

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ХОДЕ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ПЛОТНОСТИ

© А.В. Терещенко, И.Г. Трифаненкова, А.М. Иванов, М.В. Окунева, Н.А. Орлова

Калужский филиал Федерального государственного автономного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Калуга

Для цитирования: Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Иванов А.М., и др. Оптимизация энергетических параметров в ходе хирургии катаракты высокой степени плотности // Офтальмологические ведомости. — 2020. — Т. 13. — № 2. — С. 23–30. <https://doi.org/10.17816/OV34142>

Поступила: 07.04.2020

Одобрена: 14.05.2020

Принята: 25.06.2020

✧ **Цель** — разработать комбинированную методику предварительной ИАГ-лазерной фрагментации и фемтолазерного воздействия на приборе CATALYS и оценить её роль в уменьшении временных и энергетических параметров хирургии катаракты высокой степени плотности.

Материал и методы. В исследование были включены 118 пациентов (118 глаз) с возрастной катарактой 3-й и 4-й степени плотности ядра хрусталика. В основной группе перед факоэмульсификацией катаракты (ФЭК) с фемтолазерным сопровождением и имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) проводили предварительную ИАГ-лазерную факофрагментацию ядра хрусталика. В первой контрольной группе выполняли ФЭК с фемтолазерным сопровождением и имплантацией ИОЛ. Во второй контрольной группе — ФЭК с имплантацией ИОЛ. **Результаты.** Достигнуто снижение энергии фемтолазерного воздействия на 35 % при 3-й степени плотности ядра хрусталика и на 40 % — при 4-й степени по сравнению с проведением ФЭК с фемтолазерным сопровождением без предварительной ИАГ-лазерной факофрагментации; снижение кумулятивной энергии ультразвука на 38 % при 3-й степени плотности ядра хрусталика и на 42 % — при 4-й степени по сравнению с изолированной ультразвуковой ФЭК. **Заключение.** Предложенная модификация методики комбинированного ИАГ-лазерного и фемтолазерного воздействия позволяет достичь полноценной фрагментации ядра хрусталика высокой степени плотности в ходе хирургии катаракты, способствует минимизации риска осложнений и быстрой послеоперационной реабилитации пациентов.

✧ **Ключевые слова:** катаракта; факоэмульсификация; ИАГ-лазерная факофрагментация; фемтолазерное сопровождение.

OPTIMIZATION OF ENERGY PARAMETERS DURING SURGERY OF HIGH-DENSITY CATARACT

© A.V. Tereshchenko, I.G. Trifanenkova, A.M. Ivanov, M.V. Okuneva, N.A. Orlova

Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga, Russia

For citation: Tereshchenko AV, Trifanenkova IG, Ivanov AM, et al. Optimization of energy parameters during surgery of high-density cataract. *Ophthalmology Journal*. 2020;13(2):23-30. <https://doi.org/10.17816/OV34142>

Received: 07.04.2020

Revised: 14.05.2020

Accepted: 25.06.2020

✧ **The goal** is to develop a combined technique for preliminary YAG laser fragmentation and Femto laser exposure on a CATALYS device and to evaluate its role in reducing the time and energy parameters of a surgery of high-density cataract. **Material and methods.** The study included 118 patients (118 eyes) with age-related cataracts of the 3rd and 4th degrees of lens nucleus density. In the main group, before phacoemulsification (PE) with a Femto laser support and IOL implantation, preliminary YAG laser phacofragmentation of the lens nucleus was performed. In the first control group, PE was performed with Femto laser support and IOL implantation. In the second control group — PE with IOL implantation. **Results.** A 35% decrease in the energy of the Femto laser action at a 3rd degree of lens nucleus density was achieved, and 40% — at the 4th degree, in comparison with the PE with the Femto laser support without preliminary YAG laser phacofragmentation, a 38% decrease in the cumulative ultrasound energy at 3rd degree of the lens nucleus density, and 42% at 4th degree compared with isolated ultrasonic cataract phacoemulsification.

Conclusion. The proposed modification of the technique of combined YAG laser and Femto laser exposure allows achieving during cataract surgery a complete fragmentation of the lens nucleus of a high degree of density, helps minimizing the risk of complications and reaching quick postoperative rehabilitation of patients.

✧ **Keywords:** cataract; phacoemulsification; YAG laser phacofragmentation; femtosecond laser support.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Ультразвуковая факоэмульсификация катаракты (ФЭК) в настоящее время является самой распространённой и тщательно отработанной методикой хирургического лечения данной патологии [1]. Однако ФЭК с высокой степенью плотности ядра хрусталика по-прежнему заслуживает особого внимания, поскольку требует увеличения энергетических и временных параметров ультразвукового воздействия и количества хирургических манипуляций [2, 3].

В связи с этим актуальным является поиск пред- и интраоперационных методик воздействия на ядро катарактального хрусталика высокой степени плотности для снижения ультразвуковой энергетической нагрузки на структуры глаза, уменьшения времени операции и минимизации риска осложнений в ходе операции.

Особый интерес представляет использование методики предварительной ИАГ-лазерной факофрагментации, которая была разработана в 2002 г. в Калужском филиале МНТК «Микрохирургия глаза» и по-прежнему успешно применяется. Данный метод позволяет эффективно расслоить хрусталиковые волокна в ядрах высокой степени плотности путём локального и дозированного ИАГ-лазерного воздействия. Это даёт возможность значительно снизить суммарную энергетическую нагрузку во время последующей ФЭК [4].

Тенденция последнего десятилетия в хирургии катаракты — активное использование фемтосекундного лазерного сопровождения. Это позволяет автоматизировать ответственные этапы операции, в том числе выполнить фемтолазерную фрагментацию ядра хрусталика, и, тем самым, уменьшить суммарную ультразвуковую энергию в ходе ФЭК и продолжительность операции, что приводит к более точным и предсказуемым функциональным результатам и снижению частоты осложнений [5].

Однако для фрагментации хрусталиков с высокой степенью плотности ядра необходимо увеличивать энергию фемтосекундного лазерного излучения. Это вызывает избыточное образование кавитационных пузырьков, что может привести к разрыву задней капсулы хрусталика (синдрому

капсулярного блока) и дислокации фрагментов хрусталика в витреальную полость [6].

Кроме того, попытки фрагментации фемтолазером ядер высокой степени плотности в подавляющем проценте случаев завершаются частичной, либо псевдофрагментацией ядра хрусталика.

Цель — разработать комбинированную методику предварительной ИАГ-лазерной фрагментации и фемтолазерного воздействия на приборе CATALYS и оценить её роль в уменьшении временных и энергетических параметров хирургии катаракты высокой степени плотности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 114 пациентов (114 глаз) с возрастной катарактой 3-й и 4-й степени плотности ядра хрусталика по классификации К.В. Бойко (2013). Средний возраст составил 64 ± 12 лет. Все пациенты были разделены на основную и две контрольные группы в зависимости от метода хирургического лечения. В основной группе (21 глаз с катарактой 3-й степени и 17 глаз с катарактой 4-й степени) перед ФЭК с фемтолазерным сопровождением и имплантацией ИОЛ проводили предварительную ИАГ-лазерную факофрагментацию ядра хрусталика. В первой контрольной группе (19 глаз с катарактой 3-й степени и 19 глаз с катарактой 4-й степени) выполняли ФЭК с фемтолазерным сопровождением и имплантацией ИОЛ. Во второй контрольной группе (20 глаз с катарактой 3-й степени и 18 глаз с катарактой 4-й степени) — ФЭК с имплантацией ИОЛ.

Дооперационное обследование помимо стандартных включало специальные методы: измерение оптической плотности хрусталика, эндотелиальную микроскопию, ультразвуковую биомикроскопию. Количественную оценку оптической плотности хрусталика осуществляли с использованием прибора Oculus Pentacam HR (США). Предварительную ИАГ-лазерную фрагментацию ядра хрусталика выполняли на ИАГ-лазере Visulas YAG III (Carl Zeiss Meditec AG, Германия).

В ходе предварительной ИАГ-лазерной факофрагментации лазерные импульсы наносили на периферии ядра хрусталика с минимальной

энергией ИАГ-лазера с постепенным увеличением энергии до получения расслаивания ядра хрусталика и последующим перемещением лазерных аппликаторов в центральную зону ядра.

Фемтолазерное воздействие на ядро хрусталика в основной группе и в первой контрольной группе выполняли с использованием фемтолазера CATALYS Precision Laser System (Optimedica, Santa Clara, CA, США). Преимуществами данной фемтолазерной системы являются широкий спектр паттернов фрагментации хрусталика, возможность изменения и дозирования параметров фемтолазерной энергии импульсов в передних и задних слоях хрусталика, а также расстояния между этими импульсами. Фрагментация может проходить по линиям раскола хрусталика на сегменты, а также дополнительно в виде сетчатой структуры между сегментами. Кроме того, можно изменять число повторений обработки выбранных линий сегментации в паттерне фрагментации хрусталика по мере прохода лазера по сегментирующей части паттерна в зависимости от плотности и толщины хрусталика.

В основной группе фемтолазерное сопровождение ФЭК состоялось на следующий день после предварительной факофрагментации (ПФФ). Энергия на этапе вскрытия передней капсулы во всех случаях была одинаковой и составляла 0,2 Дж. Фрагментацию ядра хрусталика проводили по трём меридианам на 6 равных сегментов. Фемтолазерные резы располагались в безопасной зоне на расстоянии 500 микрон от передней капсулы хрусталика и соответствовали высоте ядра хрусталика, рассчитанной при помощи системы INTEGRAL GUIDANCE System, что исключало фемтолазерное воздействие на менее плотные кортикальные слои и избыточное образование вакуолей. Дополнительная фрагментация для размягчения хрусталика выполнялась в виде резов сетчатой структуры, расстояние между линиями сетки составляло 350 мкм,

а расстояние между сегментацией и размягчением — 200 мкм (рис. 1).

Для полноценной фрагментации ядер катарактальных хрусталиков 3-й и 4-й степеней плотности, рекомендованных производителем фемтолазера, энергетических параметров было недостаточно. Поэтому мы разработали алгоритм оптимизации данных параметров, который заключался в увеличении энергии импульса с шагом 0,5 мкДж и числа повторений сегментации при минимальной энергетической нагрузке на структуры глаза. Таким образом, для фрагментации ядра хрусталика 3-й степени плотности мы использовали 5,4 Дж энергии фемтолазера (в передних слоях хрусталика энергия одного импульса составляла 8 мкДж, в задних слоях — 10 мкДж) и 4–5 повторений сегментации. Для фрагментации ядра хрусталика 4-й степени плотности использовали 8,17 Дж энергии (в передних слоях хрусталика энергия одного импульса составляла 8 мкДж, в задних слоях — 10 мкДж) и 6–7 повторений сегментации.

Последующая ФЭК выполнялась по стандартной методике «фако-чоп».

Во время факоэмульсификации проводилась оценка полноты и качества лазерных резов в толще ядра хрусталика по предложенной нами ранее классификации [7–9]. Удовлетворительной считалась полная фрагментация. Кроме того, интраоперационно оценивали энергетические параметры ультразвука и количество используемой жидкости.

В первой контрольной группе для фрагментации ядра хрусталика 3-й степени плотности использовали 8,4 Дж энергии фемтолазера, для фрагментации ядра хрусталика 4-й плотности — 13,6 Дж энергии.

Во второй контрольной группе проводили изолированную ФЭК по стандартной методике «фако-чоп» с имплантацией ИОЛ.



Рис. 1. Фрагментация хрусталика на 6 равных фрагментов с дополнительной решеткой для размягчения хрусталика

Fig. 1. Fragmentation of the lens into 6 equal fragments with an additional grid to soften the lens

РЕЗУЛЬТАТЫ

В основной группе проведение предварительной ИАГ-лазерной деструкции обеспечило равномерное расслоение хрусталиковых волокон по сформированным кавитационным вакуолям. Для 3-й степени плотности была характерна деструкция ядра по смешанному типу в виде «пузырьков» и «лепестков». Для 4-й степени плотности — с преобладанием «лепестков» (рис. 2).

Полученные в результате предварительной ИАГ-лазерной факофрагментации кавитационные вакуоли не препятствовали качественной визуализации структур переднего отрезка глаза оптической когерентной томографической (ОКТ) системой фемтосекундного лазера и, соответственно, точности запланированного фемтолазерного воздействия (рис. 3).

Оценка результатов фемтоассистированной хирургии катаракты после предварительного ИАГ-лазерного воздействия показала, что при фрагментации ядер хрусталика 3-й и 4-й плотностей с использованием 3,5 и 8,17 Дж энергии фемтолазера соответственно удалось получить полноценное разделение ядра хрусталика (рис. 4).

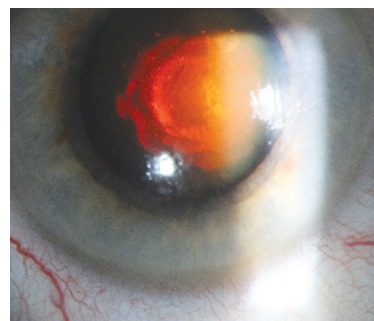
Применение выбранных параметров фемтосекундного лазера позволило фрагментировать ядро хрусталика по всей его толщине, исключая избыточное образование кавитационных пузырьков, что технически не усложняло последующие этапы гидродиссекции и гидроделинеации.

В первой контрольной группе, где выполняли ФЭК с фемтолазерным сопровождением, но без предварительной ИАГ-ПФФ, после фемтолазерной фрагментации ядер 3-й степени плотности в 60 % случаев мы наблюдали частичную фрагментацию ядра хрусталика, а при 4-й степени — в 80 % случаев наблюдалась фрагментация поверхностных слоев хрусталика, или псевдофрагментация.

Сравнительный анализ полученных значений лазерной энергии в основной и контрольной группах показал, что у пациентов с катарактой 3-й степени плотности проведение ИАГ-лазерной ПФФ с энергией 0,1 Дж позволило уменьшить суммарную лазерную энергию с 8,4 Дж при проведении ФЭК с фемтолазерным сопровождением до 5,4 Дж при применении разработанной нами комбинированной методики, что снижает



a



b

Рис. 2. Предварительная ИАГ-лазерная фрагментация: *a* — ядра катарактального хрусталика 3-й степени плотности; *b* — ядра катарактального хрусталика 4-й степени плотности

Fig. 2. Preliminary YAG laser fragmentation: *a* — of a cataractous lens nucleus of the 3rd degree of density; *b* — of a cataractous lens nucleus of the 4th degree of density

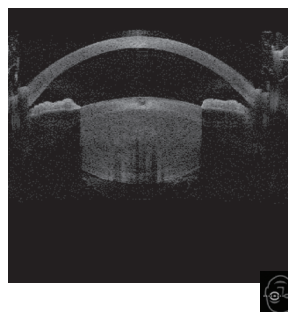
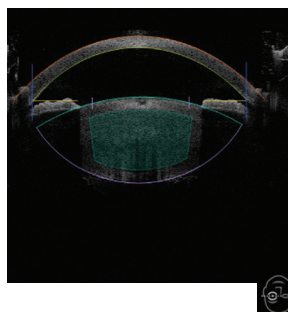


Рис. 3. Оптическая когерентная томограмма переднего отрезка глаза

Fig. 3. Optical coherence tomography of the anterior segment of the eye

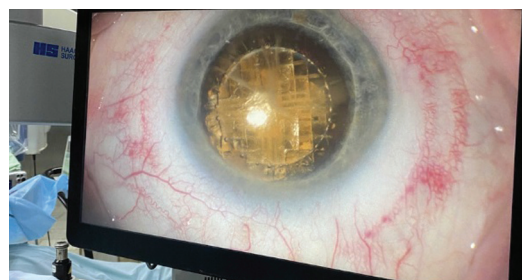


Рис. 4. Равномерное распределение кавитационных пузырьков. Полноценная фрагментация без избыточной пневмодиссекции

Fig. 4. Uniform distribution of cavitation bubbles. Complete fragmentation without excessive pneumodissection

суммарную энергетическую нагрузку на 35 %. У пациентов с катарактой 4-й степени плотности проведение ИАГ-лазерной ПФФ с энергией 0,2 Дж позволило уменьшить суммарную лазерную энергию с 13,6 Дж при проведении ФЭК с фемтолазерным сопровождением до 8,17 Дж при применении разработанной нами комбинированной методики, что снижает суммарную энергетическую нагрузку на 40 %.

Сравнивая параметры ФЭК в основной и контрольных группах при 3-й степени плотности ядра хрусталика, необходимо отметить, что в основной группе кумулятивная ультразвуковая энергия уменьшилась на 38 %, общее время ультразвукового воздействия — на 48 %, объем аспирируемой жидкости — на 28 % по сравнению со второй контрольной группой, где выполняли ФЭК без дополнительных лазерных воздействий.

В первой контрольной группе, после изолированной фемтолазерной фрагментации, мы отметили уменьшение значений кумулятивной энергии ультразвука на 16 %, общего времени ультразвукового воздействия на 39 % и объема аспирируемой жидкости на 16 % по сравнению со второй контрольной группой (табл. 1).

При 4-й степени плотности ядра хрусталика в основной группе кумулятивная энергия ультразвука при ФЭК уменьшилась на 42 %, общее время ультразвукового воздействия — на 47 %, объем аспирируемой жидкости — на 28 %. В первой контрольной группе, после изолированной фемтолазерной фрагментации ядер, отмечено уменьшение кумулятивной энергии ультразвука на 24 %, общего времени ультразвукового воздействия на 39 %, объем аспирируемой жидкости на 14 %, по сравнению со второй контрольной группой (табл. 2).

Таблица 1 / Table 1

Сравнение значений лазерной энергии и параметров факотомульсификации катаракты в основной и контрольных группах при 3-й степени плотности ядра хрусталика

Comparison of laser energy values and PE parameters in the main and control groups at the 3rd degree of the lens nucleus density

Параметры	Основная группа	Контрольная группа 1	Контрольная группа 2
Суммарная лазерная энергия, Дж	5,4 (↓35 %) (5,3 ФСП + 0,1 ИАГ)	8,4	—
Тип фрагментации	Полноценная	Частичная в 60 % случаев	—
Пневмодиссекция	Безопасная	Избыточная	—
Кумулятивная ультразвуковая энергия, Дж	7,1 ± 1,9 (↓38 %)	9,8 ± 1,3 (↓16 %)	11,6 ± 2
Общее время ультразвукового воздействия, с	45 ± 7 (↓48 %)	52,4 ± 6 (↓39 %)	86 ± 7
Объем аспирируемой жидкости, мл	70 ± 7 (↓28 %)	82 ± 5 (↓16 %)	98 ± 10

Таблица 2 / Table 2

Сравнение значений лазерной энергии и параметров факотомульсификации катаракты в основной и контрольных группах при 4-й степени плотности ядра хрусталика

Comparison of laser energy values and PE parameters in the main and control groups at the 4th degree of the lens nucleus density

Параметры	Основная группа	Контрольная группа 1	Контрольная группа 2
Суммарная лазерная энергия, Дж	8,37 (↓40 %) (8,17 ФСП + 0,2 ИАГ)	13,6	—
Тип фрагментации	Полноценная	Псевдофрагментация в 80 % случаев	—
Пневмодиссекция	Безопасная	Избыточная	—
Кумулятивная ультразвуковая энергия, Дж	9,7 ± 1,6 (↓42 %)	12,8 ± 1,8 (↓24 %)	16,9 ± 1,8
Общее время ультразвукового воздействия, с	51 ± 4 (↓47 %)	59 ± 6 (↓39 %)	97 ± 7
Объем аспирируемой жидкости, мл	78 ± 6 (↓28 %)	93 ± 4 (↓14 %)	108 ± 9

ОБСУЖДЕНИЕ

Современная технология хирургии катаракты обеспечивает высокие зрительные функции уже в раннем послеоперационном периоде. Это позволило перевести ФЭК в разряд амбулаторной хирургии [1].

Однако в ходе ФЭК 3-й и 4-й степени плотности для полноценной фрагментации ядра хрусталика необходимо увеличивать энергию ультразвука, что сопряжено с высоким риском осложнений, как интраоперационных (повреждение эндотелия роговицы, связочного аппарата хрусталика, задней капсулы хрусталика), так и послеоперационных, ранних (реактивная гипертензия, иридоциклит, гифема) и поздних (эпителиально-эндотелиальная дистрофия, синдром Ирвина — Гасса) [2, 3]. Поэтому нами была разработана комбинированная методика предварительной ИАГ-лазерной фрагментации и интраоперационного фемтолазерного воздействия [7–10].

В ранее проведенных специалистами Калужского филиала МНТК «Микрохирургия глаза» исследованиях было доказано, что использование предварительной ИАГ-лазерной факофрагментации способствует снижению суммарной ультразвуковой энергии, не вызывает изменений гидродинамических показателей и безопасна для структур глаза [4].

Новые возможности по оптимизации и снижению энергетической нагрузки в ходе ФЭК плотных катаракт открываются при использовании фемтолазерной системы CATALYS Precision Laser System (OptiMedica, США). Данная система сочетает в себе фемтосекундный лазер, мягкий жидкостный интерфейс оптики (Liquid optics interface) и интегрированную трёхмерную полнообъемную ОКТ для создания точных лазерных резов в хрусталике и роговице. Для выполнения процедуры используются сверхкороткие импульсы инфракрасного лазера, энергия одного импульса составляет 1–10 мкДж. Каждый фемтосекундный лазерный импульс вызывает строго локализованное образование плазмы с последующей кавитацией, которая разрушает лишь микроны тканей при одном импульсе [11].

При помощи данной лазерной системы фрагментация ядра хрусталика может проходить не только по линиям раскола хрусталика на сегменты, а также дополнительно в виде сетчатой структуры между сегментами. Кроме того, предусмотрена возможность изменять число повторений обработки выбранных линий сегментации в зависимости от плотности и толщины хрусталика [12–14].

В настоящей работе предложена комбинированная методика предварительной ИАГ-лазерной фрагментации и фемтолазерного воздействия на приборе CATALYS и проведена оценка её роли в уменьшении энергетических параметров хирургии катаракты высокой степени плотности.

Было установлено, что проведение предварительной ИАГ-лазерной фрагментации ядра катарактального хрусталика не препятствует качественной визуализации структур переднего отрезка глаза ОКТ-системой фемтосекундного лазера и, соответственно, не снижает точность выполнения последующего фемтолазерного воздействия.

Сравнение энергетических параметров в группах исследования показало, что у пациентов с катарактой 3-й степени плотности применение комбинированной методики обеспечивает снижение кумулятивной энергии ультразвука на 38 %, общего времени работы ультразвука — на 48 %, объёма аспирируемой жидкости — на 28 %, по сравнению с изолированной ФЭК.

У пациентов с катарактой 4-й степени плотности сочетанное использование предварительного ИАГ-лазерного воздействия за день до хирургии и фемтосекундного лазерного сопровождения ФЭК позволило уменьшить кумулятивную энергию ультразвука на 42 %, общее время ультразвукового воздействия — на 47 %, объём аспирируемой жидкости — на 28 % в сравнении с ФЭК, проводимой без дополнительных лазерных воздействий на ядро катарактального хрусталика.

ВЫВОДЫ

Предложенная модификация методики комбинированного ИАГ-лазерного и фемтолазерного воздействия позволяет достичь полноценной фрагментации ядра хрусталика высокой степени плотности в ходе хирургии катаракты.

Применение данной методики позволяет снизить энергию фемтолазерного воздействия на 35 % при 3-й степени плотности ядра хрусталика и на 40 % при 4-й степени, по сравнению с проведением ФЭК с фемтолазерным сопровождением без предварительной ИАГ-лазерной факофрагментации, снизить кумулятивную энергию ультразвука на 38 % при 3-й степени плотности ядра хрусталика и на 42 % при 4-й степени, по сравнению с изолированной ультразвуковой факоэмульсификацией катаракты, что способствует минимизации риска осложнений и быстрой послеоперационной реабилитации пациентов.

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

Конфликт интересов отсутствует.

Информация о вкладе каждого автора. А.В. Терещенко, И.Г. Трифаненкова — концепция и дизайн исследования, написание текста; А.М. Иванов, М.В. Окунева, Н.В. Орлова — анализ полученных данных, хирургическое лечение, диагностические исследования, написание текста; М.В. Окунева, Н.В. Орлова — сбор и обработка материалов, хирургическое лечение, диагностические исследования, написание текста, обзор литературы.

ЛИТЕРАТУРА

- Chan E, Mahroo OA, Spalton DJ. Complications of cataract surgery. *Clin Exp Optom*. 2010;93(6):379-389. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2010.00516.x>.
- Daïen V, Le Pape A, Heve D, et al. Incidence, risk factors, and impact of age on retinal detachment after cataract surgery in France: a national population study. *Ophthalmology*. 2015;122(11):2179-2185. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.07.014>.
- Blomquist PH, Morales ME, Tong L, Ahn C. Risk factors for vitreous complications in resident-performed phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(2):208-214. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.10.001>.
- Терещенко А.В. Оптимизация энергетических параметров ультразвуковой и лазерной хирургии катаракты с помощью предварительного транскорнеального эндокапсулярного ИАГ-лазерного воздействия на ядра катарактальных хрусталиков // Вестник офтальмологии. — 2003. — Т. 119. — № 5. — С. 22–24. [Tereshchenko AV. Optimization of energy parameters of ultrasound and laser cataract surgery with a preliminary transcorneal endocapsular yag-laser impact exerted on the cataract lens nuclei. *Vestnik oftalmologii*. 2003;119(5):22-24. (In Russ.)]
- Hatch KM, Schultz T, Talamo JH, Dick HB. Femtosecond laser-assisted compared with standard cataract surgery for removal of advanced cataracts. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(9):1833-1838. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.10.040>.
- Анисимова С.Ю., Анисимов С.И., Новак И.В., и др. Результаты факоэмульсификации катаракты с фемтолазерным сопровождением // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: Сб. научных статей. — М., 2013. — С. 31–35. [Anisimova SYu, Anisimov SI, Novak IV, et al. The results of phacoemulsification of cataract with femtosecond laser accompaniment. In: *Sovremennyye tekhnologii kataraktal'noy i refraktsionnoy khirurgii*: Sb. nauchnykh statey. Moscow; 2013. P. 31-35. (In Russ.)]
- Окунева М.В., Терещенко А.В., Гречанинов В.Б., Сидорова Ю.А. Фемто- и YAG-лазерные техники факофрагментации в хирургии катаракты // Современные технологии в офтальмологии. — 2016. — № 5. — С. 67–69. [Okuneva MV, Tereshchenko AV, Grechaninov VB, Sidorova YuA. Femto- and YAG-laser techniques of phacofragmentation in cataract surgery. *Sovremennyye tekhnologii v oftalmologii*. 2016;(5):67-69. (In Russ.)]
- Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., Романенко С.Я., и др. Фемтолазерная хирургия катаракты при различной степени плотности ядра хрусталика // Современные технологии в офтальмологии. — 2016. — № 5. — С. 93–95. [Tereshchenko AV, Trifanenkova IG, Romanenko SYa, et al. Cataract femtolaser surgery for varying degrees of lens core density. *Sovremennyye tekhnologii v oftalmologii*. 2016;(5):93-95. (In Russ.)]
- Романенко С.Я., Терещенко А.В., Трифаненкова И.Г., и др. Энергетические параметры фемтолазерного сопровождения хирургии катаракты при различной степени плотности ядра хрусталика // Практическая медицина. — 2016. — № 6. — С. 145–148. [Romanenko SYa, Tereshchenko AV, Trifanenkova IG, et al. Energy parameters of femtosecond laser cataract surgery support at different degrees of the lens nucleus density. *Prakticheskaya meditsina*. 2016;(6):145-148. (In Russ.)]
- Гречанинов В.Б., Терещенко А.В., Белый Ю.А., Демьянченко С.К. Лазерная деструкция катарактальных хрусталиков высокой степени плотности // Современные технологии в офтальмологии. — 2016. — № 4. — С. 66–68. [Grechaninov VB, Tereshchenko AV, Belyi YuA, Dem'yanchenko SK. Laser destruction of high-density cataract lenses. *Sovremennyye tekhnologii v oftalmologii*. 2016;(4):66-68. (In Russ.)]
- Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with conventional cataract surgery. *Clin Exp Ophthalmol*. 2013;41(5):455-462. <https://doi.org/10.1111/ceo.12025>.
- Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Toward Zero Effective Phacoemulsification Time Using Femtosecond Laser Pretreatment. *Ophthalmology*. 2013;120(5):942-948. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2012.11.045>.
- Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Effect of fs laser fragmentation on EPT in cataract surgery. *J Refract Surg*. 2012;28(12):879-884. <https://doi.org/10.3928/1081597X-20121116-02>.
- Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Effect of fs laser fragmentation of the nucleus with different softening grid sizes on effective phaco time in cataract surgery. *J Refract Surg*. 2012;38(11):1888-1894. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.07.023>.

Сведения об авторах

Александр Владимирович Терещенко — д-р мед. наук, Заслуженный врач Российской Федерации, директор Калужского филиала. Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга. E-mail: nauka@eye-kaluga.com.

Information about the authors

Alexander V. Tereshchenko — MD, Honored Doctor of the Russian Federation, Director of the Kaluga Branch. The Kaluga Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga. Email: nauka@eye-kaluga.com.

Сведения об авторах

Ирина Георгиевна Трифаненкова — канд. мед. наук, заместитель директора по научной работе. Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга. E-mail: nauka2@eye-kaluga.com

Александр Михайлович Иванов — канд. мед. наук, заместитель директора по лечебной работе. Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга. E-mail: nauka@eye-kaluga.com.

Марина Владимировна Окунева — канд. мед. наук, зав. отделением хирургии катаракты. Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга. E-mail: nauka2@eye-kaluga.com.

Наталья Андреевна Орлова — врач-офтальмолог. Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга. Email: nauka@eye-kaluga.com.

Information about the authors

Irina G. Trifanenkova — Candidate of Medical Sciences, Deputy Director for Scientific Work. The Kaluga Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga. E-mail: nauka2@eye-kaluga.com.

Alexander M. Ivanov — Candidate of Medical Sciences, Deputy Director for Medical Work. The Kaluga branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga. Email: nauka@eye-kaluga.com.

Marina V. Okuneva — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Cataract Surgery. The Kaluga Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga. Email: nauka2@eye-kaluga.com

Natalya A. Orlova — Ophthalmologist. The Kaluga Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Kaluga. E-mail: nauka@eye-kaluga.com.