемтолазерной ФЭ показали ее высокую эффективность при удалении катаракты с плотным ядром (IV степени плотности). Все операции прошли без интраоперационных осложнений. Предложенная методика

инстилляций ингибиторов синтеза простагландинов и соблюдение минимального по возможности интервала между первым и вторым этапом вмешательства позволяют предупредить существенное интраоперационное сужение зрачка, которое является одной из проблем фемтолазерной ФЭ.

Выраженное сужение зрачка более чем на 2 мм после фемтолазерного этапа было значительно реже при использовании разработанной методики применения ингибиторов синтеза простагландинов и отмечено в 7 (7,5 %) случаях в 1-й группе больных, что не имеет существенных отличий от торсионной факоэмульсификации в 3-й группе, в которой оно отмечено в 5 случаях (6,4 %). В то же время во 2-й группе при применении стандартной методики инстилляций перед фемтолазерной ФЭ 3 раза только за 2 часа с интервалом 30 минут выраженное сужение зрачка выявлено в 15 (16,9 %) случаях.

Уменьшение мощности импульсов фемтосекундного лазера с 7000 до 6700 нДж в ходе выполнения переднего кругового капсулорексиса при усовершенствованной технологии хирургического вмешательства (1-я группа) позволило решить характерную для фемтолазерной ФЭ проблему, связанную с коагуляцией в ходе капсулорексиса передних слоев кортикальных масс и слипания их с передней капсулой хрусталика, что существенно затрудняет удаление кортикальных масс, увеличивает продолжительность манипуляций и требуемый объем ирригационного раствора и, как следствие, повышает травматичность всей операции, прежде всего в отношении эндотелия роговицы. Предложенная технология позволила уменьшить частоту этого крайне нежелательного явления с 11,5 % во 2-й группе до 1,1 % в 1-й группе. Возможно, с этим связан и отмеченный в 1 (1,3 %) случае во 2-й группе радиальный надрыв края переднего капсулорексиса, что связано с риском его распространения к экватору хрусталика, в то время как в 1-й и 3-й группах край капсулорексиса оставался ровным без признаков надрыва.

Результаты исследования показали значительное уменьшение эффективного времени ультразвука при фемтолазерной ФЭ по сравнению с торсионной ФЭ, что является важнейшим фактором снижения травматичности операции. Это отмечено и в ряде других современных исследований, посвященных ФЭ с фемтолазерным сопровождением [4, 9, 10]. В то же время, как показало проведенное исследование, уменьшение этого показателя зависит от выбора оптимального паттерна предварительной фемтолазерной фрагментации ядра хрусталика. Эффективное время ультразвука составило при использовании усовершенствованной технологии фемтолазерной ФЭ (1-я группа) $3,81 \pm 0,75$ с, при применении известной технологии фемтолазерной ФЭ (2-я группа) — $5,23 \pm 1,07$ с ($p < 0,05$), при использовании торсионной ФЭ (3-я группа) — $8,67 \pm 1,83$ с ($p < 0,05$) (табл.).

Таблица. Среднее эффективное время ультразвука по группам оперированных больных в секундах и процент потери клеток эндотелия

Table. Average effective ultrasound time by groups of operated patients in seconds and the percentage of endothelial cell loss

	Технология удаления катаракты / Cataract removal technology		
	усовершенствованная фемтолазерная ФЭ (1-я группа) / advanced Femto-Laser phacoemulsification (1st group)	известная методика фемтолазерной ФЭ (2-я группа) / classical Femto-Laser phacoemulsification (2nd group)	торсионная ФЭ (3-я группа) / torsion phacoemulsification (3rd group)
Эффективное время ультразвука (в секундах) / Effective ultrasound time (in seconds)	3,81 ± 0,75	5,23 ± 1,07* (p (1–2) < 0,05)	8,67 ± 1,83* (p (1–3) < 0,05) (p (2–3) < 0,05)
Потеря клеток эндотелия роговицы (в %) / Loss of corneal endothelial cells (in %)	8,7 ± 1,8	10,3 ± 2,1 (p (1–2) > 0,05)	13,5 ± 2,7* (p (1–3) < 0,05) (p (2–3) < 0,05)

Примечание: * — различия достоверны (p < 0,05).

Note: * — the differences are significant (p < 0.05).

Уменьшение эффективного времени ультразвука стало определяющим фактором в снижении потери клеток эндотелия роговицы при обеих технологиях фемтолазерной ФЭ по сравнению с торсионной ФЭ (табл.). Средняя потеря клеток эндотелия роговицы через 3 месяца после хирургического вмешательства составила 8,7 ± 1,8 % в 1-й группе, 10,3 ± 2,1 % — во 2-й группе, 13,5 ± 2,7% (p < 0,05) — в 3-й группе пациентов. При этом не отмечено каких-либо существенных изменений (p > 0,05) в результатах пахиметрии через 3 месяца после операции.

Во 2-й группе в 6 (7,7 %) случаях отмечено неполное разделение фемтосекундным лазером задних слоев ядра хрусталика. Для полного разделения задних слоев требовались дополнительные манипуляции шпателем и ультразвуковым наконечником. В 1-й группе, когда расстояние от зоны лазерной фрагментации до задней капсулы хрусталика было уменьшено с 700 до 500 мкм, во всех случаях было полное разделение задних слоев ядра хрусталика в ходе предварительной фемтолазерной фрагментации ядра.

Максимально скорректированная острота зрения не имела существенных отличий в трех группах пациентов и зависела от состояния нейрорецепторного аппарата глаза. В обеих группах после фемтолазерной ФЭ ИОЛ имела полностью внутрикапсульную фиксацию. Край оптики ИОЛ был на всем протяжении покрыт лоскутом передней капсулы хрусталика. В то же время в 3-й

группе после торсионной ФЭ с мануальной техникой выполнения переднего капсулорексиса при биомикроскопии с широким зрачком в 4 (4,5 %) случаях имел место сегментарный выход края оптики ИОЛ из-под края капсулорексиса, что было связано с несколько овальной формой выполненного пинцетом переднего капсулорексиса по сравнению с идеально круглой формой фемтолазерного капсулорексиса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фемтолазерная ФЭ является высокоэффективной методикой удаления катаракты с плотным ядром, которая позволяет значительно снизить энергетическую ультразвуковую нагрузку на ткани глаза в ходе хирургического вмешательства. Применение предложенной усовершенствованной технологии способствует решению ряда проблем, характерных для фемтолазерной ФЭ при выполнении переднего капсулорексиса и фрагментации плотного ядра хрусталика, а также позволяет уменьшать эффективное время ультразвука и потерю клеток эндотелия роговицы.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Юсеф Ю.Н. — концепция и дизайн исследования, написание текста;
Воронин Г.В. — научное редактирование;
Юсеф С.Н. — сбор и обработка материала;
Введенский А.С. — сбор и обработка материала, техническое редактирование;
Алхарки Л. — подготовка и оформление библиографии;
Школярченко Н.Ю. — сбор и обработка материала, написание текста;
Резникова Е.В. — сбор и обработка материала.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Nagy Z., Takacs A., Filkorn T., Sarayba M. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J. Refract. Surg.* 2009;25(12):1053–1060. DOI: 10.3928/1081597X-20091117-04
- Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Трубилин В.Н., Новак И.В. Факоэмульсификация катаракты с фемтолазерным сопровождением. Первый отечественный опыт. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2012;3:7–10. [Anisimova S.Yu., Anisimov S.I., Trubilin V.N., Novak I.V. Femtolaser-assisted phacoemulsification. The first domestic experience. *Cataract and Refractive Surgery = Kataraktalnaya i refraktsionnaya khirurgiya.* 2012;12(3):7–10 (In Russ.).]
- Аветисов С.Э., Мамиконян В.Р., Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Иванов М.Н., Аветисов К.С. Гибридная факоэмульсификация: новый этап в совершенствовании хирургии катаракты. *Вестник офтальмологии.* 2014;130(2):4–7. [Avetisov S., Mamikonyan V., Yusef Y., Yusef S., Ivanov M., Avetisov K. Hybrid phacoemulsification: a new stage in the improvement of cataract surgery. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2014;130(2):4–7 (In Russ.).]
- Nagy Z., Takacs A., Filkorn T., Kránitz K., Gyenes A., Juhász É., Sándor G., Kovacs I., Juhász T., Slade S. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.* 2014;40(1):20–28. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.08.046
- Nagy Z., Kránitz K., Takacs A., Miháltz K., Kovács I., Knorz M. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J. Refract. Surg.* 2011;27(8):564–569. DOI: 10.3928/1081597X-20110607-01
- Анисимова С.Ю., Трубилин В.Н., Трубилин А.В., Анисимов С.И. Сравнение механического и фемтосекундного капсулорексиса при факоэмульсификации катаракты. *Катарактальная и рефракционная хирургия.* 2012;12(4):16–18. [Anisimova S.Yu., Trubikin V.N., Trubilin A.V., Anisimov S.I. Compare mechanical and femtosecond capsulorhexis in phacoemulsification. *Cataract and Refractive Surgery = Kataraktalnaya i refraktsionnaya khirurgiya.* 2012;12(4):16–18 (In Russ.).]
- Аветисов К.С., Иванов М.Н., Юсеф Ю.Н., Юсеф С.Н., Асламязова А.Э., Фокина Н.Д. Морфологические и клинические аспекты передней капсулотомии в факохирургии с применением фемтосекундного лазера. *Вестник офтальмологии.* 2017;133(4):83–88. [Avetisov K.S., Ivanov M.N., Yusef Yu.N., Yusef S.N., Aslamazova A.E., Fokina N.D. Morphological and clinical aspects of anterior capsulotomy in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2017;133(4):83–88 (In Russ.).] DOI: 10.17116/ophthalma2017133483-88
- Chen X., Yu Y., Song X., Zhu Y., Wang W., Yao K. Clinical outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery for

- hard nuclear cataract. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(4):486–491. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.01.010
9. Dick H.B., Schultz T. A Review of Laser-Assisted Versus Traditional Phacoemulsification Cataract Surgery. *Ophthalmol Ther.* 2017;6:7–18. DOI: 10.1007/s40123-017-0080-z
 10. Bascaran L., Alberdi T., Martinez-Soraa I., Sarasqueta C., Mendicutie J. Differences in energy and corneal endothelium between femtosecond laser-assisted and conventional cataractsurgeries: prospective, intraindividual, randomized controlled trial. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(8):1308–1316. DOI: 10.18240/ijo.2018.08.10
 11. Jun J., Hwang K., Chang S., Joo C. Pupil-size alterations induced by photodisruption during femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J. Cataract Refract. Surg.* 2015;41(2):278–285. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.10.027
 12. Schultz T., Joachim S., Stellbogen M., Dick H. Prostaglandin release during femtosecond laser-assisted cataract surgery: main inducer. *J. Refract. Surg.* 2015;31(2):78–81. DOI: 10.3928/1081597X-20150122-01
 13. Mayer W.J., Klaproth O.K., Ostovic M., Hengerer F.H., Kohnen T. Femtosecond laser-assisted lens surgery depending on interface design and laser pulse energy: results of the first 200 cases. *Ophthalmologie.* 2014;111(12):1172–1177. DOI: 10.1007/s00347-014-3043-y
 14. Toto L., Calienno R., Curcio C., Mattei P., Mastropasqua A., Lanzini M., Mastropasqua L. Induced inflammation and apoptosis in femtosecond laser-assisted capsulotomies and manual capsulorhexes: an immunohistochemical study. *J. Refract. Surg.* 2015;31(5):290–294. DOI: 10.3928/1081597X-20150423-01
 15. Aly M.G., Shams A., Fouad Y.A., Hamza I. Effect of lens thickness and nuclear density on the amount of laser fragmentation energy delivered during femtosecond assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45(4):485–489. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.11.014
 16. Masuda Y., Igarashi T., Oki K., Kobayashi M., Takahashi H., Nakano T. Free radical production by femtosecond laser lens irradiation in porcine eyes. *J Cataract Refract Surg.* 2019;45(8):1168–1171. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.02.035

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Юсеф Юсеф Наим

доктор медицинских наук, врач-директор

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Воронин Григорий Викторович

доктор медицинских наук, руководитель отдела современных методов лечения в офтальмологии

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Юсеф Саид Наим

кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Введенский Андрей Станиславович

доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Алхарки Лаис

научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Школяренко Наталья Юрьевна

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»

Резникова Екатерина Васильевна

кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела современных методов лечения в офтальмологии

ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases

Yousef Yousef N.

MD, acting director

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases

Voronin Grigoriy V.

MD, head of the modern treatment methods in ophthalmology department

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases

Yousef Said N.

PhD, senior researcher of the modern treatment methods in ophthalmology department

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases

Vvedenskiy Andrej S.

MD, senior researcher of the modern treatment methods in ophthalmology department

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases

Alkharki L.

researcher of the modern treatment methods in ophthalmology department

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases

Shkolyarenko Natal'ya Y.

PhD, senior researcher of the modern treatment methods in ophthalmology department

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

Research Institute of Eye Diseases

Reznikova Ekaterina V.

PhD, researcher of the modern treatment methods in ophthalmology department

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation