

Editor

Zoltán Z. Nagy

FEMTOSECOND LASER-ASSISTED CATARACT SURGERY

▶ FACTS AND RESULTS ◀

SLACK Incorporated

FEMTOSECOND LASER-ASSISTED CATARACT SURGERY

▶ FACTS AND RESULTS ◀

FEMTOSECOND LASER-ASSISTED CATARACT SURGERY

► FACTS AND RESULTS ◀

Отредактировано

Золтан Профессор З. Надь, офтальмолог, доктор
медицинских наук, доктор
медицинских наук

Кафедра офтальмологии
Университета Земмельвейса,
Будапешт, Венгрия

SLACK
INCORPORATED

Классические статьи в разделе II ранее были опубликованы в виде статей в журнале рефракционной хирургии.

www.Healio.com/books

Авторские права © SLACK Incorporated, 2014.

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена, сохранена в поисковой системе или передана в любой форме и любыми средствами, электронными, механическими, фотокопированием, записью или иным образом, без письменного разрешения издателя, за исключением кратких цитат, включенных в критические статьи и отзывы.

Процедуры и методы, описанные в этой публикации, должны применяться в соответствии с профессиональными стандартами, установленными для обстоятельств, применимых в каждой конкретной ситуации. Приложены все усилия, чтобы подтвердить достоверность представленной информации и правильно соотнести общепринятые практики. Авторы, редакторы и издатель не могут нести ответственность за ошибки или исключения, а также за результаты представленных здесь материалов. На эту книгу или информацию, содержащуюся в ней, не дается никаких явных или подразумеваемых гарантий.

Были приняты меры для обеспечения того, чтобы выбор лекарств и их дозировка соответствовали общепринятой/рекомендуемой практике. Можно обсудить использование препаратов не по назначению. В связи с продолжающимися исследованиями, изменениями в государственной политике и правилах, а также различными последствиями реакций и взаимодействий лекарственных средств читателю рекомендуется внимательно просмотреть все материалы и литературу, предоставленные по каждому препарату, особенно те, которые являются новыми или используются нечасто. Некоторые лекарства или устройства, упомянутые в этой публикации, имеют разрешение на использование в ограниченных исследовательских условиях Управлением по контролю за продуктами и лекарствами или FDA. Каждый специалист должен определить статус FDA любого препарата или устройства перед использованием в своей практике.

Любой обзор или упоминание конкретных компаний или продуктов не является одобрением со стороны автора или издателя.

SLACK Incorporated использует процесс проверки для оценки представленных материалов. Перед публикацией преподаватели или врачи предоставляют важные отзывы о публикуемом нами контенте. Мы приветствуем отзывы о данной работе.

Опубликовано: SLACK Incorporated, 6900 Grove Road, Торофэр, Нью-Джерси 08086 США
Телефон: 856-848-1000, Факс: 856-848-6091, www.Healio.com/books.

Свяжитесь с SLACK Incorporated для получения дополнительной информации о других книгах в этой области или о доступности наших книг у дистрибьюторов за пределами США.

Данные каталогизации публикаций Библиотеки Конгресса

Надь, Золтан З. (ZoltanZsolt), 1961- автор.

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты: факты и результаты / Золтан З. Надь.

п. ; см.

Включает библиографические ссылки и указатель.

1. Название.

[DNLМ: 1. Методы экстракции катаракты. 2. Лазерная терапия. WW 260]

RE451

617,7'42059--dc23

2014009011

Для получения разрешения на перепечатку материала в другой публикации свяжитесь со SLACK Incorporated. Разрешение на фотокопирование материалов для внутреннего, личного или академического использования предоставляется SLACK Incorporated при условии, что соответствующая плата уплачивается непосредственно в Центр проверки авторских прав.

Прежде чем приступить к фотокопированию, обратитесь в Центр проверки авторских прав по адресу: 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA; телефон: 978-750-8400; сайт: www.copyright.com; электронная почта: info@copyright.com

Преданность

Моей семье-
Ильдико, моей жене, и моим дочерям Даниэлле и Лили.

Содержание

Преданность	v	Выражение признательности	xi
.....	xiii	Соавторы	xv
.....	xv	Предисловие	xix
.....	xix	Предисловие Роберто Беллуччи, доктора медицинских наук	xxi
.....	xxi	Предисловие Эрика Донненфельда, доктора медицинских наук	xxiii
.....	xxiii	Предисловие Рональда Р. Крюгера, доктора медицинских наук, MSE	xxv
.....	xxv	Введение	xxvii

Раздел I	Оригинальные главы	1
Оригинал Глава 1. Конкурирующие фемтосекундные лазерные технологии в хирургии катаракты.....	Тибор Юхас, PhD, DSc	3

Оригинальная глава 2. Хирургия катаракты фемтосекундным лазером Face-Off	11
Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинальная глава 3. Глазная фармакология фемтосекундной лазерной хирургии катаракты.....	21
Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинал главы 4. Фемтосекундная лазерная капсулотомия:	
Преимущества лучшего послеоперационного позиционирования интраокулярной линзы	23
Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Исходная глава 5. Механические характеристики капсулотомии, выполненной фемтосекундным лазером.....	29
Габор Ласло Шандор, доктор медицинских наук; Золтан Кисс, доктор философии; Золтан И. Бочкаи; Имре Бойгар, доктор философии, кандидат наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинал Глава 6. Результаты расчета интраокулярной линзы и рефракционные результаты после фемтосекундной лазерной и традиционной хирургии катаракты.	33
Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Ева Хорват, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинальная глава 7. Изменения роговицы после факоемульсификации с помощью фемтосекундного лазера по сравнению с традиционной хирургией катаракты	37
Агнес И Такач, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинал главы 8. Прозрачные раны роговицы с применением фемтосекундного лазера и их влияние на хирургически индуцированный астигматизм.....	41
Арпад Дунай, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинал Глава 9 Влияние фемтолазерной хирургии катаракты на макулу	45
Моника Экседы, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Габор Марк Сомфай, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	

Оригинал главы 10. Осложнения при фемтолазерной хирургии катаракты и что делать.....	49
Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	
Оригинал Глава 11. Влияние фемтосекундной лазерной капсулотомии на Развитие помутнения задней капсулы.....	57
Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	
Исходная часть Глава 12 Система наведения по изображению Verion	
.....	61
Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	
Оригинал Глава 13. Создание лоскута с использованием фемтосекундной лазерной системы многократного использования LenSx.....	67
Ева Юхас, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Андреа Гинес, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук	
Раздел II	Классические статьи
Классическая бумага 1	Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты.....
	75
	<small>Золтан Надь, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Мелвин Сарайбер, доктор медицинских наук</small>
Классическая бумага	ОКТ-изображения переднего сегмента после фемтосекундной лазерной хирургии катаракты
	83
	<small>Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Кинг Краниц, доктор медицины; Тибор Юхас, доктор философии, доктор наук; Эрик Доннефельд, доктор медицины; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Джордж Л. Алио, доктор медицинских наук</small>
Классическая бумага	Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после Фемтосекундная и ручная капсулотомия
	87
	<small>Золтан Жолт Надь, доктор медицинских наук, ДСК; Кинг Краниц, доктор медицины; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Ильес Ковач, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук</small>
Классическая бумага	Фемтосекундная лазерная капсулотомия и ручной непрерывный криволинейный капсулорексис Параметры и их влияние на центрацию интраокулярной линзы
	93
	<small>Кинг Краниц, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Ильес Ковач, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC</small>
Классическая бумага	Наклон и децентрация интраокулярной линзы, измеренные камерой Scheimpflug После ручной или непрерывной циркулярной капсулотомии, создаваемой фемтосекундным лазером.....
	99
	<small>Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Габор Л. Сандор, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC</small>
Классическая бумага	Сравнение долгосрочных визуальных результатов и положения ИОЛ при использовании одинарной оптики. Аккомодационная ИОЛ после фемтосекундной лазерной капсулотомии диаметром 5,5 или 6,0 мм
	105
	<small>Андреа Сигети, доктор медицинских наук; Кинг Краниц, доктор медицины; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC</small>
Классическая бумага	Внутренние аберрации и оптическое качество Aft is Fifth Second Laser Передняя капсулотомия в хирургии катаракты
	111
	<small>Кейт Михальц, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Джордж Л. Алио, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Кинг Краниц, доктор медицины; Ильес Ковач, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук</small>
Классическая бумага	Сравнение расчета мощности ИОЛ и рефракционного результата после Лазерная рефракционная хирургия катаракты с использованием фемтосекундного лазера в сравнении Традиционная фактоэмульсификация.....
	117
	<small>Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Ева Хорват, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC</small>

Классическая бумага 9	<p>Влияние фемтосекундной лазерной капсулотомии на развитие Помутнение задней капсулы..... 123 Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Шандор Габор Л., доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Эрик Д. Донненфельд, доктор медицинских наук, FACS; Руди М. Нуйтс, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC</p>
Классическая бумага 10	<p>Влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на макулу..... 129 Моника Экседы, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук</p>
Классическая бумага 11	<p>Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток Сравнение рефракционной хирургии катаракты с использованием фемтосекундного лазера с Традиционная фактоэмульсификация..... 135 Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC</p>
Классическая бумага 12	<p>Фемтосекундный лазерный разрез разреза катаракты, морфология и Анализ аберраций высшего порядка роговицы 141 Хорхе Л. Алио, доктор медицинских наук; Ахмед А. Абду, доктор медицинских наук; Фелипе Сориа, доктор медицинских наук; Хайме Джавалой, доктор медицинских наук; Роберто Фернандес-Буэнага, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук</p>
Классическая бумага 13	<p>Использование внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте Проникающая и тупая травма..... 147 Золтан Жолт Надь, доктор медицинских наук, DSC; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Гергели Роберт, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук</p>
Классическая бумага 14	<p>Лазерная рефракционная хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера Сквозная кератопластика: клинический случай 151 Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Ева Юхас, доктор медицинских наук; Шандор Габор, доктор медицинских наук; Андреа Сигети, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук</p>
Классическая бумага 15	<p>Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты в Лечение фактоморфной глаукомы..... 153 Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес Ильдикю Такач, доктор медицинских наук; Андреа Гинес, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Гергели Роберт, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Золтан Жолт Надь, доктор медицинских наук, DSC</p>

Благодарности

Я хотел бы выразить признательность всем моим соавторам, которые в последующие годы помогли мне во время первой фемтолазерной операции по удалению катаракты. Я особенно благодарен профессору Тибору Юхасу, Рону Курцу, Эрику Вайнбергу, Труди Ларкинс и многим другим, кто твердо верил, что фемтолазерная технология изменит хирургию переднего сегмента глаза.

О редакторе



Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, профессор офтальмологии на кафедре офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия. Он получил степень доктора медицины в 1986 году в Медицинском университете Сент-Дьёрдьи Альберта, Сегед, Венгрия. В том же году он начал свою ординатуру по офтальмологии. После специализации по общей офтальмологии он получил стипендию на кафедре офтальмологии в Эрлангене Университета имени Фридриха Александра Эрланген-Нюрнберга у профессора Готфрида Отто Науманна. В Эрлангене он изучал роль вторичного ультрафиолетового воздействия на глаза, перенесшие ранее рефракционную операцию. Он опубликовал в журнале «Офтальмология» (1997) статью о вредной роли ультрафиолетового воздействия на глаза с предшествующей фоторефракционной кератэктомией во время аваскулярного заживления роговицы. После этого он прошел стажировку в офтальмологической больнице Мурфи Элдс в Лондоне, Англия.

Доктор Надь — профессиональный хирург переднего сегмента. В 2008 году он провел первую фемтосекундную лазерную операцию по удалению катаракты на человеческом глазу. Его научный вклад был отмечен премией Уоринга в 2010 году в Нью-Йорке. В 2012 году он получил премию Кейсбира от Международного общества рефракционной хирургии, а также множество других наград. Он и его коллеги опубликовали более 20 рецензируемых статей в области хирургии катаракты с помощью фемтолазерной помощи.

Он получает приглашения на мероприятия по хирургии в качестве хирурга и докладчика на международных конгрессах. В настоящее время он является деканом факультета медицинских наук Университета Земмельвейса.

Содействующие авторы

Ахмед А. Абду, доктор медицинских наук,
доктор философии (классическая статья 12)
Vissum Corporation Аликанте, Испания
Отделение офтальмологии
Университетская больница
Асьют Египет

Хорхе Л. Алио, доктор медицинских наук
(классические статьи 2, 7, 12) Отделение
офтальмологии Университета Мигеля
Эрнандеса Виссума Корпорация Аликанте,
Испания

Роберто Беллуччи, доктор медицинских
наук (Предисловие) Директор госпитальной
офтальмологической больницы и
Университета Вероны Верона, Италия

Золтан И. Бочкай (Оригинал главы 5)
Кафедра строительной механики
Будапештский университет технологии и
экономики Будапешт, Венгрия

Имре Бойтар, доктор философии, кандидат технических
наук (оригинал главы 5), кафедра строительной механики

Будапештский университет технологии и
экономики Будапешт, Венгрия

Эрик Донненфельд, доктор медицинских наук
(предисловие; классические статьи 2, 9),
клинический профессор офтальмологии
Нью-Йоркского университета, Нью-Йорк,
попечитель Нью-Йорка
Дартмутская медицинская
школа, Ганновер, Нью-Гэмпшир

Арпад Дунай, доктор медицинских
наук (Оригинал главы 8), факультет
офтальмологии Университета
Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Моника Экседы, доктор медицинских наук (Оригинал главы
9; классическая статья 10), факультет офтальмологии
Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Роберто Фернандес-Буэнага, доктор медицинских наук (Classic Paper 12) Vissum Corporation Аликанте, Испания

Тамаш Филькорн, доктор медицинских наук (оригинальные главы 6, 7; классические статьи 1, 2, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15) Кафедра офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Роберт Гергели, доктор медицинских наук (классические статьи 13, 15), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Андреа Гинес, доктор медицинских наук (Оригинал главы 13; классическая статья 15), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Ева Хорват, доктор медицинских наук (Оригинал главы 6; классическая статья 8), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Хайме Джавалой, доктор медицинских наук (классическая статья 12) Vissum Corporation Аликанте, Испания
Отделение офтальмологии
Университета Мигеля Эрнандеса, Аликанте, Испания

Эва Юхас, доктор медицинских наук (Оригинальная глава 13; классическая статья 14), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Тибор Юхас, доктор философии, доктор наук (Оригинал главы 1; классическая статья 2), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Кафедра офтальмологии
Калифорнийского университета
в Ирвине Ирвин, Калифорния

Золтан Кисс, доктор философии (Оригинал главы 5), кафедра полимерной инженерии
Будапештский университет технологии и экономики Будапешт, Венгрия

Майкл К. Норц, доктор медицинских наук (оригинальные главы 6, 7, 8; классические статьи 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14), медицинский факультет
Центр FreeVis LASIK Мангейма
Гейдельбергского университета
Медицинский университет
Мангейма Мангейм, Германия

Иллес Ковач, доктор медицинских наук (оригинальные главы 6, 7, 9, 11;
классические статьи 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 15), факультет офтальмологии
Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Кинга Краниц, доктор медицинских наук (оригинальные главы 4, 6, 8, 11, 13;
классические статьи 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15), факультет офтальмологии
Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Рональд Р. Крюгер, доктор медицинских наук,
MSE (предисловие), профессор офтальмологии
Медицинский колледж Лернера Университета Кейс Вестерн
Резерв, медицинский директор
Отделение рефракционной
хирургии Глазного института
Коула, Кливленд, Огайо

Ката Михальц, доктор медицинских наук (оригинал главы 7;
классические статьи 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11), факультет офтальмологии
Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Руди М. Нуйтс, доктор медицинских наук (Classic
Paper 9), Глазная клиника Университета
Маастрихта, Медицинский центр Маастрихтского
университета, Маастрихт, Нидерланды

Габор Ласло Шандор, доктор медицинских наук (Оригинал
главы 5; классические статьи 5, 9, 14) Кафедра офтальмологии
Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Мелвин Сарайба, доктор медицинских
наук (Classic Paper 1) LenSx Lasers Inc.
Алисо Вьехо, Калифорния

Габор Марк Сомфаи, доктор медицинских наук
(Оригинал главы 9), факультет офтальмологии
Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Фелипе Сория, доктор медицинских
наук (Classic Paper 12) Vissum
Corporation Аликанте, Испания

Андреа Сигети, доктор медицинских наук (классические статьи 6, 14), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия

Агнес И. Такач, доктор медицинских наук (оригинальные главы 5, 6, 7, 13; классические статьи 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15), факультет офтальмологии Университета Земмельвейса Будапешт, Венгрия

Предисловие

За последние пять десятилетий офтальмология играла новаторскую роль в применении лазеров. В последнее время фемтолазерная технология завоевала популярность в офтальмохирургии; фемтосекундные лазеры сначала были использованы при лечении роговицы, а затем на важнейших этапах хирургии катаракты. Лазеры не заменяют хороших хирургов, но помогают хорошим хирургам обеспечивать стабильные результаты как для пациентов, так и для офтальмологов. В настоящее время наиболее характерными особенностями метода фемтола-сер являются центральный непрерывный криволинейный капсулорексис, фрагментация/разжижение, а также рана роговицы и дугообразные разрезы роговицы. Рецензируемые результаты необходимы для установления точной роли фемтолазеров в хирургии катаракты. Чтобы в полной мере воспользоваться преимуществами линз премиум-класса, которые корректируют пресбиопию и роговичный астигматизм, а также аберрации более высокого порядка в глазах, ранее перенесших рефракционную операцию, необходимы стабильные хирургические результаты.

Я считаю себя счастливым. Когда я впервые услышал о возможном применении фемтолазеров в хирургии катаракты, я почувствовал такое же волнение, как и тогда, когда начал проводить рефракционные операции в начале 1990-х годов. Когда я впервые увидел процедуру эксцимерного лазера, я сразу почувствовал, что она изменит мою жизнь. Я проводил все виды рефракционных операций и операций по удалению катаракты. Позже, во время встречи Американской академии офтальмологии в Новом Орлеане, я встретил профессора Юаша и впервые узнал о возможностях фемтолазерной хирургии катаракты. Я снова почувствовал оптимизм и воодушевление, и в августе 2008 года мы впервые выполнили капсулорексис на человеческом глазу с помощью фемтосекундного лазера. И это сработало сразу.

Конечно, нам пришлось проделать долгий путь, прежде чем мы смогли продемонстрировать этот метод во время живой операции, переданной из Будапешта на собрание Венского Европейского общества катарактальных и рефракционных хирургов (ESCRS). Моя ответственность была огромной; По оценкам, более 3000 офтальмологов стали свидетелями первой операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи. За мной стояла ответственная и очень отзывчивая команда; каждый знал свою задачу. Все пошло по плану, метод получил одобрение FDA и CE, а первая машина была запущена во время конференции ESCRS в Вене.

К настоящему времени во всем мире проведено более 150 000 операций; Различные платформы предлагают новые методы и возможные приложения для хирургов и пациентов. Во время местных и международных встреч часто обсуждается фемтолазерная хирургия катаракты; Этому методу посвящены симпозиумы, курсы и бесплатные статьи.

В этой книге подведены итоги работы нашей команды за 5 лет, уделяя особое внимание наиболее важным результатам. Помимо клинических результатов при лечении катаракты и роговицы, также представлены фундаментальные исследования прочности передней капсулы. В книгу также включены наиболее важные публикации нашего коллектива.

Надеемся, что книга и метод принесут пользу хирургам. Продолжая сбор и оценку данных с помощью фемтолазерной техники, я завершаю словами Чарльза Кельмана: «Врачи спорят, а пациенты решают».

Предисловие

Читая эту великолепную книгу профессора Надя, кажется невозможным, что всего три десятилетия назад хирургия катаракты означала внутрикапсулярную криоэкстракцию для большинства офтальмохирургов. В то время никто не мог себе представить, какие изменения в технике и имплантатах произошли всего за несколько лет. Появление имплантации интраокулярных линз (ИОЛ) подтолкнуло хирургов к экстракапсулярной экстракции, факоэмульсификация привела к созданию складных ИОЛ, что, в свою очередь, положило начало эволюции микроинвазивной хирургии катаракты. Эта эволюция не могла бы произойти без жертв и дальновидных идей нескольких врачей, действительно заинтересованных в инновациях. Новаторы — это те, кто не удовлетворен современными технологиями, кто способен изобретать и идти по невысказанным путям. История говорит нам, что над ними обычно смеются, а затем с ними борются, прежде чем их идеи будут приняты и их признают хозяевами.

К счастью, сейчас мы живем в другие времена, времена невероятно быстрых перемен, которые не считают инновации и возможности опасными.

Применение фемтосекундной лазерной технологии в хирургии катаракты является последней инновацией в наиболее часто выполняемой хирургии в мире и кажется скорее революцией, чем эволюцией. Возможность выполнять интраокулярные операции на закрытом глазу появилась более 30 лет назад, когда впервые были применены лазеры к сетчатке и задней капсуле, но только с появлением устройств, которые могли измерять внутреннюю часть глаза, это стало настоящей кибертехнологией. нож, разработанный для офтальмологии. Благодаря применению фемтосекундного лазера при хирургии катаракты мы можем запрограммировать лазерную часть операции на компьютере, и лазер выполнит каждый маневр без ошибок. Опытный хирург оценит повышенную точность, особенно при капсулотомии; начинающий хирург познает быстрый и безопасный путь к операции.

Рабочая группа профессора Надя в Будапеште (Венгрия) получила признание и высокую оценку за внедрение фемтосекундного лазера в хирургию катаракты. Первая процедура была проведена в Будапеште в 2008 году, и с тех пор была проделана большая работа и в международной литературе опубликован ряд статей. Поскольку фемтолазерная хирургия катаракты распространяется по всему миру, мы по-прежнему присматриваемся к Будапешту в поисках идей, применений и результатов. Фемтолазерная хирургия катаракты все еще находится в зачаточном состоянии, и растущий интерес хирургов и технических специалистов, вероятно, приведет к блестящему будущему в конечном счете для наших пациентов.

О последних достижениях команды профессора Надя сообщается в первой части этой книги, настоящего «фемторуководства», которое должен прочитать каждый хирург-офтальмохирург. Там мы можем найти мечты и реальность повседневной работы, выполняемой на протяжении многих лет. Вторая часть представляет собой сборник статей, ранее опубликованных профессором Надя и его сотрудниками в международной литературе, которые до сих пор полны свежести и волнующей новизны. Объединение их в одной книге поможет тем, кто интересуется оригинальными рецензируемыми статьями для научных целей.

Поскольку улучшенные визуальные и рефракционные результаты, полученные с помощью фемтолазера по сравнению с одной лишь факоэмульсификацией, получают более широкое подтверждение, мы уже знаем, что точность и повторяемость капсулотомии устраняют один из наиболее важных факторов, влияющих на результат. Как следствие, мы расширим наши знания об ИОЛ и факторах, связанных с пациентом, а само изучение нового материала и конструкции ИОЛ станет короче и точнее. В этом отношении фемтолазерная хирургия катаракты окажет положительное влияние на всю операцию по имплантации. Мы, хирурги, также пострадаем. Прогрессивная автоматизация повлияет на нашу способность выполнять старые маневры, и в будущем может быть трудно преподавать и изучать капсулорексис. Остальные концепции и решения будут реализованы и развиты. Мы не можем остановить эволюцию. Мы все хотим прочитать много книг, таких же инновационных и увлекательных, как эта.

— Роберто Белуччи, доктор медицинских наук

Директор госпитальной
офтальмологической больницы и
университета Вероны Верона, Италия

Предисловие

Сейчас мы наблюдаем естественный прогресс хирургии катаракты от интракапсулярной к экстракапсулярной, к факэмульсификации, а теперь и к фемтосекундному лазеру. В любой новой революционной технологии есть пионеры, которые обеспечивают лидерство и направление, чтобы реализовать инновационную идею и создать трансформацию, которая изменит будущее нашей специальности. Доктор Золтан Надь является бесспорным новатором, ответственным за клиническое развитие хирургии катаракты с использованием фемтосекундного лазера. Доктор Надь был не только первым, кто выполнил полный спектр фемтосекундной лазерной хирургии катаракты, он также является ведущим автором рецензируемой литературы. Доктор Надь постоянно задает вопрос и отвечает на него, как мы можем улучшить наши хирургические методы на благо наших пациентов. Он превосходный хирург, владеющий множеством техник, но, что самое примечательное, он обладает редчайшими личными качествами.

Он оригинальный мыслитель. Доктор Надь смелый, творческий, логичный и новаторский человек, а его уход за пациентами твердо и прочно основан на фундаментальном принципе: что бы мы ни делали, наши пациенты — на первом месте.

Будущее хирургии катаракты будет заключаться в нашей способности исправить имеющиеся у нас ограничения и разработать более оптимизированную процедуру удаления катаракты. В будущем это начнется с более широкого использования фемтосекундного лазера. Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты уже признана превосходящей традиционную факэмульсификацию по нескольким параметрам, и потенциал для улучшений безграничен. С помощью фемтосекундного лазера будут выполнены те аспекты процедуры катаракты, которые просто невозможны при обычной факэмульсификации. Возможность выполнения настоящих самозаживляющихся разрезов катаракты с обратными боковыми разрезами должна снизить частоту эндофтальмита.

Атравматические капсулотомии и разрыв хрусталика могут быть выполнены при травмах с расхождением связок через стекловидное тело в передней камере. Рефракционные разрезы теперь контролируются компьютером и не зависят от навыков или опыта хирурга. Использование фемтосекундной лазерной системы обеспечит более быстрые, безопасные, простые, настраиваемые, регулируемые и полностью повторяемые астигматические разрезы. Устранение несоответствий в астигматической процедуре улучшит наше понимание и точность астигматических разрезов и должно обеспечить улучшение рефракционных результатов и удовлетворенность пациентов. Возможность выполнения интрастромальной абляции для лечения астигматизма не может быть достигнута с помощью ручных разрезов. Оптимальное размещение капсулорексиса в центре капсульного мешка, над зрачком или по центру зрительной оси станет возможным с помощью лазерной хирургии под визуальным контролем. Наконец, конструкция интраокулярных линз произведет революцию благодаря возможности создавать регулярные, воспроизводимые капсулотомии и разрушения хрусталика.

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты: факты и результаты представляет лучшее из уникального и оригинального подхода доктора Нады и его коллег к фемтосекундной лазерной хирургии катаракты. Книга представляет собой всесторонний анализ преимуществ и недостатков этой необычной технологии, призванной сделать всех нас лучшими хирургами. В нем обобщены все лучшие, наиболее полезные и практичные жемчужины, которые были разработаны. Доктор Надь собрал всемирно признанную группу авторов и написал исчерпывающую книгу по хирургии катаракты с помощью фемтосекундного лазера.

Эту книгу будут широко читать хирурги переднего сегмента, желающие пополнить свой хирургический арсенал, и она станет важным вкладом в офтальмологию.

— Эрик Доннеффелд, доктор медицинских наук

Клинический профессор
офтальмологии Нью-Йоркского
университета, Нью-Йорк, попечитель
Нью-Йорка

Дартмутская медицинская
школа, Ганновер, Нью-Гэмпшир

Предисловие

Я сам являюсь редактором книги о лазерной хирургии катаракты. ¹ Я могу сказать вам, что существует тонкая грань между «хайп» и «факт» с лазерной хирургией катаракты. Очевидным «фактом» является высочайшая точность лазерного разреза и иссечения тканей глаза. Однако, несмотря на все коммерческие инвестиции, необходимые для приобретения системы, как можно избежать рекламной «шумихи» и быть объективным в отношении ее истинной клинической значимости?

Из всех людей, способных отличать «хайп» от «фактов», Золтан Надь демонстрирует наибольшую уверенность в своей объективности в этой книге, и он делает это по нескольким причинам: 1) Он является университетским профессором Офтальмолог, который занимается не только уходом за пациентами, но и научными методами и обучением. 2) Он имеет самый большой клинический опыт в лазерной хирургии катаракты, поскольку он выполнил первую процедуру в 2008 году, и был первым, кто клинически участвовал во всех обновлениях и технологических модификациях первой коммерческой системы с того времени. 3) Он самый плодовитый автор, опубликовавший более 20 рецензируемых рукописей по этой технологии, включая самую первую публикацию в 2009 году;² это классический документ 1 этой книги. 4) Он честный педагог, который общается честно и объективно, поэтому, когда он рассказывает о своем опыте, вы можете поверить, что это правда, а не «шумиха».

До сих пор вы могли послушать или даже прочитать об опыте Золтана во многих лекциях, которые он читал, и в опубликованных им статьях. Эта книга теперь объединяет весь этот опыт в один исходный документ, и делает это таким образом, что сильно отличается от других книг по этой теме. Хотя большинство книг, как и моя собственная,¹ обобщить опыт многих Авторы, эта книга уникальна тем, что в ней, с помощью других авторов, освещается опыт одного, наиболее опытного автора. Все из 28 глав, за исключением первой, написаны доктором Надь, причем более половины являются его опубликованными, рецензируемыми рукописями из Журнала рефракционной хирургии. Этот пятилетний опыт одного из ведущих лидеров лазерной хирургии катаракты, как спорной и революционной технологии, является неоценимым ресурсом для многих хирургов катаракты, которые еще не знакомы с этой технологией. Это, пожалуй, самый практичный ресурс, доступный на сегодняшний день. Лично я, как президент Международного общества рефракционной хирургии, горжусь достижениями Золтана и впечатлен масштабами его вклада в превращение лазерной хирургии катаракты в часть рефракционной хирургии. Я с нетерпением жду его дальнейшего вклада в будущее, поскольку рефракционная лазерная хирургия катаракты все больше и больше проникает в основную офтальмологию.

— Рональд Р. Крюгер, доктор медицинских наук, профессор офтальмологии MSE

Медицинский колледж Лернера Университета Кейс Вестерн Резерв, медицинский директор

Отделение рефракционной хирургии Глазного института Коула, Кливленд, Огайо

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Крюгер Р.Р., Таламо Дж.Х., Линдстрем Р.Л. Учебник по рефракционной лазерной хирургии катаракты (ReLACS). Нью-Йорк, штат Нью-Йорк: Спрингер; 2013.

2. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.

Введение

Я провел первую операцию по удалению катаракты на человеческом глазу с помощью фемтосекундного лазера в августе 2008 года. Я знал, что это может стать исторической датой в хирургии катаракты в будущем. Конечно, первая капсулотомия, фрагментация хрусталика, создание раны роговицы и дугообразная кератотомия на первый взгляд казались простыми, но команде, стоящей за мной, потребовалось много разработок, прежде чем мы смогли представить первые клинические результаты. во время встречи в Сан-Франциско.

После первых фемтолазерных операций по удалению катаракты я понял, что хотя эта технология принципиально не отличается от традиционной факоэмульсификации, но требует другого подхода. Существует кривая обучения, и хирурги должны принять ее перед началом процедуры.

Фемтолазерная технология предлагает альтернативный подход к первым клиническим этапам хирургии хрусталика, обеспечивая более высокую предсказуемость и безопасность во время капсулотомии, фрагментации и создания ран. Это может обеспечить прочную основу для дальнейших разработок как в хирургии катаракты, так и в хирургии роговицы. Если появятся новые линзы, хирургические технологии смогут достичь всех результатов, которые обещают новые линзы. Это, конечно, не технология, которая заменит хороших хирургов, а технология, которая поможет хорошим хирургам.

В этой книге я попытался обобщить весь наш опыт с самого начала и до настоящего момента. Вместе со своими соавторами я пишу для тех, кто только начинает проводить операцию по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи, а также для тех, кто уже является опытным и опытным пользователем фемтолазерной техники.

Личные мысли и советы важны при запуске новой технологии; в этой книге я пытаюсь поделиться с читателем своим.

Я очень благодарен своей семье, учителям, коллегам, коллегам и хирургам, которые активно помогали и могут помочь в дальнейшем в миссии улучшения зрения и хирургии катаракты с использованием фемтолазерной технологии.

Оригинальные главы

Конкурирующие фемтосекундные лазерные технологии в хирургии катаракты

Тибор Юхас, PhD, DSc

АБСТРАКТНЫЙ

За последние несколько лет произошло быстрое развитие конкурирующих фемтосекундных лазерных технологий для хирургии катаракты. Эти технологии различаются по внешнему виду, программному обеспечению и интерфейсу для пациентов, но все они имеют одни и те же основные характеристики. Все они применяют те или иные методы трехмерной оптической визуализации для определения точного местоположения объектов операции, и все они используют фемтосекундные лазерные импульсы для выполнения хирургических разрезов. Из-за ограниченного воздействия на ткани и минимизации сопутствующего повреждения тканей фемтосекундные лазеры, которые стали технически практичными в начале 1990-х годов, вскоре стали рассматриваться для высокоточной глазной хирургии. Фемтосекундная лазерная хирургия роговицы была первой попыткой применения этой технологии в конце 1990-х годов из-за относительно легкой доставки лазерного луча, направляемого из контактной линзы, помещенной на поверхность глаза. За последнее десятилетие эти устройства стали доминирующим инструментом для обрезки лоскутов LASIK во многих странах. Добавление высокоточной техники визуализации позволило точно нацеливаться на ткани за пределами роговицы, такие как хрусталик, что позволило разработать фемтосекундную лазерную хирургию катаракты. В этой главе в целом описаны основные принципы и эксплуатационные характеристики фемтосекундной лазерной технологии для хирургии катаракты. Также обсуждаются сходства и различия между конкурирующими технологиями.

Недавно разработанные лазерные технологии, такие как фемтосекундные лазеры, получили раннее применение в офтальмохирургии.

Фемтосекундные лазеры используют фоторазрушение для обеспечения хирургического эффекта. Фоторазрушение представляет собой сложный нелинейный процесс, основанный на ионизации прозрачных тканей. Как и в неорганических материалах, фоторазрушение тканей начинается с лазерно-индуцированного оптического пробоя, когда сильно сфокусированный кратковременный лазерный импульс генерирует электрическое поле высокой интенсивности, приводящее к образованию смеси свободных электронов и ионов, которые представляют собой плазменное состояние.¹ Оптически генерируемый горячий плазма расширяется со сверхзвуковой скоростью, смещая окружающее пространство. Фронт смещения распространяется по тканям как ударная волна. Ударная волна теряет энергию и скорость по мере распространения, релаксируя до обычной акустической волны, которая рассеивается безвредно.⁶ Адиабатическое расширение плазмы происходит по масштаб времени, который короток по сравнению с локальной постоянной времени термодиффузии, тем самым ограничивая тепловое повреждение. Охлаждающая плазма испаряет небольшой объем ткани, в конечном итоге образуя кавитационный пузырь. Кавитационный пузырек состоит

в основном CO_2 , H_2 и X_2O , который может отличаться от использования ткани посредством нормальных механизмов.⁷

Фоторазрушение с помощью наносекундного импульсного лазера на неодиме: иттрий-алюминиевом гранате (Nd:YAG) уже было хорошо изучено клинически в начале 1980-х годов для таких процедур, как задняя капсулотомия и внутренняя склеростомия.⁸ Эти процедуры были связаны с относительно большими зонами повреждения коллатеральных тканей из-за высокого энергетического порога, связанного с наносекундной длительностью импульса. Исследования взаимодействия лазера с тканями показали, что порог фоторазрушения (и, следовательно, количество лазерной энергии, выделяемой в ткани) может заметно снизиться, когда импульс

длительность сокращается до сотен фемтосекунд.⁹ Уменьшение энергии лазерного импульса приводит к уменьшению ударных волн и кавитационных пузырьков. Разрезы создаются путем сканирования фокального пятна лазерного импульса так, что кавитационные пузырьки сливаются, создавая таким образом расщепление в ткани.

Заметно уменьшенный размер кавитационных пузырьков фемтосекундного лазерного фоторазрушения обеспечивает более точные разрезы.

в то время как наиболее важным последствием уменьшения диапазона ударных волн является минимизация сопутствующего повреждения тканей, прилегающих к разрезам. Кроме того, разработка компактных фемтосекундных лазерных технологий с диодной накачкой, таких как лазерные кристаллы на основе неодимового стекла и иттербия, способствовала дальнейшему коммерческому развитию фемтосекундных лазерных технологий для офтальмологии. операция.¹⁰

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ОФТАЛЬМИЧЕСКИЕ ФЕМТОСЕКУНДНЫЕ ЛАЗЕРЫ

Операция по удалению катаракты с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) является наиболее распространенной офтальмологической хирургической процедурой во всем мире. Это также самая распространенная операция по исправлению аномалий рефракции, которую проводят в пять раз чаще.

чаще, чем рефракционная хирургия роговицы.¹¹ Факоэмульсия-Сификация является доминирующей формой хирургии катаракты в развитых странах, на которую приходится более 90%

процедуры.^{12,13} Несмотря на то, что в последнее время произошел ряд Благодаря развитию технологии ИОЛ базовая процедура факоэмульсификации практически не изменилась за последние 20 лет и включает ряд отдельных этапов, включая создание разреза роговицы, капсулорексис и факофрагментацию.

Несмотря на свою высокую эффективность, каждый из этих ручных этапов предоставляет возможность повысить как безопасность, так и эффективность. Например, ручной капсулорексис приводит к разрыву капсулы примерно в 1% случаев, а его ограниченная предсказуемость диаметра может влиять на центриацию ИОЛ, послеоперационную глубину передней камеры,

и скорость помутнения задней капсулы.¹⁴⁻¹⁸ Отдельный- Однако хирургические проблемы, связанные с методами ядерного измельчения, препятствуют их широкому внедрению, несмотря на доказательства того, что они снижают требования к ультразвуковому исследованию.

альтернатива традиционной факоэмульсификации.¹⁸

Точность фемтосекундных лазеров потенциально может быть увеличена. направлен на различные этапы хирургии катаракты.^{9,19-22} Однако, чтобы понять принципы работы фемтосекундных лазеров по удалению катаракты, важно кратко рассмотреть характеристики фемтосекундных лазеров, предназначенных только для роговицы, которые были разработаны до лазеров по катаракте.

Принципы работы

Роговичные фемтосекундные лазеры

Роговица представляет собой привлекательную первоначальную цель для применения фемтосекундного лазера в хирургии, поскольку она легко доступна и лишена кровеносных сосудов. Роговица, имеющая толщину всего 500–600 мкм в центре, позволяет доставлять фемтосекундные импульсы с незначительными нелинейными эффектами. Роговица обладает высокой прозрачностью в ближней инфракрасной области (длина волны до 1,2 мкм), что позволяет использовать фемтосекундные лазеры ближнего инфракрасного диапазона без каких-либо ограничений.

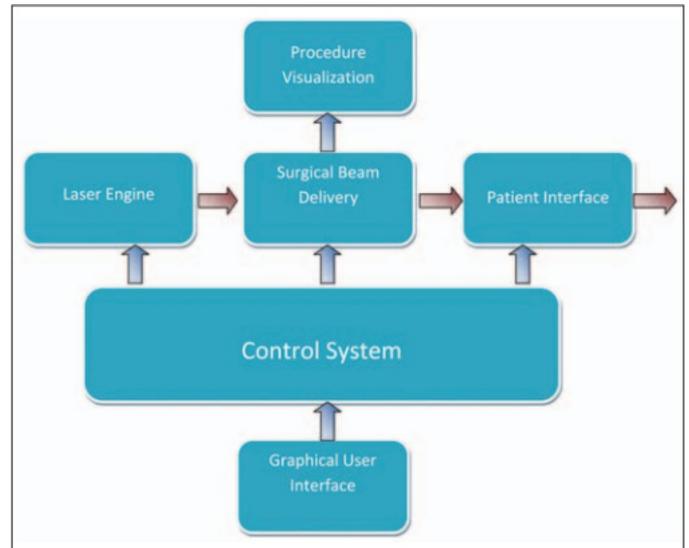


Рисунок 1. Схема роговичного фемтосекундного лазера.

Блок-схема роговичного фемтосекундного лазера показана на рисунке 1. Наиболее важными строительными блоками являются источник лазера (двигатель), система доставки, интерфейс пациента и система управления.

Поскольку для высокоточного разрезания роговицы требуется создание кавитационных пузырьков диаметром менее 10 мкм, необходимо использование низкоэнергетических лазерных импульсов. Это требование накладывает сильное ограничение на длительность импульса лазера. Ранее проведенные исследования порога фоторазрушающего повреждения на поверхности ткани роговицы показали, что значительное снижение порога повреждения может быть получено при уменьшении длительности импульса от наносекундного диапазона до сотен.

диапазон длительности фемтосекундного импульса.¹⁰ Соответственно, Длительность импульса серийно выпускаемых фемтосекундных лазеров составляет от 200 до 800 фс.

Чтобы свести к минимуму побочные эффекты на ткани, энергию импульса роговичных фемтосекундных лазеров лучше всего устанавливать как можно ближе к порогу пробоя фоторазрушения.

В то время как первые коммерческие лазеры были представлены с энергией импульса от 1 до 3 мкДж, более поздние системы роговицы работают в диапазоне энергий менее мкДж.

Поскольку для создания роговичного лоскута требуется несколько миллионов лазерных импульсов и желательно очень короткое время процедуры, частота повторения роговичных фемтосекундных лазеров должна быть очень высокой. Фактически, частота повторения была ключевым фактором технологии при разработке роговичных фемтосекундных лазеров. В то время как первый фемтосекундный лазер на момент своего появления имел частоту повторения 15 кГц (IntraLase Inc, Ирвин, Калифорния), сейчас все системы продаются с гораздо более высокой частотой повторения, от 150 кГц до мегагерцового диапазона (Ziemer AG), Порт, Швейцария). Хотя частота повторений является важным параметром, время процедуры не обратно пропорционально.

ционально с этим значением. Поскольку лазеры с более высокой частотой повторения также используют импульсы с более низкой энергией, расположенные ближе друг к другу, общее количество импульсов требуется больше, чем лазеры с более низкой частотой повторения, что несколько ограничивает потенциальное сокращение времени процедуры. В то время как время процедуры для первого лазера IntraLase составляло примерно 1 минуту, большинство современных лазеров создают лоскуты примерно за 10–20 секунд.

Хотя источник фемтосекундного лазера является наиболее технологически совершенным строительным блоком роговичной лазерной системы, устройство доставки луча не менее важно и дорого. Важнейшим свойством устройства вывода луча является числовая апертура фокусирующего объектива, определяющая размер пятна системы. Достижение меньшего размера пятна позволяет системе использовать меньшую энергию лазерного импульса и обеспечивает более высокую точность глубины закрывка.

Поэтому разработчики всех имеющихся на рынке роговичных фемтосекундных лазерных систем стараются добиться минимально возможного размера пятна, допускаемого геометрией человеческой головы. Трудно сравнивать размеры пятна различных роговичных лазеров, поскольку в литературе используются многочисленные определения размера пятна, но большинство компаний указывают размер пятна своей системы в диапазоне диаметров от 2 до 3 мкм.

Одной из наиболее сложных трудностей проектирования системы доставки пучка является достижение однородного и неискажающего размера пятна во всем цилиндрическом объеме сканирования с обычными размерами 10 мм в диаметре и 1 мм в высоту. Луч сканируется внутри этого объема с помощью системы трехмерного сканирования. Сканирование по глубине (обычно называемое сканированием в направлении Z) достигается с помощью движущейся линзы, а боковое сканирование (сканирование XY) достигается за счет углового перемещения небольших зеркал, прикрепленных к быстродействующим сканирующим двигателям.

Пространственно ограниченное хирургическое воздействие фемтосекундного лазера вместе с точным пространственным контролем фокального пятна относительно поверхности роговицы позволяет выполнять высокоточные разрезы роговицы.

Для этого во всех процедурах на роговице также используются присоска и контактная линза (плоская или изогнутая), расположенная на кончике системы доставки лазера. Присасывающее кольцо фиксирует глаз, позволяя передней поверхности роговицы временно принять кривизну контактного стекла (рис. 2). Глубина реза калибруется относительно нижней поверхности контактного стекла, что обеспечивает эталонную поверхность для калибровки лазера, достигая

точность глубины менее 10 мкм.²³ Заслонка создается сканирование спирального или растрового рисунка лазерных импульсов на желаемой глубине для создания плоскости резекции, параллельной апплированной поверхности роговицы. Затем сканируется дуга с постепенным перемещением ближе к поверхности, чтобы создать шарнирный боковой разрез. После создания лоскута присасывающее кольцо освобождается и апплирующая контактная линза удаляется. Затем лоскут поднимают, чтобы облегчить лечение эксимерным лазером.

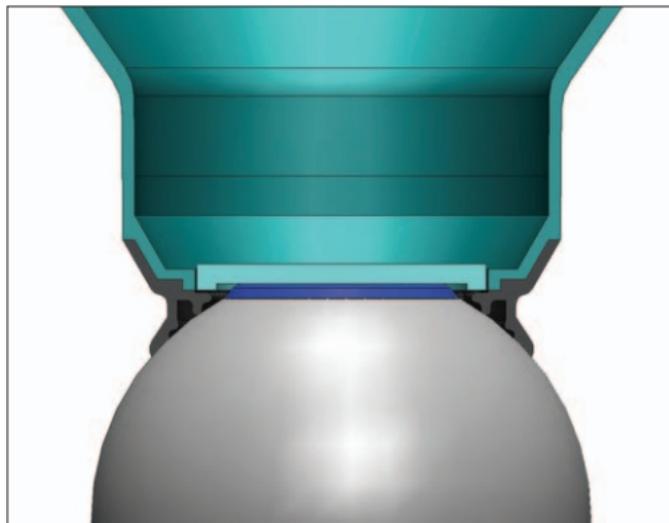


Рисунок 2. Плоский апплирующий интерфейс пациента.

Клинические исследования показывают, что воспроизводимые 100-мкм для операции LASIK можно создать толстые роговичные лоскуты.²³ Точность и воспроизводимость фемтосекундных лазерных лоскутов обычно превосходят таковые, созданные с помощью традиционных механических микрокератомов, что позволяет стабильные результаты и безопасность.^{23,24}

С 2001 года несколько роговичных фемтосекундных лазерных систем были введены, в первую очередь, для создания лоскутов LASIK.²⁴ Хотя сегодня на рынке доступно несколько новых устройств, большинство процедур разрезания лоскута по-прежнему выполняется с помощью устройств IntraLase разных поколений (Abbott Medical Optics, Санта-Ана, Калифорния).

Хотя создание лоскута является наиболее распространенным применением роговичных фемтосекундных лазеров, несколько отдельных рефракционных процедур, в которых используется только фемтосекундный лазер, находятся на стадии клинических исследований. К ним относятся повторные перемещение лазерных катлентикул,²⁵ а также комбинированное прямой объемной деструкции тканей и биомеханических изменений роговицы, вызванных селективной фемтосекцией. повторное лазерное лечение.²⁶

В дополнение к рефракционным процедурам на роговице, технология роговичного фемтосекундного лазера также была оценена для различных процедур трансплантации роговицы. Сообщалось о более быстрой зрительной реабилитации и улучшении рефракционных результатов при использовании фемтосекундных лазерных разрезов для создания самозаживляющихся разрезов роговицы на всю толщину. операция по трансплантации роговицы.²⁷

Принципы работы

Катарактальные фемтосекундные лазеры

Среди нескольких важных различий между лазерными хирургическими системами роговицы и катаракты наиболее важной является разница в целевой ткани. По определению, лазеры на роговице воздействуют только на ткань роговицы, тогда как лазеры на катаракте воздействуют на три тканевые мишени: кристаллическую ткань.

хрусталик, переднюю капсулу хрусталика и роговицу. Очевидно, это приводит к существенным различиям в технических требованиях, поскольку роговичные системы доставляют лазерную энергию только на глубину около 150 мкм, в то время как системы катаракты должны разрезать ткани, расположенные на глубине до 9 мм от поверхности роговицы. Поскольку лазерную энергию необходимо доставлять значительно глубже в глаз, потери, возникающие при распространении луча, должны компенсироваться лазерным источником. Из-за ограничений угла фокусирующего конуса при нацеливании на хрусталик или капсулу хрусталика достижимый размер лазерного пятна также больше в хрусталике, чем в роговице, что еще больше увеличивает потребность в большей энергии лазера для разрезов хрусталика.

Хотя снижение требуемой энергии лазера может произойти по мере совершенствования технологии систем доставки, в настоящее время использование энергии импульса в диапазоне 5 мкДж требуется в

Объектив.²⁸

Хотя разрезы роговицы могут выполняться с тем же размером пятна, что и система, создаваемая в линзе, меньший размер пятна при срезах роговицы позволяет использовать лазерные импульсы меньшей энергии, что является преимуществом, как мы знаем из опыта работы с лазерами на роговице. Поэтому может оказаться желательной разработка системы доставки, которая может обеспечить переменный угол фокусирующего конуса, хотя это вносит значительную дополнительную сложность в систему доставки хирургического луча.

Поскольку глубина передней камеры и толщина хрусталика варьируются от пациента к пациенту, существует очевидная необходимость в точном дальнометрическом устройстве, которое определяет точное положение хирургической цели. На сегодняшний день все фемтосекундные лазерные системы хирургии катаракты основаны на этом дальнометрическом устройстве, основанном на той или иной форме оптического изображения. Три компании (Alcon LenSx Inc, Алиско-Вьехо, Калифорния; OptiMed-ica Corp, Санта-Клара, Калифорния; и Bausch + Lomb – Technolas Perfect Vision AG, Мюнхен, Германия) используют технологию оптической когерентной томографии (ОКТ), а одна Компания (LensAR Inc, Винтер-Парк, Флорида) использует устройство на основе визуализации Scheimpflug для определения местоположения целевой ткани. После получения изображения переднего сегмента глаза необходим некоторый уровень обработки изображения, чтобы найти и визуализировать целевую ткань. Таким образом, блок-схема хирургического лазера по удалению катаракты, показанная на рисунке 3, более сложна, чем у роговичного лазера, с добавлением высокоточной системы трехмерного изображения, соединенной с устройством доставки луча и устройством обработки изображения. и блок визуализации, который предоставляет информацию пользователю и передает ее обратно в систему управления. Хотя точная перекрестная калибровка между устройствами визуализации и устройствами лучевого сканирования важна, требования к разрешению устройства трехмерной визуализации определяются устройством доставки хирургического луча. Поскольку более высокая точность, чем глубина фокуса объекта фокусировки хирургического луча, не требуется, требование к разрешению по глубине составляет примерно 10 мкм.

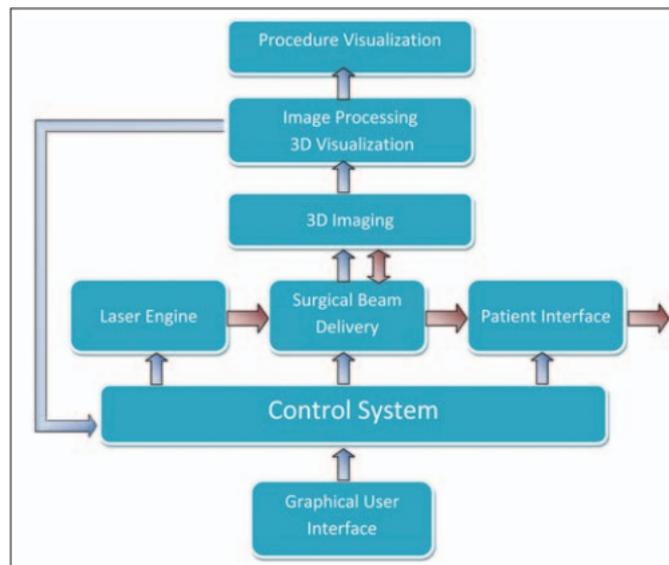


Рисунок 3. Схема катарактального фемтосекундного лазера.

Значительно увеличенная дальность доставки луча и добавление устройства трехмерной визуализации увеличивают сложность системы доставки лазерного луча катаракты. Очевидно, что самым сложным блоком катарактального лазера является устройство доставки луча.

Более высокая потребность в энергии на импульс увеличивает среднюю мощность лазерного источника в несколько раз по сравнению с мощностью лазерного двигателя роговицы. Поскольку максимальная средняя мощность, генерируемая конкретным лазерным материалом, ограничена доступной мощностью накачки и тепловыми характеристиками лазерного материала, лазеры для катаракты работают с более низкой частотой повторения, чем системы для роговицы. На сегодняшний день сообщалось о частотах повторения от 50 до 100 кГц для лазерных систем хирургии катаракты.

Однако важно отметить, что частота повторения катарактальной системы не является таким ключевым фактором, как для роговичной системы. В хрусталике более быстрое время процедуры может быть достигнуто за счет использования несколько более высоких энергий лазерного импульса и размещения разделения пятна и слоя во время сканирования несколько дальше друг от друга. Использование большей энергии в роговице может оказаться невыгодным, потому что это может вызвать воспаление тканей.²³ Однако, материал хрусталика удаляется во время процедуры катаракты; поэтому использование более высоких энергий не имеет клинических последствий.

Поскольку время процедуры операции по удалению катаракты несколько больше, чем при рассечении лоскута роговицы, а также поскольку пациенты с катарактой, как правило, старше, любое повышение внутриглазного давления должно быть сведено к минимуму во время лазерной процедуры. Кроме того, задние морщины роговицы, возникающие в результате аппланации роговицы, могут снизить качество лазерного луча, достигающего до хрусталика, что приведет к снижению эффективности резки.

Эти требования исключают использование плоской аппланации.



Рис. 4. Изогнутый интерфейс пациента SoftFit.

интерфейс пациента. Фактически, интерфейсы пациентов, используемые в конкурирующих лазерных технологиях катаракты, заметно различаются.

Например, компания Alcon LenSx представила интерфейс пациента из мягкого гидрогеля двойной кривизны (Soft Fit), который легко стыкуется и полностью исключает образование морщин на задней поверхности роговицы (рис. 4). Аналогично, в лазере Victus применяется изогнутый стеклянный интерфейс пациента, управляемый интеллектуальными датчиками давления, которые касаются глаза только на вершине, а зазор между роговицей и стеклом заполняется слоем жидкости.

Две конкурирующие компании (OptiMedica и LensAR) разработали интерфейс пациента Liquid Optics (рис. 5). Интерфейс пациента Liquid Optics заполняет зазор между глазом и оптикой доставки жидкостью, оставляя роговицу близкой к ее естественной форме, что также позволяет избежать каких-либо складок задней роговицы.

После того как глаз пристыкован к устройству доставки луча и глазное яблоко стабилизировано путем присасывания к интерфейсу пациента, положение поверхности роговицы, а также задней и передней капсулы хрусталика определяется с помощью устройства трехмерной визуализации. После завершения трехмерного сканирования изображения интеллектуальное программное обеспечение для распознавания изображений используется для определения положений поверхностей роговицы, а также передней и задней капсулы хрусталика. Затем программное обеспечение выполняет автоматическое выравнивание хирургических разрезов. Затем отображаются изображения видеокамеры и поперечного сечения глаза с визуализацией запланированных хирургических разрезов. На заключительном этапе выравнивания процедуры пользователь утверждает положение разрезов или имеет право изменить их расположение с помощью графического пользовательского интерфейса.

Как только положение разрезов будет принято хирургом, лазерная процедура начинается нажатием ножного переключателя. Капсулорексия, фрагментация хрусталика и разрезы роговицы выполняются сканирующей системой, в то время как пользователь наблюдает за процедурами через видеомикроскоп. Блок-схема фемтосекундной лазерной хирургии катаракты показана на рисунке 6.

Запасы безопасности для предотвращения повреждения капсулы хрусталика предусмотрены для разрезов, выполняемых внутри хрусталика. В отличие от больших ударных и акустических волн, генерируемых ультразвуковой факоэмульсификацией



Рисунок 5. Интерфейс пациента Liquid Optics.

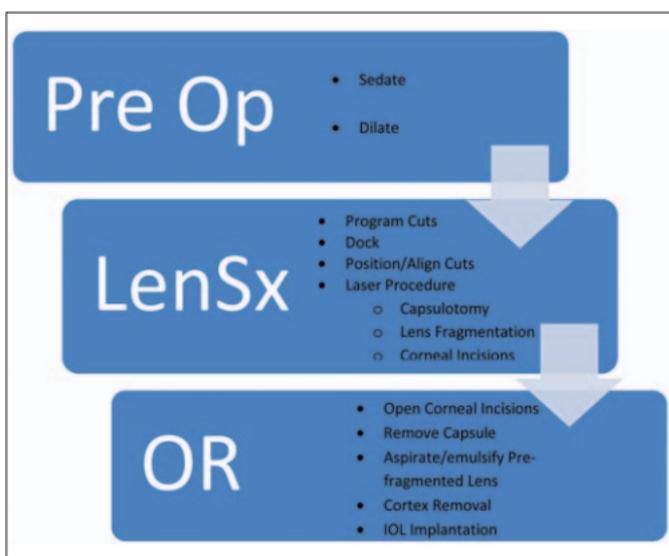


Рисунок 6. Блок-схема фемтосекундной лазерной хирургии катаракты.

устройства, которые могут быть связаны с капсулярными и эндоповреждение телиальных клеток,²⁹⁻³² генерируемые фемтосекундным фоторазрушение рассеивается в пределах примерно 30 мкм целевой ткани хрусталика.³³ Длина волны лазера не поглощается роговицей, в то время как максимальная флюенс сетчатки примерно в пять раз меньше порога многократного повреждения, определенного Шумахером и др.

ал.³⁴ Эти результаты соответствуют показателям безопасности. было установлено с помощью систем фемтосекундной лазерной хирургии роговицы в ходе нескольких миллионов процедур за последнее десятилетие.

Комбинированные фемтосекундные лазеры для роговицы и катаракты

Офтальмологи перегружены очень сложными и дорогими технологиями, как для диагностики, так и для хирургии. История показывает, что пациенты в конечном итоге соглашаются на более высокие цены на новые технологии, особенно если они обеспечивают лучшее лекарство. Однако сомнительно, может ли средняя офтальмологическая практика действительно позволить себе два

фемтосекундные лазерные устройства — один для роговицы и один для хирургии катаракты. Таким образом, важно определить возможность использования комбинированной фемтосекундной лазерной платформы для хирургии роговицы и катаракты.

Как мы видели, требования к лазерам для роговицы и катаракты заметно различаются, поэтому объединение двух технологий требует уникальных инженерных решений. Например, вырезание лоскута роговицы требует жесткого апплинирующего интерфейса пациента и лазера с высокой частотой повторения, тогда как хирургия катаракты требует интерфейса пациента, который оставляет роговицу неповрежденной, и лазера с более низкой частотой повторения. Фактически, и лазер LenSx, и лазер Victus используют интерфейс пациента, который можно легко модифицировать до жесткого апплинирующего интерфейса. Обе компании уже продемонстрировали резку роговичного лоскута с помощью своих лазеров и получили разрешения Управления по контролю за продуктами и лекарствами. Ожидается, что эти процедуры станут коммерчески доступными в ближайшем будущем.

Однако вырезание роговичного лоскута с помощью интерфейса пациента Liquid Optics может быть технически более сложным, и фактически на сегодняшний день это не было продемонстрировано с помощью этой технологии. Таким образом, ожидается, что технологии, использующие интерфейс пациента Liquid Optics, могут потребовать дальнейшей разработки для рассечения роговичного лоскута.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОММЕРЧЕСКИХ ФЕМТОСЕКУНД ЛАЗЕРОВ КАТАРАКТЫ

На сегодняшний день на рынке имеется четыре коммерчески доступных фемтосекундных лазера для лечения катаракты. Первый лазер был представлен на собрании Американского общества катарактальной и рефракционной хирургии в 2011 году компанией Alcon LenSx. Первые коммерческие единицы были отгружены сразу после встречи. Конкуренты последовали примеру Alcon LenSx примерно через 1–1,5 года, выпустив на рынок свои лазеры.

Лазер LenSx от Alcon LenSx показан на рисунке 7. Лазер занимает небольшую площадь (примерно 2 x 3 фута) и имеет подвижный портал для доставки лазерного луча в глаз пациента. Диапазон движения гентри спроектирован таким образом, чтобы этот лазер мог работать со всеми коммерчески доступными каталками для пациентов. Интерфейс пациента Soft Fit разработан таким образом, чтобы избежать складок задней части роговицы и обеспечить идеальное качество луча и размер пятна для процедур с линзами. Стыковка лазерной системы с интерфейсом пациента Soft Fit выполняется быстро и легко, что позволяет быстро завершить лазерные процедуры по удалению катаракты. Кроме того, Alcon LenSx также оптимизировал шаблоны сканирования ОКТ, чтобы минимизировать время процедуры. Фактически, общее время процедуры, включая стыковку, ОКТ-сканирование, капсулотомию, фрагментацию хрусталика и процедуры на роговице, при использовании этого лазера составляет примерно 2 минуты. Использование передвижных коек для пациентов вместе с коротким временем лазерной процедуры позволяет пользователю оптимизировать поток пациентов с помощью этой технологии.



Рис. 7. Лазерная система LenSx от Alcon LenSx Inc.

нология. Таким образом, несмотря на дополнительные мероприятия, связанные с применением лазера, эффективность работы хирурга практически не меняется. На сегодняшний день Alcon LenSx имеет самую большую установленную базу среди всех конкурентов в этой области и, безусловно, самое большое количество выполненных процедур. Помимо процедур по удалению катаракты, благодаря переменному углу конуса устройства подачи луча, с помощью лазера LenSx было также продемонстрировано превосходное качество разрезания роговичного лоскута.

Лазерная система Catalys производства OptiMedi-ca показана на рисунке 8. Этот лазер имеет прочный гентри и кровать пациента, которая не отсоединяется от лазера. В отличие от лазера LenSx, стыковка пациента осуществляется путем перемещения кровати пациента, а не портала подачи луча. Он оснащен бесконтактным интерфейсом пациента Liquid Optics, подающим жидкость между оптикой лазерной доставки и роговицей. Эта система применяет трехмерную схему ОКТ-сканирования для определения местоположения капсулы хрусталика и поверхностей роговицы. Стыковка с интерфейсом Liquid Optics более сложна; поэтому общее время процедуры с Catalys составляет примерно 4 минуты. Использование прикрепленной кровати для пациентов может потребовать некоторой логистики для перемещения пожилых пациентов под лазер. Хотя эта технология была внедрена несколько позже системы LenSx, количество инсталляций стремительно растет.

Лазер LensAR (LensARInc), показанный на рисунке 9, представляет собой небольшой аппарат, предназначенный для использования внешней подвижной кровати пациента, что позволяет легко перемещать пациента и хорошо оптимизировать поток пациентов. В отличие от всех других систем, в ней используется устройство визуализации Scheimpflug для определения местоположения



Рисунок 8. Лазерная система Catalys от OptiMedica Corp.



Рисунок 9. Лазерная система LensAR.

ткань-мишень. Подобно системе Catalys, она также использует жидкостный интерфейс пациента. Благодаря стыковочным характеристикам этого интерфейса пациента типичное время процедуры с этой системой составляет примерно 4–5 минут.

Существует множество установок LensAR как в США, так и за их пределами.

Лазер Victus от Bausch + Lomb–Technolas Perfect Vision AG показан на рисунке 10. Этот аппарат занимает небольшую площадь и использует встроенную несъемную кровать для пациента. Он имеет изогнутый интерфейс пациента из цельного стекла, управляемый интеллектуальными датчиками давления с радиусом кривизны 9,5 мм. Изогнутый интерфейс пациента касается роговицы только на вершине. В нем используется слой жидкости между изогнутым стеклом и роговицей, чтобы избежать морщин на роговице. В дополнение к процедурам по удалению катаракты с помощью аппарата также было продемонстрировано вырезание роговичного лоскута. Большинство установок Victus расположены в Европе.

Опубликовано множество клинических статей, в которых все четыре конкурирующие технологии демонстрируют отличные клинические результаты. Фактически, все технологии продемонстрировали 100% или почти 100% свободно плавающую капсулотомию и отличную фрагментацию хрусталика со значительным снижением мощности фактоэмульсификации. Все конкуренты сходятся во мнении, что наиболее эффективной «фемтоэмульсификации» можно добиться, измельчив линзу на мелкие кубики. Сильная конкуренция в этой области привела к быстрому развитию всех четырех катарактальных фемтосекундных лазерных технологий, приносящих пользу пациентам и пользователям благодаря более качественным и безопасным хирургическим процедурам.



Рис. 10. Лазерная система Victus от Bausch + Lomb–Technolas Perfect Vision AG.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сильная конкуренция среди разработчиков катарактальных фемтосекундных лазеров привела к быстрому развитию фемтосекундных лазерных технологий для хирургии катаракты. Основные принципы работы и конструктивные параметры таких лазеров подробно обсуждаются в этой главе. Выявлены различия и сходства роговичных и катарактальных фемтосекундных лазеров, а также обсуждены проблемы проектирования комбинированной фемтосекундной лазерной платформы. Окончательно,

кратко перечислены основные характеристики всех имеющихся в настоящее время на рынке конкурирующих лазеров по удалению катаракты. Офтальмологическое сообщество выиграет от этого разнообразия и, несомненно, будет стимулировать дальнейшее развитие фемтосекундных лазерных технологий катаракты в ближайшие годы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ
ЛИТЕРАТУРА

- Блюмберген Н. Лазерно-индуцированный электрический пробой в твердых телах. IEEE J Квантовый электрон. 1974;10:375-386.
- Фудзимото Дж.Г., Лин В.З., Иппен Е.П., Пулиафи К.А., Штайнерт Р.Ф. Исследования разрушения Nd:YAG-лазера с временным разрешением. Инвестируйте офтальмол Vis Sci. 1985;26:1771-1777.
- Зиссет Б., Фудзимото Дж.Г., Пулиафи К.А., Бирнгрубер Р., Дойч Т.Ф. Пикосекундный оптический пробой: тканевые эффекты и уменьшение побочных повреждений. Лазеры Surg Med. 1989;9:193-204.
- Фогель А., Хентшель В., Хольцфусс Дж., Лаутерборн В. Динамика кавитационных пузырьков и генерация акустических переходных процессов в глазной хирургии с использованием импульсного неодимового:YAG-лазера. Офтальмология. 1986;93:1259-1269.
- Глезер Э.Н., Скаффер С.Б., Нишимура Н., Мазур Э. Минимально разрушительный лазерно-индуцированный пробой в воде. Оптические письма. 1997;23:1817.
- Фогель А., Швайгер П., Фрейзер А., Асио М.Н., Бирнгрубер Р. Внутриглазная Nd:YAG-лазерная хирургия: взаимодействие легких тканей, диапазон повреждений и уменьшение побочных эффектов. IEEE J Квантовый электрон. 1990;26:2240-2260.
- Хабиб М.С., Спикер М.Г., Шнаттер В.Ф. Масс-спектрометрический анализ побочных продуктов интрастромальной фторорефракционной кератэктомии. Офталь-мольные хирургические лазеры. 1995;26:481-483.
- Штайнерт Р.Ф., Пулиафи – К.А. Лазер Nd:YAG в офтальмологии. Филадельфия, Пенсильвания: Сондерс; 1985.
- Лозель Ф.Х., Нимц М.Х., Билле Дж.Ф., Юхас Т. Лазерно-индуцированный оптический пробой твердых и мягких тканей и его зависимость от длительности импульса. IEEE J Квантовый электрон. 1996;32:1717-1722.
- Юхас Т., Лозель Ф.Х., Курц Р.М., Хорват С., Билле Дж.Ф., Муру Г. Рефракционная хирургия роговицы с фемтосекундными лазерами. IEEE J Select Topics Квантовая электрон. 1999;5:902-910.
- Подробный отчет о мировом рынке односторонней офтальмохирургической продукции за 2009 год. Объем рынка. 2009; август.
- Учение Д.В. Стили практики и предпочтения членов ASCRS: опрос 2003 г. J Хирургия рефракции катаракты. 2004;30:892-900.
- Учение Д.В. Стили практики и предпочтения членов ASCRS: опрос 2001 г. J Хирургия рефракции катаракты. 2002;28:1681-1688.
- Маркес Ф.Ф., Маркес М.В., Ошер Р.Х., Ошер Дж.М. Судьба разрывов передней капсулы во время операции по удалению катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32:1638-1642.
- Дик Х.Б., Пена-Асесес А., Маннис А., Круммеанауэр Ф. Новая технология определения размеров непрерывного криволинейного капсулорексиса: проспективное испытание. J Хирургия рефракции катаракты. 2008;34:1136-1144.
- Норрби С. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярных линз. J Катарактальная рефракционная хирургия. 2008;34:368-376.
- Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние размера капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовичные результаты рандомизированного проспективного исследования. Am J Офтальмол. 1999;128(3):271-279.
- Джан И, Такмаз Т., Какичи Ф., Озголь М. Сравнение методов фактоэмulsификации Нагахара и фактоэмulsификационной нуклеотомии типа «стоп-и-чоп». J Хирургия рефракции катаракты. 2004;30:663-668.
- Фогель А., Швайгер П., Фризер А., Асио М., Бирнгрубер Р. Внутриглазная лазерная хирургия Nd:YAG: взаимодействие легких тканей, диапазон повреждений и снижение побочных эффектов. Дж. Квантовый электрон. 1990;26:2240-2260.
- Юхас Т., Кастис Г., Суарес С., Тури Л., Бор З., Брон В.Е. Динамика ударных волн и кавитационных пузырьков при фоторазрушении сред глаза и их зависимость от длительности импульса. В: Жак С.Л., изд. Взаимодействие лазера с тканями VII. Труды SPIE. 1996;2681:428-436.
- Курц Р.М., Лю Х, Элнер В.М., Сквайер Дж.А., Ду Д., Муру Г. Фоторазрушение роговицы человека в зависимости от ширины лазерного импульса. J Хирургия рефракции катаракты. 1997;13:653-658.
- Зейтц Б, Лангенбухер А, Хоманн-Руммельт С, Шлэцер-Шрехардт У, Науманн ГОН. Немеханическая задняя пластинчатая кератопластика с использованием фемтосекундного лазера (фемто-ПЛАК) при декомпенсации эндотелия роговицы. Am J Офтальмол. 2003;136:769-772.
- Слэйд С.Г., Дарри Д.С., Биндер П.С. Проспективное исследование на контралатеральном глазу, сравнивающее тонкую FLAP-LASIK (суббоуменовский кератомилез) с фоторефракционной кератэктомией. Офтальмология. 2009;116(6):1075-1082.
- Саттон Г., Ходж К. Точность и точность определения толщины лоскута LASIK с использованием фемтосекундного лазера IntraLase в 1000 последовательных случаях. J Refract Surg. 2008;24:802-806.
- Секуно В., Кунерт К., Руссманн С. и др. Первое исследование эффективности и безопасности фемтосекундной экстракции лентикулы для коррекции миопии: результаты за шесть месяцев. J Хирургия рефракции катаракты. 2008;34(9):1513-1520.
- Руис Л.А., Сепеда Л.М., Фуэнтес В.К. Интрастромальная коррекция пресбиопии с использованием фемтосекундной лазерной системы. J Refract Surg. 2009;25(10):847-854.
- Штайнерт Р.Ф., Игнасио Т.С., Сарайба М.А. Сквозная кератопластика в форме «цилиндра» с использованием фемтосекундного лазера. Am J Офтальмол. 2007;143(4):689-691.
- Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
- Шин Ю.Дж., Ниши Ю., Энглер С. и др. Влияние энергии фактоэмulsификации на окислительно-восстановительное состояние культивируемых эндотелиальных клеток роговицы человека. Арка Офтальмол. 2009;127(4):435-441.
- Мурано Н., Ишизаки М., Сато С., Фукуда Ю., Такахаши Х. Повреждение эндотелиальных клеток роговицы свободными радикалами, связанными с ультразвуковыми колебаниями. Арка Офтальмол. 2008;126(6):816-821.
- Сторр-Паулсен А., Норрегаард Дж.К., Ахмед С., Сторр-Паулсен Т., Педерсен Т.Х. Повреждение эндотелиальных клеток после операции по удалению катаракты: метод «разделяй и властвуй» против метода факто-чоп. J Хирургия рефракции катаракты. 2008;34(6):996-1000.
- Ричард Дж., Хофф Арт Л., Шавейн Ф., Ридинг Б., Конрат Дж. Потеря эндотелиальных клеток роговицы после экстракции катаракты с использованием ультразвуковой фактоэмulsификации по сравнению с системой на основе жидкости. Роговица. 2008;27(1):17-21.
- Юхас Т., Кастис Г.А., Суарес С., Бор З., Брон В.Е. Наблюдения с временным разрешением ударных волн и кавитационных пузырьков, генерируемых фемтосекундными лазерными импульсами в ткани роговицы и воде. Лазеры Surg Med. 1996;19:23-31.
- Шумахер С., Сандер М., Столте А., Доепке С., Баумгертнер В., Любачовски Х. Исследование возможного повреждения сетчатки, вызванного фс-LASIK. В: Седергерг П.Г., Хо А., Маннс Ф., ред. Офтальмологические технологии XVI. Труды ШПИЭ. 2006;6138:11-19.

Фейс-офф фемтосекундная лазерная хирургия катаракты

Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

ФОН

На протяжении десятилетий факоэмульсификация, а в последнее время и микроинцизионная хирургия катаракты были нормальной частью повседневной офтальмологической хирургической помощи. Изменение хирургической техники также привело к быстрому развитию дизайна искусственных линз. Технология стала безопасной и эффективной, можно компенсировать все виды аномалий рефракции и восстановить зрение даже вблизи благодаря различным типам интраокулярных линз (ИОЛ). Из-за старения населения и безопасности метода в ближайшем будущем можно ожидать существенного увеличения числа операций по удалению катаракты.

Все больше и больше пациентов хотят сделать операцию раньше, чем когда-либо прежде; некоторые из них требуют компенсации только за пресбиопию.

По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2010 году количество операций по удалению катаракты во всем мире составило почти 20 миллионов; к 2020 году это число может увеличиться до 32 миллионов во всем мире.¹

Молодые пациенты обычно хотят достичь эметропии, даже если до операции у них были миопические, гиперметропические или астигматические нарушения рефракции. Ответственность лечащих хирургов, а также всей отрасли чрезвычайно возросла. В настоящее время по статистическим данным от 64 до 70% пациентов имеют предоперационный астигматизм 0,5 Д и выше и от 15 до 29% - астигматизм выше 1,25 Д.

мастизм.^{2,3} Предсказуемость результатов рефракции все еще остается выше при рефракционной хирургии, чем при хирургии катаракты. Таким образом, существует простор для развития предоперационной диагностики, хирургической техники и дизайна ИОЛ.

ПРОБЛЕМЫ С СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКОЙ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ

Хирургия катаракты – хорошо зарекомендовавшая себя процедура; Метод факоэмульсификации был изобретен и внедрен Чарльзом Кельманом в 1980-х годах. Факоэмульсификация сама по себе может вызвать трудности во время процедуры, что может вызвать каскадный негативный эффект на исход хирургического вмешательства. Ранеобразование и капсулотомия находятся на первом месте среди хирургических проблем. Если что-то пойдет не так

вначале, затем его трудно компенсировать в течение оставшейся части операции. Рана может разорваться или протекать, вызывая задержку послеоперационного заживления, или может вызвать угрожающий зрению эндофтальмит, которого следует избегать всеми средствами.

Капсулотомия может быть слишком большой, слишком маленькой или смещенной от центра; может иметь овальную, неправильную форму; или может произойти передний разрыв, который может распространиться и на заднюю капсулу. Определение эффективного положения линзы (ELPo), а также размера и центрации капсулотомии имеет первостепенное значение. Особенно это касается линз премиум-класса, таких как мультифокальные, аккомодационные, торические, асферические и т. д.

Передняя капсула должна покрывать по окружности хрусталик задней камеры на 0,25–0,5 мм. Если он больше, о полном покрытии не может быть и речи. Хрусталик может быть наклонен, создавая значительные аберрации более высокого порядка, или может смещаться вперед, что приводит к послеоперационной рефракции в сторону близорукости. Если он слишком мал, хрусталик может сместиться назад, вызывая гиперметропическое смещение по сравнению с предоперационными биометрическими расчетами. Нецентрированные линзы могут вызвать увеличение аберраций более высокого порядка и

нежелательный регулярный или неправильный астигматизм.⁴

Частота разрыва передней капсулы у опытных хирургов составляет около 0,8%. С другой стороны, во время программ резидентуры и при исполнении неопытными По мнению хирургов, она увеличивается в 7,5 раза.^{5,6} Поэтому, регулярные и централизованные капсулотомии имеют высокий уровень важности.^{4,7}

ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРЫ В КАТАРАХИРУРГИИ Технические аспекты фемтосекундных лазерных систем

Фемтосекундные лазеры представляют собой новую инновационную технологию для офтальмологов и пациентов. Во-первых, фемтолазеры использовались для пластинчатых разрезов роговицы, чтобы повысить безопасность и предсказуемость процедур LASIK. Было показано, что толщина закрывка больше.



Рисунок 1. Лазерная система LenSx.

более точны с фемтолазерами по сравнению с механическими микролезвиями. Когда стали доступны и другие процедуры на ламеллярной роговице, такие как ламеллярная кератопластика, сквозная кератопластика и процедуры на сегменте внутрироговичного кольца, фемтолазеры сразу же получили признание офтальмологов.

Фемтолазер работает с твердотельным лазерным источником, который производит тысячи фемтосекундных импульсов в секунду.

Лазерные импульсы доставляются в глаз через сложную систему доставки луча. Он включает в себя шарнирный рычаг и ряд различных оптических линз, сканеров и мониторов. Фемтосекундные лазеры работают в ближнем инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра, с длиной волны 1053 нм. При оптической фокусировке лазерный луч точно фокусируется внутри ткани роговицы, а также можно проходить через оптические среды и фокусировать лазерный луч на передней капсуле и внутри хрусталика. Эта особенность сделала фемтолазеры очень полезными в хирургии катаракты в течение последних нескольких лет. В тканях глаза происходит процесс, называемый фоторазрушением, который приводит к образованию в плазме свободных электронов и ионизированных молекул. Эти молекулы быстро расширяются, а затем разрушаются, вызывая образование (микро)кавитационных пузырьков и акустических ударных волн, которые в конечном итоге отделяют и разрезают ткань глаза.

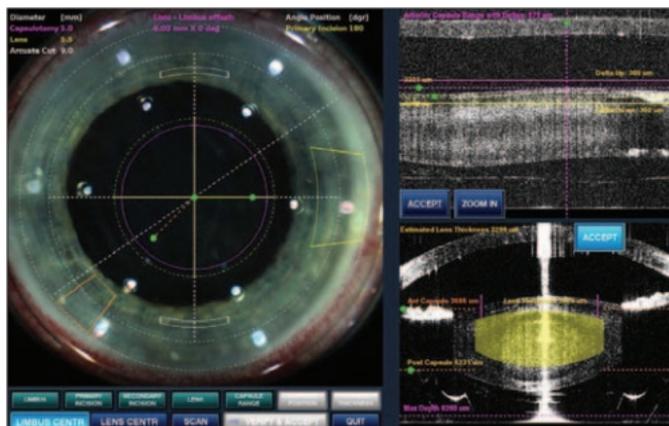


Рисунок 2. Экран для хирурга: измерение HD-ОКТ во время предварительного лечения фемтолазером.

Первая часть фемтосекундной хирургии — это процедура стыковки; хирург использует изогнутую контактную линзу или содержащий жидкость интерфейс пациента, интегрированный со стерильным лимбальным аспирационным кольцом. В трубке используется вакуумная система для фиксации глаза пациента. Интерфейс пациента легко стыкуется, он обеспечивает диапазон обзора и хирургического диаметра, что позволяет большинству типов фемтолазеров выполнять периферические раны роговицы, а также дугообразные кератотомические разрезы. Интерфейс пациента обычно повышает внутриглазное давление не более чем на 20–25 мм рт. ст.; следовательно, глазная перфузия и зрительное восприятие сохраняются во время предварительной обработки фемтолазером.

Фемтолазер обычно имеет видео в реальном времени и запатентованную оптическую когерентную томографию (ОКТ), которая помогает в стыковке и локализации хирургического рисунка.

Лазер управляется с помощью сложных оптических инструментов, в большинстве случаев с помощью HD-ОСТ (в фемтолазере Alcon LenSx); в других случаях используется камера Scheimpflug (Opti-Medica, Victus, LensAR) для точного определения глубины тканей. ОКТ использует тот же оптический путь, что и лазерный луч, и полностью интегрирован и откалиброван. ОКТ охватывает весь передний сегмент вплоть до задней капсулы хрусталика, а также позволяет оценить плотность хрусталика. Хирургический шаблон выполняется автоматически; однако хирург имеет возможность изменить автоматически предлагаемые параметры лечения, такие как центрирование передней капсулотомии, глубина разреза внутри хрусталика (расстояние от задней и передней капсулы) и положение разрезов роговицы (рис. 1–3).

Измерения ОКТ эффективно сочетают круговое и линейное сканирование, что приводит к получению более точной информации о глубине и наклоне. Фемтосекундный лазер создает ударную волну длиной 100 мкм; поэтому рекомендуется соблюдать безопасное расстояние минимум 500 мкм (скорее 700 мкм) от задней капсулы.

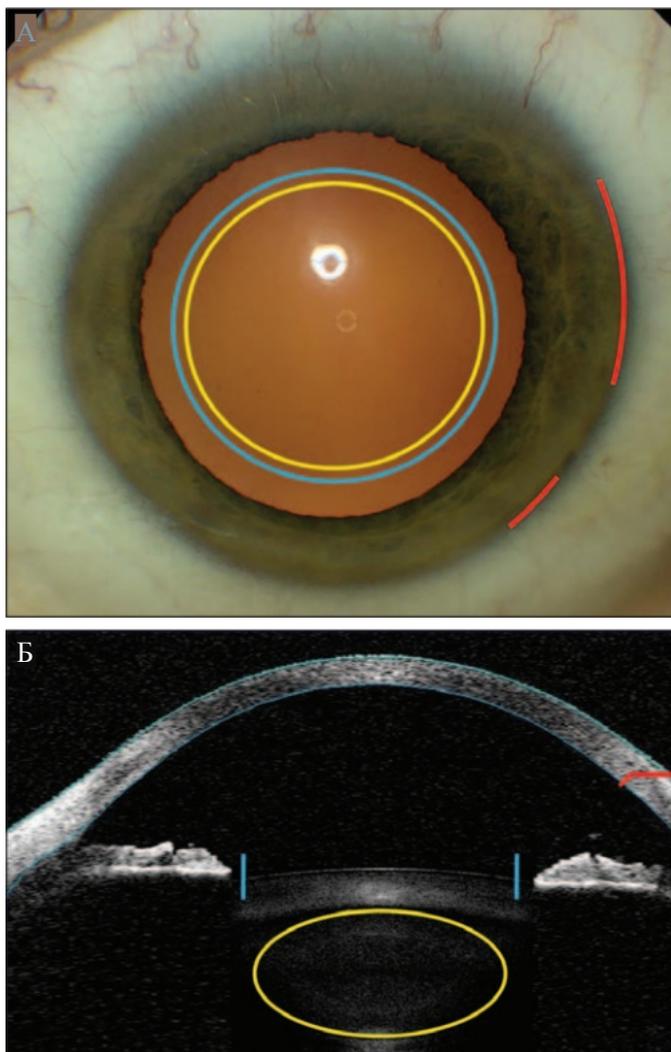


Рисунок 3. Хирургический образец выполняется автоматически; однако хирург имеет возможность изменить автоматически предлагаемые параметры лечения, такие как центрация передней капсулотомии, глубина разреза внутри хрусталика (расстояние от задней и передней капсулы) и положение разрезов роговицы.

Первая в мире операция по удалению катаракты с помощью фемтосекундного лазера была проведена в 2008 году в Университете Земмельвейса.

университет, Будапешт, Венгрия, профессор Надь.⁸ Технология огия быстро развивалась и в настоящее время стала общепринятой процедурой удаления катаракты у пациентов офтальмологов. Как и в случае с новой и дорогой технологией, цена и затраты все еще обсуждаются на международных встречах, но тот факт, что она делает операцию по удалению катаракты более безопасной, эффективной и весьма предсказуемой процедурой, обычно не подвергается сомнению. Первые опыты нашей рабочей группы по фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты были опубликованы в 18 научных журналах. рассмотренные статьи.^{4,7-23}

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты помогает автоматизировать важные этапы ручной факэмульсификации

и помогает избежать каскадных негативных последствий, если что-то пойдет не так во время ручного удаления катаракты. Спор идет о том, нужны ли еще навыки хирурга; однако для достижения наилучшего результата хирург должен обладать соответствующей ловкостью, поскольку другие этапы операции (например, удаление хрусталика и коры головного мозга, имплантация хрусталика, предотвращение повреждения раны) не могут быть автоматизированы. Все хирурги должны изучить мануальную факэмульсификацию, прежде чем приступить к использованию метода фемтола-сер.

Основываясь на первоначальных результатах и опыте, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) одобрило и одобрило четыре основных этапа фемтосекундной лазерной хирургии катаракты — капсулорексис, фрагментацию хрусталика (разжижение), разрезы роговицы и дугообразные разрезы — в 2009 г. для фемтолазер LenSx.

Другие компании, предлагающие другие фемтолазеры для хирургии катаракты, такие как Catalys (OptiMedica), LensAR (LensARInc) и Victus (Bausch + Lomb–Technolas GmbH), появились на рынке и получили разрешение FDA на свои фемтолазеры вслед за LenSx.

LenSx была приобретена Alcon в 2011 году и стала Alcon LenSx. Производственная площадка в Алисо-Вьехо, Калифорния, осталась прежней (как и до приобретения компанией Alcon).

Сегодняшний пациент ожидает идеальной послеоперационной остроты зрения после операции по удалению катаракты с отличным качеством зрения и независимостью от очков в отношении зрения вдаль и вблизи. Фемтолазерная технология позволяет автоматизировать этапы операции по удалению катаракты, обеспечивая стабильные результаты и повышая предсказуемость.

За последние несколько лет многое изменилось, например, форма и геометрия интерфейса пациента, уровень энергии, размер пятна и параметры разделения пятен.

Фемтосекундные лазеры могут помочь на трех критических этапах удаления катаракты: образовании раны роговицы, капсулотомии, фрагментации и разжижении хрусталика. Помимо этого, лазер способен лечить и контролировать предоперационный астигматизм роговицы, создавая дугообразные кератотомические разрезы. Уникальными особенностями являются контролируемая глубина разреза, беспрецедентная точность разрезов, низкий уровень энергии, используемый во время предварительной фемтолазерной обработки, а также настраиваемые этапы разрезов роговицы, схемы фрагментации хрусталика, а также создания капсулотомий точного размера и по центру. Во время дугообразных разрезов хирург может регулировать глубину разреза для достижения 80% или даже 90% разреза по периферии роговицы без перфорации роговицы.

В литературе метод называется по разной терминологии: фемтолазерная рефракционная хирургия катаракты, фемтолазерная хирургия катаракты, фемтолазерная хирургия катаракты, фемтолазерное удаление хрусталика и др. В настоящее время получает распространение название фемтолазерная хирургия катаракты. более широкое признание.

Этот метод в некотором смысле является рефракционным, поскольку хирурги также изменяют рефракцию глаза во время операции.

Удаление катаракты и рефракционная хирургия в последние годы имеют тенденцию сливаться. Причина в том, что мы оперируем все более молодых пациентов, иногда только для компенсации пресбиопии, без настоящей катаракты.

Демография показывает, что в ближайшие десятилетия потребность в удалении катаракты значительно возрастет в связи со старением населения. Кроме того, существует возрастающая потребность в более ранней замене линз из-за пресбиопических изменений. Более высокие аномалии рефракции при близорукости и особенно при дальнозоркости делают операцию по удалению катаракты более популярной. Хирургам приходится сталкиваться с постоянно растущими требованиями пациентов, с практически обязательной гарантией предсказуемости хирургического вмешательства и исключением практически всех возможных осложнений.

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕМТОЛАЗЕРОВ В ХИРУРГИИ КАТАРА

Неправильная форма ручной капсулотомии может вызвать наклон хрусталика, смещение вперед или назад или изменение предполагаемой рефракции; длительная факоемульсификация с высокой кумулятивной диссипируемой энергией (CDE) и высоким эффективным временем факорефракции (EPT) может вызвать задержку восстановления зрения и значительное снижение количества эндотелиальных клеток.

Таким образом, предварительная обработка фемтолазером может повысить предсказуемость и помочь CDE и EPT за счет создания периоперационных линий фрагментации или разжижения ядра хрусталика. Фемтофрагментация также помогает разделить ядро на 2-4-8 частей без использования техники факофрагментации.

Раны неправильной формы могут вызвать подтекание и послеоперационную инфекцию – осложнений, которых также следует избегать.

Послеоперационный роговичный астигматизм, вызванный хирургическим вмешательством, также следует свести к минимуму во время операции.

Предварительная обработка фемтолазером превращает важные этапы факоемульсификации в последовательную и предсказуемую процедуру. Это не технология, позволяющая заменить хороших хирургов автоматизированными машинами или офтальмологами.

Хирургическая мудрость по-прежнему необходима, а возможно, даже в большей степени.

Разумеется, фемтолазерное лечение следует начинать тогда, когда хирург уже освоил факоемульсификацию. В будущем она может измениться как стартовая процедура, но в течение многих лет превосходство факоемульсификации будет оставаться на первом месте в нашем хирургическом арсенале.

ПРЕИМУЩЕСТВА ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ

Основными преимуществами метода являются лучшее качество разреза с любой желаемой геометрией, положением и

номер разреза^{16,22}; повышенная надежность и воспроизводимость возможность капсулотомии; повышенная стабильность и центральная положение имплантированных заднекамерных линз^{4,7,9,15}; и снижение CDE и EPT во время факоемульсификации. сификация.^{8,24}

До сих пор не хватает проспективных рандомизированных исследований, доказывающих превосходство мануальной техники над методикой. Превосходство послеоперационной рефракции также обсуждается несколькими авторами. Это естественно, поскольку метод не является принципиально новым, как это было при переходе от экстракапсулярного удаления катаракты к факоемульсификации. Но следует помнить, что за это также приходится платить декомпенсацией роговицы, разрывом задней капсулы, западением хрусталика в стекловидное тело, необходимостью витрэктомии, необходимостью интравитреальной факоемульсификации, новыми методами имплантации линз при капсулярном синдроме. осложнения (зашивание хрусталика, техника приклеивания ИОЛ и т. д.), необходимость трансплантации роговицы, лечение послеоперационного кистозного макулярного отека.

Предварительная обработка фемтолазером была изобретена, чтобы облегчить этапы факоемульсификации и повысить безопасность, последовательность и предсказуемость. Обычно при сравнении фемтолазерной хирургии катаракты и мануальной факоемульсификации сравниваются результаты протекающих без осложнений и успешных операций. Шансы избежать возможных осложнений и частота реальных осложнений обычно не оцениваются или делаются очень редко.

Это обусловлено главным образом сравнением стоимости ручных и фемтолазерных процедур. Это имеет определенное обоснование, поскольку за последние два десятилетия удаление катаракты стало гораздо более безопасным и предсказуемым.

Поэтому финансисты считают, что финансирование тоже можно сократить. Это не мнение офтальмохирургов, и эта проблема может ввести в заблуждение профессиональные дебаты.

Наша команда попыталась глубже оценить возможные результаты, преимущества и недостатки метода на более широкой основе, чем это делалось до сих пор в ходе международных встреч. При этом мы пытаемся обобщить наши наиболее важные шаги и результаты рефракционных операций по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи.

ЭТАПЫ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ

Стыковка

Процедура стабилизации глаза во время операции по удалению катаракты с помощью фемтолазера называется стыковкой. С фемтолазером Alcon LenSx используется модифицированный интерфейс пациента.

Это изогнутый интерфейс диаметром 12,5 мм, повторяющий контур роговицы. Между поверхностью интерфейса пациента и глазом пациента накладывается мягкая контактная линза во избежание прямого контакта и высыхания.

поверхности роговицы. При использовании мягких контактных линз нет складок роговицы, как это было в интерфейсах для пациентов первого поколения. Складки роговицы могли стать причиной неправильного контура капсулы и потребовать более высокой энергии лазера в течение всей предварительной обработки фемтолазером.

Повышение внутриглазного давления (ВГД) составляет менее 20 мм рт. ст., что могут переносить пациенты пожилого возраста с иногда нарушенными сосудистыми структурами заднего полюса из-за склероза, глаукомы и т. д. Более высокий подъем ВГД обычно наблюдается при фемтолазерной ЛАСИК. процедур, поскольку роговица в зоне лечения должна быть полностью уплощена (9,0 мм от центра роговицы). Во время процедуры лоскута повышение давления может достигать 80 мм рт. ст. Чтобы избежать ишемического повреждения сетчатки и нейропатического повреждения зрительного нерва из-за снижения глазного кровотока, во время фемтолазер-ассистированной хирургии катаракты используется изогнутый интерфейс пациента со значительно меньшим повышением ВГД. В других системах используются двухкомпонентные некорнеальные контактные интерфейсы пациента, заполненные жидкостью (Victus, Catalys, Len-sAR). При использовании интерфейсов пациента, заполненных жидкостью, достичь периферической части роговицы для создания ран на роговице становится сложнее.

С другой стороны, при использовании жидкостного иммерсионного интерфейса повышение ВГД увеличивалось на 16,6 мм рт. ст., при изогнутом интерфейсе пациента — на 32 мм рт. ст.²⁵ С интерфейсом пациента Soft Fit (мягкие контактные линзы между интерфейсом пациента и глазом пациента) повышение ниже 20 мм рт. ст.¹⁸ Керр и др. обнаружили ВГД подъем на 11,4 мм рт. ст. при использовании лазерной системы Catalys во время создания вакуума и пик 36 мм рт. ст. сразу после лазерной капсулотомии и фрагментации хрусталика. ВГД начало снижаться после удаления интерфейса пациента. но оставался выше базовых значений.²⁶ Кажется, что не-Желаемое повышение ВГД больше не является проблемой во время стыковки и предварительной обработки фемтолазером.

Разрезы роговицы

Самозаживляющиеся разрезы очень важны для предотвращения подтекания раны и послеоперационного эндофтальмита, угрожающего зрению. Сообщалось, что прозрачные незашитые разрезы роговицы увеличивают уровень бактериального заражения.

дофтальмит.²⁷ Квадратные разрезы оказались более стабильны и вызывают меньшую утечку.²⁸ Если в ране есть ловушка-эзоидная структура и внутренняя губа уже внешней, это помогает удерживать рану роговицы затянутой. С помощью фемтолазерной технологии можно создать раны любого типа и любой геометрии с желаемым размером, расположением и количеством. Периферическая локализация очень важна, чтобы избежать хирургически индуцированного астигматизма (СИА).

В начале создания фемтолазерной раны раны были более центральными, чем ожидалось, что вызывало нежелательное увеличение SIA. Меньший диаметр, но большее хирургическое поле интерфейса пациента Soft Fit

обеспечивает лучшую видимость и доступность периферических разрезов роговицы, что позволяет хирургам уменьшить количество СИА. Точно контролировать длину и структуру раны роговицы вручную достаточно сложно. Маскет и др. изучали разрезы роговицы с помощью фемтолазера и обнаружили, что фемтораны более стабильны и их легче воспроизвести.

Многоплоскостная геометрическая раневая структура может быть достигнуто легко.²⁹

Раны роговицы, созданные фемтосекундным лазером, самозаживляются; их не нужно гидратировать в конце операции. Причинами этого являются структура и геометрия раны, а также меньший стресс, меньшее время факоэмульсификации и меньший СДЕ во время операции. Теоретически, лучшая структура раны и лучшая стабильность приводят к меньшему количеству послеоперационных эндофтальмитов и меньшему количеству SIA. В будущем это необходимо будет доказать рецензируемыми многоцентровыми исследованиями.

Фемтолазерная капсулотомия

Важность смещения хрусталика для послеоперационной рефракции тщательно изучалась. Было показано, что смещение хрусталика задней камеры вперед на 1 мм вызывает миопическое смещение на 1,25 Д.

При смещении кзади дальность зрения возникает с той же величиной диоптрий. Если капсулотомия слишком мала, при имплантации цельной заднекамерной линзы может возникнуть фиброз передней капсулы (капсулярный фимоз). Если капсулорексис слишком велик, отсутствие перекрытия хрусталика задней камеры приведет к наклону, децентрации, увеличению аберраций более высокого порядка, оптических аберраций,

и помутнение задней капсулы.

23,30-35

Несмотря на сложнейшую формулу расчета хрусталика, ELPo внутри капсульного мешка во многом зависит от размера капсулы, формы и центрации капсулотомии. Таким образом, неточность ELPo является основной причиной возникновения ИОЛ. ошибки расчета мощности.^{36,37}

Наша команда и другие ученые установили, что фемтосекундная лазерная капсулотомия является более точной, последовательной и лучше центрируется по сравнению с ручным капсулорексисом.^{4,9,24,38} Благодаря лучшему перекрытию передней капсулы толщиной 0,25–0,5 мм с задней камерой линзовая оптика приводит к меньшему наклону и децентрации по сравнению с ручным непрерывным исследованием.

УС криволинейный капсулорексис (ККК).¹² Горизонтальная ИОЛ Было обнаружено, что децентрация была значительно выше в группе ручного ССС, выполнявшей капсулотомии диаметром 4,5 мм.

Фемтолазерная капсулотомия привела к полному и регулярному перекрытию в 89% случаев, хотя этого можно было достичь.

только в 72% случаев при ручном ССС.⁹ Важное значение Размер капсулотомии имеет первостепенное значение при высокой близорукости, где размер ручного капсулорексиса обычно превышает 6,0 мм из-за большего размера глаза и больший диаметр зрачков.^{4,9}

Фрагментация хрусталика, разжижение

В первой опубликованной статье о фемтолазерной хирургии катаракты авторы установили, что фемтосекундная лазерная фрагментация снижает эффективность фако-энергия эмульгирования, а также ЭПТ.⁸ Сначала крест-была применена модель фрагментации хрусталика, что позволило разделить ядро пополам, а затем разделить на четыре квадранта. Позже в результате изменений программного обеспечения были созданы другие узоры, такие как узор торта или узор пиццы (шесть-восемь линий разреза). Гибридный рисунок означает, что центральная часть линзы толщиной 3,0 мм разжижается цилиндрическим узором, а затем может быть применена фрагментация узора креста или пиццы.

Фрагментация хрусталика рекомендуется при ядерном помутнении выше 2,0 степени согласно Системе классификации помутнений хрусталика. В настоящее время фрагментацию хрусталика рекомендуют до степени ядерной катаракты +4,0. При степени ниже 2,0 рекомендуется разжижение при цилиндрической форме (концентрические кольца, идущие от задней части хрусталика к передней части хрусталика). Для размягчения ядра можно использовать ячеистую структуру, тем самым сводя к минимуму необходимую энергию и время факоэмульсификации.

Nagy и соавт. сообщили о снижении CDE на 43% и снижении ЕРТ на 51% уже в первой в истории публикации. Любимая статья о фемтолазерной хирургии катаракты.⁸ Паланкер и др. сообщили о снижении CDE на 39% при использовании Система Катализ.²⁴ Подобные результаты были сообщены Conrad-Hengerer и др. (снижение CDE на 29%).³⁹

В зависимости от степени катаракты и характера фрагментации с помощью фемтолазерной технологии можно добиться значительного снижения CDE и ЕРТ, что, в свою очередь, может повысить безопасность метода в отношении послеоперационного отека роговицы, потери эндотелиальных клеток и т. д. Новые перспективы необходимы рандомизированные исследования, чтобы установить реальную ценность фемтолазерной хирургии катаракты с точки зрения фрагментации и долгосрочной безопасности.

ЭНДОТЕЛИАЛЬНО-КЛЕТОЧНАЯ ПОТЕРЯ

В литературе сообщается о потере клеток после мануальной факоэмульсификации в среднем на 8,5% через 12 месяцев после операции. Большая часть потери клеток происходит в течение первых 6 недель, что составляет около 7,5%, с последующим увеличением на 1% в течение оставшейся части первого послеоперационного периода. последующий год.¹²

Takács и соавт. провели проспективное рандомизированное исследование по сравнению хирургии катаракты с помощью фемтолазерной терапии с ручной факоэмульсификацией. Авторы пришли к выводу, что в первый послеоперационный день глаза, обработанные фемтолазером, имели значительно меньшую толщину роговицы по сравнению с группой, обработанной вручную, в то время как эта разница исчезли через 1 неделю и 1 месяц после операции.¹²

Аналогичным образом, Abell и соавт. не обнаружили различий в потере эндотелиальных клеток через 3 недели после операции по удалению катаракты с помощью фемтолазера.

или ручная факоэмульсификация.⁴⁰

С точки зрения безопасности очень важно, чтобы фемтолазерная хирургия катаракты сама по себе не ухудшала количество эндотелиальных клеток и толщину роговицы по сравнению с ручной факоэмульсификацией. Снижение потребности в энергии для факоотерапии может иметь большее значение в глазах с нарушенным количеством эндотелиальных клеток, таких как эндотелиальная дистрофия Фукса, низкое количество эндотелиальных клеток по любой причине, увеит и т. д. Все еще необходимы более масштабные исследования, чтобы установить роль Характер фрагментации, техника измельчения и плотность линз влияют на количество послеоперационных эндотелиальных клеток и толщину роговицы.

МАКУЛЯРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОСЛЕДУЮЩИЕ

ФЕМТОЛАЗЕРНАЯ ХИРУРГИЯ КАТАРАКТЫ

В литературе имеется ограниченное количество статей, посвященных фемтолазерной хирургии катаракты и морфологии желтого пятна. Ecsedy и соавт. установили, что послеоперационный кистозный макулярный отек, связанный с операцией по удалению катаракты с использованием фемтолазера, не хуже, чем мануальная факоэмульсификация. С другой стороны, что касается внутреннего макулярного кольца, результаты кажутся более благоприятными в группе фемтолазера, главным образом из-за более короткого периода лечения. время и меньше CDE.^{10,11}

ДРУГИЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Процедура хирургии катаракты с помощью фемтолазерной помощи, безусловно, требует некоторого обучения. Это определенно короче, чем при переходе от экстракапсулярной экстракции катаракты к факоэмульсификации. Все наши основные осложнения произошли в первых 100 случаях. Следует также подчеркнуть, что с 2008 года фемтолазерная хирургия катаракты находилась в постоянном развитии.

Следовательно, кривая обучения не должна превышать первые 50 случаев.

Передний разрыв капсулы может вызвать каскадный эффект во время операции. Частота передних разрывов у опытных и неопытных хирургов сильно различается — с 0,8% может быть увеличена до 5,6%.

Мой личный совет — следовать контуру передней лазерной капсулотомии; это настоятельно рекомендуется, чтобы избежать разрывов передней части. Капсулярные осложнения и способы их лечения подробно обсуждаются Nagy et al.

Журнал катарактальной и рефракционной хирургии.¹⁸

Следует применить шадящую гидродиссекцию. В случае резкой гидродиссекции газовый пузырек внутри хрусталика может покинуть хрусталик по направлению к задней капсуле (синдром капсулярной блокады), которая может разрушиться и ядро может опуститься в полость стекловидного тела.

⁴¹⁻⁴³ итность. В случаях щадящей гидродиссекции «камнем» и технике переката» (слегка прижимая ядро вниз и поворачивая его), газовый пузырек выйдет из глаза в сторону передней камеры и через рану роговицы. Разрыв задней капсулы является наиболее тяжелым осложнением фемтолазер-ассистированной хирургии катаракты, обусловленным, главным образом, техническими проблемами при гидродиссекции. Рекомендуются, чтобы один человек из команды начал лечение фемтолазером и после завершения курса обучения мог обучать других членов команды. Таким образом можно избежать многих осложнений.

ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРНАЯ ХИРУРГИЯ КАТАРАК СЛОЖНЫХ СЛУЧАЯХ

Команда Надя и др. сообщила об успешном применении фемтолазерной терапии в случаях травмы с разрывом передней капсулы. Фемтолазерная капсулотомия помогает создать центральную капсулотомию округлой формы без распространения травматического разрыва капсулы на заднюю капсулу, что дает хирургу возможность имплантировать заднекамерную линзу в капсульный мешок; таким образом, более благоприятный вид-

можно ожидать реального результата.¹⁹

Фемтолазерная технология также была успешно применена на глазах с приступом закрытоугольной глаукомы; в описанном случае глубина передней камеры составила 1,1 мм. С помощью встроенного ОКТ можно было достичь безопасного и гарантированного размера капсулотомии при эффективной фрагментации. В случаях нерасширения глаукомного зрачка в литературе впервые использовалось кольцо Малюгина для увеличения размер зрачка.²⁰ Дик также сообщил о благоприятном исходе нерасширяющиеся случаи с маленьким зрачком при использовании кольца Малюгина; в этих случаях лечение фемтосекундным лазером может обеспечить значительные преимущества для пациентов.⁴⁴

Фемтосекундная лазерная капсулотомия возможна также на глазах, имеющих в анамнезе сквозную кератопластику. Круглая линия рубца при сквозной кератопластике обычно не мешает фемтокапсулотомии, поскольку линия рубца составляет около 7,0 мм в диаметре, а капсулоррекс — менее 5,0 мм. Процедура стыковки также не сложнее первичной фемтолазера. Процедура ассистированной хирургии катаракты.²¹

Фемтолазерная капсулотомия применима и на глазах с кератоконусом, даже в запущенных случаях (Надь, личное сообщение).

Шульц и др. сообщили об успешной процедуре хирургии катаракты с помощью фемтолазерной терапии катарактального децентрированного хрусталика у ребенка с синдромом Марфана. Преимущество фемтолазерной капсулотомии в данном случае было очевидным и имеет пожизненное значение.⁴⁵

ПЕДИАТРИЧЕСКАЯ КАТАРАКТА

Детская катаракта может стать еще одной важной областью применения фемтолазера из-за высокой эластичности детского хрусталика. Хорошо центрированный и предсказуемый по размеру капсулорексис имеет большое значение, а задняя капсулотомия может сделать этот метод еще более полезным. Дик и Шульц сообщили об успешных педиатрических случаях катаракты у четырех младенцев. Авторы измерили диаметр капсулотомии немного больше, чем ожидалось.

из-за более высокой эластичности детской капсулы.⁴⁶

Nagy и коллеги также имеют положительный опыт лечения катаракты и задней капсулотомии у детей (Nagy, личное сообщение).

РЕФРАКТИВНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

Ожидания относительно рефракционного результата при операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи очень высоки. Следует подчеркнуть, что лазерная хирургия существенно не отличается от факоемульсификации; только ключевые шаги более последовательны и автоматизированы. Пациенты с длительным сроком лечения и офтальмологи могут ожидать лучших рефракционных результатов за счет более регулярной капсулотомии, лучшего ELPo и, возможно, меньшего помутнения задней капсулы. ставка,²³ и уменьшение послеоперационного астигматизма. е. Техническое развитие должно сопровождаться новыми технологиями диагностических инструментов, новой конструкцией линз, новыми материалами и т. д., чтобы использовать все преимущества фемтолазерной технологии в хирургии хрусталика.

По данным Филкорна и соавторов, в проспективном рандомизированном исследовании результаты показали значительно более низкую среднюю абсолютную ошибку после операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи.

Это было более значимым в глазах с более короткой и длинной осевой длиной. Не было статистически значимой разницы в отношении рефракционного результата фемтолазерной помощи. хирургия катаракты и мануальная факоемульсификация.²² Робертс и др. также не обнаружили статистически значимых различий. епсе для рефракционного результата.⁴² Паланкер и др. также обнаружили аналогичный рефракционный результат.²⁴

Szigei и соавт. обнаружили, что в группе наклона и децентрации центрального капсулорексиса диаметром 5,5 мм с помощью фемтола-сера был лучше по сравнению с группой диаметром 6,0 мм.¹⁷ Авторы имплантировали однооптическую аккомодирующую ИОЛ Crystalens AT-50A диаметром 5,0 мм. Исследование не выявило различий в остроте зрения вблизи и вдаль без коррекции и с наилучшей коррекцией.

Лоулесс и др. исследовали группу из 60 глаз, оперированных с помощью фемтолазерной хирургии катаракты, и 29 глаз с ручной факоемульсификацией. Имплантирована дифракционная мультифокальная ИОЛ (Restor SN6AD1). Результаты не показали различий в средней послеоперационной сферической эквивалентной рефракции между двумя пациентами.

группы.⁴⁷

ОГРАНИЧЕНИЯ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ УДАЛЕНИИ КАТАРАКТЫ

Стыковка может быть затруднена при узкой глазной щели, а также в случаях значительного птеригия и рыхлой конъюнктивы.

Обширные помутнения роговицы могут затруднить процедуру, поскольку могут мешать фоторазрушению во время капсулотомии и фрагментации. Небольшие, достаточно прозрачные помутнения роговицы не создают никаких проблем.

Хирург должен учитывать это и, возможно, использовать более высокий уровень энергии для капсулотомии и фрагментации.

Адекватное расширение зрачков является предпосылкой успешной капсулотомии; перед фемтолазерным лечением зрачок должен быть не менее 6,0 мм. Если на радужку попадет лазерный луч, может возникнуть неожиданное кровотечение или дальнейшее сужение. Воспалительные цитокины и простагландин E2 могут продуцироваться радужной оболочкой, что может привести к дальнейшему сужению зрачка и послеоперационному воспалению.

Поэтому перед началом лечения к предоперационному режиму следует добавить нестероидные противовоспалительные капли.

предварительная фемтолазерная обработка. 48

В случае нерасширяющегося зрачка кольцо Малюгина может стать решением и позволить использовать фемтолазерную технологию.

^{20,44} В этом случае после того, как роговица, созданная лезвием, рану следует заполнить передней камерой вискоэластиком, после чего можно имплантировать кольцо Малюгина. После удаления вискоэластика рану следует зашить нейлоновым X-образным швом 10/0, после чего можно легко выполнить фемтолазерную капсулотомиию и фрагментацию хрусталика. Внутрикамерное введение адреналина и вискодилатация также могут быть решением в случае меньшего зрачка, но в случае передних синехий лучшим решением является кольцо Малюгина.

Темно-коричневую и черную катаракту может быть трудно фрагментировать лучом фемтолазерного луча из-за их очень твердого и компактного ядра. В настоящее время фемтолазерная хирургия катаракты рекомендована до уровня +4,0.

В случаях белой тумесцентной катаракты содержание воды слишком велико; следовательно, фоторазрушение не работает в опухшем хрусталике. Однако капсулотомия рекомендуется и полезна в случаях припухлости, когда ручная капсулотомия может идти к периферии.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время среди офтальмологов ведутся профессиональные дебаты о преимуществах фемтолазерной хирургии катаракты перед мануальной факоэмульсификацией. Существуют исследования, показывающие лучшую воспроизводимость и предсказуемость на основе гарантированной геметрии, диаметра и центрации капсулорексиса. Другие исследования не выявили рефракционных преимуществ метода перед мануальной факоэмульсификацией. Одно можно сказать наверняка: этот метод не заменяет ни один из используемых до сих пор методов удаления катаракты. Это помогает поддерживать

стабильные результаты при капсулотомии и центрации хрусталика задней камеры; используется меньше энергии и времени факоэмульсификации; повышается безопасность и создается

желаемые и индивидуальные раны роговицы⁴⁹; и дугообразный разрез, чтобы избежать более крупного SIA и контролировать предоперационный астигматизм роговицы. Таким образом, результаты не должны быть настолько разными, как это было при переходе от экстракапсулярной экстракции катаракты к факоэмульсификации. Но существуют различия и этапы хирургии катаракты, которые можно адаптировать так же, как это происходило раньше в рефракционной хирургии. Благодаря такой настройке и повышенной безопасности и предсказуемости офтальмологи смогут использовать и предоставлять все преимущества, которые предлагают своим пациентам линзы премиум-класса с передовыми технологиями. Основная цель — обеспечить независимость от очков как можно большего числа пациентов, у которых нет какой-либо другой офтальмологической патологии, кроме помутнения хрусталика, катаракты или пресбиопии.

Исследования показывают важность капсулорексиса для обеспечения более стабильного анатомического положения имплантированной заднекамерной линзы с точки зрения ротационной и переднезадней стабильности (без смещения и наклона), что имеет первостепенное значение для торических и торических мультифокальных линз и другие линзы, корректирующие пресбиопию.

Исследования обычно показывают, что рефракционный результат фемтолазерной хирургии катаракты аналогичен мануальной технике, но в этих исследованиях не обсуждается качество зрения. В 2013 году французское правительство инициировало многоцентровое исследование на базе университетских офтальмологических клиник с целью предоставить перспективные данные о процедурах хирургии катаракты с помощью фемтолазера.

Уменьшение количества энергии и времени ультразвука является многообещающей особенностью фемтосекундной лазерной технологии с точки зрения безопасности и долгосрочного воздействия на глаза. Частота интраоперационных осложнений после обучения оказывается ниже, но, по крайней мере, сопоставима со стандартной мануальной факоэмульсификацией. Повышенная безопасность, многообещающие результаты ELPo, более высокая предсказуемость и хирургическая последовательность могут сделать этот метод общеприемлемым в ближайшие годы.

В будущем ожидается появление комбинированного фемтолазерного оборудования, которое может быть применимо также для процедур на роговице и хрусталике. Коррекция пресбиопии также была обещана и все еще находится на стадии расследования. В настоящее время главными вопросами фемтолазерной хирургии катаракты являются повышение прогнозируемости и безопасности. Однако нам еще предстоит дождаться результатов доказательной медицины. Эффективность факоэмульсификации, изобретенной в 1967 году, была доказана лишь рандомизированными исследованиями спустя 3 десятилетия.

Аналогичным образом, необходимо провести контролируемое исследование фазы 3, чтобы установить реальную ценность хирургии катаракты с помощью фемтолазерной помощи. Однако Европейское общество

В 2013 году объединение катарактальных и рефракционных хирургов решило начать и провести исследование частоты осложнений фемтолазерных операций по удалению катаракты в ходе европейского проспективного однолетнего исследования, аналогично предыдущему сбору данных EUREQUO. И хирурги, и пациенты с нетерпением ждут результатов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ
ЛИТЕРАТУРА

1. Купман С. Аппараты для хирургии катаракты. Глобальный анализ трубопроводов, конкурентная среда и прогнозы рынка на 2017 год. www.asdreports.com/news.asp?pr_id=261. По состоянию на январь 2012 г.
2. Феррер-Бласко Т., Монтез Мико Р. Данные о распространенности астигматизма роговицы до операции по удалению катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2009;35:70-75.
3. Хофф Манн П.С., Хуц В.В. Анализ биометрических данных и данных о распространенности роговичного астигматизма на 23 239 глазах. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2010;36:1479-1485.
4. Кралиц К., Такач А., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg*. 2011;27:558-563.
5. Маркес Ф.Ф., Маркес Д.М., Ошер Р.Х., Ошер Дж.М. Судьба разрывов передней капсулы во время операции по удалению катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2006;32:1638-1642.
6. Унал М., Юсель И., Саричи А. и др. Факоэмульсификация с местной анестезией: опыт ординатора. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2006;32:1361-1365.
7. Михальц К., Кнорц М.К., Алио Дж.Л. и др. Внутренние аберрации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2011;27:711-716.
8. Надь З.З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2009;25:1053-1060.
9. Надь З.З., Кралиц К., Такач А.И. и др. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg*. 2011;27:564-569.
10. Эчеди М, Михальц К, Ковач И, Такач А, Филкорн Т, Надь З.З. Влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на макулу. *J Refract Surg*. 2011;27:717-722.
11. Надь З.З., Эчеди М., Ковач И. и др. Морфология макулы оценивалась с помощью сегментации изображений оптической когерентной томографии после фемтосекундной лазерной и стандартной хирургии катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2012;38:941-946.
12. Такач А.И., Ковач И., Михальц К. и др. Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты по сравнению с традиционной факоэмульсификацией. *J Refract Surg*. 2012;28:387-391.
13. Надь З.З., Филкорн Т., Такач А.И. и др. ОКТ-изображение переднего сегмента после фемтосекундной лазерной хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2013;29:110-112.
14. Надь З.З. Передовые технологии ИОЛ в хирургии катаракты: жемчужины успешной фемтосекундной хирургии катаракты. *Международный офтальмологический журнал*. 2012;52:103-114.
15. Кралиц К., Михальц К., Шандор Г.Л., Такач А., Кнорц М.К., Надь З.З. Наклон и децентрация интраокулярной линзы, измеренные камерой Шаймпфлюга после непрерывной циркулярной капсулотомии вручную или фемтосекундным лазером. *J Refract Surg*. 2012;28:259-263.
16. Алио Дж.Л., Абду А.А., Сориа Ф. и др. Морфология разреза катаракты фемтосекундным лазером и анализ аберраций высшего порядка роговицы. *J Refract Surg*. 2013;29:590-595.
17. Сигети А., Кралиц К., Такач А.И., Михальц К., Кнорц М.К., Надь З.З. Сравнение отдаленных результатов зрения и положения ИОЛ с однооптической аккомодирующей ИОЛ после фемтосекундной лазерной капсулотомии диаметром 5,5–6,0 мм. *J Refract Surg*. 2012;28:609-613.
18. Надь З.З. и др. Осложнения фемтолазер-ассистированной хирургии катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты. В прессе*.
19. Надь З.З., Кралиц К., Такач А., Филкорн Т., Тергели Р., Кнорц М.К. Применение внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте после проникающей и тупой травмы. *J Refract Surg*. 2012;28:151-153.
20. Кралиц К., Такач А.И., Гинес А. и др. Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты в лечении фактоморфной глаукомы. *J Refract Surg*. 2013;29:645-648.
21. Надь З.З., Такач А.И., Филкорн Т. и др. Лазерная рефракционная хирургия катаракты фемтосекундным лазером после сквозной кератопластики: клинический случай. *J Refract Surg*. 2013;29:8.
22. Филкорн Т, Ковач И, Такач А, Хорват Э, Кнорц МЦ, Надь З.З. Сравнение расчета мощности ИОЛ и рефракционного результата после лазерной рефракционной хирургии катаракты с использованием фемтосекундного лазера и традиционной факоэмульсификации. *J Refract Surg*. 2012;28:540-544.
23. Ковач И, Кралиц К, Михальц К, Юхас Э, Кнорц МЦ, Надь З.З. Влияние лазерной капсулотомии на развитие помутнения задней капсулы. *J Refract Surg*. 2014;30(3):154-158.
24. Паланкер Д.В., Блюменкранц М.С., Андерсен Д. и др. Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты с интегрированной оптической когерентной томографией. *Научный перевод Мед*. 2010;2:58-85.
25. Таламо Дж. Х., Гудинг П., Энджели Д. и др. Оптический интерфейс пациента в фемтосекундной лазерной хирургии катаракты. Контактная аппланация роговицы в сравнении с жидкостной иммерсией. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2013;39:501-510.
26. Керр Н.М., Абелл Р.Г., Вот Б.Дж., Тох Т. Внутриглазное давление во время предварительного лечения катаракты фемтосекундным лазером. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2013;39:339-342.
27. Табан М., Беренс А., Ньюкомб Р.Л. и др. Острый эндофтальмит после операции по удалению катаракты: систематический обзор литературы. *Арка Офтальмологическая*. 2005;123:613-620.
28. Эрнест П.Х., Лавери К.Т., Кисслинг Л.А. Относительная прочность склеры роговицы и прозрачных разрезов роговицы, построенных на трупных глазах. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1994;20:626-629.
29. Маскет С., Сарайба М., Игнасио Т., Фрам Н. Фемтосекундные лазерные разрезы катаракты: архитектурная стабильность и воспроизводимость. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2010;36:1048-1049.
30. Лакиминараянан В., Енох Дж.М., Рааш Т., Кроуфорд Б., Найгаард Р.В. Изменения рефракции, вызванные наклоном и продольным смещением интраокулярной линзы. *Арка Офтальмологическая*. 1986;104:90-92.
31. Эрикссон П. Влияние ошибок положения интраокулярной линзы на послеоперационную аномалию рефракции. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1990;16:305-311.
32. Атчинсон Д.А. Ошибка рефракции, вызванная смещением интраокулярных линз в псевдофакичном глазу. *Оптом Вис Ски*. 1989;66:146-152.
33. Козаки Дж., Танихара Х., Ясуда А., Нагата М. Наклон и децентрация имплантированной интраокулярной линзы задней камеры. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1991;17:592-595.
34. Коринта Дж., Бок Дж., Сенделин Дж. Изменение рефракции, вызванное изменением положения интраокулярной линзы. *J Refract Corneal Surg*. 1994;10:556-564.
35. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Бакарра Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1996;22:98-103.
36. Чекич О., Бэтмен К. Взаимосвязь между размером капсулорексиса и глубиной передней камеры. *Офтальмологические хирургические лазеры*. 1999;30:185-190.
37. Норрби С. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярной линзы. *J Cat-aract Refract Surg*. 2008;34:368-376.
38. Фридман Н.Дж., Паланкер Д.В., Шуеле Г. и др. Фемтосекундная лазерная капсулотомия. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2011;37:1189-1198.
39. Конрад-Хенгерер И., Хенгерер Ф.Х., Шульц Т., Дик Х.Б. Влияние фемтосекундной лазерной фрагментации на эффективное время факоэмульсификации в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2012;28:879-883.

40. Абелл Р.Г., Керр Н.М., Голосуите за Б.Дж. Сведение к нулю эффективного времени фемтоэмульсификации с использованием предварительной обработки фемтосекундным лазером. Офтальмология. 2013;120:942-948.

41. Робертс Т.В., Саттон Г., Лоулесс М.А., Джиндал-Бали С., Ходж К. Синдром капсулярной блокады, связанный с хирургией катаракты с помощью фемтосекундного лазера. J Хирургия рефракции катаракты. 2011;37:2068-2070.

42. Робертс Т.В., Лоулесс М., Бали С.Дж., Ходж С., Саттон Г. Хирургические результаты и безопасность фемтосекундной лазерной хирургии катаракты: проспективное исследование 1500 последовательных случаев. Офтальмология. 2013;120:227-233.

43. Бали С.Дж., Ходж С., Лоулесс М., Робертс Т.В., Саттон Г. Ранний опыт использования фемтосекундного лазера при хирургии катаракты. Офтальмология. 2012;119:891-899.

44. Дик Б.Х., Шульц Т. Лазерная хирургия катаракты у маленьких зрачков с использованием устройств механического расширения. J Refract Surg. 2013;29:858-862.

45. Шульц Т., Эзеаноски Э., Дик Х.Б. Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты при синдроме Марфана у детей. J Refract Surg. 2013;29:650-652.

46. Дик Х.Б., Шульц Т. Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты у младенцев. J Хирургия рефракции катаракты. 2013;39:665-668.

47. Лоулесс М., Бали С.Дж., Ходж С., Робертс Т.В., Чан С., Саттон Г. Результаты фемтосекундной лазерной хирургии катаракты с использованием дифракционной мультифокальной интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2012;28:859-864.

48. Шульц Т., Йоахим С.К., Кюн М., Дик Б.Х. Изменения уровня простагландина у пациентов, перенесших фемтосекундную лазерную хирургию катаракты. J Refract Surg. 2013;29:742-748.

49. Шульц Т., Тишофф И., Эзеаносике Э., Дик Б.Х. Гистологические срезы разрезов роговицы при фемтосекундной лазерной хирургии катаракты под контролем ОКТ. J Refract Surg. 2013;29:863-864.

Глазная фармакология

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты

Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Фармакология фемтолазерной хирургии катаракты играет важную роль, поскольку офтальмологические препараты назначаются в виде капель для местного применения или глазных мазей до предварительной фемтолазерной обработки. Перед операцией фемтолазером зрачок должен иметь ширину не менее 6,0 мм, и этот размер зрачка следует поддерживать и во время операции по удалению катаракты.

Хорошо расширенный зрачок значительно облегчает операцию и обещает меньше хирургических осложнений. Правильный размер зрачка имеет первостепенное значение и при традиционной факоэмульсификации. Если во время предварительной обработки фемтолазером зрачок недостаточно расширен, лазер может поразить радужную оболочку, вызывая значительное повышение уровня простагландина E2 и других видов цитокинов в водянистой жидкости. В 1989 году Гимбел сообщил о благоприятном эффекте капель нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) на поддержание расширения зрачка.

во время факоэмульсификации.¹ Буччи и Уотерберивновы зафиксировано повышение уровня простагландина E2. ² В 2013 году Шульц и др. сообщили о статистически значимом увеличении числа Уровень тагладина E2 после предварительной обработки фемтолазером. ³ Таким образом, предоперационная зрачковая фармакология играет важную роль в достижении всех преимуществ фемтолазерной хирургии как для пациента, так и для хирурга.

АНАТОМИЯ РЕАКЦИЙ Зрачков

Мышца сфинктера радужной оболочки проходит по кругу вокруг зрачка; при действии зрачок сужается (миоз). Радиальные волокна дилататорной мышцы расширяют зрачок; это называется мидриаз.

Важно, что парасимпатические волокна иннервируют мышцу сфинктера. Они исходят из ядра Эдингера-Вестфала глазодвигательных ядер и достигают мышцы сфинктера через глазодвигательный нерв (нижние ветви III нерва) сначала, затем цилиарный ганглий, а затем радужку.

Симпатические волокна дилататорной мышцы идут от шейной цепи через сонную артерию и на-социальный нерв.

Зрачковую реакцию на свет и темноту вызывают зрачковые волокна сетчатки. Световые импульсы

от сетчатки передаются вверх к претектальным ядрам, а оттуда достигают глазодвигательных ядер.

Миоз может быть вызван фармакологически парасимпатомиметическими препаратами. Мидриаз может быть достигнут с помощью симпатомиметических препаратов, а также парасимпатолитических средств (мидриатических капель).

Обычно перед началом фемтолазерного лечения местно назначают тропикамид (0,8%) и фенилэфрин (5%) отдельно или в комбинации.

При традиционной факоэмульсификации фармакологическое расширение зрачка начинают за 1 час до операции в сочетании с указанными каплями и вводят капли каждые 20 минут. При хирургии катаракты с помощью фемтосек-лазера расширение зрачков должно начинаться раньше, минимум за 1,5 часа до операции, а также к предоперационному режиму следует добавлять капли НПВП.

САМЫЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ВЕЩЕСТВА ВО ВРЕМЯ ХИРУРГИИ КАТАРА

Парасимпатолитики: действуют путем блокирования ацетилхолиновых рецепторов сфинктера зрачков (мидриаз) и цилиарной мышцы (паралич аккомодации).

- Тропикамид: эффективен примерно в течение 4–6 часов.
- Циклопентолат: эффективен в течение 12–24 часов, более циклоплегический, чем мидриатический эффект.
- Гоматропин: эффективен в течение 1–2 дней.
- Атропин: эффективен менее 1 недели (мидриатик самого длительного действия), не используется рутинно при хирургии катаракты.

Симпатомиметики: действуют на адреналиновые рецепторы мышцы, расширяющей зрачок.

- Фенилэфрин: эффективен в течение 6 часов, начало и продолжительность действия идентичны тропикамиду; Преимущество: не вызывает паралича аккомодации.
- Кокаин (4%): непрямой симпатомиметик, ингибирует реабсорбцию норадреналина (больше не используется регулярно), эффективен в течение 6 часов, сегодня используется только для диагностики синдрома Горнера.

НПВП КАПЛИ

Капли НПВП действуют преимущественно как противовоспалительные средства, ингибируя ферменты циклооксигеназы и липооксигеназы. Это, в свою очередь, приводит к ингибированию простагландиноподобных продуктов и тромбоксана, лейкотриенов, которые могут вызывать воспаление. Обычно применение НПВП

безопаснее в офтальмологии, чем применение стероидных препаратов.^{4,5}

Капли НПВП для местного применения являются потенциальными препаратами для адекватного расширения зрачков, особенно для его поддержания во время фемтолазерной хирургии катаракты. Фармакологический эффект

на зрачке уменьшается интраоперационный миоз.³ Комбинация НПВП и капель для расширения зрачка перед предварительной обработкой фемтолазером помогает сохранить широкий зрачок.

Обычными каплями НПВП являются диклофенак (0,1%), кеторолак (0,5%), флурбипрофен (0,03%) и индометацин (1%). По данным литературы, местное применение капель диклофенака следует начинать как минимум за 24 часа до операции, чтобы контролировать периоперационное расширение зрачков и послеоперационное воспаление.

В ЧЕМ ПРИЧИНЫ

БОЛЬШЕ ЧАСТО СТУЖЕНИЕ ЗРАЧКОВОГО ВРЕМЯ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ КАТАРАКТА?

Во время фемтолазерного лечения интерфейс пациента оказывает определенное давление. Новое поколение фемтолазеров повышает интраоперационное давление всего на 16–25 мм рт. ст. Механическое воздействие интерфейса пациента может оказывать миотический эффект после завершения предварительной обработки фемтолазером. Интерфейс пациента может быть изогнутым интерфейсом или интерфейсом пациента с жидкостным соединением.

Оба оказывают одинаковое воздействие на ученика.

В недавней статье Шульца и др. обсуждается повышение концентрации простагландина E2 в водной среде.

Авторы обнаружили немедленное повышение уровня простагландина E2 в водянистой влаге с помощью ферментно-связанного дим-фермента.

Муноанализный метод.³ Увеличение простагландинов может способствовать миотическому эффекту, который был описан в трети случаев у опытных хирургов, особенно в период обучения. Помимо эффекта механического давления со стороны интерфейса пациента, образование пузырьков в передней камере может также способствовать механическому эффекту повышения уровня простагландина E2 в водянистой влаге.

Простагландины являются биорегуляторными веществами с высоким потенциалом и синтезируются циклооксигеназным путем из арахноидальной кислоты. В глазу основным источником простагландинов является не пигментированный эпителиальный слой цилиарного тела. Механические и термические раздражители повышают уровень простагландинов в водной среде.

по мнению Коула и Унгера⁶ и Майльхёфнер и др.⁷

В предыдущих исследованиях Гимбел обнаружил, что сужение зрачков уменьшалось у пациентов, получавших предоперационную терапию.

тивная схема приема НПВП.¹ Буччи и Уотерберри обнаружили, что Уровень простагландина E2 также снижается при использовании НПВП. капли перед операцией по удалению катаракты.²

Таким образом, на основании исследования Шульца и др.,³ это может быть ^{предварительно} предположили, что предварительная обработка фемтолазером повышает уровень простагландина E2 в водянистой влаге, поэтому перед операцией пациентам следует предварительно назначать капли НПВП (за 1–2 дня), а расширение зрачка комбинированными каплями также следует начинать раньше по сравнению с обычной фактоэмульсификацией. В случаях периоперационного зрачкового миоза внутрикамерное введение адреналина обычно оказывается полезным для достижения адекватного диаметра зрачка.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гимбел Х.В. Влияние лечения местными нестероидными противовоспалительными препаратами с адреналином и без него на поддержание мириаза во время операции по удалению катаракты. Офтальмология. 1989;96(22):585-588.
2. Буччи Ф.А. младший, Уотерберри, Л.Д. Водный простагландин E(2) у пациентов с катарактой при минимальном уровне кеторолака и бромфенака после 2-дневного приема. Адв Тер. 2009;26:645-650.
3. Шульц Т., Йоахим С.К., Кюн М., Дич Б.Х. Изменения уровня простагландинов у пациентов, перенесших фемтосекундную лазерную хирургию катаракты. J Refract Surg. 2013;29:742-747.
4. Бартлетт Дж.Д. Клиническая глазная фармакология. 4-е изд. Бостон, Массачусетс: Баттерворт-Хайнеманн; 2001.
5. Гарг А. Учебник глазной терапии. 2-е изд. Нью-Дели, Индия: CV Jauree; 2002.
6. Коул Д.Ф., Унгер В.Г. Простагландины как медиаторы реакции глаза на травму. Exp Eye Res. 1973;17:357-368.
7. Майльхёфнер С., Шлётцер-Шрехардт У., Гюринг Х. и др. Экспрессия циклооксигеназы-1 и -2 в нормальных и глаукомных глазах человека. Ин-вест Ophthalmol Vis Sci. 2001;42:2616-2624.

Фемтосекундная лазерная капсулотомия: преимущества лучшего послеоперационного позиционирования интраокулярной линзы

Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Хирургия катаракты методом фактоэмульсификации и имплантации искусственной интраокулярной линзы (ИОЛ) имеет стать безопасным и эффективным вмешательством.¹ В эпоху при рефракционной хирургии катаракты и имплантации линз премиум-класса точность послеоперационного позиционирования ИОЛ является основным ограничением эффективности индивидуальных ИОЛ.

Предотвращение или уменьшение смещения линз стало более точным, чем когда-либо прежде.

Смещение ИОЛ ухудшает качество зрения и изменяет запланированную послеоперационную рефракцию за счет индуцированного астигматизма, близорукости или дальнозоркости, аберраций более высокого порядка, рефлексов и ореолов. Эффект этих несоосностей во многом зависит от фактической комбинации.

изменение этих параметров позиционирования в глазу.²⁻⁴

Было проведено несколько лабораторных тестов для определения максимальной децентрации и наклона, которые не ухудшают зрительный результат асферических ИОЛ.

Холладей и др. рассчитали критическое количество децентровки на 0,4 мм и наклон на 5,0 градусов.⁵ Пирс и др. рассчитал более допустимый диапазон с максимальным децентрацией на 0,8 мм и наклон на 10 градусов.⁶

Смещение ИОЛ можно определить путем анализа фотографий ретроиллюминации, систем визуализации Пуркинье или с помощью камеры Шаймпфлюга.

Децентрация ИОЛ определяется расстоянием между центром ИОЛ и осью зрачка. Положительные горизонтальные координаты обозначают носовую в правом глазу и височную в левом глазу. Положительные вертикальные координаты обозначают высшие децентрации, отрицательные — низшие. Полная децентрация, определенная с помощью тригонометрического анализа, показывает величину результирующего вектора горизонтальной и вертикальной децентрации. Что касается наклона ИОЛ, положительный наклон вокруг оси X указывает на то, что верхний край ИОЛ смещен вперед, и наоборот, при отрицательном наклоне. Положительный наклон вокруг оси Y в правом глазу означает наклон носа и указывает на то, что носовой край ИОЛ смещен назад, и наоборот, отрицательный наклон вокруг оси Y в правых глазах. Положительный наклон вокруг оси Y соответствует височному наклону (носовой край ИОЛ перемещается в сторону).

палата) в левом глазу.⁷

Более точного послеоперационного позиционирования ИОЛ можно достичь за счет адекватного капсулорексиса передней капсулы хрусталика во время операции по удалению катаракты. В последние годы наиболее часто используемым методом создания точного переднего капсулорексиса при фактоэмульсификации является непрерывный криволинейный капсулорексис (ККК). ССС имеет ряд хирургических и послеоперационных преимуществ, но его выполнение требует пристального внимания и хирургического опыта. Получение точного капсулорексиса имеет важное значение для достижения требуемых рефракционных результатов, поскольку капсулорексис правильного размера и хорошо центрированный с перекрывающимся на 360 градусов краем капсулы предотвращает децентрацию зрительного нерва, наклон, смещение в сторону близорукости или дальнозоркости, заднее и переднее помутнение капсулы, за счет симметричных сократительных сил капсульного мешка и эффекта термоусадочной пленки. Однако эксцентричный капсулорексис или капсулорексис неправильной формы, диаметр которого выходит за край зрительного нерва, может потерять эти преимущества.⁸⁻¹⁴

До сих пор капсулорексис выполнялся вручную. С появлением фемтосекундных лазеров в офтальмохирургии стала возможной передняя капсулотомия предсказуемого размера и по центру за счет взаимодействия лазера с тканями, известного как фоторазрушение.

Недавно представленная фемтосекундная лазерная технология позволяет точно и воспроизводимо создавать капсулотомии.

ТОЧНОСТЬ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРНАЯ КАПСУЛОТОМИЯ

В первоначальном исследовании нашей исследовательской группы мы оценивали использование фемтосекундной лазерной системы для создания передней капсулотомии в глазах человека. Все лазерные процедуры привели к успешной капсулотомии, что позволило хирургу создать индивидуальную капсулотомию, индивидуальную для каждого лечения. Диаметр капсулотомии 4,5 мм был выбран для выполнения капсулотомии в случаях имплантации ИОЛ с оптическим диаметром 6,0 мм.

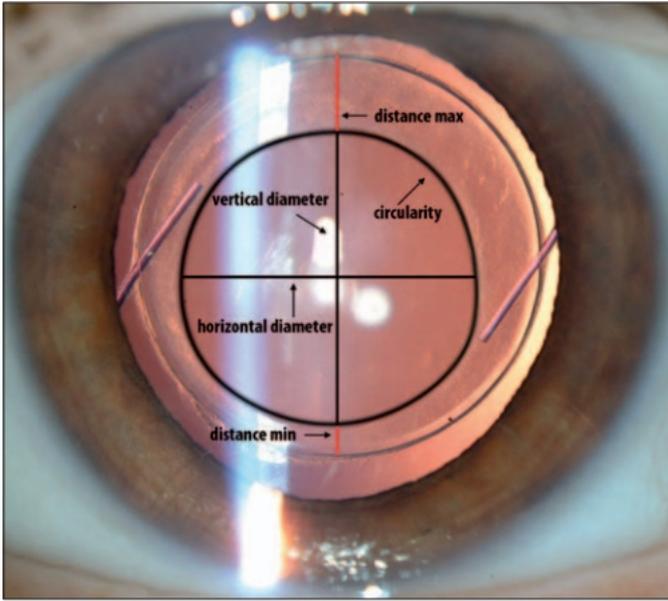


Рисунок 1. Параметры, характерные для капсулорексиса, измеренные с помощью Adobe Photoshop. (Перепечатано с разрешения Краница К., Такача А., Михальца К., Ковача И., Кнорца М.С., Нады З.З. Фемтосекундная лазерная капсулотомия и параметры ручной непрерывной криволинейной капсулор-рексис и их влияние на центрацию интраокулярной линзы.

J Refract Surg. 2011;27[8]:558-563.)

Сравнивая послеоперационную точность диаметра капсулотомии после фемтосекундной и ручной капсулотомии, только 10% ручных капсулорексисов достигли точности диаметра $\pm 0,25$ мм, в то время как фемтосекундный лазер-капсулотомия оказалась абсолютно точной.¹⁵

ЭФФЕКТ КРУГОВОЙ ФЕМТОЛАЗЕРКАПУЛОТОМИИ О ИНТРАОКУЛЯРНОЙ ЛЕНЦЕНТРАЦИИ

В проспективном рандомизированном исследовании параметры послеоперационной капсулотомии и позиционирования ИОЛ анализировались в течение 1 года наблюдения по фотографиям ретроиллюминации (рис. 1 и 2). Мы сравнили фемтосекундную капсулотомию с традиционной, выполняемой вручную ССС.

Фемтосекундная лазерная капсулотомия и традиционная ККК были выполнены на 20 глазах у 20 пациентов соответственно. Более правильная форма капсулотомии, характеризующаяся лучшими показателями округлости, наблюдалась через 1 неделю после операции в группе фемтосекундной капсулотомии ($0,86 \pm 0,01$ против $0,83 \pm 0,02$, $P < 0,05$). Округлость – параметр, используемый для определения правильности формы капсулотомии по следующим

формула: округлость = 4π (площадь/периметр²). Разница Циркулярность между двумя группами капсулотомии можно объяснить непропорциональностью значений вертикального и горизонтального диаметра в группе ручного капсулорексиса.

Вертикальный диаметр капсулотомий оказался значительно выше через 1 неделю и 1 месяц после операции в

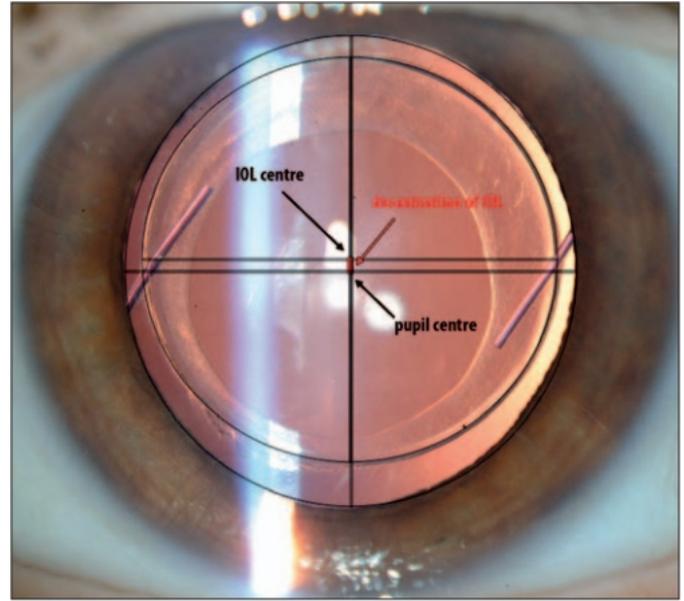


Рисунок 2. Децентрация ИОЛ от центра зрачка.

(Перепечатано с разрешения Краница К., Такача А., Михальца К., Ковача И., Кнорца М.С., Нады З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27[8]:558-563.)

Группа ССС ($4,79 \pm 0,36$ против $4,51 \pm 0,11$ и $4,62 \pm 0,34$ против $4,47 \pm 0,21$ соответственно, $P < 0,05$).

В этом исследовании фемтосекундные капсулотомии правильного размера, формы и центрирования привели к лучшим параметрам перекрытия в течение первого года (1 неделя: $0,17 \pm 0,19$ против $0,47 \pm 0,24$; 1 месяц: $0,24 \pm 0,23$ против $0,53 \pm 0,25$; 1 год: $0,13$). $\pm 0,19$ против $0,54 \pm 0,31$, $P < 0,05$). Для определения перекрытия капсулы и ИОЛ рассчитывали коэффициент наименьшего и наибольшего расстояния между краем капсулорексиса и краем оптики ИОЛ (перекрытие = расстояние мин/дистанция макс). Значения округлости и перекрытия 1,0 указывают на идеальный круг и абсолютно регулярно перекрывающуюся переднюю капсулу на оптике имплантированной ИОЛ соответственно.

Неравномерность ручного капсулорексиса из-за асимметричных сократительных и векторных сил со временем ухудшала центрацию имплантированной ИОЛ. В нашем исследовании длина вертикального диаметра коррелировала с перекрытием передней капсулы в группе ручного капсулорексиса (1 неделя: $r = -0,91$, $P < 0,01$; 1 месяц: $r = -0,76$, $P < 0,01$; 1 год: $r = -0,62$, $P < 0,01$). Более высокие значения этого параметра способны привести к неравномерному перекрытию передней капсулы.

Считалось, что перекрывающийся на 360 градусов край капсулы является важным фактором для стандартизации результатов рефракции за счет удержания ИОЛ в желаемом центральном положении.

Наши результаты показали значительно более высокую горизонтальную децентрацию в группе ручного капсулорексиса через 1 неделю и 1 год после имплантации ИОЛ (1 неделя: $0,28 \pm 0,16$).

против $0,12 \pm 0,11$; 1 месяц: $0,26 \pm 0,14$ против $0,13 \pm 0,09$; 1 год: $0,30 \pm 0,16$ против $0,15 \pm 0,12$, $P < 0,05$), и наблюдалась статистически значимая разница в распределении значений дихотомической горизонтальной децентрации на 0,4 мм между двумя группами исследования через 1 неделю и 1 год после операции. (1 неделя: 0/20 против 4/16; 1 год: 0/20 против 5/15, $P = 0,035$ и $0,016$ соответственно). Мы обнаружили почти в шесть раз более высокие шансы на децентрацию ИОЛ, когда капсулорексис выполнялся вручную (одномерная модель обобщенного оценочного уравнения [отношение шансов: 5,95, 95% доверительный предел: 1,58-22,22, $P < 0,01$]). Более того, кажется, что «перекрытие» отражает все характеристики формы капсулорексиса. При изучении предикторов горизонтальной децентрации ИОЛ только перекрытие капсулорексиса показало значительный эффект ($P = 0,002$) среди всех параметров капсулорексиса. Наши результаты показали, что перекрытие оказало значительное влияние на горизонтальную децентрацию ИОЛ, что свидетельствует о важности точного размера и центрирования капсулотомии.

По результатам нашего исследования потенциальные клинические преимущества могут быть достигнуты при рефракционной хирургии катаракты за счет эффективной профилактики децентрации зрительного нерва с точно контролируемой формой, размером и центрацией.

капсулотомия фемтосекундным лазером.¹⁶

ТОЧНАЯ ФЕМТОЛАЗЕРКАПСУЛОТОМИЯ ПРОВОДИТ К УЛУЧШЕНИЮ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ И БОЛЬШЕЙ СТАБИЛЬНОСТИ. ПОСЛЕОПЕРАЦИОННАЯ РЕФРАКЦИЯ ЗА СЧЕТ УМЕНЬШЕНИЯ ВНУТРИГЛАЗНОГО СМЕЩЕНИЯ ХРУСТИЛИКИ

Наша исследовательская группа оценивала смещение имплантированных ИОЛ после фемтосекундной (20 глаз) и традиционной ручной ССС (25 глаз) с помощью камеры Шаймпфлога, чтобы определить послеоперационный наклон ИОЛ и подтвердить предыдущие результаты центрации.

Результаты центрации, оцененные с помощью Pentacam, хорошо коррелировали с нашими предыдущими результатами: ИОЛ, имплантированные после ручного капсулорексиса, показали значительно более высокую горизонтальную и общую децентрацию, чем в группе с использованием фемтолазера (по горизонтали: $270,83 \pm 190,85$ мкм против $164,25 \pm 113,78$ мкм), $P = 0,034$ и всего: $334,91 \pm 169,67$ мкм против $230,27 \pm 111,54$ мкм, $P = 0,022$).

Согласно нашим результатам, величина как горизонтального, так и вертикального наклона также оказалась значительно выше в группе ручного капсулорексиса (горизонтальный: $2,75 \pm 1,67$ мкм против $1,53 \pm 1,08$ мкм, $P = 0,007$ и вертикальный: $4,34 \pm 2,40$ мкм против $2,15 \pm 1,41$ мкм, $P < 0,001$). Поскольку наклон более чем на 5 градусов и децентрация на 0,4 мм могут ухудшить зрительные результаты индивидуальных ИОЛ, клиническую значимость фемтолазерной капсулотомии исследовали путем сравнения распределения значений дихотомического наклона и децентрации между двумя исследовательскими группами. Наши результаты показали статистически значимые различия в однородности

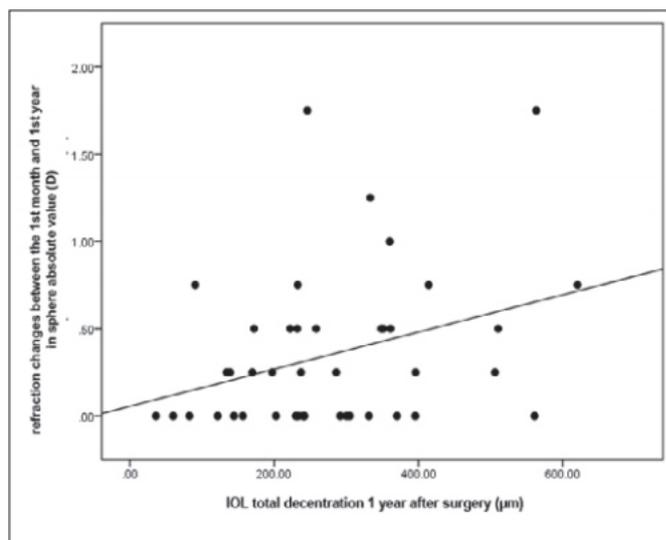


Рисунок 3. Корреляция между абсолютным значением общей децентрации ИОЛ и суммарным абсолютным значением изменений сферического эквивалента выраженной рефракции между первым послеоперационным месяцем и годом. Ранговая корреляция Спирмена: $r = 0,33$, $P = 0,032$.

(Перепечатано с разрешения Краница К., Михалца К., Шандора Г.Л., Такача А., Кнорца М.С., Нада 3.3.). Наклон и децентрация интраокулярной линзы измерены камерой Шаймпфлога после непрерывной циркулярной капсулотомии, созданной вручную или с помощью фемтосек-ондлазера. J Refract Surg.

2012;28[4]:259-263.)

вертикальный наклон дихотомической ИОЛ, а также распределение горизонтальной и полной децентрации (вертикальный наклон: 10/25 против 0/20, $P = 0,008$ и горизонтальная децентрация: 6/25 против 0/20, $P = 0,036$ и общая децентрация: 8 /25 против 0/20, $P = 0,017$).

Мы исследовали влияние смещения ИОЛ на остроту зрения и изменение послеоперационной выраженной рефракции.

По нашим данным, децентрация ИОЛ влияла на стабильность послеоперационной выраженной рефракции. Выявлена достоверная корреляция между абсолютным значением общей децентрации и абсолютным значением изменений сферической манифестной рефракции между первым послеоперационным месяцем и 1 годом ($r = 0,33$, $P = 0,032$) (рис. 3).

В нашем исследовании мы обнаружили значительно лучшую скорректированную остроту зрения вдаль ($0,92 \pm 0,09$ против $0,97 \pm 0,06$, $P = 0,038$), связанную с меньшим вертикальным наклоном в группе фемтолазера.

(линейный регрессионный анализ: $R^2 = 0,17$, $\beta = -0,41$, 95% кон- Предел достоверности: от $-0,69$ до $-0,13$, $P = 0,005$). Корреляция между остротой зрения и величиной наклона показала, что наклон ИОЛ из правого переднезаднего положения ухудшает качество зрения, предположительно из-за индуцированных аберраций более высокого порядка, которые невозможно исправить с помощью очков.

В этом исследовании нам удалось продемонстрировать, что использование фемтосекундного лазера для создания передней криволинейной капсулотомии приводит к меньшей децентрации и наклону ИОЛ, лучшей остроте зрения, а также более стабильному и предсказуемому послеоперационному периоду. тиререфракция.¹⁷

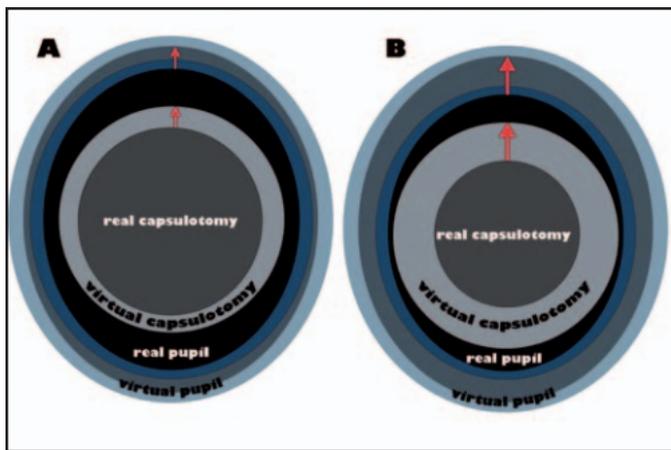


Рисунок 4. Эффект искажения А) миопической и В) гиперметропической роговицы. Красные стрелки показывают эффект увеличения роговицы в зависимости от средних значений кератометрии. (Перепечатано с разрешения Надь З.З., Краница К., Такача А.И., Михалца К., Ковача И., Кнорца М.С. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27[8]:564-569.)

ЗНАЧЕНИЕ ФЕМОСЕКУНДЛАЗЕРКАПУСУЛОТОМИИ ПРИ ВЫСОКОЙ МИОПИИ

Близорукость – распространенное заболевание. При высокой близорукости зачастую единственным решением является имплантация искусственной линзы после фактоэмульсификации для коррекции аномалии рефракции. Более того, в этих глазах чаще развивается катаракта.

Полное перекрытие передней капсулы оптическим краем ИОЛ предотвращает помутнение задней капсулы. Снижение тяжести этого расстройства имеет важное значение для близоруких глаз, чтобы снизить риск отслоения сетчатки из-за капсулотомии неодим: иттрий-алюминиевый гранат (Nd: YAG) la-ser. Полное перекрытие также приводит к лучшей центрации ИОЛ и меньшему послеоперационному рефракционному сдвигу за счет поддержания ИОЛ в правильном положении.

Наша исследовательская группа исследовала послеоперационные положения ИОЛ после фемтосекундной лазерной капсулотомии (54 глаза) и традиционно выполненных ККК (57 глаз) при близорукости высокой степени.

Особые анатомические особенности близоруких глаз делают операцию по удалению катаракты сложной задачей и для опытных хирургов.

Не существует надежного эталонного маркера, который помог бы хирургу создать правильный размер и форму ССС. Чаще всего в качестве ориентира используется край зрачка, несмотря на большие различия в диаметре зрачка. В сочетании с предыдущими статьями, в которых сообщалось о большем диаметре зрачков в миопических глазах в мезопических условиях, в нашем исследовании также была обнаружена статистически значимая корреляция между осевой длиной и площадью фармакологически расширенных зрачков ($r=0,19$, $P=0,049$).

Эффект переменного увеличения роговицы приводит к дальнейшим ошибкам при определении размера капсулотомии. Роговица, в соответствии с индивидуальной анатомией переднего сегмента, увеличивает

передняя капсула примерно в 1,15 раза. Даже опытный хирург имеет тенденцию препарировать более крупный капсулорексис на глазах с более крупными зрачками. Среднее значение кератометрии более плоских миопических роговиц, по-видимому, практически компенсирует больший диаметр зрачка из-за относительно меньшего эффекта увеличения (рис. 4). В данном исследовании была обнаружена статистически значимая корреляция между осевой длиной и средними показателями кератометрии ($r=-0,22$, $P=0,018$), а также между осевой длиной и предоперационной глубиной передней камеры ($r=0,27$, $P=0,007$). По нашим результатам, площадь зрачка достоверно коррелировала с площадью капсулотомии ($r=0,27$, $P=0,039$), причем значимые корреляции отмечены между осевой длиной и площадью капсулотомии ($r=0,27$, $P=0,039$). $r=0,278$, $P=0,036$) и между средней кератометрией и площадью капсулотомии ($r=-0,29$, $P=0,033$) в группе ручного капсулорексиса, тогда как в группе фемтолазера эти параметры не коррелировали.

В результате всех этих эффектов мануальный капсулорексис в миопических глазах часто бывает больше, чем ожидалось.

Используя фемтолазер во время процедуры капсулотомии, эти ошибки можно устранить, создав точную капсулотомию.

Значения округлости, аналогичные нашим предыдущим результатам, оказались значительно лучше в группе фемтолазера.

Коэффициент неполного перекрытия оказался равным 11% в случае фемтолазерной и 28% в случае ручной капсулотомии. Разница между исследуемыми группами была статистически значимой ($P=0,033$). Имплантация ИОЛ в близорукие глаза во время традиционной операции по удалению катаракты может означать более высокий риск децентрации ИОЛ из-за большего размера капсульного мешка и большего капсулорексиса. Мы не обнаружили корреляции между концентрацией ИОЛ и осевой длиной в группе фемтолазера, но обнаружили ее в группе ручной капсулотомии ($r=0,30$, $P=0,026$), что позволяет предположить, что центрация ИОЛ лучше после фемтосекундного лазера. капсулотомия (рис5).¹⁸

ОБСУЖДЕНИЕ

За последние два десятилетия возросший спрос привел к заметному росту количества операций по удалению катаракты. Операция в среднем выполняется раньше, поскольку потребности пациентов и результаты, которые они ожидают получить от операции, возросли. Чтобы удовлетворить эти возросшие зрительные требования, на рынке появилось большее количество различных мультифокальных и аккомодативных ИОЛ премиум-класса.

В рецензируемых статьях наша исследовательская группа продемонстрировала, что фемтосекундный лазер представляет собой важное технологическое достижение в офтальмохирургии, опубликовав результаты проспективных клинических испытаний, проведенных на кафедре офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия.

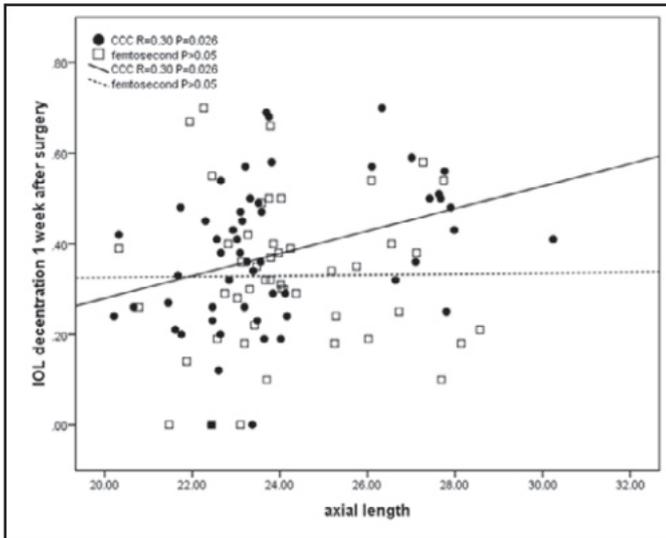


Рисунок 5. Корреляция между осевой длиной и децентрацией ИОЛ через 1 неделю после операции. Корреляция была значимой в группе ручной капсулотомии (ССС) ($r=0,30$, $P=0,026$), но не в группе лазерной капсулотомии (фемтосекунда) ($P>0,05$). (Перепечатано с разрешения Nagy ZZ, Kránitz K, Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.С.. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg.* 2011;27[8]:564-569.)

При исследовании различий между фемтосекундной лазерной капсулотомией и ручной ССС во время операции по удалению катаракты оценивались размер капсулотомии, округлость и перекрытие ИОЛ/капсулотомии. Эти параметры хорошо коррелировали со смещением ИОЛ, показателями остроты зрения и послеоперационными изменениями рефракции.

Согласно нашим результатам, потенциальные клинические преимущества могут быть достигнуты во время рефракционной хирургии катаракты с точно контролируемой формой, размером и центрацией капсулотомии с помощью фемтосекундного лазера.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Подробный отчет о мировом рынке одноразовой офтальмохирургической продукции за 2009 год. Объем рынка. Август 2009.
2. Баумайстер М., Бурен Дж., Конен Т. Наклон и децентрация сферических и асферических интраокулярных линз: влияние на aberrации более высокого порядка. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2009;35(6):1006-1012.
3. Эппиг Т., Шольц К., Лоффлер А., Месснер А., Лангенбухер А. Влияние децентрации и наклона на качество изображения асферических конструкций интраокулярных линз в модельном глазу. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2009;35(6):1091-1100.
4. Михалц К., Кнорц М.К., Алио Дж.Л. и др. Внутренние aberrации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2011;27(10):711-716.
5. Холладей Дж.Т., Пирс П.А., Корань Г., ван дер Мурен М., Норрби Н.Е. Новая конструкция интраокулярных линз для уменьшения сферической aberrации псевдофакичных глаз. *J Refract Surg.* 2002;18(6):683-691.
6. Пирс П.А., Уйбер Х.А., Артал П., Норрби С. Теоретическое сравнение индивидуальных и асферических интраокулярных линз, корректирующих aberrации. *J Refract Surg.* 2007;23(4):374-384.
7. де Кастро А., Розалес П., Маркос С. Наклон и децентрация интраокулярных линз in vivo по данным визуализации Пуркинью и Шаймпфлю. Валидирующее исследование. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2007;33(3):418-429.
8. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Бакарра Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. *J Хирургия рефракции катаракты.* 1996;22(1):98-103.
9. Айкан У., Бильге А.Х., Карадайи К. Влияние размера капсулорексиса на развитие помутнения задней капсулы: маленький (от 4,5 до 5,0 мм) по сравнению с большим (от 6,0 до 7,0 мм). *Eur J Офтальмол.* 2003;13(6):541-545.
10. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние размера капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовичные результаты рандомизированного проспективного исследования. *Am J Офтальмол.* 1999;128(3):271-279.
11. Рам Дж., Панди С.К., Apple DJ и др. Влияние фиксации интраокулярной линзы в мешке на предотвращение помутнения задней капсулы. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2001;27(7):367-370.
12. Чанг Д.Ф., Дьюн С., Типперман Р., Уоллес Р.Б. Жемчуг для определения размера капсулорексиса. Катаракта и рефракционная хирургия сегодня, Европа. 2008;3(9):40-44.
13. Хаяши К., Хаяши Х., Накао Ф., Хаяши Ф. Сокращение передней капсулы, децентрация и наклон интраокулярной линзы после имплантации гидрогелевой линзы. *Вг J Офтальмол.* 2001;85(11):1294-1297.
14. Хаяши Х., Хаяши К., Накао Ф., Хаяши Ф. Сокращение передней капсулы и вывих интраокулярной линзы в глазах с псевдоэкзофалиативным синдромом. *Вг J Офтальмол.* 1998;82(12):1429-1432.
15. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2009;25(12):1053-1060.
16. Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц МЦ, Надь ЗЗ. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg.* 2011;27(8):558-563.
17. Краниц К., Михалц К., Шандор Г.Л., Такач А., Кнорц М.К., Надь З.З. Наклон и децентрация интраокулярной линзы, измеренные камерой Шаймпфлюга после непрерывной циркулярной капсулотомии вручную или фемтосекундным лазером. *J Refract Surg.* 2012;28(4):259-263.
18. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg.* 2011;27(8):564-569.

Механическое поведение капсулотомии, выполненной фемтосекундным лазером

Габор Ласло Шандор, доктор медицинских наук; Золтан Кисс, доктор философии; Золтан И. Бочкаи; Имре Бойтар, доктор философии, кандидат наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Выполнение точного переднего капсулорексиса является ключевой частью хирургии катаракты. Идеальный рексис имеет круглую форму и хорошо центрирован, а его край цел и не имеет слабых мест. Это помогает поддерживать правильное положение интраокулярной линзы (ИОЛ) внутри капсульного мешка, а также помогает минимизировать риск радиального разрыва. Отверстие должно выдерживать нагрузки, возникающие при хирургических вмешательствах, поскольку разрыв лучевой кости может произойти на любом этапе операции.

Радиальный разрыв нарушает целостность капсульного мешка, в результате чего нарушается правильное положение ИОЛ.

Поскольку требования пациентов возросли, важность предсказуемого положения ИОЛ резко возросла. Новые технологии ИОЛ, в том числе асферические, торические и мультифокальные, также привели к необходимости улучшения положения.

Кроме того, одним из наиболее опасных осложнений во время фактоэмульсификации является разрыв задней капсулы. Почти в половине случаев задний разрыв возникает из-за расширения переднего разрыва, что часто требует переднего разрыва витректомию.¹

В последние годы наиболее часто используемым методом наблюдался непрерывный криволинейный капсулорексис (ССС).² При выполнении СССР разрыв, предположительно, проходит вдоль «линий разлома» естественных фибрилл, что приводит к очень сильному повреждению.

ровный край проема.³ Расширяемость СССР превосходит другие методы передней капсулотомии (например, витрекорексис, консервный нож, радиочастотную диатермию, плазменный клинок), предположительно за счет плавного и регулярного уларрим.⁴ Другие методы, упомянутые выше, могут оказаться неэффективными.

Уважайте эти естественные линии разломов в архитектуре коллагена, и это может привести к неровным краям.

Тем не менее, СССР кажется идеальным с механической точки зрения. смотровая площадка⁵; выполняется вручную и его точность и воспроизводимость по своей сути ограничены ловкостью хирурга.

С появлением фемтосекундной лазерной хирургии катаракты стала возможной высококонтролируемая и воспроизводимая капсулотомия посредством лазерно-тканевой инъекции.

взаимодействие, известное как фоторазрушение.⁶ Наша учебная группа оценены и оценены точные размеры

фемтосекундная лазерная капсулотомия.⁶⁻⁸ Однако лазер... тканевой эффект не полностью выявлен, поэтому механическое поведение капсульного отверстия до конца не изучено.

В более ранних исследованиях сообщалось о более прочном крае капсулотомии, выполненном фемтосекундным лазером, чем при краевом.

ручной капсулорексис.^{6,9-11} Однако многоцентровый Клиническое исследование с большим размером выборки показало более высокую частоту радиальных разрывов после фемтосекундного лазерная капсулотомия, чем обычная СССР.¹² Дальше-подробнее, исследования с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) показал микроканавки⁹ и перфорация¹²⁻¹⁴ на краю фемтосекундной лазерной капсулотомии. Модель конечных элементов показывает, что неровный край увеличивает риск образования разрывов из-за неравномерного распределения напряжения по всей длине.

обод.⁵ Недавние исследования SEM не дали никакого ответа почему фемтосекундная лазерная капсулотомия будет сильнее, чем СССР.

Поэтому нашей исследовательской группой был создан метод испытаний с целью оценки механического поведения передней капсулотомии, выполненной фемтосекундным лазером на модели глаза свиньи. В настоящее время проводится пилотное исследование, поэтому в этой главе мы представляем предварительные результаты.

В исследование были включены свежие свиные глаза. Фемтосекундный лазер (Alcon LenSx Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния) был прикреплен к глазу с помощью интерфейса пациента Soft Fit. Точное расположение поверхности хрусталика определялось с помощью интегрированной системы визуализации оптической когерентной томографии (ОКТ). Процедуру капсулотомии диаметром 5,0 мм выполняли путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 500 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 500 мкм выше капсулы. Для всех процедур капсулотомии использовали энергию импульса 5,0 мкДж, расстояние между пятнами 3,0 мкм и разделение слоев 4,0 мкм.

После лазерной процедуры роговица и радужная оболочка были удалены. После этого переднюю капсулу разрезали микроножницами по экватору. В результате использования этого метода был получен образец капсулы в форме кольца.

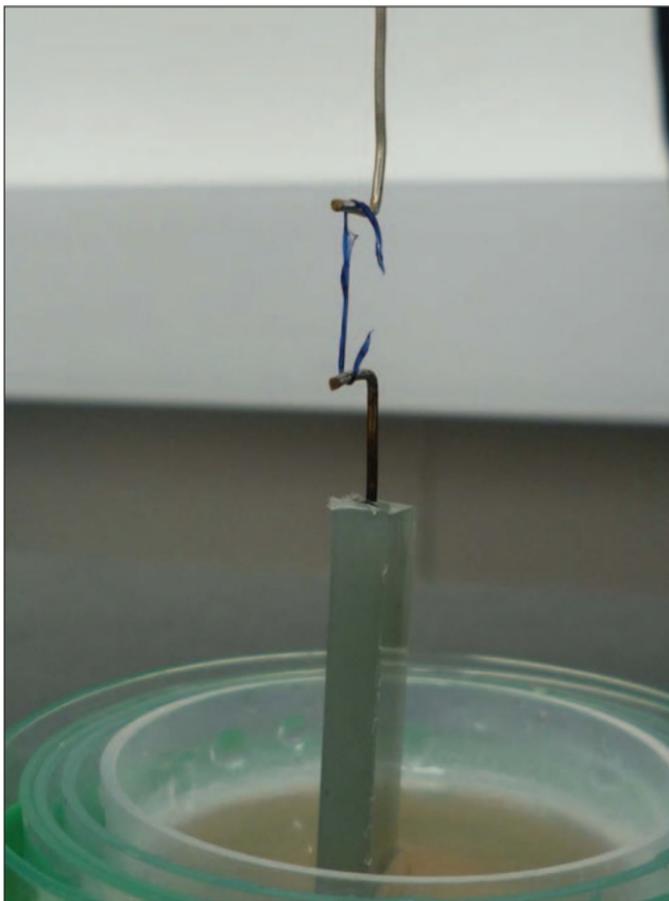


Рисунок 1. Кольцеобразный образец в момент разрыва. Камеру удаляли и капсулу окрашивали трипановым синим для лучшей визуализации. Нижний штифт фиксирован; верхний встроен в датчик силы.

Механические испытания проводились на высокоточной испытательной машине. Подставка для образца состояла из двух полированных металлических штифтов. Во время теста его погружали в сбалансированный солевой раствор комнатной температуры, чтобы предотвратить обезвоживание ткани. Кольцеобразный образец осторожно надевали на два штифта. Один штифт включал в себя датчик силы, который был отделен от другого до тех пор, пока кольцо капсулы не было разорвано (рис. 1). Программное обеспечение испытательной машины непрерывно создавало кривую зависимости силы от смещения.

На рис. 2 показана типичная диаграмма зависимости силы от смещения. Кривую можно разделить на два участка: во-первых, пологая часть кривой, предположительно, отражает постепенное выравнивание коллагеновой сети в направлении растяжения; вторая, крутая часть отражает то, что молекулы становятся несущими.

¹⁵ Обратите внимание, что вторая часть длины кривой не меньше первой. Это позволяет предположить, что коллагеновая сеть осталась относительно неповрежденной и способна выдерживать значительную нагрузку. Согласно этому, денатурация коллагена, вызванная термическим повреждением, не имеет существенного значения. График также показывает, что

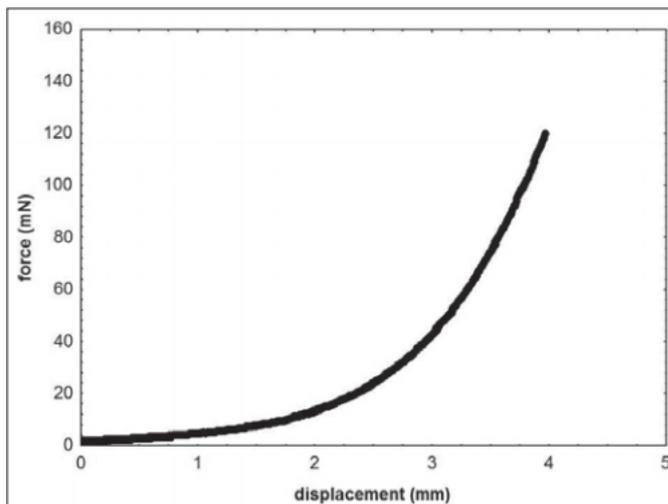


Рисунок 2. Типичная диаграмма зависимости силы от смещения.

рост силы крутой, и кривая внезапно обрывается. Эта характеристика полезна с клинической точки зрения, поскольку хирург может почувствовать предел растяжения капсулотомии во время хирургических манипуляций.

Влияние концентрации напряжений в точках микроканалов на механическую стабильность фемтосекундной лазерной капсулотомии в настоящее время неясно. По нашему мнению, для правильного ответа необходимо провести дополнительные механические и гистологические исследования.

Лабораторные и клинические исследования противоречивы, но в целом они предположили, что капсулотомия, созданная фемтосекундным лазером, отличается от ручного капсулорексиса с биомеханической точки зрения и это должно быть принято во внимание хирургом. Если хирург соблюдает кривую обучения, это может способствовать безопасности операции. Согласно нашим предварительным лабораторным результатам и собственному клиническому опыту, фемтосекундная лазерная капсулотомия обладает замечательной прочностью и способностью к растяжению, а также более чем адекватной устойчивостью для безопасной факоэмульсификации и успешной имплантации ИОЛ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Маркес Ф.Ф., Маркес Д.М., Ошер Р.Х., Ошер Дж.М. Судьба разрывов передней капсулы во время операции по удалению катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2006;32(10):1638-1642.
- Гимбел Х.В., Нойхман Т. Развитие, преимущества и методы техники непрерывного циркулярного капсулорексиса. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 1990;16(1):31-37.
- Лак Дж., Брахма А.К., Нобл Б.А. Сравнительное исследование эластических свойств непрерывного разрывного криволинейного капсулорексиса по сравнению с капсулорексисом, полученным методом радиочастотной эндодиатермии. *Вг Ж Офтальмол.* 1994;78(5):392-396.
- Триведи Р.Х., Уилсон М.Э. младший, Бартоломью Л.Р. Оценка растяжимости и сканирующей электронной микроскопии 5 педиатрических методов передней капсулотомии на модели свиньи. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2006;32(7):1206-1213.

5. Крэг С., Тим К., Коридон Л., Кистер Б. Биомеханические аспекты передней капсулотомии. J Хирургия рефракции катаракты. 1994;20(4):410-416.
6. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
7. Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27(8):558-563.
8. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.
9. Фридман Н.Дж., Паланкер Д.В., Шuele Г. и др. Фемтосекундная лазерная капсулотомия. J Хирургия рефракции катаракты. 2011;37(7):1189-1198.
10. Наранхо-Так Кман Р. Как фемтосекундный лазер повышает безопасность и точность в хирургии катаракты. Курр Опин Офтальмол. 2011;22(1):53-57.
11. Ауффарт Г.Ю., Редди К.П., Риттер Р., Хольцер М.П., Рабильбер Т.М. Сравнение максимально применимой силы растяжения после фемтосекундной лазерной и ручной передней капсулотомии. J Хирургия рефракции катаракты. 2013;39(1):105-109.
12. Абелл Р.Г., Дэвис П.Е., Фелан Д., Гоманн К., Макферсон З.Е., Голосуйте Б.Дж. Целостность передней капсулотомии после фемтосекундной лазерной хирургии катаракты. Офтальмология. 2014;121(1):17-24.
13. Мастропаску Л., Тото Л., Калиенно Р. и др. Оценка капсулорексиса при хирургии катаракты с помощью сканирующей электронной микроскопии. J Хирургия рефракции катаракты. 2013;39(10):1581-1586.
14. Остович М., Клапрот О.К., Хенгерер Ф.Х., Майер В.Дж., Конен Т. Световая микроскопия и сканирующая электронная микроскопия анализ жесткого изогнутого интерфейса фемтосекундной лазерной и ручной передней капсулотомии. J Хирургия рефракции катаракты. 2013;39(10):1587-1592.
15. Крэг С., Тим К., Коридон Л. Диатермическая капсулотомия по сравнению с капсулорексисом: биомеханическое исследование. J Хирургия рефракции катаракты. 1997;23(1):86-90.

Результаты расчета интраокулярной линзы и результаты рефракции после фемтосекунды

Лазерная и традиционная хирургия катаракты

Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Ева Хорват, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Разработка интраокулярных линз (ИОЛ) премиум-класса требует более точных рефракционных результатов после операции по удалению катаракты, чем когда-либо прежде. Точная биометрия и расчет ИОЛ необходимы для достижения хорошей остроты зрения. С появлением новых оптических биометров погрешность процедур расчета ИОЛ уменьшилась за счет точных измерений осевой длины; однако расчет эффективного положения линзы может служить источником дальнейших

ошибки.^{1,2} Наклон, децентрация и переднезадняя часть ИОЛ движения могут вызвать послеоперационную аномалию рефракции. Однако при идеально центрированном фемтосекундном лазере можно выполнять регулярный капсулорексис для достижения оптимального послеоперационного положения ИОЛ и хирургической травмы.

может быть уменьшено при предварительной фрагментации ядра.^{3,4}

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕГЛАЗНОГО РАСЧЕТА И РЕФРАКЦИОННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В проспективном рандомизированном исследовании мы оценили результаты расчета ИОЛ у пациентов, перенесших фемтолазерную хирургию катаракты и традиционную факэмульсификацию, и сравнили рефракционные результаты в двух группах исследования.

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты была выполнена на 77 глазах 77 пациентов (лазерная группа), а традиционная хирургия катаракты с факэмульсификацией - на 57 глазах 57 пациентов (контрольная группа).

Во время традиционной хирургии катаракты были выполнены прозрачные разрезы роговицы длиной 2,75 мм, ручной непрерывный криволинейный капсулорексис (ССС) с предварительным диаметром 4,5 мм и факэмульсификация с использованием техники чоп с последующей имплантацией монофокальной ИОЛ в мешочке.

Пациентам лазерной группы перед факэмульсификацией проводилась фемтолазерная процедура; Интегрированная система визуализации оптической когерентной томографии в реальном времени повысила безопасность процедуры, избегая критических структур. После регулируемой пользователем центрации и контроля глубины лазерного рисунка, 2,75-миллиметровых чистых разрезов роговицы, 1,0-миллиметрового парацентеза и 4,5-миллиметрового парацентеза.

Каждому пациенту выполняли диаметральную капсулотомию с последующей крестообразной фрагментацией хрусталика. После лазерной процедуры закрытые разрезы роговицы открывали тупым шпателем и переднюю капсулу удаляли щипцами. Фрагменты ядра удаляли методом факэмульсификации с последующей ирригацией-аспирацией и имплантацией монофокальной ИОЛ в капсульный мешок.

Измерения оптической биометрии проводили с использованием оптической рефлектометрии с низкой когерентностью (Lenstar LS900, Haag-Streit AG, Кениг, Швейцария). Для расчета ИОЛ использовались формулы ИОЛ третьего поколения и оптимизированные константы ИОЛ. Формула Хоффера Q использовалась для коротких глаз (осевая длина >22,0 мм), среднее значение трех формул использовалось для глаз со средней осевой длиной (между 22,0 и 24,5 мм), формула Холладея формула использовалась для глаз умеренной длины (осевая длина от 24,5 до 26,0 мм), а SRK/T использовалась для длинных глаз (осевая длина > 26,0 мм), как рекомендовано в нашем национальном протоколе биометрии.

Послеоперационную рефракцию и остроту зрения вдалеке с наилучшей коррекцией определяли по меньшей мере через 6 недель после операции после достижения стабильной рефракции. В исследование были включены только пациенты с остротой зрения, скорректированной с помощью очков, 20/40 или выше, чтобы иметь возможность определить правильную рефракцию.

Среднюю ошибку (ME) оценивали как разницу послеоперационной манифестной рефракции в сферическом эквиваленте (MRSE) и прогнозируемой послеоперационной целевой рефракции. Средняя абсолютная ошибка ([MAE] среднее абсолютного значения отклонения от прогнозируемого послеоперационного рефракционного результата) использовалась для анализа точности расчета ИОЛ для различных групп. Совокупная доля глаз в пределах $\pm 0,25$ Д, $\pm 0,5$ Д, $\pm 1,0$ Д, $\pm 1,5$ Д и $\pm 2,0$ Д от MAE также была выражена для выявления рефракционного результата.

Многофакторный регрессионный анализ был проведен для определения влияния типа операции на послеоперационную аномалию рефракции.

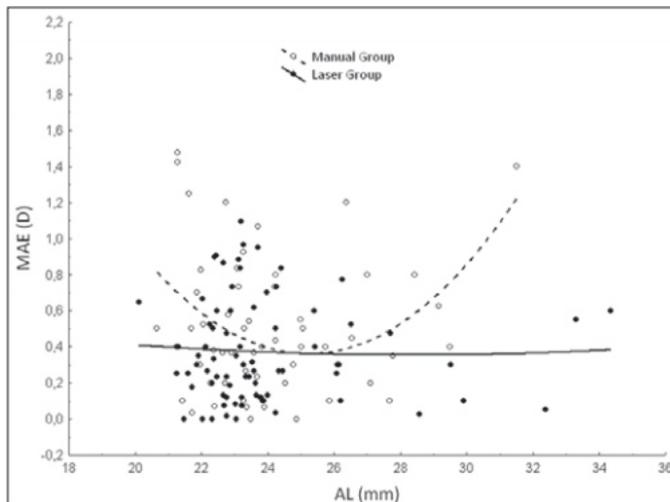


Рисунок 1. Корреляция между осевой длиной и МАЭ в двух группах.

По нашим результатам, глаза со средней осевой длиной показали наименьшую МАЭ по всем формулам, а погрешность расчета ИОЛ оказалась более значительной в длинных и коротких глазах.

При использовании адекватной формулы расчета ИОЛ в зависимости от аксиальной длины МАЭ составила $0,38 \pm 0,28$ Д в лазерной группе и $0,50 \pm 0,38$ Д в контрольной группе.

Корреляция между осевой длиной и МАЭ в двух группах показана на рисунке 1. Значительная кубическая корреляция была обнаружена в контрольной группе ($r=0,14$, $P=0,011$), тогда как в контрольной группе корреляция не была обнаружена. лазерная группа ($P>0,05$).

При многовариантном моделировании тип операции показал значимое влияние на послеоперационную МАЭ после поправки на влияние осевой длины и типа ИОЛ ($P=0,04$). В группе лазерной терапии МАЭ была ниже по сравнению с контрольной группой, со средней разницей $0,12$ Д. Тип ИОЛ не влиял на послеоперационную аномалию рефракции ($P=0,19$). Разница между двумя исследовательскими группами была более значительной в случае очень коротких и очень длинных глаз, что свидетельствует об эффективности операций с использованием фемтолазерной помощи.

При анализе МЭ не было выявлено статистически значимой разницы между двумя исследуемыми группами ($-0,03 \pm 0,47$ против $0,07 \pm 0,63$, $P>0,05$, U-критерий Манна-Уитни). В группе лазера не было обнаружено корреляции между МЭ и осевой длиной ($P=0,41$). В мануальной группе наблюдалась слабая, но значимая корреляция ($r=-0,29$, $P=0,03$), демонстрирующая большее количество миопических ошибок в глазах с большой осевой длиной.

Сравнивая прогнозируемость рефракции, $41,6\%$ глаз находились в пределах $\pm 0,25$ дптр от целевой рефракции в лазерной группе по сравнению с $28,1\%$ глаз в мануальной группе.

Из глаз $68,8\%$ и $64,9\%$ были в пределах $\pm 0,5$ Д и

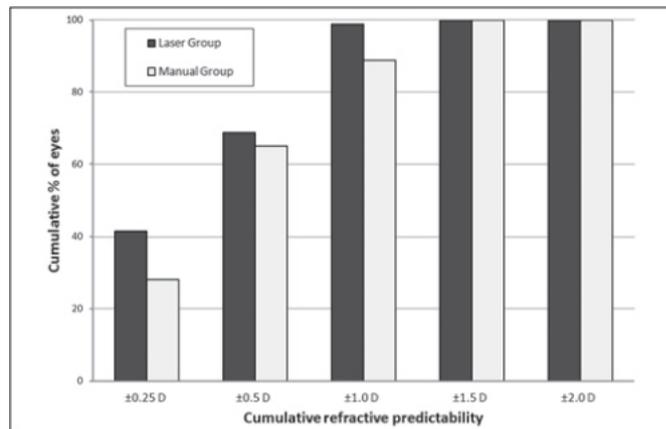


Рисунок 2. Кумулятивная предсказуемость рефракции глаз.

$98,7\%$ и $87,7\%$ в пределах $\pm 1,0$ Д соответственно. Все глаза были в пределах $\pm 1,5$ Д в обеих группах. На рисунке 2 показана кумулятивная предсказуемость рефракции глаз.

ОБСУЖДЕНИЕ

В последние годы хирургия катаракты стала рефракционной процедурой, что делает точный расчет ИОЛ незаменимым. В настоящее время у пациентов повышенное ожидание лучшего рефракционного результата, особенно в случае имплантации дорогих ИОЛ премиум-класса. Помимо неточности измерений осевой длины и кератометрии, ошибки расчетов вызваны, главным образом, неправильным расчетом послеоперационного положения хрусталика.²

Наши результаты расчета ИОЛ согласуются с предварительными опубликован большими объемами исследований с использованием ультразвука,⁵ и частичная лазерная интерферометрия⁶ для расчета ИОЛ.

Мы обнаружили значительно меньшую послеоперационную ошибку расчета ИОЛ и лучшие рефракционные результаты, когда предварительная фемтосекундная лазерная обработка проводилась перед операцией по удалению катаракты.

Разница между двумя методами в ошибках расчета ИОЛ была максимальной в случае коротких и длинных глаз. Предположительно, чем выше мощность ИОЛ (имплантированной в короткие глаза), тем выше индуцированная рефракция.

активное изменение вследствие смещения ИОЛ.⁷ Более того, он имеет ранее было показано, что наклон, децентрация и переднезаднее движение выше в длинных глазах.⁴ e Точный размер, форма и центрация капсулорексиса и техника предварительной резки ядра являются основными различиями между традиционной хирургией катаракты и фемтолазерной хирургией, которые также могут влиять на рефракционный результат.

Смещение ИОЛ является хорошо известным фактором, который может вызвать изменения послеоперационной рефракции. Влияние децентрации и наклона ИОЛ на послеоперационный период

фракционная ошибка изучалась несколькими авторами.⁷⁻¹¹ В этих исследованиях использовались разные методы расчета ИОЛ, но выводы не различались. децентрация ИОЛ и

наклон вызывает миопический сдвиг и косой астигматизм, вызывая боковое смещение фокуса. Хотя интактный ССС может быть выполнен в рутинных условиях, создание точно сформированного и центрированного рексиса при любых обстоятельствах может быть сложной задачей даже для опытного хирурга. Асимметричная капсульная форма

усадка увеличивает децентрацию ИОЛ.¹² Оба размера капсулотомия и правильность передней капсулы перекрытие влияет на послеоперационное положение ИОЛ.¹³

В предыдущих исследованиях наша исследовательская группа установила, что децентрацию и наклон ИОЛ можно значительно уменьшить путем точного определения размера и центрирования капсулорексиса с использованием фемтосекундного лазера, а капсулотомия с фемтолазером дала превосходные результаты по сравнению с ручной ССС.^{3,4} Более того, с помощью фемтолазерного ядра предварительно сократите необходимую энергию факотерапии, и хирургические манипуляции могут быть значительно сокращены, предположительно, повышение интраоперационного зонального напряжения.¹⁴

Используя фемтолазер для хирургии катаракты, можно достичь меньшей послеоперационной ошибки расчета по сравнению с традиционной факотерапией. Оптимальный капсулорексис и меньшая травма связок способствуют стабильному послеоперационному положению ИОЛ и минимизируют смещение ИОЛ по сравнению с заранее рассчитанным эффективным положением линзы. С помощью этой техники можно получить лучшие рефракционные результаты и большую независимость от очков, а также уменьшить рефракционные сюрпризы. Эти результаты имеют особое значение при имплантации ИОЛ премиум-класса (мультифокальные и псевдоаккомодационные линзы).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ
ЛИТЕРАТУРА

1. Олсен Т. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярных линз. *J Катарактальная рефракционная хирургия*. 1992;18(2):125-129.

2. Норрби С. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярной линзы. *J Катарактальная рефракционная хирургия*. 2008;34(3):368-376.

3. Кранич К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центриацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg*. 2011;27(8):558-563.

4. Надь З.З., Кранич К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg*. 2011;27(8):564-569.

5. Гейл Р.П., Саха Н., Джонстон Р.Л. Национальный биометрический аудит II. Глаз (Лонд). 2006;20(1):25-28.

6. Ариостему П., Нокс Картрайт Н.Е., Воробей Дж.М., Джонстон Р.Л. Выбор формулы: Hoff er Q, Holladay 1 или SRK/T и рефракционные результаты на 8108 глазах после операции по удалению катаракты с биометрией посредством частичной когерентной интерферометрии. *J Хирургия рефракции катаракты*. 2011;37(1):63-71.

7. Лакшминараян В., Енох Дж.М., Рааш Т., Кроуфорд Б., Найгаард Р.В. Изменения рефракции, вызванные наклоном и продольным смещением интраокулярной линзы. *Арка Офтальмол*. 1986;104(1):90-92.

8. Атчисон Д.А. Аномалии рефракции, вызванные смещением интраокулярных линз в псевдофакичном глазу. *Оптом Вис Ски*. 1989;66(3):146-152.

9. Эрикссон П. Влияние ошибок положения интраокулярной линзы на послеоперационную аномалию рефракции. *J Хирургия рефракции катаракты*. 1990;16(3):305-311.

10. Козаки Дж., Танихара Х., Ясуда А., Нагата М. Наклон и децентрация имплантированной интраокулярной линзы задней камеры. *J Хирургия рефракции катаракты*. 1991;17(5):592-595.

11. Коринта Дж., Бок Дж., Сенделин Дж. Изменения рефракции, вызванные изменением положения интраокулярной линзы. *J Refract Corneal Surg*. 1994;10(5):556-564.

12. Оми С. Децентрация, связанная с асимметричным сжатием капсулы и размером интраокулярной линзы. *J Хирургия рефракции катаракты*. 1993;19(5):640-643.

13. Нанавати М.А., Радж С.М., Васавата В.А., Васавата В.А., Васавата А.Р. *Передняя оболочка капсулы и осевое перемещение интраокулярной линзы. Глаз (Лондон)*. 2008;22(8):1015-1023.

14. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2009;25(12):1053-1060.

Изменения роговицы после Фемтосекундная лазерная факоэмульсификация по сравнению с традиционной хирургией катаракты

Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук;
Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук,
доктор медицинских наук

ЦЕЛЬ

Целью нашего исследования было проанализировать изменения роговицы после фемтосекундной лазерной факоэмульсификации и сравнить результаты с традиционной факоэмульсификацией в отношении толщины роговицы, количества эндотелиальных клеток и индекса объемного напряжения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Это проспективное компьютерно-рандомизированное исследование началось в феврале 2010 г. и закончилось в феврале 2011 г.

В исследование были включены 76 глаз 76 пациентов: 38 глаз из 38 пациентов были прооперированы с помощью фемтосекундной лазерной факоэмульсификации (фемтолазерная группа) и 38 глаз из 38 пациентов были прооперированы с применением традиционной факоэмульсификации (факогруппа). Все операции проводил один и тот же опытный хирург (З.З.Н.).

Критериями исключения были плотная (степень 4+) или белая катаракта, рубцы или помутнения роговицы, аномалии переднего сегмента, синдром гибкой радужки, слабое расширение зрачков и низкий уровень кооперации.

Статистически значимой разницы между двумя группами по возрасту пациентов (65,81±12,42 года в группе фемтолазерной терапии и 66,93±10,99 года в группе факотерапии), соотношению мужчин и женщин (10:28 в группе фемтолазерной терапии и 15:28) 23 в группе фако), и проявляют сферический эквивалент рефракции (-1,0±4,7 Д в группе фемтолазера и -1,0±5,5 Д в группе фако).

Дизайн исследования соответствовал правилам этического комитета университета и принципам Хельсинкской декларации. От всех пациентов было получено информированное согласие.

Применяли местную анестезию (0,5%) пропаракаина НС1, а для расширения зрачков 0,5% тропикамид закапывали каждые 15 минут трижды перед операцией.

Основные этапы операции были выполнены следующим образом.

В факогруппе основные разрезы роговицы выполнялись с помощью одноразового кератома (Alcon Labo-)

ratories Inc, Форт-Уэрт, Техас), цистотом и капсульные щипцы использовались для создания непрерывного криволинейного капсулорексиса, а материал линзы удалялся с помощью традиционной факотехники «разделяй и властвуй».

В группе фемтолазера с помощью фемтосекундной лазерной системы LenSx (Alcon LenSx) были выполнены капсулорексис диаметром 4,75 мм, поперечная фрагментация хрусталика, а также двухплоскостной основной разрез шириной 2,8 мм и одноплоскостной боковой разрез шириной 1,0 мм. Inc, Алисо Вьехо, Калифорния). Раны роговицы, созданные фемтосекундным лазером, вскрывали тупым шпателем, край созданной лазером капсулотомии идентифицировали цистотомом и рассеченную капсулу удаляли щипцами.

Четыре квадранта хрусталика, предварительно обработанные лазером, были удалены с помощью стандартной факоэмульсификации.

Был использован тот же тип вязкоупругого материала (Provisc, Alcon Laboratories Inc), та же факосистема и настройки (Alcon Laboratories Inc, фиксированный вакуум 380 мм рт. ст., фиксированная скорость аспирации 35 см³/мин, высота флакона 110 см), используется в обеих группах пациентов. После традиционного удаления материала коры всем пациентам была имплантирована цельная гидрофобная акриловая интраокулярная линза ([ИОЛ] Alcon Laboratories Inc). После удаления вязкоэластичного материала путем иригации-аспирации основной разрез роговицы в каждом случае закрывали с осторожной гидратацией.

Перед операцией всем пациентам было проведено полное офтальмологическое обследование, включая определение остроты зрения с наилучшей коррекцией, выраженной аномалии рефракции, внутриглазного давления и исследование с помощью щелевой лампы. Предоперационные данные пациентов представлены в таблице 1.

Для расчета ИОЛ выполнялась оптическая низкокогерентная биометрия (Lenstar LS900; Haag-Streit AG). Центральный объем роговицы размером 3 мм и плотность ядра (ПНС) измерялись объективно с помощью вращающейся камеры Шаймпфлюга (Pentacam HR; Oculus Optikgeräte GmbH).

Бесконтактный зеркальный микроскоп (Konan Noncon Robo NSP-9900; Konan Medical Inc, Хиого, Япония) использовали для измерения количества центральных эндотелиальных клеток роговицы.

ТАБЛИЦА 1

ПРЕДОПЕРАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ ПАЦИЕНТОВ

Предоперационные данные	Фемтолазер Групп	Фако Групп	P-значение
Пол Мужской Женский)	10:28	15:23	>.05
Возраст (лет)	65,81±12,42	66,93±10,99	>.05
Осевая длина (мм)	24,1±3,0	23,9±2,9	>.05
Явная рефракция (D)	-1,0±4,7	-1,0±5,5	>.05
Глубина передней камеры (мм)	2,57±0,39	2,62±0,45	>.05
Толщина линзы (мм)	4,5±0,5	4,4±0,5	>.05
ЦКТ (мкм)	545±32	550±39	>.05
3 мм CV (мм3)	3,9±0,2	4,0±0,3	>.05
ПНС	2,32±0,97	2,13±1,22	>.05
СЕСС (ячейка/мм2)	2861±215	2841±215	>.05
Внутриглазное давление (мм рт.ст.)	16,0±3,2	15,6±2,9	>.05

ССТ = центральная толщина роговицы; CV = объем роговицы; PNS = Стадия ядра Pentacam; CECC = количество эндотелиальных клеток роговицы

ТАБЛИЦА 2

ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ ПАЦИЕНТОВ

Предоперационные данные	Фемтолазер Групп	Фако Групп	P-значение
Энергия факэмульсификации (%)	12,7±8,3	20,4±12,6	<.05
Время факэмульсификации (с)	0,56±0,6	0,67±0,65	>.05
Эффективное время факотерапии (с)	0,10±0,12	0,12±0,13	>.05

Визуализацию Шаймпфлюга и зеркальную микроскопию повторяли через 1 день, 1 неделю и 1 месяц после операции.

Индекс объемного напряжения по Suzuki et al. ¹ был рассчитывается следующим образом: $VSI = \Delta V / (CD \times 7,065)$, где $\Delta V = V2 - V1$, $V2$ — объем роговицы 3 мм после операции по удалению катаракты, $V1$ — объем роговицы 3 мм до операции по удалению катаракты, и $7,065 = 1,5 \times 1,5 \times 3,14$ (эквивалент площади диаметром 3 мм).

Для статистического анализа использовали программное обеспечение Statistica 8.0 (Statsoft Inc). W-критерий Шапиро-Уилкса показал нормальное распределение данных, поэтому для дальнейшего статистического анализа использовался t-критерий независимой выборки. Для анализа изменений толщины роговицы был проведен дисперсионный анализ повторных измерений. Для проверки влияния типа операции на послеоперационную толщину центральной части роговицы использовался многовариантный регрессионный анализ с включением следующих переменных: предоперационная толщина центральной части роговицы, количество центральных эндотелиальных клеток, глубина передней камеры, ПНС и эффективное время факотерапии. Статистическая значимость определялась как $P < 0,05$ во всех анализах.

ПОЛУЧЕННЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ

Интраоперационно использованная энергия факэмульсификации была значительно ниже в группе фемтолазерной терапии по сравнению с группой факэмульсификации (табл. 2).

Статистически значимая положительная корреляция была обнаружена между ПНС и временем факэмульсификации в обеих группах ($r=0,35$, $P < .05$ в группе фемтолазера; $r=0,5$, $P < .05$ в группе фако).

В многовариантной модели, в которой в качестве предикторов были включены количество центральных эндотелиальных клеток, PNS, предоперационная толщина центральной роговицы и группа, наиболее подходящий вариант индекс был $R^2=0,48$. В этой модели тип хирургического вмешательства имел значительное влияние на толщину центральной части роговицы через 1 день после операции. Толщина роговицы до операции, количество центральных эндотелиальных клеток и ПНС также оказали значительное влияние на послеоперационную толщину центральной части роговицы ($P < 0,05$).

Согласно этой модели глубина передней камеры и эффективное время факотерапии не влияли на послеоперационную толщину роговицы ($P > 0,05$).

Через 1 день после операции толщина центральной роговицы была значительно ниже в группе фемтолазера по сравнению с группой фако (средняя разница 29 мкм) (рис. 1).

ТАБЛИЦА 3

ЦЕНТРАЛЕНДОТЕЛИАЛЬНЫЕ КЛЕТКИ(КЛЕТОК/ММ²)
ДО И ПОСЛЕ ОПЕРАЦИОННОГО ПЕРИОДА В ДВУХ ГРУППАХ (P<0,05)

Группы	предоперационный период	1 день	1 неделя 1 месяц
Фемтолазер	2861±216	2860±217	2730±205 2738±245
Фако	2841±215	2719±350	2669±377 2542±466

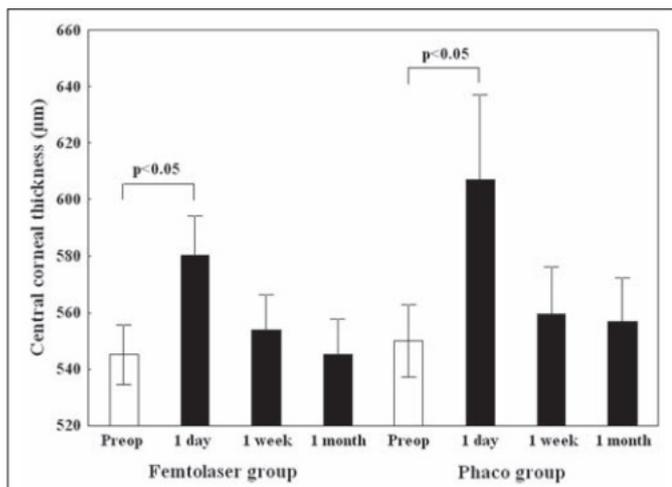


Рисунок 1. Изменения и различия в толщине центральной части роговицы между двумя группами до и после операции. (Перепечатано с разрешения Takács AI, Kovács I, Miháltz K, Filkorn T, Knorz MC, Nagy ZZ. Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты по сравнению с традиционной факоэмульсификацией. J Refract Surg. 2012;28[6]:387-391.)

Статистически значимой разницы в количестве эндотелиальных клеток между двумя исследовательскими группами не было в любой контрольный момент времени исследования (Таблица 3).

Статистически значимая положительная корреляция была обнаружена между увеличением объема роговицы на 3 мм через 1 день после операции и количеством эндотелиальных клеток через 1 месяц после операции в обеих группах исследования (рис. 2).

Индекс объемного стресса (рис. 3) был статистически значимо ниже через 1 день после фемтосекундной лазерной факоэмульсификации по сравнению с традиционной факоэмульсификацией.

эмульгирование ($3,0 \pm 2,3 \times 10^{-5}$ и $5,3 \pm 6,0 \times 10^{-5}$, соответственно). Через 1 месяц после операции не было статистически значимой разницы между двумя исследуемыми группами. по индексу объемного напряжения ($1,7 \pm 3,7 \times 10^{-6}$ в фемтолазерная группа и $1,7 \pm 3,5 \times 10^{-6}$ в группе фако).

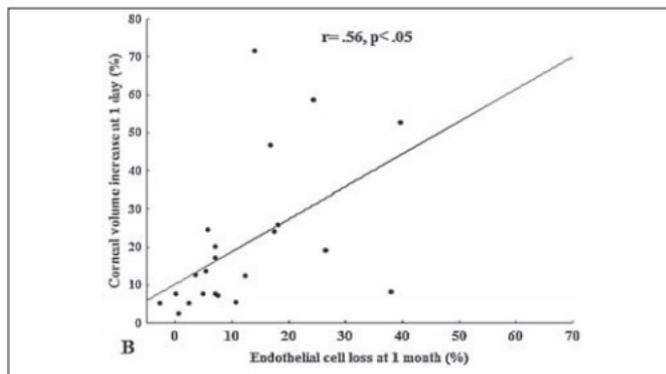
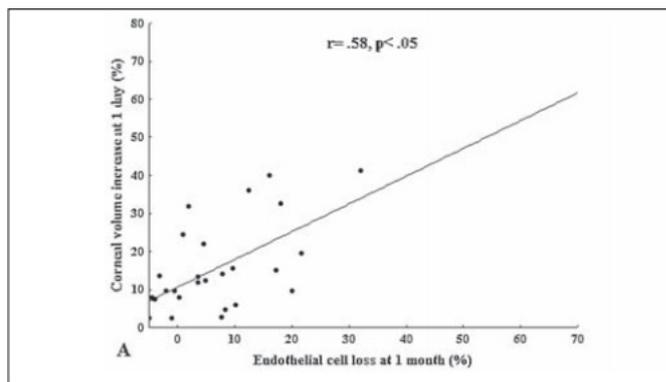


Рисунок 2. Корреляция между увеличением объема роговицы на 3 мм через 1 день после операции и количеством эндотелиальных клеток через 1 месяц после операции. А) Фемтолазерная группа. Б) Факогруппа. (Перепечатано с разрешения Такача А.И., Ковача И., Михалца К., Филкорна Т., Кнорца М.К., Надя З.З.).

Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты по сравнению с традиционной факоэмульсификацией. J Refract Surg. 2012;28[6]:387-391.)

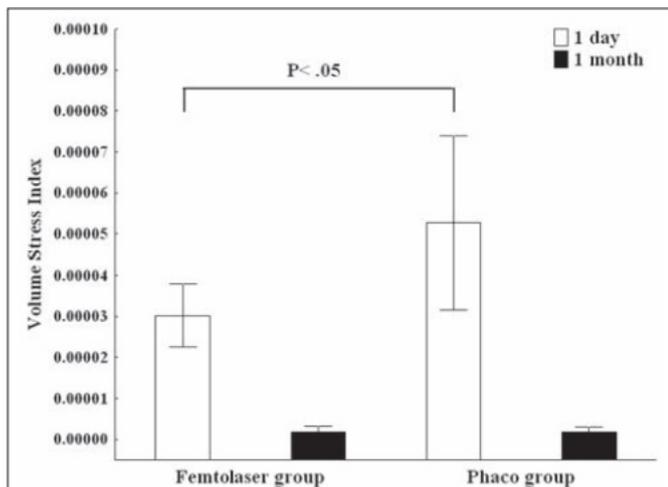


Рисунок 3. Индекс объемного стресса через 1 день и 1 месяц после операции. (Перепечатано с разрешения Takács AI, Kovács I, Miháلتz K, Filkorn T, Knorz MC, Nagy ZZ. Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты по сравнению с традиционной факэмульсификацией. J Refract Surg. 2012;28[6]:387-391.)

ССЫЛКА

1. Сузуки Х., Оки К., Такахаши К., Шива Т., Такахаши Х. Функциональная оценка эндотелия роговицы путем комбинированного измерения изменения объема роговицы и плотности клеток после факэмульсификации. J Хирургия рефракции катаракты. 2007;33(12):2077-2082.

Фемтосекундный лазер с поддержкой Прозрачные раны роговицы и их влияние на хирургически индуцированный астигматизм

Арпад Дунай, доктор медицинских наук; Кинга Кралиц, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

За последнее десятилетие микроинcisionная хирургия катаракты с использованием факоэмульсификации и имплантации искусственной интраокулярной линзы (ИОЛ) стала безопасным и эффективным вмешательством. Меняющиеся показания и высокая распространенность катаракты, особенно среди стареющего населения, приведут к увеличению количества операций по удалению хрусталика. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, в 2010 году было выполнено около 20 миллионов операций по удалению катаракты, и ожидается, что это количество достигнет 32 миллиона к 2020 году.¹

Современные пациенты с катарактой обычно стремятся достичь эметропии. Выбрав соответствующую силу сферической линзы, можно добиться независимости от очков для пациентов с близорукостью или дальнозоркостью аномалиями рефракции. Однако от 64% до 70% из них имеют ранее существовавший роговичный астигматизм выше 0,5 дптр, а от 15 до 29% имеют 1,25 дптр или больше.²⁻⁴ Исправление этой аномалии рефракции позволяет нам минимизировать послеоперационную аметропию и поддерживает нас в достижении более высокой удовлетворенности пациентов.⁵ Большее количество Предоперационный роговичный астигматизм можно исправить с помощью лимбальных расслабляющих разрезов. Имплантация торических ИОЛ также является эффективным методом лечения больных размером более 1,5 Д.

астигматизм.⁶ Меньшие степени цилиндрической погрешности могут быть безопасно редуцируются путем позиционирования чистых разрезов роговицы во время операции по удалению катаракты.⁷ Вызав противоположную ясную корреляцию

Нияльный разрез приведет к усилению торического эффекта заживление ран роговицы.⁸

Благодаря новым хирургическим методам и конструкции ИОЛ, хирургически индуцированный астигматизм (СИА) значительно снизился.

лы и стал более предсказуемым.⁹ Бесшовный прозрачный кор-Нияльные раны в настоящее время являются наиболее распространенными разрезами, выполняемыми при операциях по удалению катаракты с факоэмульсификацией, заменяя склеральные туннельные и корнеосклеральные разрезы.

Уменьшение роговичного астигматизма особенно важно в случае имплантации ИОЛ премиум-класса. Разрезы при хирургии катаракты, сделанные на крутой оси роговицы, вызывают ее уплощение, поэтому этот эффект можно применить к

уменьшить существующие цилиндрические ошибки.¹⁰ СИА коррелирует с размером разреза, расположением и конструкцией раны.¹¹ С появлением фемтосекундных лазеров в офтальмологии

Операция, четкие раны роговицы правильного размера и расположения стали возможными благодаря взаимодействию лазера с тканями, известному как фоторазрушение, которое может помочь контролировать послеоперационный астигматизм роговицы. По предыдущим данным, длина и угол фемтолазерных разрезов роговицы оставались стабильными в течение первого послеоперационного периода. По достижении надежных послеоперационных результатов.¹¹⁻¹³

Наша исследовательская группа оценила и сравнила хирургически индуцированный роговичный астигматизм после фемтолазерной хирургии катаракты и традиционно выполненной факоэмульсификации. В проспективном рандомизированном исследовании фемтосекундная лазерная хирургия катаракты была выполнена на 20 глазах 20 пациентов с использованием фемтосекундной лазерной системы (Alcon LenSx Inc, Алисо Вьехо, Калифорния) для создания ран роговицы, капсулотомии и фрагментации хрусталика, а также Ручная традиционная факоэмульсификация была проведена на 20 глазах 20 пациентов. В фемтогруппе на крутом меридиане был выполнен бипланарный прозрачный туннель роговицы с шириной разреза 2,8 мм. В группе, получавшей ручной метод, был сделан четкий разрез роговицы по крутой оси с использованием одноразового кератома диаметром 2,8 мм. Во все глаза имплантировали цельную ИОЛ с использованием инжектора Monarch и картриджа D (ИОЛ AcrySof SA60AT; Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас). Все разрезы остались без швов.

Для оценки SIA анализ топографии и волнового фронта проводился до операции и через 3 месяца после операции с использованием вращающейся камеры Scheimpflug (Pentacam HR; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия). Измерялись значения кератометрии в плоском (K1) и крутом (K2) меридиане с осью, а также суммарные отклонения низшего и высшего порядка (значения RMS [мкм]) роговицы в пределах центральной 9,0-мм зоны. Количество и направление SIA рассчитывали с помощью векторного анализа, как описано Альпинсом и Гоггином.¹⁴

Статистически значимых различий по возрасту, толщине центральной роговицы, предоперационным показаниям кератометрии и предоперационному роговичному астигматизму между фемто- и мануальной группой отмечено не было (таблица 1). Статистически значимой разницы между ними обнаружено не было.

ТАБЛИЦА 1

ОПИСАТЕЛЬНЫЕ ПРЕДОПЕРАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

	Фемтолазер Групп Среднее ± стандартное отклонение	Ручная группа Среднее ± стандартное отклонение	П
Возраст (год)	70,40±11,57	62,27±13,41	.086
K1 (Д)	43,37±1,26	44,81±3,13	.107
K2 (Д)	44,19±1,36	46,24±5,15	.147
aveK (D)	43,76±1,21	44,69±1,64	.083
Астигматизм (Д)	0,93±0,76	0,85±0,77	.763
ЦКТ	543,40±29,96	552,69±30,96	.404

Статистически значимых различий в возрасте, центральной толщине роговицы (ЦКТ), предоперационных показаниях кератометрии в крутом (K1) и плоском (K2) меридиане, средних значениях кератометрии (aveK) и предоперационном роговичном астигматизме между фемтолазером и ручным лазером не отмечено. группы.

ТАБЛИЦА 2

ХИРУРГИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫЙ АСТИГМАТИЗМ ДАННЫЕ

	Фемтолазер Групп Среднее ± стандартное отклонение	Ручная группа Среднее ± стандартное отклонение	П*
Величина SIA (D)	0,47±0,13	0,41±0,14	.218
Отклонение оси SIA от запланированного (градусы)	4,47±2,59	7,38±4,72	.048*

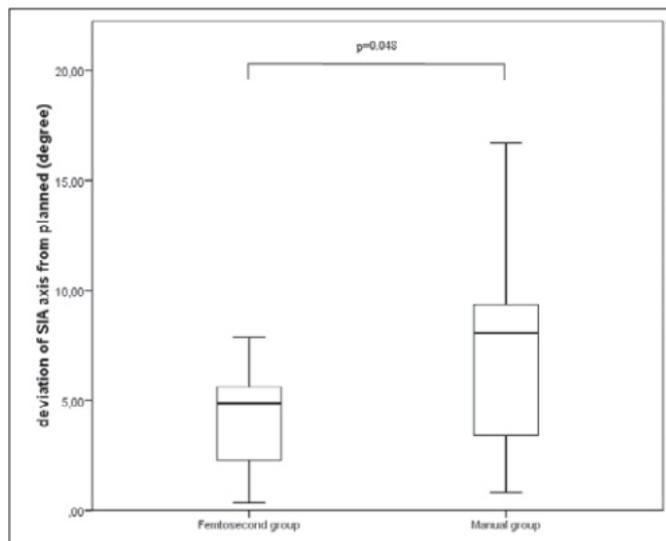
Статистически значимой разницы между двумя группами исследования по частоте хирургически индуцированного астигматизма (SIA) не было. Разница послеоперационно измеренной и запланированной оси SIA оказалась значительно выше в группе мануального исследования.

*P<.05

группы исследования по количеству SIA после оценки до- и послеоперационных топографических измерений на основе высот (P = 0,218) (таблица 2).

Сравнение дооперационно запланированной и послеоперационно измеренной оси SIA показало статистически значимую разницу между двумя группами. Отклонение оси SIA от ранее запланированной оси было значительно меньше в группе фемтотерапии, чем в группе мануального лечения (P=0,048) (табл. 2 и рис.). Мы не обнаружили существенных различий до и после операции между исследуемыми группами в данных об аномалиях роговицы. Внутри обеих групп значения аберраций роговицы низшего и общего порядка оставались стабильными (P>0,05), но аберрации роговицы более высокого порядка значительно увеличились в обеих группах (фемто-группа: P=0,025; ручная группа: P=0,002). (Таблица 3).

Уменьшение величины и вариабельности CIA имеет важное значение в эпоху современной хирургии катаракты, особенно в случае имплантации мультифокальной ИОЛ. Даже небольшая степень остаточного астигматизма после операции с имплантацией мультифокальной ИОЛ снизит вероятность зрелищной независимости.^{15,16}



Фигура. Между двумя исследовательскими группами наблюдалась значительная разница в отношении разницы послеоперационно измеренной и запланированной оси SIA (P = 0,048).

ТАБЛИЦА 3
 ДАННЫЕ О ЛАБЕРРАЦИИ РОГОВИЦЫ

	Фемтолазер Групп		Ручная группа		P*
	Медиана ± квартильный диапазон		Медиана ± квартильный диапазон		
	Базовый уровень	3 месяца	3 месяца	3 месяца после остановки	
		Базовый уровень послестопа		Базовый уровень послестопа	
Среднеквадратичное значение всего	0,77±0,56	0,83±0,290,63±0,340,53±0,18,293,065			
RMS LOA	0,76±0,57	0,79±0,260,61±0,330,51±0,18,283,072			
PMC ТСЖ	0,13±0,09†	0,18±0,12†0,13±0,05†0,15±0,05†0,472,078			

Среднеквадратические значения (RMS) aberrаций низшего порядка (LOA), aberrаций высшего порядка (НОА) и общих ошибок волнового фронта роговицы исходно и через 3 месяца после операции.
 *P – разница между группами с использованием U-критерия Манна-Уитни. †P<0,05 с использованием парного критерия Уилкоксона.

Фемтосекундные лазеры облегчают выбор правильного размера и положения. описал чистые раны роговицы во время операции по удалению катаракты. 11,17 По результатам нашего исследования анализ волнового фронта aberrаций роговицы показал, что разрезы роговицы, выполненные фемтосекундным лазером и одноразовыми кератомами, существенно не изменяют общие aberrации роговицы. Однако, в отличие от предыдущего эксперимента, в котором анализировались индуцированные aberrации роговицы в центральной части

4,0-мм зона роговицы, мы обнаружили существенную неточность увеличение aberrаций роговицы высшего порядка в обеих группах исследования при использовании зоны анализа 9,0 мм. Между группами aberrации более высокого порядка существенно не различались. Разницы в величине SIA между двумя методами не было. Однако в фемтогруппе было обнаружено значительно меньшее угловое отклонение между измеряемой и запланированной осью индуцированного астигматизма по сравнению с мануальной группой. Этот эффект, возможно, является результатом лучшей предсказуемости местоположения, размера и направления в группе, получавшей фемтосекундный лазер.

Благоприятные характеристики фемтолазерных разрезов могут способствовать прогнозированию СИА и минимизации индуцированных aberrаций роговицы во время имплантации ИОЛ премиум-класса.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Купман С. Аппараты для хирургии катаракты. Глобальный анализ трубопроводов, конкурентная среда и прогнозы рынка на 2017 год. www.asdreports.com/news.asp?pr_id=261. По состоянию на январь 2012 г.
2. Феррер-Бласко Т., Монтес-Мико Р. Распространенность роговичного астигматизма до операции по удалению катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2009;35(1):70-75.
3. Хофф Манн П.С., Худ В.В. Анализ биометрических данных и данных о распространности роговичного астигматизма на 23 239 глазах. J Хирургия рефракции катаракты. 2010;36(9):1479-1485.
4. Гуань З, Юань Ф, Юань ЮЗ, Нью ВР. Анализ астигматизма роговицы у кандидатов на операцию по удалению катаракты в клинической больнице в Шанхае, Китай. J Хирургия рефракции катаракты. 2012;38(11):1970-1977.

5. Сарагуси Дж.Дж. Коррекция существующего астигматизма в сочетании с операцией по удалению катаракты: расслабляющие разрезы роговицы или торические интраокулярные линзы? Дж. Фр. Офтальмол. 2012;35(7):539-545.
6. Эймсбери Э.К., Миллер К.М. Коррекция астигматизма во время операции по удалению катаракты. Курр Opin Офтальмол. 2009;20(1):19-24.
7. Бакхерст П.Дж., Вольфсон Дж.С., Дэвис Л.Н., Нару С.А. Хирургическая коррекция астигматизма во время операции по удалению катаракты. Клини Эксп Оптом. 2010;93(6):409-418.
8. Бен Саймон Г.Дж., Десатник Х. Коррекция ранее существовавшего астигматизма во время операции по удалению катаракты: сравнение эффектов противоположных чистых разрезов роговицы и одного прозрачного разреза роговицы. Graefes Arch Clin Exp Офтальмол. 2005;243(4):321-326.
9. Маскет С., Белани С., Ван Л. Индуцированный астигматизм с помощью коаксиальных фактомульсификационных разрезов диаметром 2,2 и 3,0 мм. J Refract Surg. 2009;25(1):21-24.
10. Ро Ч.Р., Джу С.К. Влияние крутого меридионального разреза на астигматизм роговицы при фактомульсификационной хирургии катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2012;38(4):666-671.
11. Алио Х.Л., Абду А.А., Сориа Ф. и др. Морфология разреза катаракты фемтосекундным лазером и анализ aberrаций высшего порядка роговицы. J Refract Surg. 2013;29(9):590-595.
12. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.
13. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27:564-569.
14. Альпинс Н.А., Гоггин М. Практический анализ астигматизма для рефракционных результатов при катаракте и рефракционной хирургии. Сурв Офтальмол. 2004;49(1):109-122.
15. Конен Т., Кук Д., Ауфф Арт Г.Ю., Дерхартунян В. Использование мультифокальных интраокулярных линз и критерии отбора пациентов. Офтальмолог. 2008;105(6):527-532.
16. Хаяши К., Хаяши Х., Накао Ф., Хаяши Ф. Влияние астигматизма на мультифокальные и монофокальные интраокулярные линзы. Ам J Офтальмол. 2000;130(4):477-482.
17. Серрао С., Ломбардо Г., Дуколи П., Розати М., Ломбардо М. Оценка фемтосекундного лазерного прозрачного разреза роговицы: экспериментальное исследование. J Refract Surg. 2013;29(6):418-424.

Эффект

Фемтолазерная хирургия катаракты макулы

Моника Экседо, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Габор Марк Сомфай, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Хирургия катаракты методом фактоэмульсификации стала наиболее распространенной внутриглазной операцией и обычно улучшает зрительный результат. Появление фемтосекундных лазеров в хирургии катаракты открыло новые перспективы, поскольку разрез идеального размера и расположения благодаря тканевой реакции, известной как фоторазрушение, стал

возможный.^{1,2} Первоначальные результаты нашей исследовательской группы с внутриглазной фемтосекундный лазер (лазерная система LenSx; Alcon LenSx Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния), используемый во время фактоэмульсификации, продемонстрировал более высокую точность и безопасность капсулорексиса и прозрачных ран роговицы, а также снижение мощности фактоэмульсификации у свиней и

человеческие глаза.³

Однако хорошо известно, что операция фактоэмульсификации сама по себе является воспалительным поражением глаза и во многих случаях может привести к ухудшению ранее существовавших заболеваний сетчатки, таких как диабетический макулярный отек, или развитию

появление новых заболеваний, таких как синдром Ирвина-Гасса.⁴⁻⁶ В большинстве случаев фактоэмульсификация не меняет макроскопический вид глазного дна сетчатки, но с помощью новых неинвазивных методов визуализации, таких как поперечная визуализация сетчатки с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ), даже незначительные морфологические изменения макулярной области не изменяются. область можно визуализировать. В последнее десятилетие исследования обнаружили ангиографическую утечку до 19% после операции⁵⁻⁸ и увеличение перифовеальной толщины сетчатки по данным ОКТ, которая определяется с первой недели до 6 месяцев и достигает максимума через 4–6 недель после хирургического вмешательства на псевдофакичных глазах.⁹⁻¹¹

Во время фемтолазерной процедуры также применяется присасывающее кольцо, чтобы избежать движения глаз и неправильного направления лазера, оказывая давление на область плоской части лимба. Предыдущие экспериментальные и клинические исследования, проведенные в основном при изучении операций LASIK, показали, что применение аспирационного кольца вызывает короткие, но значительные колебания внутрикостного давления. глазное давление,¹² что может вызвать ряд изменений в структуры глаза, из-за разрушения бокаловидных клеток конъюнктивы до сетчатки.¹³ Во время применения отсасывание микрократома при LASIK, уменьшение хрусталика

были описаны толщина и увеличение расстояния между стекловидным телом, что позволяет предположить переднюю тракцию задней части.

сегмент.¹⁴ Эти изменения могут привести к повреждению задней гиалоидной кости отслойка, переходящие нарушения хориоидального кровообращения. связи,^{15,16} макулярное кровоизлияние,¹⁷ и даже атрофия зрительного нерва.¹⁸

После публикации всех этих данных частота субклинического макулярного отека после протекающей без осложнений операции по удалению катаракты стала вопросом безопасности этой часто встречающейся операции.

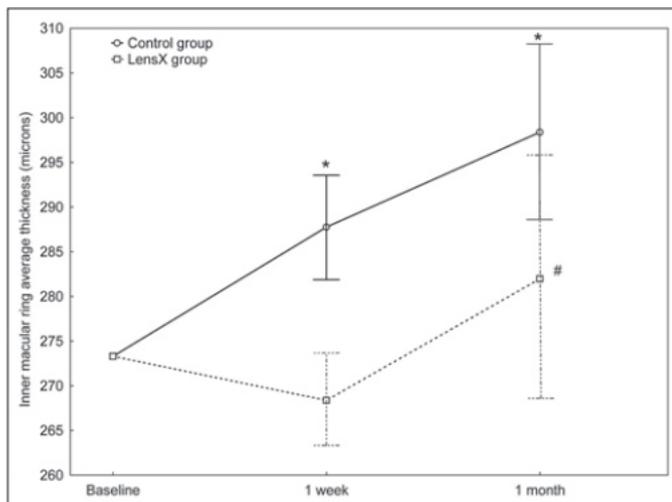
эрация.⁹⁻¹¹

Целью нашей исследовательской группы было оценить безопасность этой новой операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи путем сравнения ее влияния на толщину и морфологию желтого пятна с эффектом традиционной фактоэмульсификации с использованием измерений ОКТ.

СРАВНЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ МАКУЛЯРНОЙ ТОЛЩИНЫ ПОСЛЕ ФЕМТОЛАЗЕРНОЙ И СТАНДАРТНОЙ ФАКТОЭМУЛЬСИФИКАЦИОННОЙ ХИРУРГИИ КАТАРАКИ

В проспективном исследовании случай-контроль мы сравнили эффект традиционной хирургии катаракты и фемтолазерной фактоэмульсификационной хирургии на макуле с использованием ОКТ. Двадцать глаз 20 пациентов перенесли операцию по удалению катаракты без осложнений в обеих группах исследования. Толщину и объем макулы оценивали с помощью ОКТ до операции, а также через 1 и 4 недели после операции. Первичными результатами были толщина сетчатки по ОКТ в трех макулярных областях и общий макулярный объем через 1 и 4 недели. Вторичными результатами были изменения толщины сетчатки через 1 неделю и 1 месяц после операции в отношении предоперационных значений толщины сетчатки, эффективного времени факотерапии и плотности хрусталика.

Многовариантное моделирование влияния хирургического вмешательства на послеоперационную толщину макулы показало значительно меньшую толщину макулы во внутреннем кольце сетчатки в фемтосекундной группе после поправки на возраст и предоперационную толщину по времени ($P=0,002$). В контрольной группе внутреннее макулярное кольцо было значительно толще через 1 неделю (среднее значение: 21,68 мкм; 95% доверительный предел [CL]: 11,93–31,44 мкм, $P<0,001$). Эта разница через 1 месяц



Фигура. Средние значения толщины внутреннего макулярного кольца исходно, через 1 неделю и 1 месяц после операции в двух группах исследования, с поправкой на возраст и предоперационную толщину внутреннего макулярного кольца.

Примечание: *= $P < 0,01$, #= $P < 0,05$ по сравнению с базовым уровнем. Ус: 95% доверительный предел средств.

уменьшился до среднего значения 17,56 мкм (95% CL: -3,21-38,32 мкм, $P=0,09$) и стал незначительно значимым.

Толщина макулы увеличилась в контрольной группе (среднее значение: 287,76 мкм; 95% CL: 282,32-293,20, $P < 0,001$), но не в фемтосекундной группе (среднее значение: 268,38 мкм; 95% CL: 253,10-273,67, $P > 0,05$).) через 1 неделю после операции по сравнению со средним исходным уровнем (в среднем: 273,3 мкм). Через 1 месяц средняя толщина внутреннего макулярного кольца также увеличилась в группе фемтосекундного приема (среднее значение: 281,98 мкм; 95% CL: 267,73-296,22, $P=0,02$) и еще больше увеличилась в контрольной группе (среднее значение: 298,38 мкм, 95% CL: 287,05-309,72, $P=0,003$) по сравнению с исходным уровнем (рис.).¹⁹

В нашем исследовании мы смогли обнаружить те же субклинические парафовеальный отек описан в литературе.⁹⁻¹¹ в стандартная группа фактоэмульсификации через 1 неделю и через 1 месяц после операции с постоянным увеличением. Однако в фемтосекундной группе через 1 неделю толщина внутреннего макулярного кольца не изменилась, а небольшое увеличение было обнаружено только через 1 месяц. Основываясь на наших результатах, весьма маловероятно, что присасывающее кольцо, использованное при установке фемтолазера, оказало какое-либо вредное воздействие на структуру макулы, поскольку через 1 неделю после операции утолщение макулы не наблюдалось в группе лазера. Объяснением такой разницы может быть существенно более низкий уровень вакуума (до 40 мм рт. ст.) по сравнению с LASIK (до 90 мм рт. ст.), используемый во время этой процедуры.

Обнаруженное позже утолщение макулы, вероятно, связано с длительным субклиническим воспалением, вызванным манипуляциями с внутриглазной тканью (радужной оболочкой) и опосредованным

простагландинами в обеих группах.^{20,21} По согласованию с предыдущими отчетами мы не обнаружили никакой корреляции

между макулярными изменениями и временем УЗИ,²² предположить. Предполагается, что гемато-ретиальный барьер нарушается сильнее во время стандартной процедуры, чем во время операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи. Объяснением этому явлению могут служить уменьшение общей продолжительности манипуляций в передней камере, предоперационный лазерный капсулорексис и лазерная фрагментация ядра.

МАКУЛЯРМОРФОЛОГИЯ, ОЦЕНИВАЕМАЯ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТОМОГРАФИИ, СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСЛЕ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРНАЯ И СТАНДАРТНАЯ ХИРУРГИЯ КАТАРАКТЫ

В другом проспективном исследовании «случай-контроль» мы также попытались оценить и сравнить изменения толщины различных слоев сетчатки в желтом пятне с помощью программного обеспечения для сегментации ОКТ после фемтолазерной и традиционной фактоэмульсификации.

Двенадцать глаз у 12 пациентов перенесли операцию по удалению катаракты без осложнений в группе с фемтолазером и 13 глаз у 13 пациентов в группе традиционной фактоэмульсификации. Общую толщину сетчатки макулы оценивали с помощью Stratus OCT (Carl Zeiss Meditec, Дублин, Калифорния) до операции и через 4–8 недель после операции. ОКТ-изображения, полученные с помощью Stratus OCT, были сегментированы с использованием ОС-изображений.

Программное обеспечение TRIMA.^{23,24} Региональные данные о мощности в цен- Для слоев сетчатки были получены траальная площадь, внутренняя и внешние кольца, а также абсолютная и относительная толщина отдельных слоев, сравненная в двух исследуемых группах. Относительную толщину рассчитывали как соотношение индивидуального слоя сетчатки и общей толщины сетчатки.

Статистически значимая разница была обнаружена между двумя группами по абсолютной толщине наружного ядерного слоя и относительной толщине наружного ядерного слоя как во внутреннем, так и во внешнем макулярном кольцах. После поправки на эффективное время факотерапии в многовариантном моделировании тип операции показал значительно более низкое относительное соотношение наружного ядерного слоя во внутреннем (0,26, 95% CL: 0,25-0,27 против 0,28, 95% CL: 0,27-0,29, $P=0,03$) и во внешнем кольце сетчатки (0,27, 95% CL: 0,25-0,28 против 0,29, 95% CL: 0,28-0,31, $P=0,02$) в фемтосекундной группе.

По нашим результатам, после операции по удалению катаракты макулярный отек выявляется преимущественно в наружном ядерном слое в обеих группах, но значительно меньше при использовании фемтосекундная лазерная платформа.²⁵

ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие кистозного макулярного отека или субклинического макулярного утолщения после неосложненной фактоэмульсификации до конца не изучено, но считается, что оно вызвано нарушением гемато-ретиального барьера, что позволяет

Жидкость накапливается во внеклеточных пространствах сетчатки, что приводит к образованию или утолщению интратетинальных кист. Сообщалось о травме радужной оболочки, послеоперационном воспалении, высвобождении простагландинов и тяговом усилии на макуле.

возможные причинные факторы кистозного макулярного отека.^{26,27}

Эти гипотезы были подтверждены предыдущими гистопатологическими образцами, демонстрирующими расширение капилляров сетчатки, серозную жидкость во внешнем плексиформном и внутреннем ядерном слоях и воспалительные клетки в радужно-ресничном периваскулярном слое.

сложный²⁸ и ОКТ-исследования, показывающие кистозные пространства в наружный ядерный слой периферической макулы.⁷ Мягкий Субклинический перифовеальный отек без нарушений зрения, наблюдаемый после неосложненной фактоэмульсификации, был описан ранее в нескольких исследованиях ОКТ, но его история Тологическая морфология детально не исследована.^{9,25}

В хирургии катаракты с помощью фемтосекундного лазера мы знаем об этой патологии еще меньше. В нашем первом исследовании мы продемонстрировали, что фемтолазерная экстракция катаракты приводит к отсроченному и значительно меньшему утолщению макулы по сравнению со стандартной процедурой. На основании наших результатов также можно исключить возможную роль присасывающего кольца, используемого при позиционировании лазерного луча, как причину субклинических макулярных изменений, поскольку значительное утолщение сетчатки было обнаружено только Через 1 месяц после фемтолазерной операции.¹⁹

Поскольку сегментация ОКТ-сканирований является важным инструментом для врача в понимании патологических процессов внутри сетчатки, в нашем втором исследовании мы стремились определить местонахождение слоев сетчатки, участвующих в формировании отека, чтобы обеспечить лучшее обнаружение и наблюдение за слоями, травмы, понять и сравнить характер послеоперационных изменений сетчатки как у стандартных, так и у женщин.

толазерные хирургические методы.²⁵

У наших пациентов макулярный отек в основном обнаруживался как утолщение наружного ядерного слоя во внутреннем и внешнем макулярных кольцах в обеих группах, но не в центральной фовеальной области. Однако фемтосекундная лазерная хирургия приводила к значительно меньшему увеличению значений абсолютной и относительной толщины наружного ядерного слоя по сравнению со стандартным методом фактоэмульсификации.

Мы использовали относительные значения толщины слоя сетчатки, поскольку они более точно отражают незначительные изменения в структуре желтого пятна. Значительная разница в толщине слоя в одном и том же месте позволяет предположить сходную патофизиологическую основу формирования послеоперационных субъединиц.

клиническое утолщение макулы в обеих группах.²⁵

В соответствии с другими данными литературы мы не обнаружили прямой корреляции между макулярными изменениями.

es и время УЗИ в любом из двух исследований,²² предложит- Предполагается, что гемато-ретиальный барьер нарушается сильнее во время стандартной процедуры фактоэмульсификации, чем во время операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи. На основании этих предположений обнаруженное утолщение макулы

возможно, из-за длительного субклинического воспаления, вызванного манипуляциями с внутриглазной тканью (радужной оболочкой) и опосредованного простагландинами.

Предположительно, объяснением этого может быть уменьшение общей продолжительности манипуляций в передней камере после предоперационного фемтосекундного лазерного капсулорексиса и фрагментации ядра.

явление.¹⁹

Наши результаты показывают, что оба метода экстракции катаракты (фемтолазерная и стандартная процедура) не только одинаково безопасны с точки зрения воздействия на желтое пятно, но хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера может даже обеспечить возможность менее травматичной операции, поскольку уменьшения послеоперационного воспаления и

меньшая вероятность развития макулярного отека.^{19,25}

Это может иметь большое значение для пациентов с диабетом и диабетической ретинопатией или даже для пациентов с увеитом. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования, чтобы доказать эту многообещающую особенность хирургии катаракты с помощью фемтосекундного лазера.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Дик Х.Б., Пена-Асесес А., Маннс А., Крумменауэр Ф. Новая технология определения размеров непрерывного криволинейного капсулорексиса: проспективное исследование. J Хирургия рефракции катаракты. 2008;34(7):1136-1144.
2. Крюгер Р.Р., Кушак Дж., Любачовски Х., Майерс Р.И., Рипкен Т., Хейстер-Камп А. Первое исследование безопасности фемтосекундного лазерного фоторазрушения хрусталиков животных: морфология тканей и катарактогенез. J Хирургия рефракции катаракты. 2005;31(12):2386-2394.
3. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
4. Чу Э.Ю., Бенсон В.Е., Ремали Н.А. и др. Результаты после удаления хрусталика у пациентов с диабетической ретинопатией: раннее лечение диабетической ретинопатии, отчет об исследовании № 25. Arch Ophthalmol. 1999;117(12):1600-1606.
5. Гасс Дж.Д., Нортона Э.В. Кистозный макулярный отек и отек диска зрительного нерва после экстракции катаракты. Флуоресцентное флуороскопическое и ангиографическое исследование. Арка Офтальмол. 1966;76(5):646-661.
6. Ирвин С.Р. Недавно определенный синдром стекловидного тела после операции по удалению катаракты. Am J Офтальмол. 1953;36(5):599-619.
7. Ментес Дж., Эрагун Т., Афрази Ф., Керчи Г. Частота возникновения кистозного макулярного отека после неосложненной фактоэмульсификации. Офтальмологическая. 2003;217(6):408-412.
8. Лобо С.Л., Фариа П.М., Соарес М.А. и др. Изменения макулы после операции по удалению катаракты с небольшим разрезом. J Рефракционная хирургия катаракты. 2004;30(4):752-760.
9. Биро З., Балла З., Ковач Б. Изменение фовеальной и перифовеальной толщины, измеренное с помощью ОКТ, после фактоэмульсификации и имплантации ИОЛ. Глаз (Лондон). 2008;22(1):8-12.
10. Ягов Б., Орлофф С., Конен Т. Толщина макулы после операции по удалению катаракты без осложнений, определенная с помощью оптической когерентной томографии. Graefes Arch Clin Exp Офтальмол. 2007;245(12):1765-1771.
11. Хи М.Р., Изатт Дж.А., Суонсон Е.А. и др. Оптическая когерентная томография сетчатки человека. Арка Офтальмол. 1995;113(3):325-332.
12. Биссен М.Х., Сузуки С., Охаша Й., Минами К. Экспериментальное наблюдение изменений внутриглазного давления во время отсасывания микрокератома при лазерном кератомилезе in situ. J Хирургия рефракции катаракты. 2005;31(3):590-594.

13. Дэвис Р.М., Евангелиста Дж.А. Структура глаза изменяется под воздействием вакуума благодаря всасывающему кольцу из микрокератома Hansatome. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2007;23(6):563-566.
14. Алиреза М., Конен Т. Влияние отсасывания микрокератомов во время LASIK на структуры глаза. *Офтальмология.* 2005;112(4):645-649.
15. Луна Дж.Д., Артал М.Н., Ревильо МП, Диас Х., Хуарес К.П. Витреоретинальные изменения после лазерного кератомилеза in situ: клинические и экспериментальные исследования. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2001;239(6):416-423.
16. Смит Р.Дж., Ядарола М.Б., Пелишари М.Ф., Луна Дж.Д., Хуарес К.П., Ревильо В.Е. *Полная двусторонняя отслойка стекловидного тела после повторного лечения LASIK. J Cat-aract Refract Surg.* 2004;30(6):1382-1384.
17. Мошфегги А.А., Харрисон С.А., Райнштейн Д.З., Ферроне П.Дж. Вальсальвоподобная ретинопатия после гиперметропического лазерного кератомилеза in situ. *Офтальмологические хирургические лазеры.* 2006;37(6):486-488.
18. Конвей М.Л., Вевилл М., Перес А.Б., Хоскинг С.Л. Гемодинамика глазного кровотока до и после применения лазерного кольца кератомилеза in situ. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2010;36(2):268-272.
19. Эчеди М, Михальц К, Ковач И, Такач А, Филкорн Т, Надь ЗЗ. Влияние фемтолазерной хирургии катаракты на макулу. *J Refract Surg.* 2011;27(10):717-722.
20. Франк Р.Н., Шульдц Л., Эйб К., Лецци Р. Временные изменения диабетического макулярного отека, измеренные с помощью оптической когерентной томографии. *Офтальмология.* 2004;111(2):211-217.
21. Лобо С.Л., Бернардес Р.К., де Абреу Ж.Р.Ф., Кунья-Ваз Ж.Г. Наблюдение за изменением гематоретинального барьера и толщины сетчатки через год у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и легкой непролиферативной ретинопатией. *Арка Офтальмол.* 2001;119(10):1469-1474.
22. Кагини СФ, Яккери Б, Пикчинелли Ф, Риччи М.А., Фруттини Д. Толщина макулы, измеренная с помощью оптической когерентной томографии у здорового населения до и после неосложненной операции фактоэмульсификации катаракты. *Карр Глаз Рез.* 2009;34(12):1036-1041.
23. Кабрера Фернандес Д., Салинас Х.М., Пулиафи — К.А. Автоматизированное обнаружение структур слоев сетчатки на изображениях оптической когерентной томографии. *Выбирайте Экспресс.* 2005;13:10200-10216.
24. Кабрера ДеБук Д. Обзор алгоритмов сегментации данных изображения сетчатки с использованием оптической когерентной томографии. В: Хо ПГ, изд. *Сегментация изображений.* Шанхай, Китай: ИнТех; 2011.
25. Надь З.З., Эчеди М., Ковач И. и др. Морфология макулы оценивалась с помощью сегментации изображений оптической когерентной томографии после фемтосекундной лазерной и стандартной хирургии катаракты. *J Хирургия рефракции катаракты.* 2012;38(6):941-946.
26. Флач А.Дж. Частота возникновения, патогенез и лечение кистозного макулярного отека после операции по удалению катаракты. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 1998;96:557-634.
27. Куинн Си Джей. *Кистозный макулярный отек. Оптом Клин.* 1996;5(1):111-130.
28. Нил Р.Э., Беттельхайм Ф.А., Лин С., Винн К.С., Гарланд Дж.С., Зиглер Дж.С. Изменения стекловидного тела человека после экстракции катаракты. *Exp Eye Res.* 2005;80:337-347.

Осложнения при фемтолазерной хирургии катаракты и что делать

Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Всякий раз, когда внедряется новый метод (рис. 1), первым вопросом всегда является то, каковы осложнения новой процедуры, как их можно избежать и являются ли эти осложнения более легкими, чем при использовании предыдущего метода?

Рефракционная хирургия катаракты с помощью фемтолазерной терапии — относительно новая и дорогостоящая процедура в офтальмологии; ожидания довольно высоки, рецензируемые данные все еще отсутствуют, а пациенты и офтальмологи ищут доказательства ее превосходства над ручной факоэмульсификацией. Это сложный вопрос, поскольку факоэмульсификация сама по себе является признанным и относительно безопасным методом с хорошей предсказуемостью и безопасностью. Есть ли место для какого-либо развития? Ответ всегда положительный, потому что всегда существуют новые, передовые технологии интраокулярных линз (ИОЛ), и пациенты хотят сделать операцию в более молодом возрасте, чем когда-либо прежде. Таким образом, ожидания выше как с точки зрения рефракции, так и с точки зрения безопасности. Фемтолазерная технология предлагает индивидуализированную процедуру и стабильные результаты, чтобы максимизировать преимущества передовых технологий.

ИОЛ.¹⁻⁶ В этой главе я суммирую самое важное. серьезные интраоперационные осложнения.

Офтальмологи обычно рекомендуют своим пациентам жесткий подголовник, поскольку при мягком подголовнике после установки интерфейса пациента голова может занять более низкое положение из-за мягкого материала подголовника. В этом случае потеря всасывания более вероятна. При использовании жесткого подголовника голову нельзя опустить вниз, и вероятность потери всасывания не увеличивается.

Рекомендуется местная капельная анестезия. Таким образом, пациент может следовать за прицельным лучом лазера, чтобы правильно отцентрировать интерфейс пациента.

Кооперация обычно не так высока при блокадной или перибульбарной анестезии. Умные и отзывчивые пациенты могут оказать большую помощь лечащим офтальмологам.

Правильная стыковка является решающим шагом для успешного фемтолазерного лечения. Хорошая центрация интерфейса пациента предотвращает наклон линзы (кристаллинзы), позволяет использовать номограммы, автоматически предоставляемые фемтолазером, и обычно регулировка не требуется. В случаях

наклона хрусталика может потребоваться значительная корректировка фемтолазерного лечения. В таких случаях безопасность может быть поставлена под угрозу или поставлена под угрозу.

ВОЗМОЖНЫЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ. Нарушение аспирации.

Прекращение аспирации обычно происходит в 2–4% случаев, обычно в течение первых 100 случаев (во время обучения) интраоперационно. Обычно это происходит во время капсулотомии. Возможными причинами могут быть неправильная стыковка, рыхлая конъюнктив вокруг лимба, большой птеригий, микрокорнея, мегалокорнея и непреднамеренное движение головы или глаза пациента. Рыхлая конъюнктив в глазах с высокой близорукостью также может создать проблему; в этих случаях рекомендуется вытащить конъюнктиву тонкой иглой под интерфейсом пациента. В наших случаях наиболее частыми причинами были непреднамеренное движение глаза/головы пациента и неправильная стыковка. Внезапный перерыв всасывания обычно не вызывает осложнений, и фемтолазерное лечение можно продолжить, исключив из фемтолазерного лечения часть капсулотомии. Не рекомендуется возобновлять фемтолазерную капсулотомию с большим диаметром, поскольку разрыв передней капсулы и последующий послеоперационный наклон ИОЛ более вероятен при большем диаметре капсулотомии.

При ранних и множественных перерывах всасывания рекомендуется смена интерфейса пациента. Обычно предварительную обработку фемтола-сером не следует прекращать из-за перерыва всасывания. Пациентов следует успокоить, зафиксировать голову и глаза, а также попросить пациентов посмотреть в фиксирующий свет операционного микроскопа.

В заключение, перерыв всасывания обычно является частью кривой обучения. Хирург должен быть уверен в себе и проинструктировать пациента не двигать другим глазом во время процедуры задолго до начала лечения фемтолазером. Другим важным вопросом, позволяющим избежать перерыва в аспирации, является правильная установка интерфейса пациента и хорошая предоперационная анестезия. При наличии подходящего зеркала



Рисунок 1. Фемтолазер LenSx.

глазную щель следует раскрыть как можно больше; это также способствует лучшему выравниванию интерфейса пациента. Изменение интерфейса пациента рекомендуется в случаях ранних и множественных перерывов в аспирации.

Возможные причины перерыва всасывания

Неправильная стыковка

Рыхлая конъюнктива вокруг лимба Большой птеригий

Микрокорнеа Мегалокорнеа

Высокая близорукость/дальнозоркость высокой степени с рыхлой конъюнктивой Непреднамеренное движение головы или глаз (пациента)

Покраснение конъюнктивы или кровоизлияние

Значительное покраснение конъюнктивы или кровоизлияние наблюдались в одной трети случаев, также во время обучения (лечение первых 100 глаз). Это соотношение относительно стабильно во время последующих курсов лечения. Настоятельно рекомендуется информировать пациентов об этом совершенно безобидном осложнении на предоперационном этапе.

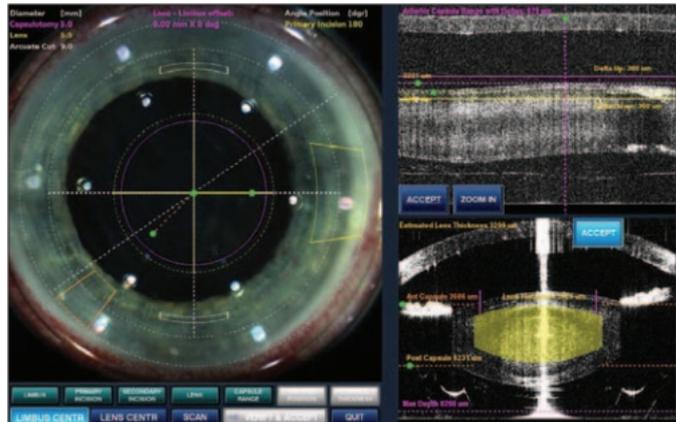


Рисунок 2. Экран хирурга. Обратите внимание на раны роговицы и астигматические разрезы. В правой верхней части на ОКТ идентифицируется эндотелиальный слой, передняя капсула (самая высокая и самая низкая точки); в нижней части изображения ОКТ определяет разрез хрусталика (желтоватый).

оперативная оценка. Обычно они воспринимают это как возможное последствие процедуры стыковки и силы всасывания интерфейса пациента. Пациентам, получающим антикоагулянтную терапию, может быть рекомендовано прекратить прием антикоагулянтов, если их общее состояние здоровья не требует продолжения антикоагулянтной терапии. Покраснение конъюнктивы или кровотечение обычно проходят в течение более короткого периода времени (от 3 до 12 дней), не оставляя следов на конъюнктиве. Назначение витамина С может быть полезным, но предоперационная антикоагулянтная терапия обязательна.

Капсульные метки и мосты

Капсульные метки и мосты обычно не вызывают проблем, если их вовремя заметить. Новое программное обеспечение для оптической когерентной томографии (ОКТ) способно компенсировать наклон хрусталика (рис. 2). До этого встречаемость меток или мостов составляла примерно 20%, но теперь, при частоте свободно плавающих капсул 97%, это осложнение встречается очень редко.

Рекомендуется во время обучения внимательно следить за контуром капсулотомии с помощью щипцов для рексиса. В этом случае можно эффективно избежать передних разрывов. В случае наличия меток или мостов капсулотомию следует проводить немного за пределами исходной линии лазерного разреза, чтобы избежать дальнейших разрывов передней части.

Компенсация наклона диагностическим устройством ОКТ, конечно, имеет определенный предел; при особом наклоне хрусталика (например, при синдроме Марфана или травматических рыхлых зонах) при использовании всех типов фемтосекундных лазеров можно ожидать капсулярных меток.

Разрыв передней капсулы

Разрыв передней капсулы является важным вопросом безопасности во время операции по удалению катаракты. Наличие регулярного, циркулярного и равномерного типа переднего капсулорексиса обеспечивает гораздо более высокий уровень

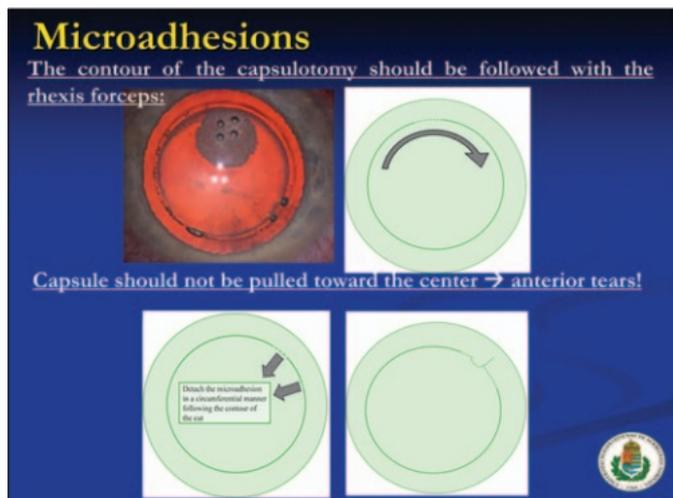


Рисунок 3. Список схем фемтолазерной капсулотомии (полный разрез, микроадгезия, область отсутствия лечения, полное лечение, но не непрерывный лазерный разрез).

безопасность для хирурга во время операции по сравнению с нерегулярной капсулотомией или капсулотомией с передним разрывом или мостами. В литературе есть два крупных исследования, посвященных разрыву передней части капсулы во время факоэмульсификации. В первом исследовании авторы оценили более 2600 глаз. Передний разрыв был обнаружен в 0,8% случаев; в 40% случаев разрыв распространяется на заднюю часть

капсулу и 20% потребовалась витрэктомия.⁸ Большая оценка исследования богатый опыт проживания. В этом исследовании частота переднего разрыва была обнаружена в гораздо большем количестве — 5,3% случаев. Неравномерный передний капсулорексис выявлен в 9,3% глаз, а разрыв задней капсулы с потерей стекловидного тела — в 6,6% случаев. Таким образом, у неопытных хирургов может произойти разрыв передней части и потеря стекловидного тела.

болели примерно в семь раз чаще.⁹

Передний разрыв капсулы является важной проблемой, которая может вызвать повреждение задней капсулы с возможным опусканием ядра в полость стекловидного тела. В ходе более раннего исследования передний разрыв возник у 4% наших пациентов (также во время обучения). Ни в одном случае не была достигнута задняя капсула; следовательно, витрэктомия не потребовалась. Благодаря свободно плавающим капсулам разрыв передней области больше не является опасным осложнением предварительного лечения фемтолазером.

ЖЕМЧУЖИНЫ УДАЛЕНИЯ ФЕМОТОСЕКОНДЛАЗЕРНОЙ КАПСУЛОТОМИИ КАК ИЗБЕЖАТЬ ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ

Непрерывный центральный криволинейный капсулорексис (СССС), выполняемый фемтолазером, может быть полностью непрерывным, что называется свободно плавающей капсулотомией (тип 1).

Могут быть микроспайки (т.е. область полного разреза, смешанная с мелкими участками спаек [капсула 2-го типа])

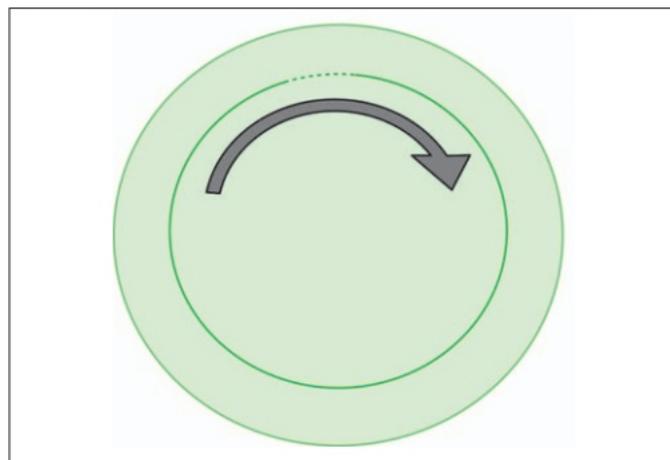


Рисунок 4. Управление типом 2 — микроспайками. Явные признаки капсулярного прикрепления. Как и при стандартном капсулорексисе, капсулотомию 1 типа отсоединяют по окружности.

лотомия]). Тип 3 показывает область отсутствия лечения (заметен фемтолазерный разрез передней капсулы). Тип 4 показывает полный разрез, но он не является непрерывным.

Во время обучения настоятельно рекомендуется следить за контуром фемтолазерной капсулотомии с помощью щипцов для рексиса. Хирург также может использовать иглу цистотома для идентификации фемтолазерного разреза в четырех квадрантах. Основная цель — освободить пространство для капсулотомии со всех сторон. После этого маневра его можно легко вытащить из передней камеры. В случае первых пользователей капсулу можно окрасить трипановым синим, чтобы лучше визуализировать переднюю капсулу. Следует отметить, что капсульный краситель, такой как трипановый синий, делает капсулу более жесткой и уязвимой; поэтому последующее хирургическое вмешательство может оказаться более трудным. Действительно свободно плавающую капсулотомию можно удалить с помощью программы аспирации факоэмульсификатора, но она рекомендуется только хирургам с обширным опытом факоэмульсификации и длительной практикой фемтолазерной хирургии катаракты.

Управление областями микроадгезии

В случаях микроспаяк (рис.3) хирург должен также следовать контуру фемтокапсулотомии. Отсутствие желоба и наличие пузырей, попавших под капсулотомический разрез, служат контрольными признаками, помогающими хирургу выявить проблемы, такие как мельчайшие оставшиеся прикрепления капсулы (рис. 4). Следует подчеркнуть, что во время обучения хирург должен внимательно наблюдать за фемтолазерной капсулотомией под большим увеличением под операционным микроскопом. Трипановый синий может оказаться очень полезным на ранней стадии обучения.

Обратите внимание, что коллапс передней камеры во время ССС также может привести к радиальному разрыву. Поэтому следует принять во внимание следующее: никогда не позволяйте

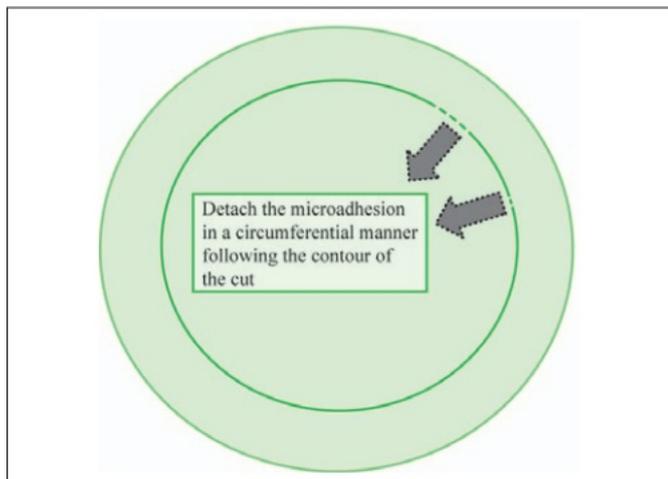


Рисунок 5. Управление типом 2 — микроспайками. Как и в случае со стандартным ССС, не тяните к центру и не ампутируйте спайку.

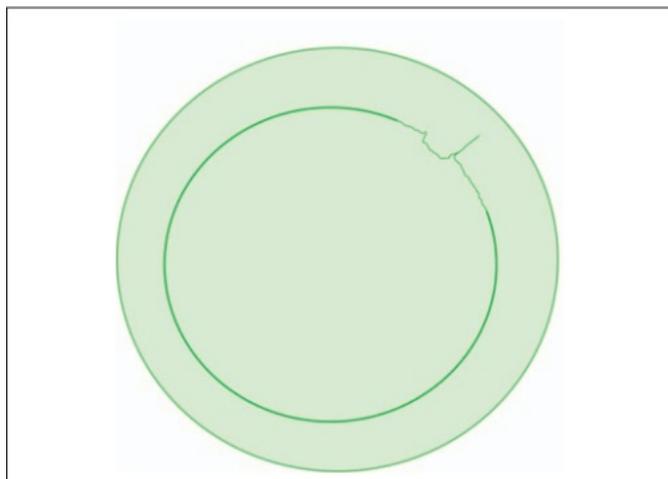


Рисунок 6. Управление типом 2 — микроспайками. Не тяните его радиально, всегда тяните наружу! Если потянуть его радиально, это может привести к образованию метки или пореза, что может привести к разрыву.

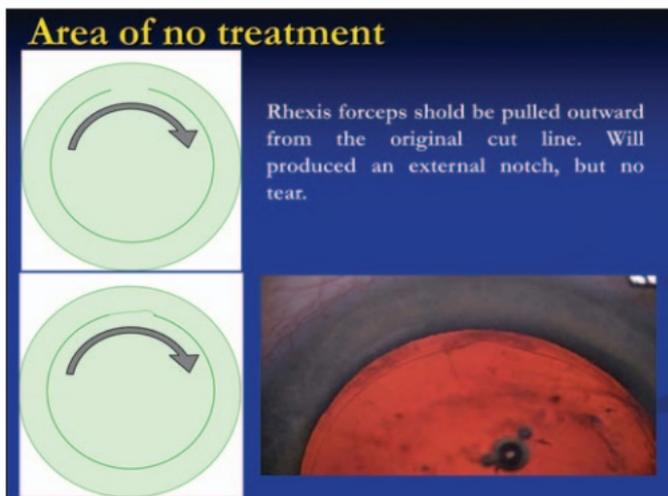


Рисунок 7. Управление зоной отсутствия лечения.

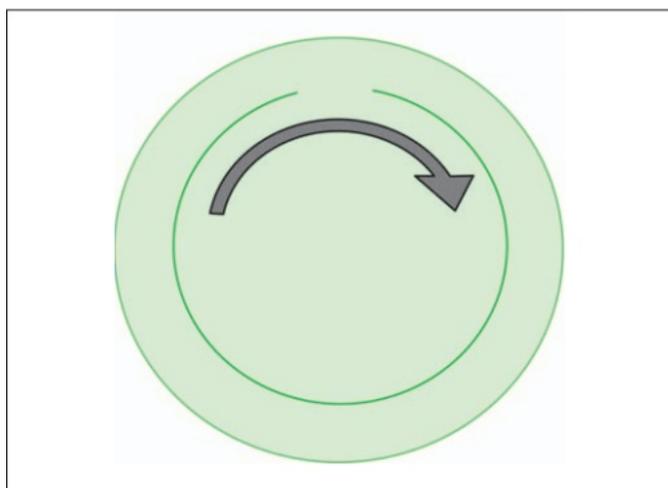


Рисунок 8. Тип управления 3 — зона без лечения. Как и стандартный ССС, разорвите необработанную область по окружности.

коллапс передней камеры, сначала откройте парацентез, стабилизируйте переднюю камеру вискоэластиком (OVD), только после этого откройте первичный разрез и, наконец, завершите капсулотомию.

Отсоедините область микроадгезии по окружности, следуя контуру капсулотомии (рис. 5). Никогда не тяните область микроадгезии к центру; в этом случае это может привести к появлению метки или пореза, которые могут стать причиной разрыва передней части, который может распространиться позже к периферии (рис. 6). Никогда не ампутируйте область микроспайки с помощью щипцов для капсулорексиса или капсульных ножниц, поскольку это может привести к неправильной форме, что, в свою очередь, может еще больше повысить уязвимость передней капсулы.

Управление зоной отсутствия лечения во время фемтокапсулотомии

В случае отсутствия лечения (рис.7) методом выбора является периферийное натяжение (рис.8). Тяговая сила должна

быть немного за пределами исходной линии фемтосекундной лазерной капсулотомии (рис.9). В этом случае получается небольшой внешний вырез с гладким краем (рис. 10).

Разрыв внутрь может привести к повреждению периферической капсулы, что может привести к распространению настоящего переднего разрыва к задней капсуле. Если это произойдет, хирургу следует быть очень осторожным и не оказывать никакого векторного воздействия на капсулу во время факоэмульсификации, ирригации-аспирации и установки заднекамерной линзы (ЗКЛ). Линию повреждения капсулы следует избегать, чтобы не вызвать дальнейшую травму передней капсулы.

Управление полной, но не непрерывной схемой капсулотомии

Это (рис. 11) может быть вызвано непреднамеренным и неожиданным движением головы пациента, глаз или интерфейса пациента во время фемтолазерной капсулотомии.

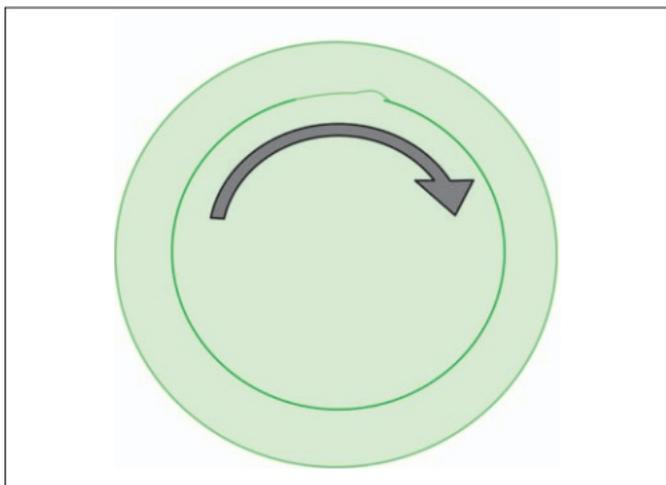


Рисунок 9. Тип управления 3 — зона без лечения. Потяните по окружности и, возможно, наружу. В таких случаях лучше вырвать наружу.

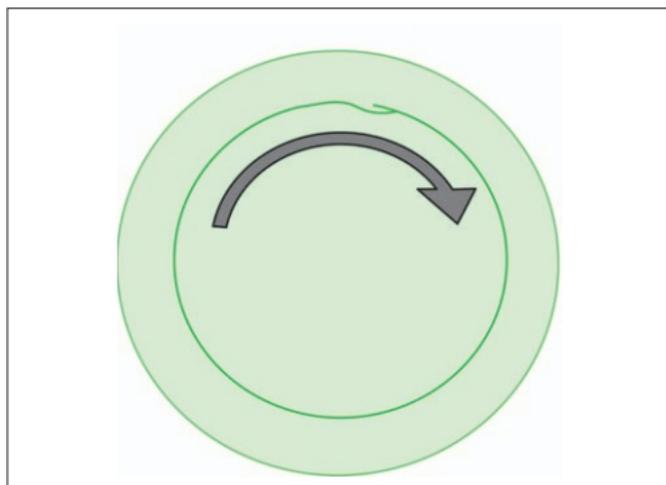


Рисунок 10. Тип управления 3 — зона без лечения. Не тянуть внутрь (опасность разрыва передней части). Не рвите внутрь; это оставит надрез на периферической капсуле, что может привести к разрыву.

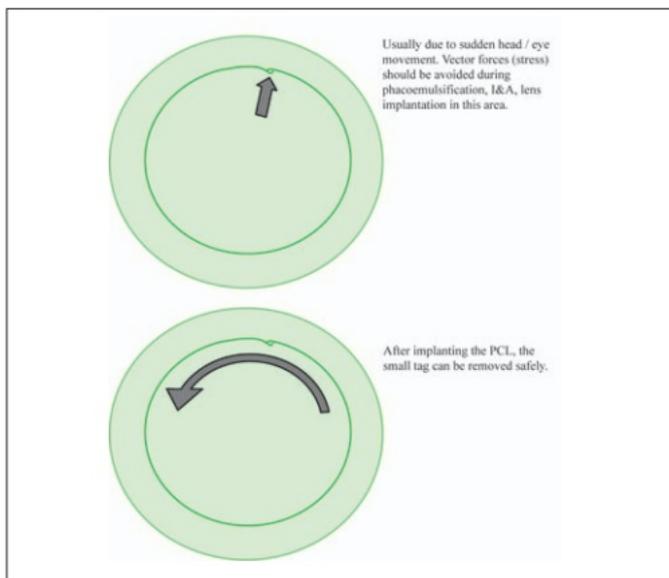


Рисунок 11. Операционный тип 4 — полная, но не непрерывная капсулотомия.

Этот тип нерегулярной капсулотомии обычно не связан с разрывом, если в этой области не было нагрузки (рис. 12). По этой причине хирург должен соблюдать осторожность в этой области во время фактоэмульсификации, ирригационной аспирации или установки ИОЛ, как и в предыдущем случае. После имплантации ПКС хирург может отсоединить внутреннюю бирку с помощью капсулотомических щипцов, но ее также можно оставить в покое (рис. 13).

В заключение можно констатировать, что в случаях образования капсульных меток или мостов при фемтолазерном лечении хирург должен следовать контуру капсулотомии.

Когда линия капсулотомии достигнет метки, хирург должен находиться за пределами исходной линии разреза. В этом

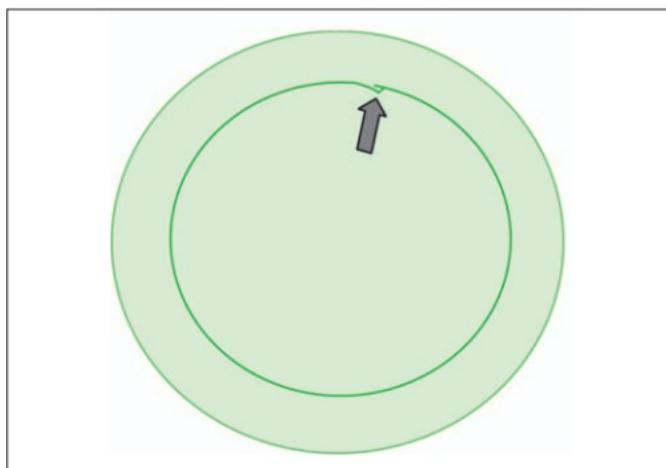


Рисунок 12. Тип управления 4 — полная схема, но не непрерывная. Обычно не связано со слезами. Можно оставить в покое при условии, что хирург не будет нагружать эту область во время факотерапии, ирригационной аспирации и установки ИОЛ.

В этом случае диаметр капсулотомии будет несколько больше исходного, но переднего разрыва можно полностью избежать. Если этого не сделать, то в месте повторного достижения линии лазерного разреза может появиться небольшая слеза, которая в дальнейшем при гидродиссекции или фактоэмульсификации может выйти наружу, к периферии хрусталика.

Частота разрыва передней капсулы в нашей серии была низкой. Причиной стала шадящая операция, признавая, что это другая техника и требует обучения. Главное – следовать контуру фемтолазерного среза. Во время обучения следует избегать вытягивания всей передней капсулы резким движением щипцов для капсулорексиса или фактоэмульсификационной головки, даже если капсулы кажутся свободно плавающими. Небольшие теги могут быть скрыты для

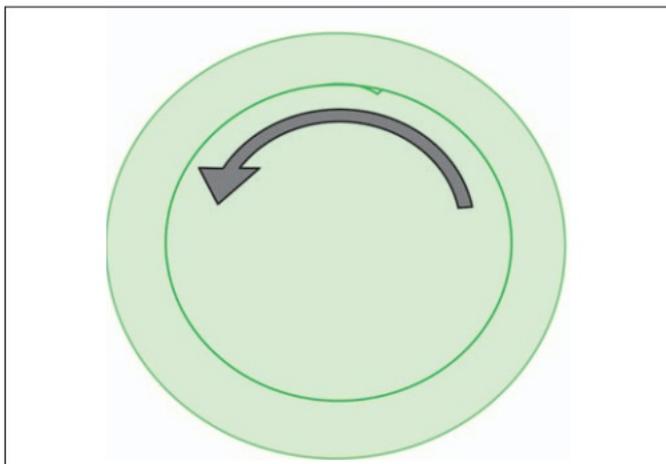


Рисунок 13. Тип управления 4 — полная схема, но не непрерывная. В конце операции хирург может захватить и отсоединить внутреннюю бирку круговым движением руки под вискоэластиком, но внутреннюю бирку можно также оставить в покое.

неопытный хирург во время обучения. В случае разрыва передней капсулы хирург должен выполнить очень щадящую гидродиссекцию и факоэмульсификацию. Во время факоэмульсификации и удаления коры следует применять мягкие векторные силы (минимальная аспирация), избегая области разрыва передней капсулы. Во время имплантации ПКЛ ведущая гаптика должна находиться вдали от линии разрыва. Благодаря щадящей хирургической технике и маневрам можно избежать увеличения переднего разрыва в сторону задней капсулы.

ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ

Повреждение эндотелия является лишь потенциальным осложнением фемтосекундной хирургии катаракты после изобретения и внедрения нового программного обеспечения ОКТ. С помощью нового программного обеспечения ОКТ (Alcon LenSx Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния) передняя капсулотомия возможна, даже если глубина передней камеры менее 1,0 мм. Ранее у нас был неудачный опыт на этапе обучения, когда мы не получали помощи ОКТ на раннем этапе исследования с альфа-прототипом в глазах с высокой дальнозоркостью. Эндотелиальный слой был поражен во время процедуры капсулотомии на трех глазах (3/100 глаз); причина заключалась в том, что интерфейс пациента сдавливал роговицу, а безопасное расстояние от эндотелия было недостаточным (рис. 14). У нас было только ультразвуковое предоперационное исследование для оценки глубины передней камеры. Среди этой серии все глаза были высокой дальнозоркостью с меньшей глубиной передней камеры (эндотелиальное и переднее капсульное расстояние). Хирург заметил это сразу, поэтому отдаленных последствий не было, хотя линию разреза эндотелия можно было увидеть даже через 1 год после операции.

С интеграцией нового устройства ОКТ интраоперационная безопасность возросла, и подобные осложнения могут

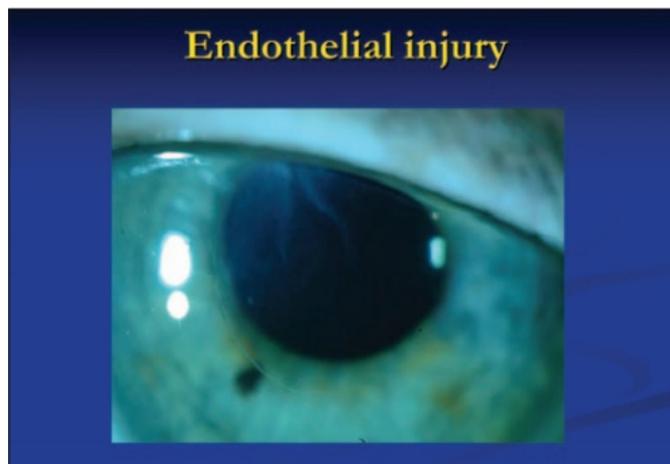


Рисунок 14. Обратите внимание на разрез эндотелиального слоя, созданный фемтолазером из-за неглубокой передней камеры и отсутствия ОКТ, что могло бы предотвратить это осложнение. У пациента не было проблем со зрением из-за небольшого частичного разреза слоя эндотелиальных клеток.

полностью избегать. С точки зрения безопасности встроенная ОКТ является несомненным преимуществом процедуры.

В заключение можно сказать, что с помощью нового программного обеспечения можно полностью избежать повреждения эндотелиального слоя. Фемтолазер Alcon LenSx имеет видео в реальном времени и собственный экран HD-ОСТ, который помогает при стыковке и локализации хирургического рисунка. ОКТ использует тот же оптический путь, что и лазерный луч, и полностью интегрирован и откалиброван. ОКТ охватывает весь передний сегмент вплоть до задней капсулы хрусталика, а также позволяет оценить плотность хрусталика. Хирургический шаблон выполняется автоматически; хирург имеет возможность изменять автоматически предлагаемые параметры лечения, такие как центрация передней капсулотомии, глубина разреза внутри хрусталика (расстояние от задней и передней капсулы) и положение роговичных разрезов. Измерения ОКТ эффективно сочетают круговое и линейное сканирование, что приводит к получению более точной информации о глубине и наклоне.

СИНДРОМ КАПСУЛЯРНОЙ БЛОКАДКИ И РАЗРЫВ ЗАДНЕЙ КАПСУЛЯ

При фемтолазерном лечении хрусталика образуется внутривитреальный газ. Поэтому после капсулотомии газовый пузырек должен покинуть глаз из интрахрусталикового пространства в переднюю камеру и через рану роговицы. Первый случай синдрома капсулярной блокады был опубликован в 2011 году Roberts et al.

al.⁷ В нашей серии синдром блокады и задняя часть не наблюдались. Разрыв капсулы произошел по вине фемтолазера. Повреждение задней капсулы всегда является хирургической неудачей. Чтобы избежать этого редкого, но возможно серьезного осложнения, рекомендуется использовать так называемую технику «рок-н-ролл». Хирург должен провести легкую гидродиссекцию, а затем аккуратно надавить на ядро и перевернуть его.

Во время этого маневра газовый пузырь может уйти в переднюю камеру, не вызывая нагрузки на заднюю капсулу. В случае резкой гидродиссекции или недопущения выхода газового пузыря вперед давление внутри капсульного мешка повышается и оно может разрешиться только при разрыве задней капсулы. Газовый пузырек должен покинуть внутривитреальное пространство либо вперед (в сторону передней камеры), либо назад (в сторону стекловидного тела).

Последний имеет другие нежелательные осложнения, такие как опускание ядра и заполнение передней камеры стекловидным телом, а позже могут появиться проблемы с сетчаткой, такие как отслойка. Хирургам следует принять все меры для предотвращения заднекапсулярных осложнений.

Как избежать синдрома капсульной закупорки

Щадящая гидродиссекция

Техника рок-н-ролла с ядром по Надя

Дайте пузырьку газа выйти в переднюю камеру.

В заключение отметим, что синдром капсульной блокады и последующий разрыв задней капсулы являются серьезным осложнением операции по удалению катаракты с помощью фемтолазерной помощи. Это осложнение, которого можно полностью избежать. Хирургу следует учитывать, что очень важно провести качественную капсулотомию без меток и мостов, которые могут вызвать разрыв передней части. Гидродиссекция должна быть щадящей; не использовать канюлю большого диаметра и высокоскоростную водную струю под переднюю капсулу. В начале гидродиссекции хирург должен осторожно надавливать на ядро и медленно перемещать его. По мнению Нады, это техника «рок-н-ролла», позволяющая пузырьку воздуха покинуть хрусталик. Когда газовый пузырек покидает внутривитреальное пространство в направлении передней камеры или полностью покидает глаз, дальнейшая опасность разрыва задней капсулы отсутствует.

Формирование газовых пузырьков в конечном итоге можно рассматривать как полезную часть процедуры, поскольку оно помогает разделить ядро и эпинуклеус. Некоторые хирурги не используют гидродиссекцию перед лепкой линзы. Гидродиссекция обязательна как для мягких, так и для очень жестких линз. В мягких линзах повышается риск повреждения задней капсулы при ирригации-аспирации без гидродиссекции. Аналогичная ситуация наблюдается и при плотной катаракте. В случае хрусталиков средней твердости гидродиссекцию можно не проводить, но, конечно, не во время обучения.

МИОЗ

Миоз после предварительного лечения фемтолазером возникал в 30–50% случаев в период обучения. Образование пузырьков следует свести к минимуму, поскольку последующий окислительный стресс может усилить выработку простагландинов в передней камере, что, в свою очередь, вызывает миоз. Механическое воздействие интерфейса пациента и ударная волна фемтолазера также могут способствовать постфемтолазерному миозу. В случае маленького зрачка лазер может поразить зрачок, а последовательные цитокины и продукты простагландина могут еще больше уменьшить диаметр зрачка.

Рекомендуется, чтобы диаметр зрачка был не менее 6,0 мм (оптимально не менее 8,0 мм), чтобы избежать значительного сужения после фемтолазерной обработки. Изменение режима предоперационной дилатации, вызывающее меньшее сужение зрачков, в настоящее время обычная миотическая реакция составляет около 20%. Предоперационные инстиллязии расширяющих капель должны проводиться чаще, а к предоперационному режиму следует также добавить нестероидные противовоспалительные (НПВП) капли (например, местный диклофенак).

Как избежать постфемтолазерного миоза

Назначайте дилататоры раньше и чаще.

Перед операцией закапывайте НПВП.

В заключение отметим, что у фемтолазеров есть ударная волна, которая может воздействовать на 1,00 мм окружающей области. При капсулотомии диаметром 5,0 мм ширина зрачка должна быть не менее 6,5 мм, а при капсулотомии диаметром 4,5 мм достаточно диаметра 6,0 мм. Конечно, чем больше зрачок, тем меньше шансов поразить край зрачка лазерной ударной волной. Помимо ударной волны, механическое воздействие интерфейса пациента может также вызывать миотический эффект. Поэтому рекомендуется продуманное расширение зрачков (чаще закапывание, возможно, начинающееся раньше по сравнению с обычной фактоэмульсификацией) и комбинация капель НПВП (диклофенак). Глаза с высокой миопией и глаза с псевдоэксфолиацией склоны к миотической реакции после лечения фемтолазером. Внутрикамерное введение эпинефрина обычно помогает преодолеть эту трудность.

ВИТРЕКТОМИЯ

В нашей серии витректомию не потребовалась из-за неудачи предварительной фемтолазерной обработки. Хирургу следует всеми силами избегать погружения ядра в стекловидное тело. В этом случае необходимо провести витректомию и интравитреальную фактоэмульсификацию для удаления

все части хрусталика во избежание послеоперационного воспаления. Кеторолак можно использовать для идентификации оставшихся волокон стекловидного тела в передней камере.

Хирург должен принять решение об имплантации ПКС в борозду или о его зашивании/приклеивании, или о выборе другой техники. Не следует имплантировать мультифокальные, торические, мультифокально-торические или аккомодационные линзы.

Иногда переход к экстракапсулярной технике может предотвратить опускание ядра. Тщательный наложение швов 10/0 и раннее снятие швов могут предотвратить увеличение послеоперационного роговичного астигматизма.

Можно резюмировать, что во избежание витректомии из-за затонувшего ядра во время фемтолазерной хирургии катаракты необходимо проводить аналогичные измерения, которые были рекомендованы при синдроме капсульной блокады.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первом исследовании осложнений, проведенном Бали и др. во время фемтолазерной хирургии катаракты на первых 200 глазах, у четырех хирургов возникли следующие осложнения: нарушение аспирации в 2,5% обработанных глаз; миоз наблюдался в 9,5% глаз после лечения фемтолазером; 10,5% глаз имели небольшие передние метки; свободноплавающая капсулотомия выявлена в 17,5% случаев; и 13,6% ран, созданных лазером, нуждались в кератоме для проникновения в переднюю камеру. Передние радиальные разрывы были обнаружены у 4% (восьмиглазые), разрыв задней капсулы - в 3,5% (семиглазые), выпадение ядра - в 2% (четыре глаза).

глаза).¹⁰ Наш уровень осложнений был аналогичен Бали и др. осложнений, за исключением шадящей гидродиссекции и использования техники рок-н-ролла, у нас не было разрыва задней капсулы.

Очень важно предоперационное планирование параметров фемтолазерного лечения. Хирург должен встретиться с пациентом перед лечением фемтолазером и сделать заметки о плане лечения. Перед началом процедуры пациент должен подписать информированное согласие.

Также важно, чтобы фемтолазер находился недалеко от основной операционной. Тогда операцию можно было бы начать вскоре после использования фемтолазерной системы, зрачок не будет сужаться и можно будет лучше поддерживать стерильность. Платные пациенты не предпочитают предварительное фемтолазерное лечение в другом центре из-за проблем с поиском транспорта после него и более длительного времени ожидания между фемтолазерным лечением и удалением катаракты. Персонал также должен быть обучен, а оптимальный рабочий процесс должен быть проверен в ходе обучения, чтобы добиться максимальной выгоды от фемтолазерной хирургии.

Фемтолазерная капсулотомия (СССС) может принести массу преимуществ как пациентам, так и хирургам. Это

может позволить использовать все преимущества передовых технологий ИОЛ. Удаление предварительно разрезанной фемтолазерной капсулотомии имеет решающее значение для успешной фемтолазерной хирургии катаракты. Ранее была продемонстрирована техника, позволяющая избежать возможных последующих осложнений и добиться максимально совершенной капсулотомии. Явные признаки микростаек (отсутствие желоба, пузыри под передней капсулой), зоны отсутствия лечения и зоны полной, но не непрерывной капсулотомии должны насторожить хирурга о возможных осложнениях, которых можно полностью избежать, следуя ранее упомянутым правилам. на ранней стадии операций по удалению катаракты/хрусталика.

Соблюдение правил, признавая, что фемтолазерная хирургия катаракты кажется простой и безопасной, однако существует кривая обучения; Понимая необходимость использования разных подходов во время капсулотомии, фрагментации хрусталика и создания ран, хирурги могут добиться максимальной пользы для пациентов с помощью передовых технологий ИОЛ. Благодаря этому общая безопасность, предсказуемость и эффективность хирургии катаракты должны возрасти.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Надь З.З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.
- Надь З.З., Кранич К., Такач А.И. и др. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27:564-569.
- Кранич К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулогексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27:558-563.
- Михальц К., Кнорц М.К., Алио Дж.Л. и др. Внутренние аберрации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2011;27:711-716.
- Эчеди М, Михальц К, Ковач И, Такач А, Филкорн Т, Надь ЗЗ. Влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на макулу. J Refract Surg. 2011;27:717-722.
- Такач А.И., Ковач И., Михальц К., Филкорн Т., Кнорц М.К., Надь З.З. Влияние фемтолазерной хирургии катаракты на роговицу. J Refract Surg. В прессе.
- Робертс Т., Саттон Г., Лоулесс М., Джиндал-Бали С. Синдром капсульной закупорки, связанный с хирургией катаракты с помощью фемтосекундного лазера. J Хирургия рефракции катаракты. 2011;37:2068-2070.
- Маркес Ф.Ф., Маркес Д.М., Ошер Р.Х., Ошер Дж.М. Судьба разрывов передней капсулы во время операции по удалению катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32:1638-1642.
- Унал М., Юсель И., Саричи А. и др. Фактоэмulsionификация с местной анестезией: опыт ординатора. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32:1361-1365.
- Бали С.Дж., Ходж С., Лоулесс М., Робертс Т.В., Саттон Г. Ранний опыт использования фемтосекундного лазера при хирургии катаракты. Офтальмология. 2012;119:891-899.

Влияние фемтосекундной лазерной капсулотомии на развитие помутнения задней капсулы

Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Кинга Краици, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

За последние несколько лет фемтосекундная лазерная хирургия стала общепринятым методом удаления катаракты, который позволяет создать переднюю капсулотомию точного размера и по центру с перекрывающимся на 360 градусов краем капсулы, что предотвращает послеоперационное повреждение внутриглазной линзы. (ИОЛ) оптическое смещение, приводящее к хорошему послеоперационным зрительным функциям.

В настоящее время помутнение задней капсулы (ПЗК) является наиболее частым поздним послеоперационным осложнением, обусловленным миграцией и пролиферацией эпителиальных клеток хрусталика, остающихся в капсульном мешке после катаракты.

Гери.^{1,2} Создание точного переднего капсулорексиса является основной задачей. имеет важное значение для предотвращения ПКЯ, поскольку правильно подобранный по размеру и хорошо центрированный капсулорексис с перекрывающимся на 360 градусов краем капсулы предотвращает децентрацию и наклон зрительного нерва из-за симметричных сократительных сил капсульного мешка и Эффект термоусадочной пленки.³ Однако эксцентричные и/или нерегулярные капсулорексис крупной формы, выходящий за пределы оптического края ИОЛ, может потерять эти преимущества. Неправильное расположение ИОЛ с неполным перекрытием передней капсулы может привести к более высокой частоте развития ПКЯ из-за миграции сохраненных эпителиальных клеток хрусталика из-за неполного перекрытия передней капсулы. барьерный эффект.^{4,5}

До сих пор капсулорексис выполнялся вручную; однако с появлением фемтосекундных лазеров в хирургии катаракты стала возможной передняя или центрированная передняя или капсулотомия предсказуемого размера. Недавно представленная фемтосекундная лазерная технология позволяет хирургу

для создания точных и воспроизводимых капсулотомий.⁶

В наших предыдущих исследованиях фемтосекундные капсулотомии правильного размера, формы и центрирования приводили к лучшим параметрам перекрытия в течение первого года по сравнению с капсулотомиями, выполняемыми вручную. Считалось, что перекрывающийся на 360 градусов край капсулы является важным фактором для стандартизации результатов рефракции, сохраняя ИОЛ в желаемом центральном положении и предотвращая наклон ИОЛ.^{5,7}

Целью данного исследования было оценить влияние капсулотомии, созданной фемтосекундным лазером, на развитие ПКЯ в среднесрочной перспективе.

ПАЦИЕНТЫ И

МЕТОДЫ Популяция пациентов

В этом исследовании уровень ПКЯ ретроспективно оценивался на 79 глазах 79 пациентов с катарактой, прооперированных в отделении офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия. Все пациенты с минимальным периодом наблюдения 18 месяцев были идентифицированы в нашей базе данных предыдущего проспективного рандомизированного исследования фемтосекундной хирургии катаракты, и данные этих пациентов были обработаны для дальнейшего статистического анализа. Наконец, были включены 40 глаз 40 пациентов, которым была выполнена капсулотомия с фемтосек-ондлазером, создавшая переднюю капсулотомию диаметром 4,9 мм (FSgroup). Контролем служили 39 глаз 39 пациентов, оперированных в тот же период с ручным капсулорексисом с попыткой капсулотомии 4,9 мм (группа CCC). Во всех случаях в капсульный мешок имплантировали гидрофобную акриловую цельную ИОЛ AcrySof с оптикой диаметром 6 мм (Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас).

Хирургическая техника

После фемтолазерной операции по удалению катаракты, как описано ранее, во всех случаях цельную гидрофобную акриловую ИОЛ складывали и имплантировали в капсульный мешок с помощью инъекционного картриджа через рану роговицы. Силу ИОЛ рассчитывали по формуле SRK/T. После имплантации ИОЛ вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и капсульного мешка методом ирригации-аспирации. Никаких интра- и послеоперационных осложнений не возникло. В течение первых 10 дней все пациенты получали комбинацию капель дексаметазона 0,1% и тобрамицина 0,3% четыре раза в день.

Анализ помутнения задней капсулы

Цифровые фотографии ретроосвещения были сделаны при максимальном расширении зрачка через 18–26 месяцев после операции по удалению катаракты, фокусируя камеру на задней капсуле. Цифровые фотографии с ретро-освещением в высоком разрешении были сделаны цифровой камерой.

СТОЛ				
ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА ДВУХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ГРУПП				
Параметр	Фемтосекундная группа (n=40)		Группа ССС (n=39) Значение P*	
	Иметь в виду	СД	Среднее стандартное отклонение	
Возраст (год)	65,50	12,94	68.9510.84.37	
Пол женский мужской)		28:12	29:10 .67*	
Осевая длина (мм)	23,25	1,48	23.821.93.31	
Последующее наблюдение (месяцы)	22,37	4,36	21.745.46.30	
Горизонтальный наклон (градусы)	2,01	2,24	2,24 1.36.69	
Вертикальный наклон (градусы)	3,50	2,13	5,10 23.02.03	
Вертикальный децентрация (мкм)	106,32	114,66	158.50101.27.14	
Горизонтальный децентрация (мкм)	154,74	126,24	260.50187.07.05	
Общий децентрация (мкм)	212,01	126,62	320.54172.07.03	
уровень ПКО (оценка OSCA)	0,58	0,30	0,84 0.52.01	

ССС = ручная непрерывная криволинейная капсулотомия *Тест хи-квадрат.

были импортированы в программную платформу открытого доступа для замаскированная объективная оценка PCO (OSCA).⁸ Два им-возраст одного глаза, сфотографированный под разными углами, использовался для выявления и удаления световых отражений во время анализа PCO. Во время оценки PCO программное обеспечение OSCA использовало чувствительный к местоположению энтропийный анализ текстуры PCO для расчета оценки PCO. Валидационный анализ этого метода показал, что оценка PCO, предоставляемая OSCA, коррелирует с контрастной чувствительностью и остротой зрения (двумя важными факторами, на которые существенно влияет PCO), что обеспечивает объективный, валидный и надежный метод количественного определения PCO. катион. Диапазон возможных оценок OSCA составлял от 0 (нет PCO) до примерно 15.

(практический ожидаемый максимум). Типичные значения OSCA для изображений с очень небольшим PCO или без него составляли около 0,5. Значения для пациентов, которым считалось оправданным применение лазера капсулотомий обычно было от 4 до 5.⁸

Оценка послеоперационного положения интраокулярных линз

Система визуализации Scheimpflug (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия) использовалась для оценки наклона и децентрации ИОЛ через 12 месяцев после операции по удалению катаракты. Были измерены децентрация и наклон линзы.

по данным де Кастро и др.⁹ и были подробно описаны в предыдущих главах.

Статистический анализ

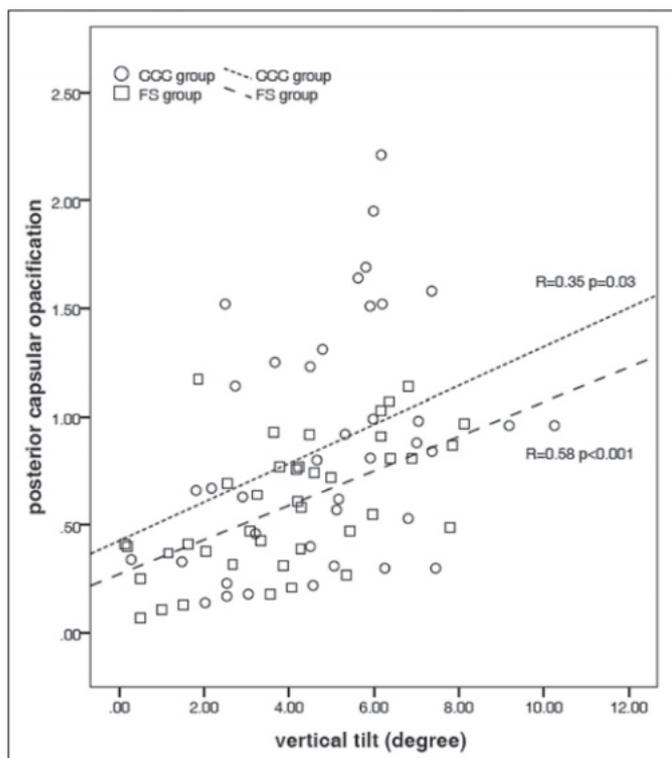
Для сравнения данных двух исследовательских групп использовался критерий Стьюдента для независимых выборок. Чтобы определить влияние множественных предикторов на PCO, многопараметрический регрессионный анализ проводился с помощью моделей обобщенного уравнения оценки (GEE) путем добавления осевой длины и времени наблюдения в качестве ковариат, чтобы скорректировать их влияние на развитие PCO. Модели GEE использовались для учета возможных зависимостей между переменными-предикторами, обеспечивая тем самым разумные оценки коэффициентов регрессии и стандартных ошибок.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Возраст, пол и осевая длина статистически значимо не различались между двумя группами исследования (таблица).

Во всех случаях в обеих группах был создан открывающийся на 360 градусов передний капсулорексис. Однако наблюдалась статистически значимая послеоперационная разница в значениях центрации и наклона между группами FS и ССС. Значительно больший вертикальный наклон ИОЛ был измерен в глазах после ручного капсулорексиса (см. таблицу).

В группе ССС также были более высокие значения горизонтальной и общей децентрации, чем в группе FS (см. таблицу). Наконец, уровень PCO был значительно ниже в группе фемтосекундного режима по сравнению с группой мануального лечения ($0,58 \pm 0,30$ против $0,84 \pm 0,52$, $P=0,01$) (см. таблицу), хотя не было



Фигура. Корреляция между вертикальным наклоном ИОЛ и ПКЯ в двух исследуемых группах оказалась значимой ($r=0,58, P<0,001$ в фемтосекундной группе и $r=0,35, P=0,03$ в мануальной группе).

Процедура капсулотомии должна была быть выполнена в течение периода наблюдения в обеих группах.

После поправки на осевую длину и время наблюдения ручной капсулорексис оказался значимым предиктором развития ПКЯ в модели многовариантной регрессии ($\beta:0,33$, 95% доверительный предел [CL]:0,01- 0,65, $P=0,04$). Ни осевая длина, ни время наблюдения не были значимыми предикторами ПКЯ в этой модели ($P>0,05$ для обоих параметров). Среди параметров послеоперационного положения ИОЛ только вертикальный наклон показал достоверную корреляцию с уровнем ПКЯ в обеих группах (FS: $r=0,58, P<0,001$ и CCC: $r=0,35, P=0,03$) (рис.). Аналогичным образом, при многовариантном моделировании вертикальный наклон был значимым предиктором послеоперационного ПКЯ после поправки на влияние осевой длины, времени наблюдения и типа капсулорексиса ($\beta:0,07$, 95% CL: 0,01-), 0,12, $P=0,02$).

ОБСУЖДЕНИЕ

ПКЯ является наиболее частым отдаленным осложнением после операции по удалению катаракты методом факэмульсификации ИОЛ.

имплантация.¹ Хотя неодим:иттрий-алюминий-Лазерная капсулотомия с использованием граната (Nd-YAG) является эффективным методом лечения ПКЯ, известные осложнения включают повышение внутриглазного давления, кистозный макулярный отек и поражение сетчатки. отстраненность.¹⁰

Развитие ПКЯ является результатом множества факторов, связанных с ИОЛ и хирургическим вмешательством. Сообщалось о конструкции и диаметре оптики ИОЛ, материале ИОЛ, профиле края и оптико-гаптическом соединении, которые существенно повлияли на ее развитие. Кроме того, было обнаружено, что имплантация ИОЛ в капсульный мешок с полным передним капсулярным перекрытием также оказывает значительный профилактический эффект.

Разработка ПКО.^{5,11-13}

Создание капсулорексиса правильного размера и с хорошим центром по центру для достижения полного перекрытия передней капсулы часто является хирургической проблемой. С появлением фемтосекундного лазера этот важный этап хирургии катаракты стал более стандартизированным. Согласно нашим предыдущим результатам, фемтосекундная лазерная капсулотомия имеет круглую форму, воспроизводима и имеет точный диаметр, тогда как ручной капсулорексис может иметь неправильную форму и его трудно выполнять.

контролировать его центрацию.⁶ Правильный размер и центрирование Передняя капсулотомия приводит к полному круговому перекрытию, сохраняя правильное послеоперационное положение имплантированной ИОЛ.^{4,7} В этом исследовании мы обнаружили статистически значимые Между двумя исследовательскими группами нет существенных различий в параметрах позиционирования ИОЛ. Послеоперационный вертикальный наклон, а также горизонтальная и полная децентрация оказались значительно выше в группе ручного капсулорексиса по сравнению с группой фемтосекундного лазера, что подтверждает наши ранее опубликованные результаты.

Согласно многомерному статистическому анализу, тип капсулорексиса оказался независимым значимым предиктором ПКЯ после поправки на влияние осевой длины и времени наблюдения, факторов, которые уже были описаны как предикторы ПКО; однако результаты противоречивы.^{1,14} В нашем сериале после с поправкой на осевую длину и время наблюдения, ручное создание передней капсулотомии увеличило показатель PCO на 33% по сравнению с капсулотомиями с фемтосекундным лазером. Ни осевая длина, ни время наблюдения не оказались значимыми предикторами ПКЯ. Выявлена статистически значимая положительная корреляция между вертикальным наклоном и тяжестью ПКЯ. Согласно многовариантному моделированию, после корректировки на влияние осевой длины, времени наблюдения и типа капсулорексиса, каждый градус наклона ИОЛ приводил к 7%-процентному увеличению показателя ПКЯ. Эти результаты, по-видимому, подтверждают барьерный принцип профилактики ПКЯ, который основан на симметричных сократительных силах перекрывающегося на 360 градусов переднего края капсулы, последовательно подталкивающего оптику ИОЛ к задней капсуле, что приводит к непрерывному круговому контакту между ИОЛ и задней капсулой. задняя капсула создает эффективный барьер для мигрирующих эпителиальных клеток хрусталика. В нашем исследовании в обеих группах был создан перекрывающийся на 360 градусов передний капсулорексис, и не было никакой разницы в технике ирригации-аспирации или времени между двумя группами.

Согласно нашим ранее опубликованным результатам, более точные капсулотомии можно выполнить с помощью фемтосекундного лазера, чем вручную, не только при эметропических, но и при эметропических заболеваниях.

также в глазах с высокой близорукостью.¹⁵ Точная капсулотомия особенно важно в близоруких глазах обеспечить идеальное перекрытие и непрерывный круговой барьер для эпителиальных клеток хрусталика, предотвращающий ПКЯ, поскольку лазерная капсулотомия имеет повышенный риск отслоения сетчатки в глазах с близорукостью.

большая осевая длина.¹⁶

Наши результаты позволяют предположить, что правильно центрированная и точная капсулотомия может играть дополнительную роль в отношении дизайна края ИОЛ и гидрофобного материала ИОЛ в предотвращении ПКЯ. В этом исследовании капсулотомия не потребовалась из-за тяжелого ПКЯ в обеих группах, а создание капсулотомии с использованием фемтосекундного лазера оказалось безопасной процедурой, не увеличивающей оценку ПКЯ. Напротив, мы наблюдали небольшое снижение образования ПКО, что является дополнительным преимуществом этого метода к улучшенным результатам по безопасности и предсказуемости, которые были опубликованы ранее. Необходимы дальнейшие исследования для оценки клинической значимости этого результата, особенно в группах пациентов с повышенным риском развития ПКЯ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шаумберг Д.А., Дана М.Р., Кристен В.Г., Глинн Р.Дж. Систематический обзор частоты помутнения задней капсулы. Офтальмология. 1998;105:1213-1221.
2. Ниши О., Ниши К., Саканиши К. Ингибирование миграции эпителиальных клеток хрусталика в изгибе капсулы, создаваемом прямоугольным оптическим краем интраокулярной линзы задней камеры. Офтальмологические хирургические лазеры. 1998;29:587-594.
3. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Баккара Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. J Хирургия рефракции катаракты. 1996;22:98-103.
4. Кралиц К., Михалц К., Шандор Г.Л., Такач А., Кнорц М.К., Надь З.З. Наклон и децентрация интраокулярной линзы, измеренные камерой Шаймпфлюга после ручной или фемтосекундной лазерной обработки, создавали непрерывную циркулярную капсулотомиию. J Refract Surg. 2012;28:259-263.
5. Смит С.Р., Дэйнс Т., Хинкли М., Уоллин Т.Р., Олсон Р.Дж. Влияние формы края линзы и перекрытия передней капсулы на помутнение задней капсулы. Am J Офтальмол. 2004;138:521-526.
6. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.
7. Кралиц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручной непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27:558-563.
8. Аслам Т.М., Паттон Н., Роуз С.Дж. OSCA: комплексная система открытого доступа для анализа помутнения задней капсулы. БМК Офталь-мол.2006;23:6-30.
9. де Кастро А., Розалес П., Маркос С. Наклон и децентрация интраокулярных линз in vivo по данным визуализации Пуркинье и Шаймпфлю. Валидирующее исследование. J Хирургия рефракции катаракты. 2007;33:418-429.
10. Бурк М.А., Таки А.М. Частота отслойки сетчатки и других осложнений после капсулотомии неодим-Yag-лазером. Джей Пак Мед Ассоц. 2008;58:550-552.
11. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Урселл П.Г. и др. Влияние ПММА, силиконовых и полиакриловых линз на помутнение задней капсулы через 3 года после операции. Офтальмология. 1998;106:49-54.
12. Шмидбауэр Дж. М., Эскобар-Гомез М., Apple DJ, Пэн Кью, Артур С. Н., Варгас Л. Г. Влияние гаптического угла на помутнение задней капсулы современных складных линз с квадратным усеченным оптическим краем. J Хирургия рефракции катаракты. 2002;28:1251-1255.
13. Микок В.Р., Спалтон Дж., Бойс Дж.Ф., Хосе Р.М. Влияние размера оптики на помутнение задней капсулы: интраокулярные линзы AcrySof диаметром 5,5 мм и 6,0 мм. J Хирургия рефракции катаракты. 2001;27:1194-1198.
14. Чжао Ю., Ли Дж., Лу В и др. Адгезия капсулы к интраокулярной линзе в глазах с высокой степенью близорукости оценивалась in vivo с помощью оптической когерентной томографии сверхдлинного сканирования. Am J Офтальмол. 2013;155:484-491.
15. Надь З.З., Кралиц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27:564-569.
16. Дарденн М.Ю., Гертен Г. Дж., Коккас К., Кермани О. Ретроспективное исследование отслоения сетчатки после неодимовой лазерной задней капсулотомии. J Хирургия рефракции катаракты. 1989;15:676-680.

Система управления изображениями Verion

Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

Система Verion Image Guided от Alcon LenSx (Al-iso Viejo, Калифорния) была разработана после внедрения фемтосекундной лазерной хирургии катаракты (рис. 1). Это первая система, в которой все этапы между диагностикой и лечением объединены и поддерживаются системой Verion (рис. 2). Image-Plan-Guide создает уникальную систему и обеспечивает непрерывный поток данных о пациенте от первой встречи до последнего визита пациента.

Verion разработан для последовательного достижения желаемой цели рефракции. В настоящее время рефракционная хирургия имеет значительно более высокую прогнозируемость; тем не менее, ожидания пациентов от хирургии катаракты также возросли, и пациенты с катарактой требуют таких же результатов, как и пациенты с рефракционной хирургией.

Система Verion содержит диагностический блок, который называется эталонным блоком (рис.3). Он состоит из измерительного модуля и планировщика хирургических операций (рис. 4).

Измерительный блок измеряет характерные данные глаза пациента: значения К, положение и диаметр лимба, горизонтальное расстояние от белого до белого, положение роговичного рефлекса, пупиллометрию и эксцентриситет зрительной оси. Это бесконтактное устройство для предоперационных измерений, которое позволяет получать эталонные изображения с высоким разрешением сосудов склеры, лимба и особенностей радужной оболочки. Все данные автоматически импортируются в модуль планирования эталонного устройства.

Во время кератометрии получают от трех до пяти изображений с общим числом от 15 до 30 точек данных для определения сферической силы и цилиндра.

Планировщик хирургических операций помогает составить план операции. Данные автоматически импортируются из информации предоперационных измерений из измерительного модуля.

Он имеет специальную программу для выбора интраокулярных линз (ИОЛ) и выбора мощности ИОЛ. Хирург может выбрать одну из нескольких формул, например Holladay 1, 2 и R; Хоф-фер Q; СРК/Т; и Хейгис.

Для управления астигматизмом программа рассчитывает диоптрии и угол торической ИОЛ или положение, длину и глубину расслабляющих разрезов в случае дугообразных разрезов роговицы. Особенностью является новый

система оптимизации А-константы и возможность импорта сторонних данных (например, от ГС Ленстар). Другие диагностические инструменты также теоретически могут быть подключены к системе Verion.

Еще одной особенностью является цифровой маркер для фемтосекундного лазера (Alcon LenSx) и операционного микроскопа. Эта система помогает и направляет хирурга на протяжении всей офтальмологической процедуры.

Для удобства хирурга внутри операционного микроскопа имеется встроенный дисплей. Система регистрации пациентов помогает определить специфические характеристики пролеченных глаз. Использование направителя для разреза (рис. 5) также помогает создать разрез роговицы в оптимальном месте, размере и длине. Направитель капсулорексиса (рис. 6) помогает хирургу, проецируя желаемый диаметр и расположение круга капсулорексиса на поверхность роговицы во время операции.

Во время имплантации заднекамерной линзы (ЗКЛ) правильно центрировать ЗКЛ помогает так называемый «Направляющий центратор». Торическое руководство показывает, где должен располагаться торический угол линзы по завершении операции. Финальная проверка (рис. 7) помогает центрировать ЗКС с учетом эксцентриситета зрительной оси.

Встроенный дисплей микроскопа оптимизирован для Alcon LuxOR, но также доступен для операционных микроскопов Zeiss, Leica, Möller-Wedel, Takagi и Topcon. Он состоит из встроенной камеры и дисплея; соотношение свет:разделение составляет 70:30. Он содержит новейшую технологию зеленого OLED-дисплея.

Verion Link также является новой функцией; через Verion Digital Marker M он получает информацию о статусе факотерапии от совместимой факосистемы (AlconCenturion) для синхронизации рабочего процесса.

Также следует отметить, что фемтосекундный лазер также получает информацию от эталонного блока. Чтобы избежать циклоторсии, на этапе стыковки он использует данные регистрации сосудов и радужной оболочки.

Таким образом, рабочий процесс идет от эталонного блока к фемтосекундному лазеру, а затем к рабочему.

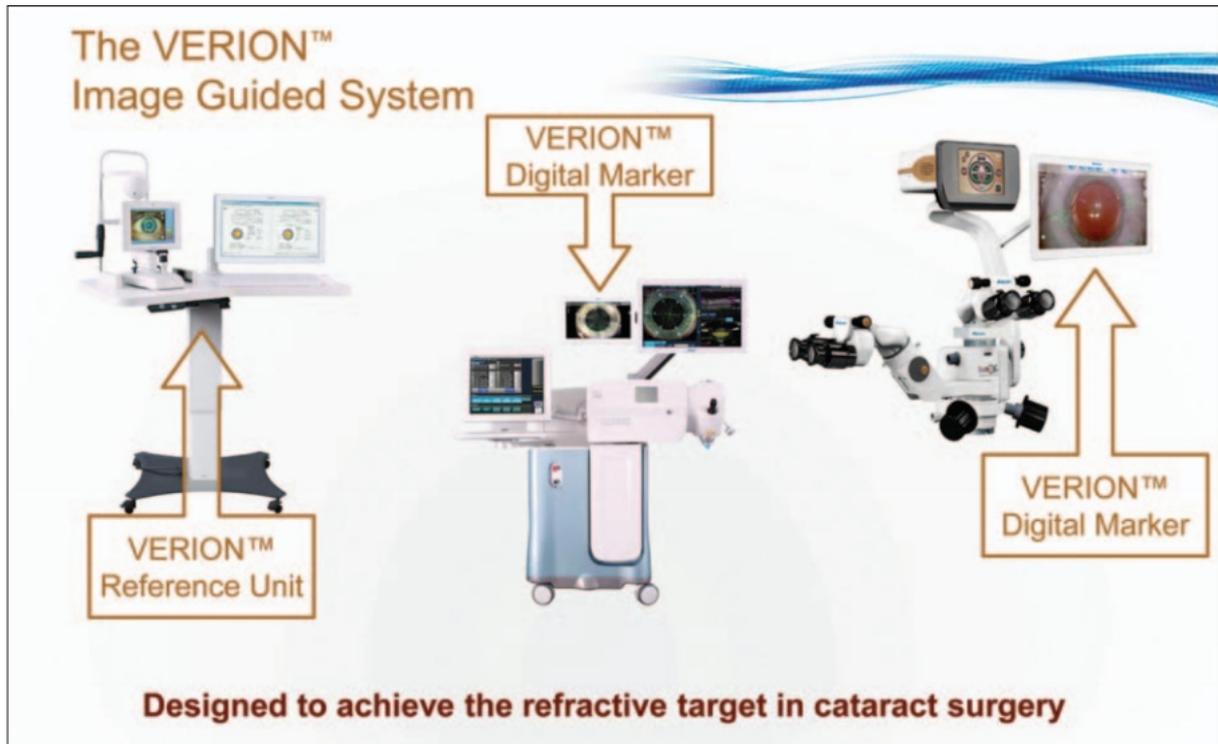


Рис. 1. Система Verion Image Guided.

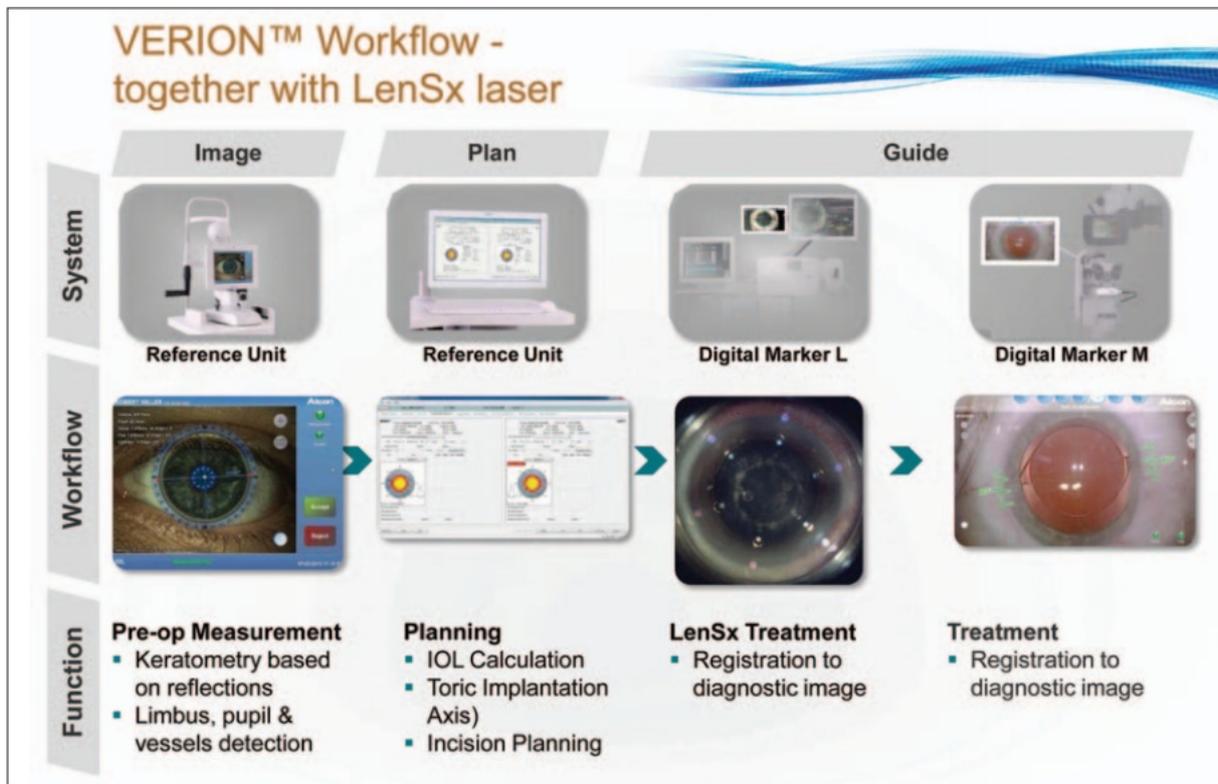


Рисунок 2. Система рабочих процессов Verion.

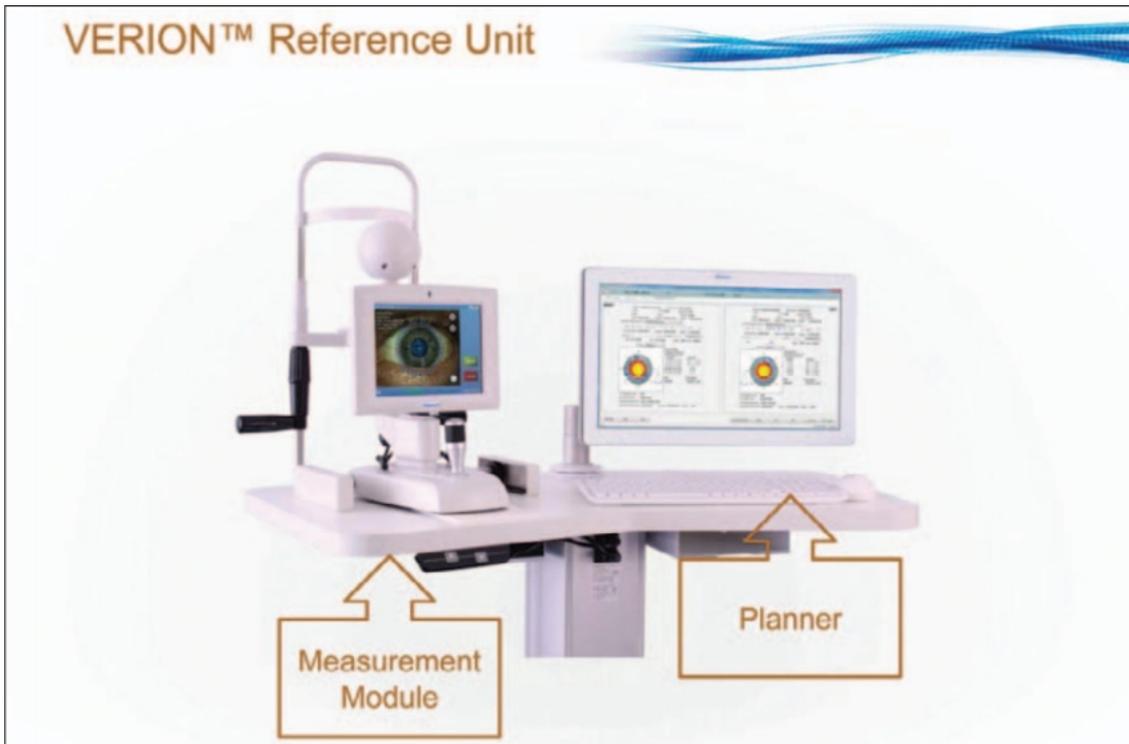


Рисунок 3. Эталонный блок Verion. Модуль измерений и планировщик.

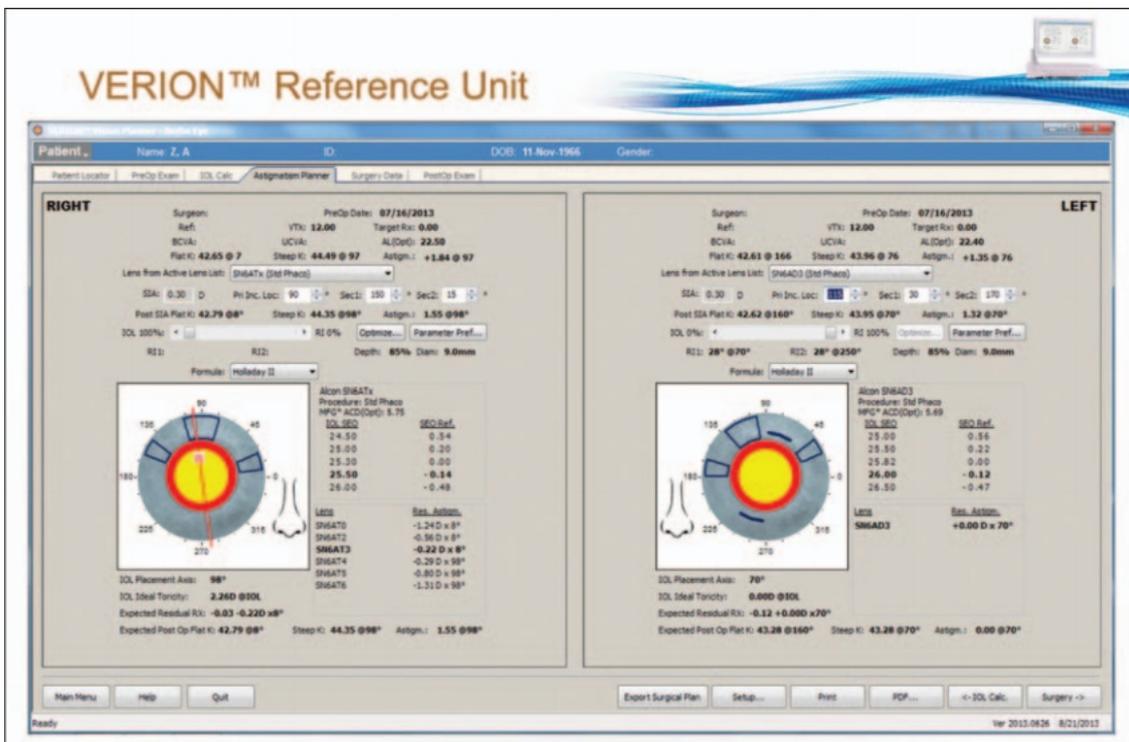


Рисунок 4. Экран Планировщика для хирурга. Показано, где делать разрезы и какая ось является наиболее оптимальной для имплантации торической линзы.

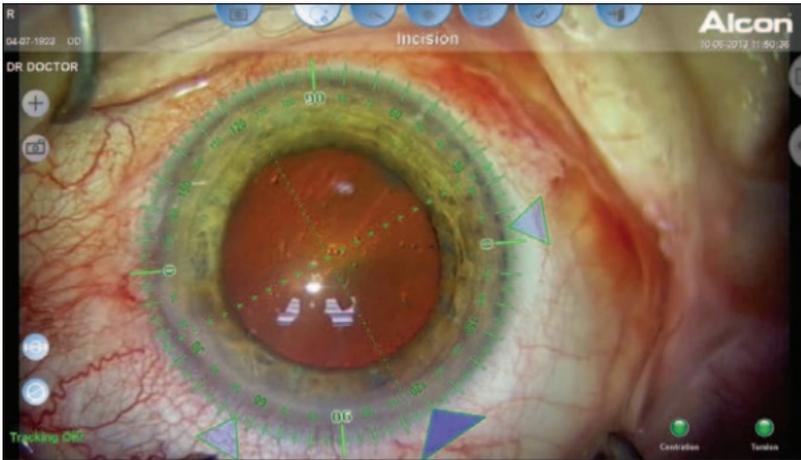


Рисунок 5. Направитель для разреза, установленный в операционном микроскопе.

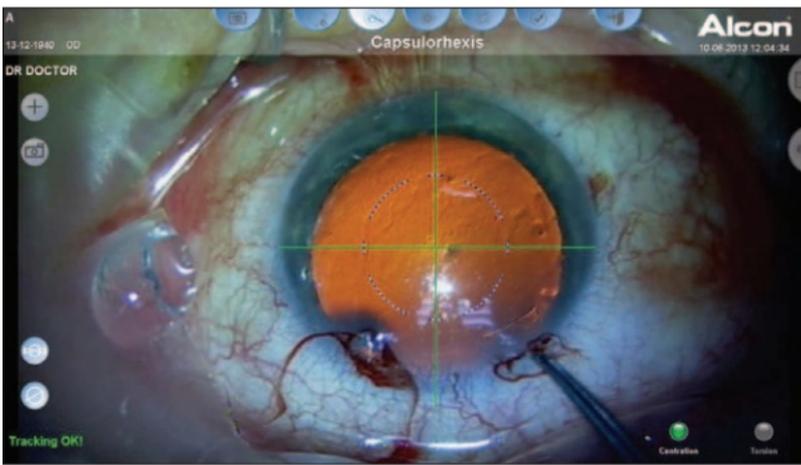


Рисунок 6. Руководство по капсулорексису (для ручного капсулорексиса). В случаях капсулорексиса с помощью фемтосекундного лазера позиционирование рассчитывается автоматически по цифровому маркеру фемтосекундного лазера.

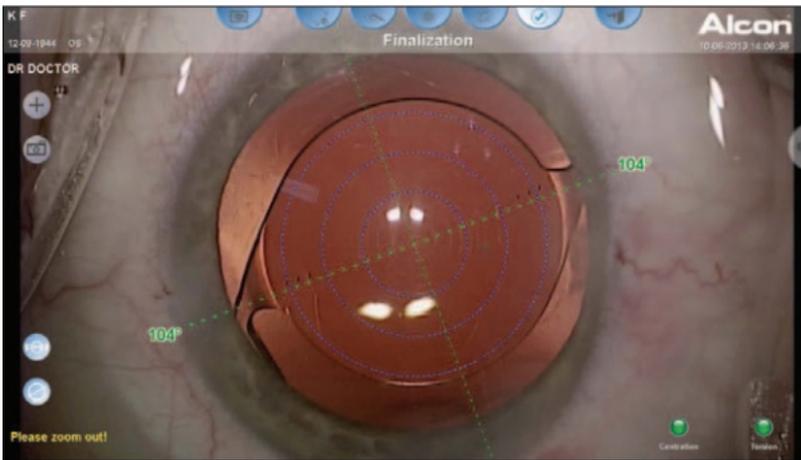


Рисунок 7. Завершающая проверка для проверки положения ИОЛ, центрации и т. д.

микроскоп, а затем на аппарат для факоэмульсификации. Во время послеоперационного наблюдения данные рефракции пациента снова измеряются и анализируются системой. Здесь хирург может создать свои личные хирургические данные, персонализированную А-константу и данные об астигматизме, вызванном хирургическим путем.

Verion— первая система, объединяющая до-, пери- и послеоперационные данные отдельных пациентов для улучшения рефракционной предсказуемости процедуры удаления катаракты. При использовании фемтосекундного лазера хирургические этапы могут быть одинаковыми; с помощью системы Verion предоперационная оценка помогает добиться идеальной стыковки,

капсулорексис, фемтофрагментация, оптимальное создание раны и оптимальные дугообразные разрезы для контроля предоперационного астигматизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря удобному настольному интерфейсу эталонный блок Verion выполняет следующие функции:

Во время визуализации

- Измеряет кератометрию, пупиллометрию и другие ключевые предоперационные параметры.
- Получает диагностическое эталонное изображение глаза пациента в высоком разрешении.
- Автоматически определяет сосуды склеры, лимба, зрачка и радужной оболочки.

Во время планирования

- Позволяет хирургам быстро и эффективно определять оптимизированный хирургический план.
- Предлагает несколько расширенных формул для расчетов, включая выбор линзы и оптической силы.

• Планирование оси разреза и имплантации можно настроить для каждого пациента. Во время ведения обеспечивает

• Улучшенный поток данных за счет автоматического импорта информации о пациенте и плана операции в фемтосекундный лазер Alcon LenSx.

• Усовершенствованная визуализация путем регистрации изображения в диагностическом изображении для автоматической компенсации циклического вращения без маркеров.

• Регистрация и наложение отслеживания в реальном времени для точного разреза и выравнивания ИОЛ во время фемто- и катарактальных процедур.

• Устраняет необходимость ручной маркировки торических глазков • Поддерживаемые микроскопы со встроенным дисплеем: Alcon LuxOR, Leica, Möller-Wedel, Taka-gi, Topcon, Zeiss

Во время лечения

• Регистрация в диагностическом изображении

• Накладки для разрезов, центрирования, выравнивания • Опция: управление через Centurion

Создание лоскута с использованием фемтосекундной лазерной системы многократного использования LenSx

Ева Юхас, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Андреа Гинес, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук

ФОН

Поскольку хирургическая коррекция зрения стала возможной без значительной послеоперационной боли, создание роговичного лоскута привлекло внимание. Выполнение фотоабляции более глубокой стромы роговицы во время процедуры LASIK приводит к более быстрому восстановлению зрения и уменьшению боли по сравнению с методом поверхностной абляции.¹ Чем более уместно Чем точнее создание закрывков, тем лучших результатов можно достичь.

С использованием микрокератомов обычно можно было создать ровные и правильные роговичные лоскуты; однако было описано несколько побочных эффектов и осложнений, возникающих из-за человеческих и механических дефектов кератома. Возможно, нет необходимости подчеркивать возможные побочные эффекты плохо сконструированного роговичного лоскута, такие как перфорация петли, большее количество индуцированных аберраций высшего порядка или послеоперационная эктазия в результате выполнения неровных и неоднородных поверхностей и больших отклонений. между запланированной и достигнутой толщиной закрывка.

Несколько исследовательских групп сообщили, что использование механического микрокератома привело к уменьшению толщины центрального лоскута, чем периферического. Если толщина закрывка больше

периферии увеличивается вероятность расшатывания петли.² Согласно рецензируемой литературе, наиболее значительная разница в индукции аберраций более высокого порядка между методами поверхностной абляции и процедурами LASIK заключается в том, что LASIK также увеличивает аберрации более высокого порядка на задней поверхности роговицы, вызывая нарушения зрения.

такие как блики, ореолы и радужные блики,³ пока фоторефракционная кератэктомия (ФРК) – нет. Если толщина остаточная строма роговицы менее 250 мкм,⁴ послеоперационный Может возникнуть эративная эктазия роговицы, приводящая к ятрогенному кератоконусу.

РАЗРАБОТКА

В последнее десятилетие фемтолазеры применялись для создания роговичных лоскутов вместо использования механических микрокератомов во время процедур LASIK. Позже фемтолазер были внедрены системы для хирургии катаракты.^{5,6} Два различия

Для выполнения процедур рефракции роговицы (LASIK) и операций по удалению катаракты были необходимы различные типы фемтосекундных лазерных платформ, что затрудняло доступность этих методов. Согласно предыдущим исследованиям, лоскуты, созданные фемтосекундным лазером всего за одно применение, были более однородными, с более высокой предсказуемой толщиной и оказались более регулярными и точными.

чем созданные микрокератомом.^{7,8} С последними Благодаря изобретению Alcon LenSx, многофункциональной фемтосекундной лазерной системы нового поколения, которая уже надежно используется в фемтолазерной хирургии катаракты, обе операции могут выполняться одним и тем же устройством. Результаты операций фемто-LASIK с использованием этой новой многофункциональной фемтолазерной системы должны быть и оказались по меньшей мере такими же хорошими, как и при использовании предыдущей монофункциональной системы, как описано ниже.

С внедрением фемтолазера, применимого не только для внутриглазных или роговичных процедур, но и для тех и других, эксплуатационные затраты офтальмологической практики могут быть значительно снижены, что будет способствовать распространению одной из самых передовых технологий в офтальмологии.

ОПИСАНИЕ

Этапы процедуры частично аналогичны этапам хирургии катаракты с помощью фемтолазерной помощи. Капли для местной анестезии следует закапывать три раза каждые 8–10 минут, затем глаза стыкуют с интерфейсом пациента с помощью аспирационного кольца для роговицы. Для лучшего введения необходимо использовать модифицированный интерфейс пациента (Soft Fit). Благодаря новому интерфейсу пациента Soft Fit обеспечивается значительное снижение повышения внутриглазного давления (20%), а также увеличение зоны хирургического вмешательства и видимости (с 12,0 до 12,5 мм, увеличение на 8,5%). После центрирования интерфейса пациента и зоны лечения роговичные лоскуты можно создать с помощью фемтосекундного лазера Alcon LenSx (Alcon LenSx Inc, Алисо Вьехо, Калифорния). Лазерное устройство соединено с устройством оптической когерентной томографии (ОКТ), обеспечивающим живую запись всего процесса.

Фемтосекундная лазерная система Alcon LenSx позволяет пользователю выполнять индивидуальные настройки створки, касающиеся положения шарнира, размера пятна, разделения пятен, уровня энергии, толщины створки и других параметров.

Лоскуты можно поднять специальным тупым, но довольно тонким шпателем (шпатель Слейда) для проведения рефракционной эксимерной обработки тканей под ними, а затем их снова расположить.

После репозиции лоскута поверхность глаза необходимо промыть охлажденным сбалансированным солевым раствором, каплями антибиотиков и стероидов. В конце операции пациенты могут получить прозрачные защитные пластиковые щитки, чтобы защитить глаза от тяжелой травмы.

СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАШЕЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМАНДЫ 9,10

Оценка параметров закрылков

Целью нашего исследования было создание роговичных лоскутов во время процедур LASIK путем применения новой многофункциональной фемтосекундной лазерной системы (которая уже надежно используется при фемтолазерных операциях по удалению катаракты) перед эксимерлазерным лечением и для оценки - оценить состояние лоскута, а также безопасность и эффективность процедуры в отношении зрительных результатов и параметров лоскута у пациентов с миопией и миопией-астигматизмом. последовательно.¹¹ В 2012 году было установлено новое программное обеспечение, улучшить результаты.

Надежность создания лоскута с помощью этого многофункционального фемтосекундного лазера нового поколения оценивалась после операции с помощью ОКТ переднего сегмента. Хотя эффект индукции аберраций более высокого порядка при процедурах LASIK уже хорошо известен, тот же эффект от лечения фемто-LASIK еще не исследован. Целью этого исследования также была оценка характеристик индуцированных аберраций роговицы высшего порядка.

Это исследование представляло собой проспективное одноцентровое клиническое исследование.

все лазеры Alcon LenSx.¹¹ Пациентов оценивали интра-оперативно оценить легкость поднятия лоскута, стромальный качество слоя и количество непрозрачного пузырькового слоя.¹¹

В исследование были включены 38 глаз 20 пациентов с близорукостью и миопическим астигматизмом в диапазоне сферической аномалии рефракции от $-1,75$ Д до $-6,75$ Д и цилиндрической аномалии рефракции от $0,25$ Д до $2,0$ Д. Распределение по полу составило 50%. 50 лет, средний возраст составил $29 (\pm 6,5)$ лет.

Все глаза прошли полное офтальмологическое обследование и были проверены на соответствие критериям участия. Критериями исключения были известная чувствительность к запланированным в исследовании сопутствующим препаратам, участие в любом другом клиническом исследовании офтальмологического препарата или устройства во время этого клинического исследования, наличие каких-либо противопоказаний к фемтосекундным операциям LASIK,

значения толщины роговицы менее 400 мкм или что приведет к остаточному ложу менее 280 мкм при расчете создания лоскута и эксимерной абляции, неравномерный астигматизм, эктатические нарушения роговицы (кератоконус,

кератоглобус), беременным и кормящим женщинам.¹¹ Критериями исключения также были возраст младше 18 лет, амблиопия, синдром сухого глаза, предшествующий герпесный кератит, поверхностные помутнения роговицы или рубцы роговицы, перенесенные рефракционные операции, тяжелый сахарный диабет и заболевание желтого пятна.

Предоперационная острота зрения без коррекции (UCVA) и максимальная острота зрения с очковой коррекцией (BCVA) (медиана \pm квартиль диапазона) составляли $0,1 (\pm 0,07)$ и $1,0 (\pm 0,0)$ соответственно. Пациенты прошли лечение фемто-LASIK в период с сентября 2012 по март 2013 года в отделении офтальмологии Университета Земмельвейса, Буда-Пешт, Венгрия. Все операции проводил один и тот же опытный хирург (З.З.Н.).

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике/институциональных наблюдательных советов и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия людей. участие в биомедицинских исследованиях.

Перед операцией от каждого пациента было получено письменное информированное согласие на создание лоскута с использованием фемтосекундного лазера и рефракционного лечения. Срок наблюдения составил 3 месяца.

Тесты остроты зрения, измерение внутриглазного давления и ОКТ-исследования переднего сегмента спектральной области (RTVue; Optovue, Inc) с использованием дополнительного модуля адаптера роговицы проводились после операции, через 1 день, 1 неделю, 1 и 3 месяца после операции. Все осложнения были зафиксированы.

Толщину центра и точек на расстоянии 1,0 и 2,0 мм от вершины роговицы в вертикальном и горизонтальном меридианах роговицы измеряли с использованием программного обеспечения RTVue для измерения лоскута, которое вставляет точки к границам лоскута в соответствии с разной плотностью (рис. 1 и 2). На основе этих измерений были записаны и проанализированы девять данных о толщине для каждого закрылка.

В каждом случае рассчитывались средние значения.¹² Анализ эти точки выполнялись для того, чтобы доказать плоскостность закрылков.

Полученные результаты

Через месяц после лечения острота зрения составила 20/20 у 92,1% и 20/25 и выше у 97,4% пациентов. Через три месяца после операции острота зрения составила 20/20 у 94,7% и 20/25 или лучше у 100% пациентов (рис.3). BCVA оставался стабильным после операции. BCVA оказалась равной 20/20 у 100% пациентов через 1 и 3 месяца после операции (табл. 1).

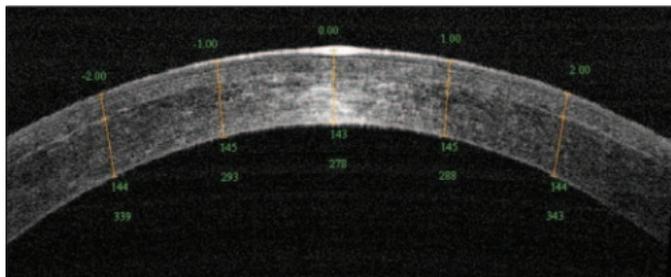


Рисунок 1. Пример ОКТ-изображения переднего сегмента RTVue в поперечном сечении меридиана 0 градусов роговицы.

Никаких осложнений или нежелательных явлений, связанных с потерей, неправильным расположением или смещением лоскута, зарегистрировано не было; язва или перфорация роговицы; или роговичная микробная или внутриглазная инфекция.

Среднее значение послеоперационно измеренной толщины лоскута составило $141,95(\pm 7,59)$ мкм (табл.2). Лоскуты имели плоскую форму, и не было значительной разницы между толщиной девяти точек в каждой роговице (тест Фридмана, $P=0,058$).

Статистически значимой разницы между плановой и послеоперационно измеренной толщиной лоскута не было (до операции: $140,00[\pm 0,0]$ мкм; через 3 месяца после операции: $140,28[\pm 8,0]$ мкм; тест Вилкоксона, $P=0,4067$). На ОКТ переднего отрезка роговицы выявлено плоское строение роговичного лоскута с равномерной толщиной на периферии и в центральной части роговицы. Стромальный слой имел ровную и правильную структуру. Никаких складок или стромальных линий не наблюдалось.

ОЦЕНКА АБЕРРАЦИЙ ВЫСШЕГО

ПОРЯДКА. Материалы и методы.

Нашей целью было также сравнить свойства процедур фемто-LASIK и ФПК в отношении aberrаций более высокого порядка на передней и задней поверхностях роговицы. В исследование были включены шестьдесят глаз 30 пациентов с близорукостью и миопическим астигматизмом. Тридцать глаз 15 пациентов из предыдущей группы исследования фемто-LASIK были сопоставлены с 30 глазами 15 пациентов, перенесших ФПК-терапию с использованием эксимерного лазера Wavelight Allegretto 400, с учетом возраста, пола и предоперационной аномалии рефракции (Таблица 3). Послеоперационной рефракционной мишенью во всех случаях была эметропия. Все глаза прошли полное офтальмологическое обследование, как и в исследовании, упомянутом ранее. Критерии исключения также были эквивалентны критериям предыдущего исследования.

Между двумя группами не было существенных различий по аномалиям рефракции ($P=0,149$), глубине абляции ($P=0,105$) и остроте зрения ($P=0,128$). Острота зрения с наилучшей коррекцией составила 1,0 во всех случаях.

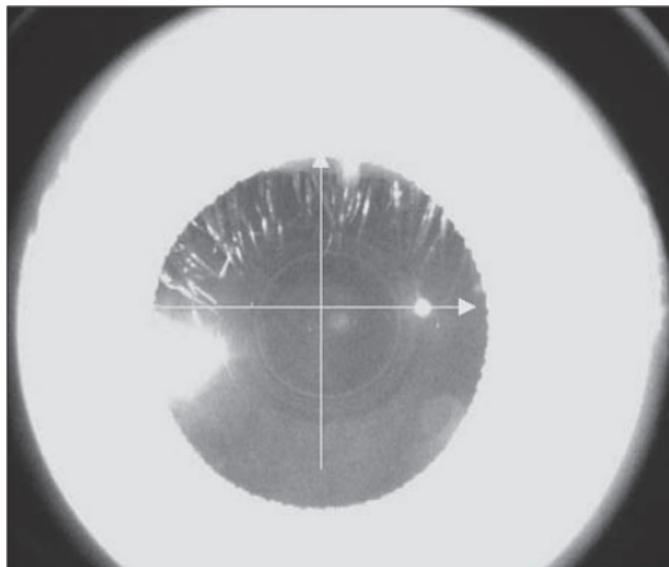


Рисунок 2. Меридианы роговицы 0 и 90 градусов.

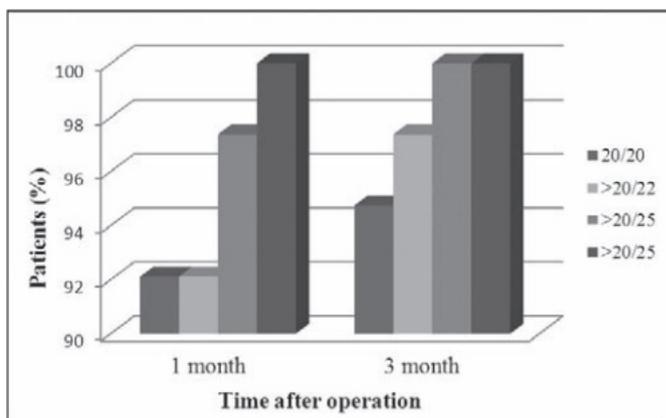


Рисунок 3. Результаты UCVA.

Анализ волнового фронта роговицы (Pentacam; Oculus Optik-geräte GmbH, Вецлар, Германия) проводился до операции и через 3 месяца после операции при диаметре анализа 4,5-, 6,0- и 8,0 мм. Анализировались aberrации высшего порядка всей роговицы (RMS-HOA-total), передней поверхности (RMS-HOA-передняя) и задней поверхности (RMS-HOA-задняя). Между двумя исследовательскими группами также не было выявлено существенных различий в значениях RMS высшего порядка роговицы при любом диаметре анализа.

Полученные результаты

Через три месяца после операции значения UCVA статистически значимо увеличились в обеих группах (ФПК: с $0,1\pm 0,02$ до $1,0\pm 0,00$; $P<0,001$ и фемто-LASIK: с $0,1\pm 0,07$ до $1,0\pm 0,00$; $P<0,001$). В группе ФПК UCVA составляла 0,8 или выше в 100% случаев (30/30), 0,9 или лучше в 96,67% (29/30) и 1,0 или лучше в группе ФПК.

ТАБЛИЦА 1

ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ

Параметр	До	Через 3 месяца после операции	Значение P
UCVA			
Медиана ± квартильный диапазон	0,1±0,07 от 0,04 до 0,3	1,0±0,0 от 0,8 до 1,0	<.001*
БСКВА			
Среднее значение ± стандартное отклонение	1,0±0,001,0	1,0±0,001,0	1,0**
SE рефракция (D)			
Среднее значение ± стандартное отклонение	-4,24±1,53 от -7,75 до -2,0	-0,08±0,54 от -1,0 до 1,0	<.001**
Сфера (D)			
Среднее значение ± стандартное отклонение	-3,95±1,44 от -6,75 до -1,75	-0,01±0,44 от -0,75 до 0,75	<.001**
Цилиндр (D)			
Среднее значение ± стандартное отклонение	-0,59±0,52 от -2,0 до 0,0	-0,14±0,43 от -1,0 до 1,0	<.001**

* Тест Вилкоксона. **Парный t-критерий для зависимой выборки.

ТАБЛИЦА 2

ТОЛЩИНА ДВЕРИ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ДВУХМЕРИДАНАХ (СРЕДНЕЕ ±SD) И ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ЖЕЛАЕМОЙ ТОЛЩИНЫ ДВЕРИ

		Периферический	Парацентральный	Центральный	Парацентральный	Периферический
меридиан 0 градусов	Среднее значение ± стандартное отклонение (мкм)	142,32±7,45	141,18±7,54	142,37±7,41	141,58±8,43	142,74±8,1
	Отклонение (мкм)	-2,32	-1,18	-2,37	-1,58	-2,74
90-градусный меридиан	Среднее значение ± стандартное отклонение (мкм)	142,84±7,53	142,03±7,29	142,37±7,41	139,74±18,41	142,76±7,06
	Отклонение (мкм)	-2,84	-2,03	-2,37	0,26	-2,76

ТАБЛИЦА 3

ОПИСАНИЕ ДАННЫХ

Параметр	ФРК	Фемто-ЛАСИК	Значение P
	Медиана ± квартильный диапазон	Медиана ± квартильный диапазон	
Возраст	30,00±7,00	28,00±8,00	.290
Пол (женский/мужской)	8:7	8:7	>.05
Предоперационная рефракция (SE)	-3,250±1,625	-3,938±2,625	.149
Предоперационная пахиметрия (мкм)	552,00±34,00	548,00±48,00	.835
Глубина абляции (мкм)	71,500±24,000	64,000±33,000	.105

P = разница между группами, P<0,05 с использованием U-критерия Манна-Уитни.

ТАБЛИЦА 4

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЩИХ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ

	P Предоперационная рефракция	P Среднеквадратичное значение общего исходного уровня	P Группа
RMS всего 4,5 мм 3 месяца	.976	.299	.472
RMS всего 6,0 мм 3 месяца	.02*	.739	<.001*
RMS всего 8,0 мм 3 месяца	<.001*	<.001*	.002*

После поправки на предоперационную аномалию рефракции и предоперационные значения RMS мы обнаружили статистически значимую разницу между двумя исследовательскими группами в послеоперационных абберациях высшего порядка при диаметрах анализа 6,0 и 8,0 мм.

*P<0,05.

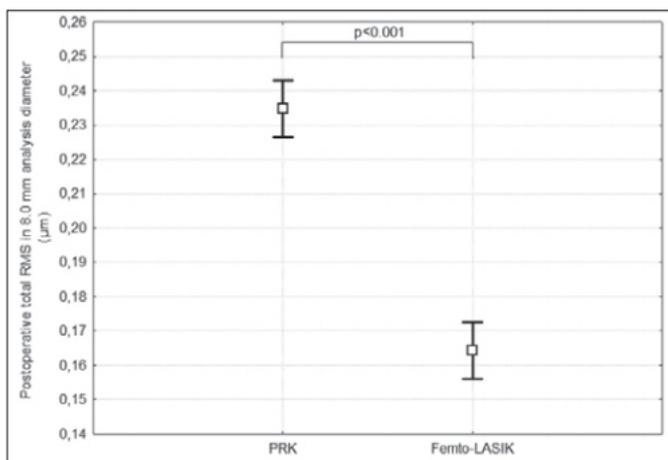


Рисунок 4. Разница между группами в послеоперационных значениях общего RMS роговицы при диаметре анализа 6,0 мм после поправки на предоперационную ошибку рефракции и волнового фронта ($P < 0,001$).

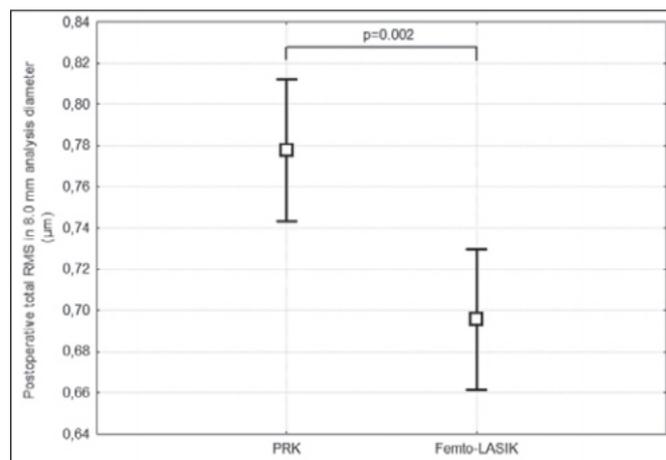


Рисунок 5. Разница между группами в послеоперационных значениях общего RMS роговицы при диаметре анализа 8,0 мм после поправки на предоперационную ошибку рефракции и волнового фронта ($P = 0,002$).

90,0%(27/30) через 3 месяца после операции. В группе фемто-LASIK острота зрения составила 0,8 или выше в 100% случаев (30/30), 0,9 или выше в 96,67% (29/30) и 1,0 или выше в 93,3% (28/30). 3 месяца после операции. BSCVA оставался стабильным и во всех случаях после операции оказался на уровне 1,0.

Через три месяца после операции значения RMS более высокого порядка для передней поверхности роговицы и всей роговицы значительно увеличились при всех диаметрах анализа ($P < 0,001$), в то время как абберации более высокого порядка в отношении задней поверхности роговицы оставались стабильными. (4,5 мм: $P = 0,142$; 6,0 мм: $P = 0,052$; 8,0 мм: $P = 0,65$) в группе ФРК. В группе фемто-LASIK абберации более высокого порядка передней и задней поверхности роговицы и всей роговицы значительно увеличились во всех диаметрах анализа после хирургической процедуры ($P < 0,001$).

Через три месяца после операции не было статистически значимой разницы в индуцированных абберациях роговицы более высокого порядка при диаметре анализа 4,5 мм между двумя исследовательскими группами; однако значения RMS более высокого порядка, представляющие ошибки волнового фронта передней поверхности роговицы и всей роговицы при анализе 6,0 и 8,0 мм.

диаметры оказались достоверно выше в группе ФРК по сравнению с группой фемто-ЛАСИК. Мы не обнаружили статистически значимых различий между двумя исследуемыми группами по абберациям более высокого порядка задней поверхности роговицы в этих аналитических диаметрах.

После поправки на дооперационную аномалию рефракции и предоперационные значения RMS общие линейные модели также показали значительную разницу в послеоперационных абберациях более высокого порядка при диаметрах 6,0 и 8,0 мм между двумя исследовательскими группами (всего RMS 6,0 мм: $P < 0,001$). RMS всего 8,0 мм: $P = 0,002$) (таблица 4 и рисунки 4 и 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа остроты зрения и ОКТ, упомянутые в вышеупомянутых исследованиях, показали, что безопасность, эффективность и надежность этой новой многофункциональной фемтолазерной системы во время процедур ингафемто-LASIK были надлежащим образом доказаны.

Несмотря на более сильную послеоперационную боль и более длительное восстановление, лечение ФРК часто предпочтительнее ЛАСИК, чтобы избежать большего количества индуцированных аббераций более высокого порядка.

С изобретением техники фемто-ЛАСИК роговица

закрылки стали более равномерными и регулярными.⁷ Ком-Образцы желаемой и послеоперационно измеренной толщины лоскута не показали статистически значимой разницы, демонстрируя, что лоскуты могут быть созданы надежно и точно с помощью этого нового типа фемтосекундного лазера.

Статистически значимой разницы между процедурами фемто-LASIK и ФПК в послеоперационных тотальных абберациях роговицы более высокого порядка при диаметре анализа 4,5 мм, что соответствует среднему диаметру зрачка в фотопических условиях, не выявлено. Однако при диаметрах анализа 6,0 и 8,0 мм, которые превышали границу переходной зоны лечения ФПК, послеоперационные абберации роговицы оказались значительно выше в группе ФПК даже после поправки на предоперационные абберации и предоперационную аномалию рефракции. Эти результаты позволяют предположить, что благоприятная картина аббераций была доступна после фемто-LASIK, чем ФПК, при больших диаметрах анализа, которые включают также периферическую часть роговицы и представляют собой мезопические или скотопические состояния зрачка.

Согласно предыдущим сообщениям, даже несмотря на последние достижения в области фемтосекундных лазерных технологий, радужные блики остаются возможным оптическим побочным эффектом фемто-LASIK.

процедуры.¹³ В нашем исследовании пациенты не упомянули о таком жалобы.

Наши результаты соответствуют предыдущим исследованиям в соответствии с индуцированными абберациями более высокого порядка на задней поверхности роговицы. На задней поверхности роговицы после операций ФПК послеоперационных изменений не выявлено; однако процедуры фемто-LASIK увеличивали абберации задней части роговицы при всех диаметрах анализа, предположительно из-за более тонкой остаточной стромы.

кровать.^{14,15} Несмотря на эти результаты, общие абберации роговицы были более благоприятными в группе фемто-LASIK.

Выдающиеся результаты этого комбинированного устройства могут указывать на широкое признание этой технологии и наступление новой эры фемтосекундных операций.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Скевас С., Кац Т., Вагенфельд Л. и др. Субъективная боль, восстановление зрения и качество зрения после LASIK, EpiLASIK (отключение флап-ап) и APRK — последовательное нерандомизированное исследование. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2013;251(4):1175-1183.

2. Чжан ХХ, Чжун ХВ, Ву Дж.С. и др. Морфологический анализ лоскута роговицы с использованием оптической когерентной томографии переднего сегмента при лазерном кератомилезе in situ с фемтосекундными лазерами в сравнении с механическим микрокератомом. *Int J Ophthalmol.* 2012;5(1):69-73.
3. Портер Дж., Макрей С., Юн Дж. и др. Отдельные эффекты разреза микрокератома и лазерной абляции на волновую абберацию глаза. *Am J Ophthalmol.* 2003;136:327-337.
4. Шугар А., Рапуано С.Дж., Калбертсон В.В. и др. Лазерный кератомилез in situ при близорукости и астигматизме: безопасность и эффективность: отчет Американской академии офтальмологии. *Офтальмология.* 2002;109:175-187.
5. Надь З., Такач А., Филкорн Т. и др. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2009;25:1053-1060.
6. Паланкер Д.В., Блюменкранц М.С., Андерсен Д. и др. Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты с интегрированной оптической когерентной томографией. *Научный перевод Мед.* 2010;2:58-85.
7. Косар С.Б., Гонен Т., Морей М. и др. Сравнение остроты зрения, рефракционных результатов и осложнений фемтосекундного лазера с механическим микрокератомом в LASIK. *Int J Ophthalmol.* 2013;6(3):350-355.
8. Чжай С.Б., Тянь Л., Чжоу Ю.Х. и др. Сравнение лоскутов, изготовленных с помощью фемтосекундного лазера и автоматических кератомов при суббаумэнкератомилезе. *Китайский медицинский журнал.* 2013;126(13):2440-2444.
9. Юхас Э., Филкорн Т., Краниц К. и др. Анализ запланированной и послеоперационно измеренной толщины лоскута после процедур LASIK с использованием многофункциональной фемтосекундной лазерной системы LenSx. В ожидании.
10. Надь З.З., Юхас Э., Краниц К. и др. Оценка индуцированных аббераций высшего порядка роговицы после фемто-LASIK, выполненного с помощью многофункционального фемтосекундного лазера и фоторефракционной кератэктомии. В ожидании.
11. Проспективное одноцентровое клиническое исследование субъектов, которым назначена операция LASIK, требующая первоначальной трансплантации роговичного лоскута. Проверено в марте 2012 года компанией Alcon LenSx Inc. *ClinicalTrials.gov.* Идентификатор: NCT01556893.
12. Шталь Дж.Э., Дарри Д.С., Швендеман Ф.Дж. и др. ОКТ-анализ переднего сегмента тонких фемтосекундных лоскутов IntraLase. *J Refract Surg.* 2007;23(6):555-558.
13. Гатинель Д., Саад А., Гильберт Э., Руже Х. Односторонние радужные блики после несложного фемто-LASIK с использованием фемтосекундного лазера FS-200. *J Refraction Surgery.* 2013;29(7):498-501.
14. Юхас Э., Краниц К., Шандор Г.Л., Гинес А., Тот Г., Надь З.З. Свойства волнового фронта передней и задней поверхности роговицы. *Роговица.* 2014;33(2):172-176.
15. Чжун Ли М., Мок Ли С., Джу Ли Х. и др. Изменения задней поверхности роговицы и абберации высокого порядка после рефракционных операций при близорукости средней степени тяжести. *Корейский J Офтальмолог.* 2007;21:131-136.

Классические статьи

Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты

Золтан Надь, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Мелвин Сарайба, доктор медицинских наук

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Оценить фрагментацию хрусталика фемтосекундным лазером и переднюю капсулотомию в хирургии катаракты.

МЕТОДЫ: Передняя капсулотомия и процедуры факофрагментации, выполняемые с помощью внутриглазного фемтосекундного лазера (LenSx Lasers Inc), первоначально оценивались на глазах свиней *ex vivo*. Затем эти процедуры были выполнены у девяти пациентов, перенесших операцию по удалению катаракты. В дополнение к стандартным интраоперационным оценкам (включая точность и воспроизводимость диаметра капсулотомии) для оценки процедур у людей использовалась оптическая когерентная томография.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Для предполагаемого капсулорексиса диаметром 5 мм в глазах свиньи средний достигнутый диаметр составил $5,88 \pm 0,73$ мм при использовании стандартной мануальной техники и $5,02 \pm 0,04$ мм при использовании фемтосекундного лазера. Сканирующая электронная микроскопия выявила одинаково гладкие края разреза капсулотомии фемтосекундным лазером и мануальной техникой. По сравнению с контрольными свиньи глазами фемтосекундная лазерная факофрагментация привела к снижению мощности факоэмульсификации на 43% и уменьшению времени факоэмульсификации на 51%. В небольшой серии клинических процедур на людях фемтосекундная лазерная капсулотомия и факофрагментация продемонстрировали одинаково высокий уровень точности и эффективности без каких-либо операционных осложнений.

ВЫВОДЫ: Первоначальные результаты с использованием внутриглазного фемтосекундного лазера демонстрируют более высокую точность капсулорексиса и снижение мощности факоэмульсификации в глазах свиньи и человека. [J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.]doi:10.3928/1081597X-20091117-04

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, декабрь 2009 г.

Операция по удалению катаракты с имплантацией интраокулярной линзы (ИОЛ) является наиболее распространенной офтальмологической хирургической процедурой во всем мире. Это также наиболее распространенная операция по исправлению аномалий рефракции, которую выполняют в пять раз чаще.

чем рефракционная хирургия роговицы.¹ Факоэмульсификация – это доминирующая форма хирургии катаракты в развитых странах, приходится >90% процедур.^{2,3} Хотя число- Несмотря на то, что несмотря на последние разработки в технологии ИОЛ, базовая процедура факоэмульсификации практически не изменилась за последние 20 лет и включает ряд отдельных этапов, включая создание разреза роговицы, капсулорексис и факофрагментацию.

Несмотря на свою высокую эффективность, каждый из этих ручных этапов предоставляет возможность улучшить как безопасность, так и эффективность. Например, ручной капсулорексис приводит к разрыву капсулы примерно в 1% случаев и имеет ограниченную предсказуемость диаметра, что может повлиять на центриацию ИОЛ, послеоперационную глубину передней камеры и помутнение задней капсулы.

ставки.⁴⁻⁷ Хирургические проблемы, связанные с ядерным измельчением методы препятствовали широкому распространению, несмотря на доказательства того, что они снижают требования к ультразвуку по сравнению с трафаретными технологиями.

традиционная факоэмульсификация.^{2,8}

Фемтосекундные лазеры представляют собой важное технологическое достижение в офтальмохирургии. В сочетании с оптическими системами доставки с компьютерным управлением фемтосекундные лазеры могут производить точные хирургические разрезы без побочных повреждений.

к окружающим тканям.⁹⁻¹³ С 2001 года несколько фемтосекундных лазерные системы были внедрены в клиническую практику, и с помощью фемтосекундных лазеров было выполнено более 2 миллионов офтальмологических процедур, в первую очередь для создания роговичного лоскута при LASIK. Точность фемтосекундных лазеров превосходит точность сложнейших механических устройств. побочные тканевые эффекты.¹⁴

Мы оценили новый внутриглазной фемтосекундный лазер для выполнения ключевых этапов традиционной процедуры катаракты, включая капсулотомию и фрагментацию хрусталика. Первоначальные процедуры проводились на глазах свиней *ex vivo* с последующей демонстрацией на людях.

Повышая точность процедуры удаления катаракты, эта технология может уменьшить осложнения и улучшить визуальные результаты.

ПАЦИЕНТЫ И

МЕТОДЫ Свиные глаза *Ex vivo*.

Процедуры капсулотомии и измерения диаметра. Точность и воспроизводимость диаметров фемтосекундной лазерной капсулотомии впервые сравнивались с диаметрами непрерывного криволинейного капсулорексиса вручную, при этом каждая процедура выполнялась опытным хирургом по катаракте (MS) на пяти свиных глазах *ex vivo* с предполагаемым 5-мм диаметром.

Лазерная система LenSx (LenSx Lasers Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния) использует изогнутую контактную линзу для аппланации роговицы.

Местоположение поверхности хрусталика определяется после аппланации с использованием запатентованной оптической методики. Процедуру капсулотомии диаметром 5 мм осуществляли путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 100 мкм выше капсулы. Для всех лазерных процедур использовались собственные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях. После лазерной процедуры был сделан разрез роговицы и отрезанная капсула была удалена щипцами под стандартным офтальмологическим операционным микроскопом.

При процедурах ручного капсулорексиса первоначально использовался круглый роговичный маркер, чтобы помочь хирургу создать капсулорексис правильного размера и формы. Свиной глаз незначительно увеличивает изображение в зрачковой плоскости (примерно 1,06) из-за плоской кератомной поверхности.

ширина и неглубокая передняя камера.¹⁵⁻¹⁷ По этой причине, маркер роговицы диаметром 5 мм использовался для определения запланированного капсулорексиса диаметром 5 мм. Непрерывный криволинейный капсулорексис осуществляли с помощью стандартного офтальмологического операционного микроскопа и цистотома. После создания капсулотомии каждым методом роговицу иссекали и диаметр капсульного отверстия измеряли непосредственно с помощью цифровых штангенциркулей (Mitutoyo Corp, Аврора, Иллинойс).

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Морфологию края капсулы при стандартных процедурах капсулорексиса и фемтосекундной лазерной капсулотомии также сравнивали с помощью SEM. С каждым устройством было выполнено пять процедур, как описано выше, после чего большая часть передней капсулы хрусталика (включая

капсулотомия) осторожно иссекали ножницами. Затем образец передней капсулы хрусталика фиксировали в фиксаторе Карновского (2% параформальдегид/2,5% глутаральдегид в 0,1 М фосфатном буфере). Затем образцы подвергали последовательным стадиям обезвоживания и готовили к СЭМ.

Прочность края капсулы. Сравнить прочность края капсулы после фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного капсулорексиса, диаметр, при котором происходит разрыв.

произошло, определялось для каждой процедуры.¹⁸ Фол- Чтобы создать капсулотомию каждым методом, как описано выше, материал хрусталика удаляли с помощью устройства для ирригации/аспирации (Legacy 2000; Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас) в серии свиных глаз. Затем в апертуру капсулы вводили штангенциркуль Кастровьехо (Rhein Medical, Санкт-Петербург, Флорида) с закругленными кончиками и регистрировали диаметр в нерастянутом состоянии.

Поскольку отверстие капсулы, созданное при ручном капсулорексисе, не было равномерно круглым, для этого анализа использовалось среднее значение диаметров *x* и *y*. Затем кончики медленно открывали, чтобы растянуть капсульную ткань.

Затем записывали диаметр, при котором край капсулы разрывался, и рассчитывали коэффициент растяжения (R) между растянутой и нерастянутой окружностями. Анализ проводился минимум на восьми глазах в каждой группе с запланированным центральным передним капсулотомическим отверстием диаметром 5 мм.

Фрагментация линзы. Свиные глаза животных в возрасте не менее 5 лет использовали для сравнения времени и мощности ультразвука между традиционными методами факоэмульсификации по принципу «разделяй и властвуй» и факофрагментацией с использованием лазерной сегментации ядра хрусталика. Ядро хрусталика в глазах этих старых животных всегда плотное, поэтому для полного удаления хрусталика требуется мощность ультразвука. В первой группе глаз (*n*=12, ручная группа) бороздки были созданы с помощью Alcon Leg-acy 2000 в перпендикулярных меридианах. Затем хрусталик разделили на четверти и удалили с помощью комбинации факоэмульсификации и ирригации/аспирации. Во второй группе глаз (*n*=12, фемтосекундная группа) хрусталик подвергался перекрестной фемтосекундной лазерной обработке для создания четырех равных сегментов. Лазерный рисунок состоит из двух эллипсоидных плоскостей (длиной 6 мм), которые пересекаются в центре на глубине, начиная с 1000 мкм над задней капсулой и продолжаясь вперед до менее чем 1000 мкм ниже передней капсулы. Для всех лазерных процедур использовались запатентованные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях. После введения зонда для факоэмульсификации фрагментированные квадранты хрусталика удаляли с помощью комбинации факоэмульсификации и ирригации/аспирации, при этом мощность ультразвука и время записывали для каждого образца.

ТАБЛИЦА 1

**БАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕВЯТОЧНОГО ГЛАЗА, ПЕРЕДОВОГО
ФЕМОСЕКУНДАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ХИРУРГИИ КАТАРА**

	Среднее стандартное отклонение	медиана	Диапазон
Сферическая эквивалентная рефракция (D)	0,30 2,60	0,0	от 4,70 до 2,50
Осевая длина (мм)	23,6 1,1	23,5	22,3–26,1
Толщина центральной роговицы (мкм)	534 30,2	535	с 491 по 593
Глубина передней камеры (мм)	3,4 0,5	3,5	от 2,6 до 4,0
Толщина линзы (мм)	4,2 0,4	4,3	от 3,4 до 4,7
Ядерная плотность	1,7 0,3	1,5	от 1,5 до 2,0

Исследования человека in vivo

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике/институциональных наблюдательных советов, информированного согласия и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия пациентов. Люди, участвующие в биомедицинских исследованиях.

Целью данного исследования было оценить способность внутриглазного фемтосекундного лазера успешно выполнять переднюю капсулотомию и факофрагментацию во время операции по удалению катаракты. В это предварительное исследование были включены девять глаз девяти пациентов (четыре мужчины, пять женщин), которым было запланировано хирургическое вмешательство по поводу катаракты/ИОЛ, после предоперационного скрининга на пригодность и информированного согласия. Из исследования были исключены пациенты с активным заболеванием глаз, слабо расширенными зрачками, перенесенными ранее операциями на глазах или известной слабостью связок. Средний возраст пациентов составил 61 год (диапазон: от 48 до 77 лет). Предоперационные данные рефракции, аксиальная длина, толщина роговицы, глубина передней камеры, толщина линзы и плотность линзы (0 = очень мягкая, 1 = полумягкая, 2 = средняя, 3 = жесткая, 4 = очень твердая). показано в таблице 1.

После расширения зрачков (1 капля 0,5% тропикамида каждые 15 минут 3) и инстилляции местной анестезии (0,5% пропаракаина HCl) или ретробульбарной анестезии (с использованием 1,5–2,0 мл 2% лидокаина и 0,5% маркаина). 50/50) были выполнены следующие девять комбинаций процедур: только фрагментация хрусталика (n=3), только передняя капсулотомия (n=3) и комбинированная фрагментация хрусталика и передняя капсулотомия (n=3). Все лазерные процедуры проводились с использованием лазерной системы LenSx. Лазерный рисунок фрагментации хрусталика состоит из двух эллипсоидных плоскостей, которые пересекаются в центре, при этом высота поперечного рисунка запрограммирована так, чтобы обеспечить зазор в 1 мм от задней и передней поверхности линзы. Высота цилиндрического шаблона для

Форма капсулотомии была запрограммирована на расстоянии не менее 100 мкм ниже и выше передней капсулы с настройкой диаметра 4,5 мм для обоих шаблонов. Для всех лазерных процедур использовались собственные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях. После программирования хирургический шаблон центрировался хирургом (З.Н.) в расширенном зрачке и инициировался с помощью ножного переключателя, при этом комбинированные лазерные процедуры фрагментации и капсулотомии выполнялись примерно за 1 минуту. Сразу после лазерной процедуры пациентов оценивали с помощью оптической когерентной томографии (Visante OCT; Carl Zeiss Meditec, Фремонт, Калифорния) для оценки лазерных разрезов.

Затем пациента подготовили и наложили на операцию, которая проводилась с использованием стандартных стерильных методов и инструментов. После удаления передней капсулотомии, созданной лазером, образец накладывался на роговицу и сглаживался. Диаметр измерялся непосредственно по двум перпендикулярным осям с использованием штангенциркуля Ваггауэра (Asico, Вестмонт, Иллинойс). Затем для завершения процедуры была проведена стандартная факоэмульсификация. В случаях, когда проводилась лазерная факофрагментация, ядро разделялось на четыре части с помощью легкого давления факосонда. При нелазерном лечении хрусталиков применяли двухсекционный метод разделения и завоевания ядер, позволяющий сегментацию на четыре квадранта и последующую эмульгацию.

Для каждого случая регистрировали мощность и время ультразвука.

После удаления коры хрусталика в капсульный мешок имплантировали ИОЛ.

Пациенты придерживались стандартного послеоперационного режима, состоящего из одной капли 0,3% офтальмологической суспензии тобрамицина и 0,1% дексаметазона четыре раза в день в течение 7–10 дней. В послеоперационном периоде пациентов осматривали через стандартные промежутки времени после операции по удалению катаракты: в первый день, через 1 неделю и через 1 месяц.

ТАБЛИЦА 2

СРАВНЕНИЕ ДИАМЕТРА КАПСУЛОТОМИИ ПРИ 5-ММ ПРЕДПОЛАГАЕМОМ КАСУЛОРЕКСИСЕ
В EXVIVOPORCINEEEEEE

Среднее ± стандартное отклонение (диапазон) [95% ДИ]

Измеренная ось	Ручной капсулорексис (n=12)	Фемтосекундный лазер LenSx (n=10)
X-диаметр	5,76±0,72(4,71–6,80)[5,30–6,21]	5,02±0,04 (4,94–5,07)[4,99–5,05]
Y-диаметр	6,00±0,81(4,90–7,39)[5,48–6,51]	5,02±0,04 (4,94–5,07)[4,99–5,05]
Средний диаметр	5,88±0,73(4,88–6,83)[5,42–6,34]	5,02±0,04 (4,94–5,07)[4,99–5,05]
Средняя ошибка (%) (мм)	0,88(17,6)	0,02(0,4)

SD = одно стандартное отклонение, CI = доверительный интервал

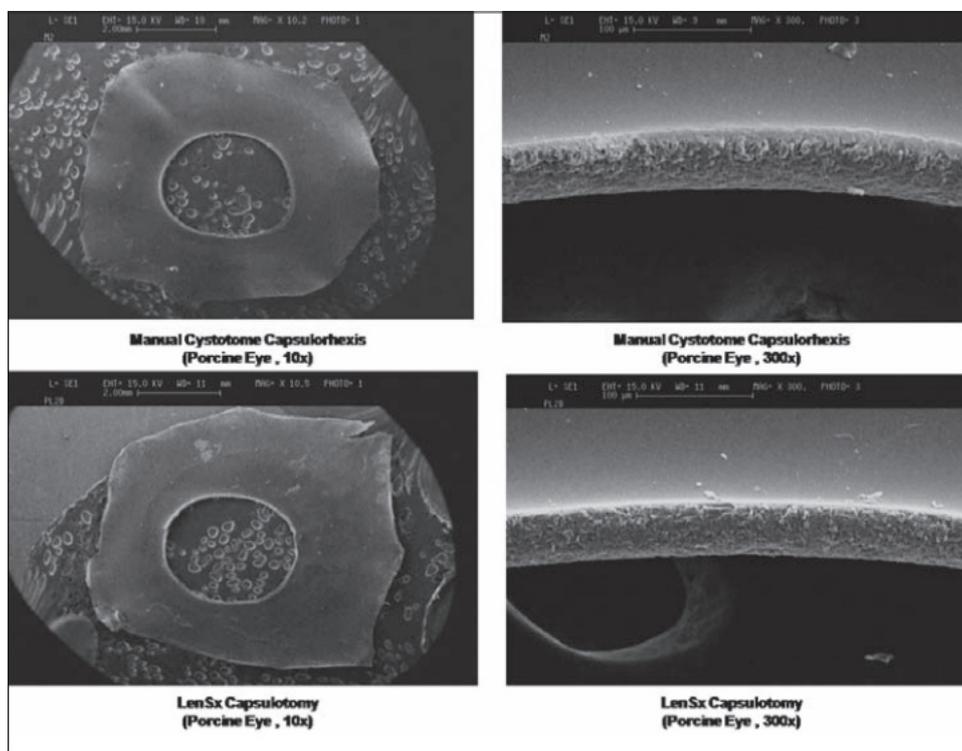


Рисунок 1. Сканирующая электронная микроскопия капсулотомий на глазах свиньи, созданных вручную хирургом и созданных с помощью фемтосекундного лазера LenSx.

ПОЛУЧЕННЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследования на свиньях Ex vivo

Измерения диаметра капсулотомии. Как показано в таблице 2, воспроизводимость размеров капсулотомии, созданной фемтосекундным лазером LenSx, была значительно выше, чем при ручном капсулорексисе ($P < 0,001$, F-тест). Эта значительная разница была обнаружена, несмотря на физическую маркировку желаемого диаметра капсулорексиса при ручных процедурах, шаг, который обычно не выполняется клинически. Капсулорексия приводила к нециркулярной капсулотомии со средней разницей между x- и y-диаметрами примерно 300 мкм. Капсулотомия, созданная фемтосекундным лазером

были равномерно круглыми без измеримой разницы между x- и y-диаметрами. Точность передней капсулотомии, созданной фемтосекундным лазером, также была значительно выше, чем при ручном капсулорексисе ($P < 0,001$).

Сканирующая электронная микроскопия. Недавние исследования показывают, что морфология краев может предсказать прочность краев капсулы и устойчивость к разрывам капсулы, а также гладкую поверхность капсулы. регулярные края являются наиболее выгодными.¹⁸ Как видно в На рисунке 1, на котором показаны репрезентативные изображения ручного капсулорексиса и капсулотомии LenSx (при 10-кратном и 300-кратном увеличении), края лазерной капсулотомии были, по крайней мере, такими же гладкими, как и при ручном капсулорексисе.

ТАБЛИЦА 3

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ
ТКАНЕЙ НА СВИНЫХ ГЛАХ ДЛЯ КАПСУЛЬНЫХ
ОТВЕРСТИЙ, СОЗДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ РУЧНОГО
КАПСУЛОРЕКССИСА И
ЛИНЗ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА

Группа	Коэффициент растяжения окружности (среднее стандартное отклонение, диапазон)
Ручной капсулорексис (n=8)	1,98 0,08 (от 1,84 до 2,09)
Лазер LenSx (n=10)	2,13 0,03 (2,07–2,17)

Примечание. Большее растяжение означает более сильный капсулорексис.

Прочность края капсулы. Результаты теста на растяжение для обоих методов капсулотомии показаны в Таблице 3. Коэффициент растяжения апертур капсул, созданный фемтосекундным лазером LenSx, был больше, чем коэффициент растяжения, созданный ручной передней капсулотомией ($P < 0,001$), со значениями для ручной капсулорексис, аналогичный обнаруженному

в других отчетах.¹⁸

Факофрагментация. Как видно на рисунке 2, средняя мощность факотерапии снизилась на 43% ($P < 0,001$) в глазах, подвергшихся факофрагментации, при этом эффективное время факотерапии снизилось на 51% ($P < 0,001$).

Процедуры на человеке in vivo

Создание капсулотомии. Изолированная капсулотомия была выполнена на трех глазах, а еще на трех глазах была выполнена комбинированная лазерная капсулотомия и процедуры фрагментации. В процедурах лазерной капсулотомии использовалась та же цилиндрическая структура, что и на глазах свиней.

Оптическая когерентная томография, выполненная сразу после лазерного лечения, выявила полный разрез во всех сканированных меридианах с небольшой ретракцией края разреза (рис. 3).

Передняя капсулотомия была полной на всех глазах и не требовала использования ножниц для вырезания какой-либо неповрежденной части. После любой из процедур не наблюдалось радиальных разрывов. Во всех случаях достигнутый диаметр образца (по обоим осям) равнялся предполагаемому диаметру с точностью до калибра, что давало среднюю погрешность диаметра 0,0 мм.

Факофрагментация. Лазерные процедуры были выполнены на трех глазах, а еще на трех глазах была проведена комбинированная лазерная капсулотомия и процедуры фрагментации. В процедурах лазерной фрагментации использовалась та же перекрестная картина, что и при оценке на глазах свиней.

Оптическая когерентная томография, выполненная сразу после лазерного лечения (см. рис. 3), продемонстрировала, что картина лазерной фрагментации была эффективно реализована, при этом разделение ядра на более мелкие сегменты легко выполнялось до факоэммульсификации (рис. 4).

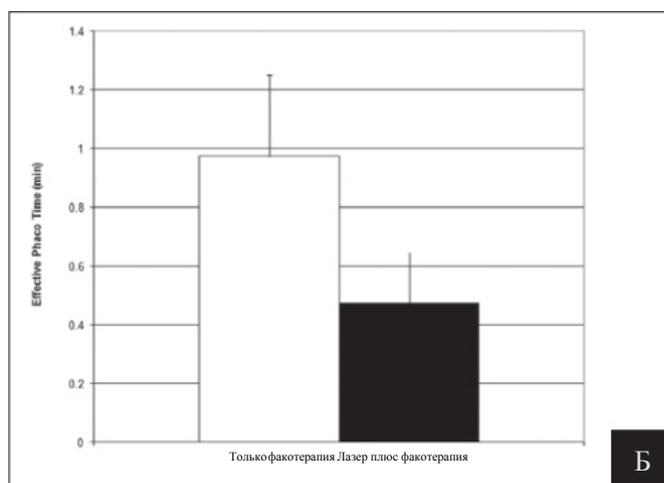
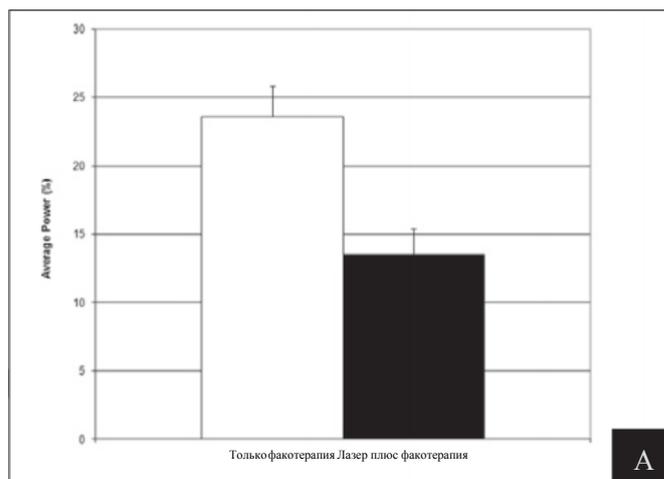


Рисунок 2. А) Сравнение средней мощности факотерапии между двумя группами свиных глаз показало снижение на 43% в глазах, предварительно обработанных фемтосекундным лазером LenSx ($P < 0,001$). Б) Сравнение эффективного времени факотерапии между двумя группами свиных глаз показало снижение на 51% в глазах, предварительно обработанных фемтосекундным лазером LenSx ($P < 0,001$). Столбики ошибок обозначают одно стандартное отклонение.

Удаление хрусталика прошло без происшествий во всех глазах, при успешной имплантации ИОЛ. ИОЛ была центрирована во всех исследуемых глазах, разрывов задней капсулы не наблюдалось. На основании визуального осмотра под операционным микроскопом хирург определил, что все капсулотомии были хорошо центрированы. Линзы, подвергшиеся лазерной фрагментации, были легко разделены на сегменты, при этом требования к мощности/времени факотерапии для полного удаления линзы были меньше, чем у глаз, не подвергшихся лазерной факофрагментации.

Послеоперационные данные с помощью щелевой лампы. В первый день в семи из девяти исследуемых глаз наблюдался легкий отек роговицы, что соответствует стандартным процедурам, выполняемым одним и тем же хирургом. В каждом из этих случаев отек полностью разрешился через 1 неделю наблюдения. Никаких ссадин роговицы после лазерной процедуры или во время послеоперационного наблюдения не наблюдалось.

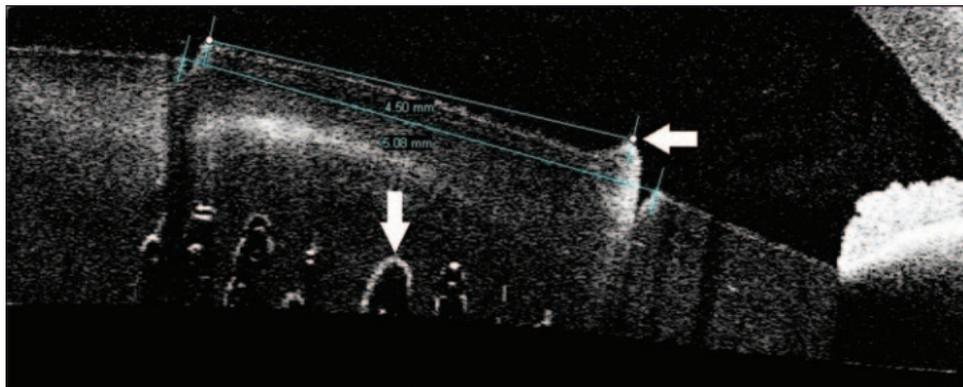


Рисунок 3. Оптическая когерентная томография глаза сразу после фемтосекундной лазерной капсулотомии и факофрагментации лазером LenSx. В плоскости расщепления ядра видны внутрилинтулярные пузырьки (стрелка вниз). Также показан точный диаметр и полное отделение передней капсулы без остаточной адгезии (стрелка слева).

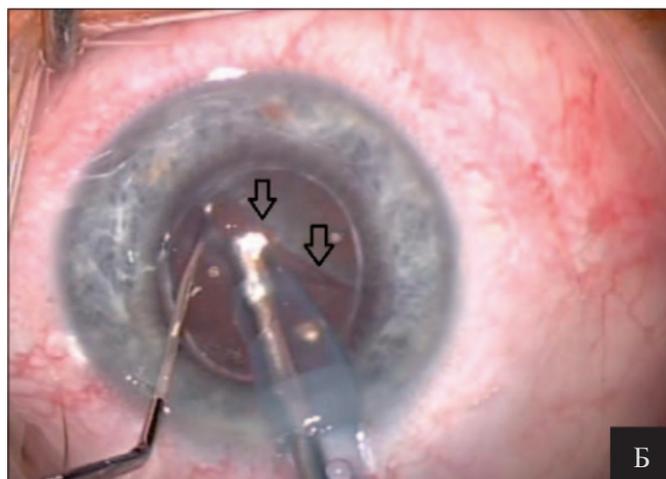
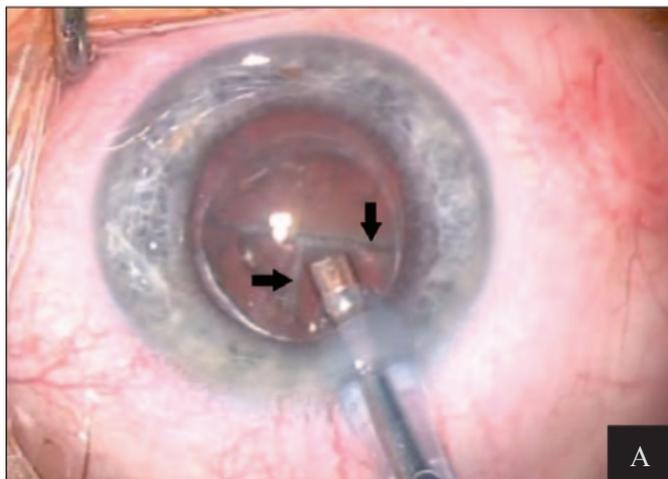


Рисунок 4. А) Интраоперационное изображение, показывающее X-образную картину фемтосекундной лазерной факофрагментации (стрелки), разделяющую ядро на четыре равных сегмента. Б) Распространение разрезанных сегментов демонстрирует прямой раскол (стрелки), созданный фемтосекундным лазером LenSx.

Следовые количества клеток передней камеры и FL присутствовали в шести глазах в первый день наблюдения. Эти наблюдения снова соответствовали стандартным процедурам, выполненным тем же хирургом, с полным разрешением на всех глазах через 1 неделю. До операции и в течение периода наблюдения у всех пациентов наблюдался нормальный осмотр зрачков, без каких-либо признаков повреждения радужной оболочки, атрофии или дефектов трансиллюминации, наблюдавшихся ни в одном глазу в ходе исследования.

Результаты послеоперационной остроты зрения. Остроту зрения измеряли исходно, через 1 день, 1 неделю и 1 месяц. Скорректированная острота зрения вдаль составила 20/40 или лучше в семи (77,8%) из девяти глаз через 1 день и в девяти (100%) из девяти глаз через 1 неделю. Через 1 месяц после операции все глаза были 20/20.

Внутриглазное давление (ВГД). Среднее ВГД на исходном уровне для всей популяции составляло 13,8 мм рт. ст. (диапазон: от 10 до 18 мм рт. ст.). Среднее ВГД через 1 день, 1 неделю и 1 месяц составило 16,1 мм рт. ст. (диапазон: от 12 до 19 мм рт. ст.), 16,0 мм рт. ст. (диапазон: от 15 до 18 мм рт. ст.) и 14,2 мм рт. ст. (диапазон: от 11 до 18 мм рт. ст.) соответственно. Ни в одном из глаз ни в какой момент времени ВГД не составляло 21 мм рт. ст.

Осложнения и нежелательные явления. В ходе исследования не возникло никаких нежелательных явлений или осложнений.

ОБСУЖДЕНИЕ

Мы оценили фемтосекундный лазер LenSx для внутриглазных процедур, включая разрезы капсулы хрусталика и фрагментацию ядра хрусталика. Передняя капсулотомия, созданная с помощью лазера, созданная *ex vivo*, была более однородной, точной и предсказуемой, чем передняя капсулорексис, выполненная вручную. Интересно, что прочность края лазерной капсулы, о чем свидетельствует соотношение максимально растянутой и нерастянутой окружностей, была, по меньшей мере, такой же высокой, как и при ручном капсулорексисе. Представленные исследования *ex vivo* на глазах свиней также позволяют предположить, что снижение мощности и времени факотерапии может наблюдаться, когда лазерная факофрагментация выполняется в сочетании с факоэмульсификацией.

Первоначальные процедуры, выполненные на людях, дополнительно подтверждают возможность использования внутриглазной фемтосекундной лазерной системы LenSx для повышения безопасности и воспроизводимости двух наиболее важных этапов лечения катаракты.

Операция, передняя капсулотомия и факофрагментация. В отличие от предыдущих попыток, направленных на улучшение ручного капсулорексиса с помощью физического или

виртуальные штангенциркули, 5,19,20

точность созданных лазером кап-

сулярные разрезы в значительной степени не зависят от хирурга и потенциально более гибки с точки зрения размера, формы и расположения. Хотя рефракционный результат не был в центре внимания этого первоначального отчета, важность капсулотомии идеального размера и симметричной формы при рефракционной рефракции

производительность получает все большее признание.^{5,21,22} В по сравнению с более ранними технологиями лазерной факофрагментации методы с лазерными системами Nd:YAG и эрбий:YAG,²³⁻²⁷

Процедура фемтосекундного лазера позволяет разделить ядро низкоэнергетическими импульсами без необходимости физического проникновения в глаз, тем самым упрощая процедуру факоэмульсификации.

Хотя для дальнейшей оценки потенциальных клинических преимуществ и ограничений фемтосекундной лазерной технологии в хирургии катаракты необходимы дополнительные клинические исследования, в этом пилотном исследовании не было выявлено никаких проблем с безопасностью. Важно отметить, что длина волны лазера не поглощается роговицей.

В отличие от больших ударных и акустических волн, генерируемых устройством факоэмульсификации, которые могут быть связаны при повреждении эндотелиальных клеток,²⁸⁻³¹ те, которые созданы женщинами

Фоторазрушение до секунды рассеивается в пределах примерно 100 мкм от целевой ткани хрусталика, то есть в миллиметрах от роговицы.^{9,32-36} Аналогично, максимальная флюенс сетчатки

из LenSx примерно в пять раз меньше порога поражения залповым выстрелом, определенного Шум-

Ахер и др.³⁷ Эти выводы согласуются с безопасностью.

установлен рекорд фемтосекундной лазерной хирургии роговицы, проведенной более чем в 2 миллионах процедур за последнее десятилетие.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (З.Н.,М.С.); сбор данных(З.Н.,А.Т.,Т.Ф.); интерпретация и анализ данных (МС); оформление рукописи (З.Н.,М.С.); критическая редакция рукописи (А.Т.,Т.Ф.,М.С.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексный отчет о мировом рынке одноразовой офтальмохирургической продукции за 2009 год. Объем рынка. Август 2009.
2. Изучение Д.В. Стили практики и предпочтения членов ASCRS — опрос 2003 г. J Хирургия рефракции катаракты. 2004;30:892-900.
3. Изучение Д.В. Практика, стили и предпочтения членов ASCRS — опрос 2001 г. J Хирургия рефракции катаракты. 2002;28:1681-1688.
4. Маркес Ф.Ф., Маркес Д.М., Ошер Р.Х., Ошер Дж.М. Судьба разрывов передней капсулы во время операции по удалению катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32:1638-1642.
5. Дик Х.Б., Пенья-Асесес А., Маннс А., Крумменауэр Ф. Новая технология определения размеров непрерывного криволинейного капсулорексиса: проспективное испытание. J Хирургия рефракции катаракты. 2008;34:1136-1144.
6. Норрби С. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярных линз. J Cat-aract Refract Surg. 2008;34:368-376.
7. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовые результаты рандомизированного проспективного исследования. Am J Офтальмол. 1999;128:271-279.
8. Джан И, Такмаз Т., Какичи Ф., Озгюль М. Сравнение методов факоэмульсификации Нагахара и факоэмульсификационной нуклеотомии типа «стоп-и-чип». J Хирургия рефракции катаракты. 2004;30:663-668.
9. Фогель А., Швайгер П., Фризер А., Асио М.Н., Бирнгрюбер Р. Внутриглазная хирургия Nd:YAG-лазером: взаимодействие легких тканей, диапазон повреждений и снижение побочных эффектов. Журнал IEEE по квантовой электронике. 1990;26:2240-2260.
10. Лозель Ф.Х., Нимц М.Х., Билле Дж.Ф., Юхас Т. Лазерно-индуцированный оптический пробой твердых и мягких тканей и его зависимость от длительности импульса. Журнал IEEE по квантовой электронике. 1996;32:1717-1722.
11. Юхас Т., Кастис Г., Суарес С., Тури Л., Бор З., Брон В.Е. Динамика ударных волн и кавитационных пузырьков при фоторазрушении сред глаза и их зависимость от длительности импульса. В: Жак С.Л., изд. Взаимодействие лазера с тканями VII. Труды SPIE. 1996;2681:428-436.
12. Курц Р.М., Лю Х, Элнер В.М., Сквайер Дж.А., Ду Д., Муру Г. Фоторазрушение в роговице человека как функция ширины лазерного импульса. J Катарактальная рефракционная хирургия. 1997;13:653-658.
13. Зейтц Б, Лангенбухер А, Хоманн-Руммельт С, Шлэцер-Шрехардт У, Науманн Г.О. Немеханическая задняя ламеллярная кератопластика с использованием фемтосекундного лазера (фемто-плак) при декомпенсации эндотелия роговицы. Am J Офтальмол. 2003;136:769-772.
14. Юхас Т., Лозель Ф.Х., Курц Р.М., Хорват С., Билле Дж.Ф., Муру Г. Рефракционная хирургия роговицы с фемтосекундными лазерами. Журнал IEEE по избранным темам квантовой электроники. 1999;5:902-910.
15. Шесна Д.Х., Каспржак Х.Т. Моделирование влияния геометрии роговицы на изображение зрачка человеческого глаза. Оптик. 2006;117:341-347.
16. Холмен Дж.Б., Экстен Б., Лундгрэн Б. Оценка глубины передней камеры по фотографии Шаймпфлюга. Акта Офтальмол Сканд. 2001;79:576-579.
17. Ким Й.Х., Чхве Дж.С., Чун Х.Дж., Джу К.К. Влияние скорости резекции и присасывающего кольца на формирование лоскута роговицы при лазерном кератомилезе in situ. J Хирургия рефракции катаракты. 1999;25:1448-1455.
18. Триведи Р.Х., Уилсон М.Е., Бартоломью Л.Р. Оценка растяжимости и сканирующей электронной микроскопии 5 педиатрических методов передней капсулотомии на модели свиньи. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32:1206-1213.
19. Уоллес РБ III. Отметка диаметра капсулотомии. J Хирургия рефракции катаракты. 2003;29:1866-1868.
20. Тассиньон М.Дж., Розема Дж.Дж., Гобли Л. Кольцеобразный штангенциркуль для лучшего определения размера и центрирования переднего капсулорексиса. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32:1253-1255.
21. Оми С. Децентрация, связанная с асимметричным сжатием капсулы и размером интраокулярной линзы. J Хирургия рефракции катаракты. 1993;19:640-643.
22. Чекич О., Бэтмен К. Взаимосвязь между размером капсулорексиса и глубиной передней камеры. Офтальмологические хирургические лазеры. 1999;30:185-190.
23. Канеллопулос А.Дж., Додик Дж.М., Браувейлер П., Альзнер Э. Фотолит Додика при хирургии катаракты: ранний опыт применения неодимового: YAG-лазера с модулирующей добротности у 100 последовательных пациентов. Офтальмология. 1999;106:2197-2202.
24. Канеллопулос А.Дж.; Исследовательская группа по фотолиту. Лазерная хирургия катаракты: проспективная клиническая оценка 1000 последовательных лазерных процедур катаракты с использованием системы фотолита Додика Nd:YAG. Офтальмология.2001;108:649-655.
25. Хюц В.В., Экхардт Х.Б. Фотолит с использованием лазерной системы Dodick-ARC при хирургии катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2001;27:208-212.

26. Боуман Д.М., Аллен Р.К. Эрбиевый: YAG-лазер при экстракции катаракты. J Долгосрочные имплантаты Eff Med. 2003;13:503-508.
27. Додик Дж. М., Лалли Дж. М., Спербер Л.Т. Лазеры в хирургии катаракты. Курр Опин Офтальмол. 1993;4:107-109.
28. Шин Ю.Дж., Ниши Ю., Энглер С., Кан Дж., Хашми С., Джун А.С., Гельбах П.Л., Чак Р.С. Влияние энергии факэмульсификации на окислительно-восстановительное состояние культивируемых эндотелиальных клеток роговицы человека. Арка Офтальмол. 2009;127:435-441.
29. Мурано Н., Ишизаки М., Сато С., Фукуда Ю., Такахаси Х. Повреждение эндотелиальных клеток роговицы свободными радикалами, связанными с ультразвуковыми колебаниями. Арка Офтальмол. 2008;126:816-821.
30. Сторр-Паулсен А., Норрегаард Дж.К., Ахмед С., Сторр-Паулсен Т., Педерсен Т.Х. Повреждение эндотелиальных клеток после операции по удалению катаракты: метод «разделяй и властвуй» против метода фако-чоп. J Хирургия рефракции катаракты. 2008;34:996-1000.
31. Ричард Дж., Хофф Арт Л., Чавейн Ф., Райдингс Б., Конрат Дж. Потеря эндотелиальных клеток роговицы после экстракции катаракты с использованием ультразвуковой факэмульсификации по сравнению с системой на основе жидкости. Роговица. 2008;27:17-21.
32. Хансен В.П., Файн С. Модели гранул меланина при повреждении сетчатки, вызванном импульсным лазером. Прикладная оптика. 1968;7:155-159.
33. Голдман А.И., Хэм В.Т. младший, Мюллер А.Х. Пороги поражения глаз и механизмы воздействия ультракоротких импульсов видимого и инфракрасного лазерного излучения у макак-резус. Exp Eye Res. 1977;24:45-56.
34. Каин К.П., Тот К.А., Нуджин Г.Д., Карозерс В., Столарски Д.Дж., Роквелл Б.А. Пороги видимых повреждений глаз приматов, вызванных ультракороткими лазерными импульсами ближнего инфракрасного диапазона. Инвестируйте офтальмол Vis Sci. 1999;40:2343-2349.
35. Зиссет Б, Фудзимото ФГ, Дойч ТФ. Измерения пикосекундного оптического пробоя с временным разрешением. Прикладная физика Б. 1989;48:139-147.
36. Юхас Т., Кастис Г.А., Суарес С., Бор З., Брон В.Е. Данные с временным разрешением ударных волн и кавитационных пузырьков, генерируемых фемтосекундными лазерными импульсами в ткани роговицы и воде. Лазеры Surg Med. 1996;19:23-31.
37. Шумахер С., Сандер М., Столте А., Доепке С., Баумгертнер В., Любачовски Х. Исследование возможного повреждения сетчатки, вызванного фс-LASIK. В: Седергерг П.Г., Хо А., Маннс Ф., ред. Офтальмологические технологии XVI. Труды ШПИЭ. 2006;6138:613811-1 - 613811-9.

ОКТ-изображения переднего сегмента после фемтосекундной лазерной хирургии катаракты

Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Тибор Юхас, доктор философии, доктор наук; Эрик Донненфельд, доктор медицины; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Хорхе Л. Алио, доктор медицинских наук, доктор философии

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Сообщить о характеристиках визуализации переднего сегмента после операции по удалению катаракты с использованием фемтосекундного лазера.

МЕТОДЫ: Операция по удалению катаракты была выполнена с помощью фемтосекундного лазера LenSx (Alcon-LenSxInc., Алисо Вьехо, Калифорния) на 40 глазах 40 пациентов. Лазер был запрограммирован на выполнение капсулорексиса диаметром 4,5 мм, поперечной фрагментации ядра, основного разреза длиной 2,8 мм и бокового разреза диаметром 1,0 мм. Затем передний сегмент анализировали с использованием программы переднего сегмента Visante OCT (Zeiss-Meditec AG, Йена, Германия).

РЕЗУЛЬТАТЫ: Установленные до операции параметры лечения хорошо коррелировали с достигнутыми результатами. Для капсулорексиса фемтосекундный лазерный разрез был запрограммирован на 350 мкм позади передней капсулы хрусталика, а ОКТ измерял $377 \pm 55,3$ мкм. Фрагментация ядра была запрограммирована так, чтобы она начиналась на расстоянии 750 мкм перед задней капсулой и заканчивалась на расстоянии 550 мкм позади передней капсулы, а ОКТ измеряла 794 ± 111 и 568 ± 147 мкм соответственно.

Диаметр капсулорексиса, измеренный с помощью ОКТ, составил $4,54 \pm 0,2$ мм по сравнению с запрограммированными 4,5 мм.

ВЫВОДЫ: ОКТ-изображения переднего сегмента позволили выявить изменения тканей хрусталика после фемтосекундного лазерного капсулорексиса и фрагментацию ядра.

Измеренные значения хорошо коррелировали с запланированными параметрами лечения.

[J Refract Surg 2013; 29: 110-112.]

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, февраль 2013 г.

Фемтосекундная лазерная технология в последние годы широко используется, особенно в хирургии роговицы. Первое применение на роговице О создании лоскута при LASIK сообщалось в 2003 году.¹ Техника был впервые описан Курцем и др.² и позже Фогель³ и Юхас⁴ внес свой вклад.

В последние годы стали применяться фемтосекундные лазерные технологии. предложил операцию по удалению катаракты.⁵⁻¹¹ Сообщаем о результатах ан-визуализация переднего сегмента сразу после фемтосекундной лазерной обработки хрусталика и роговицы во время операции по удалению катаракты, с особым вниманием к морфологическим изменениям, наблюдаемым внутри хрусталика и роговицы.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В это исследование были включены сорок глаз 40 пациентов с катарактой. Степень катаракты оценивалась по системе классификации помутнений хрусталика III (LOCS III). Все глаза находились между LOCS 2.0 и 4.0. Критериями исключения были размер расширенного зрачка менее 6 мм, рубцы роговицы, подвывих хрусталика, предыдущая операция на глазу и очень тяжелая (более LOCS 4.0) или зрелая катаракта.

Пациенты дали информированное согласие на процедуру фемтосекундного лазера, и исследование было одобрено Этическим комитетом университета (Университет Земмельвейса, Будапешт) и Региональным этическим комитетом. Была проведена операция как подробно описано в другом месте.⁷ Короче все операции были выполнены под местной анестезией (пропаракаина гидрохлорид 0,5%) тем же хирургом (ЗЗН). Фемтосекундная лазерная система LenSx

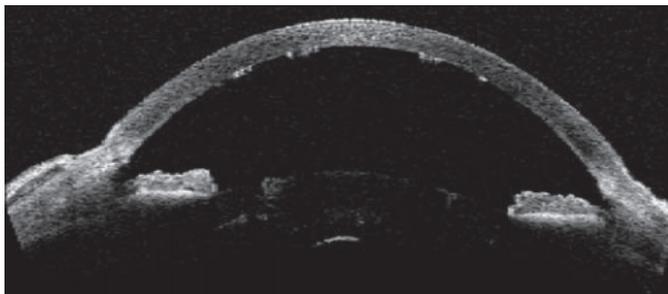


Рисунок 1. Пузырьки углекислого газа, прикрепленные к эндотелию роговицы (Visante OCT; Zeiss Meditec AG, Йена, Германия).



Рисунок 3. Лазерная капсулотомия в передней капсуле (Visante OCT; Zeiss Meditec AG, Йена, Германия).

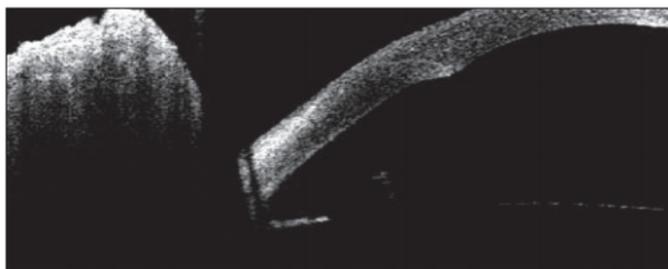


Рисунок 5. Саможивающаяся рана роговицы, созданная с помощью фемтосекундного лазера (Visante OCT; Zeiss Meditec AG, Йена, Германия).

(Alcon LenSx Lasers Inc., Алисо-Вьехо, Калифорния) использовали для создания капсулотомии диаметром 4,5 мм, фрагментации ядра в поперечном направлении диаметром 4,5 мм и двух разрезов роговицы (2,8 мм в двух плоскостях) основной разрез и разрез бокового порта в одной плоскости толщиной 1,0 мм). Лазерная резка капсулотомии была запрограммирована так, чтобы начинаться на 350 мкм ниже передней капсулы хрусталика и заканчиваться на 100 мкм выше передней капсулы. Фрагментация ядра была запрограммирована так, чтобы она начиналась в 750 мкм перед задней капсулой и заканчивалась в 550 мкм позади передней капсулы.

На всех обработанных глазах визуализация переднего отрезка проводилась с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) (Visante OCT; Zeiss Meditec AG, Йена, Германия) сразу после фемтосекундной лазерной процедуры. Для визуализации переднего сегмента, включая переднюю капсулу, материал хрусталика и роговицу, использовались программы роговицы с одним передним или сегментом и роговицы с высоким разрешением. Программное обеспечение Visante использовалось для измерения размеров обработанной лазером области за передней капсулой.

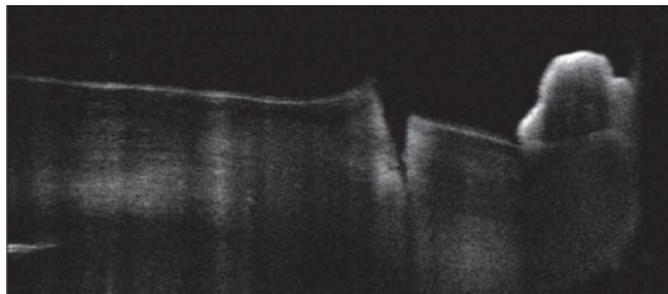


Рисунок 2. Непрерывная криволинейная капсулотомия, созданная лазером. В нижней части виден полный капсулорексис (Visante OCT; Zeiss Meditec AG, Йена, Германия).

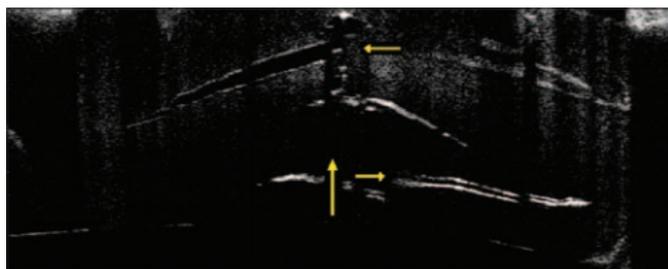


Рисунок 4. Плоскость диссекции фемтосекундного лазера внутри ядра хрусталика (Visante OCT; Zeiss Meditec AG, Йена, Германия).

образования капсулорексиса и расстояния фрагментации ядра от передней и задней капсулы при фрагментации ядра. Также были проанализированы форма и положение лазерных разрезов роговицы.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На всех глазах достигнут интактный, круглый и полный капсулорексис. При создании капсулорексиса в передней камере появились пузырьки углекислого газа. (Рисунок 1).¹² Лазерные импульсы стартовали на расстоянии 377 ± 55 мкм позади передней капсулы, по данным ОКТ Visante (рис. 2). После фемтосекундной лазерной обработки диаметр капсулорексиса составил $4,54 \pm 0,2$ мм (рис. 3).

Во всех глазах на ОКТ-изображении были видны поперечные линии фрагментации внутри ядра хрусталика. Лазерные импульсы создавали внутри линзы две вертикальные плоскости, перпендикулярные друг другу. У 22 глаз (45%) внутри хрусталика образовалась дополнительная горизонтальная плоскость (рис. 4). Это горизонтальный слой скорее всего, это было вызвано пузырьками углекислого газа¹² образуются внутри ядра во время лазерного лечения. Плоскости фемтосекундной лазерной фрагментации простирались на расстояние от 568 ± 147 мкм за передней капсулой до 794 ± 111 мкм от задней капсулы.

Два роговичных разреза (основной разрез 2,8 мм и боковой порт 1,0 мм) были запрограммированы на длину 1,8 мм. Измеренные значения (ОКТ) были одинаковыми и составили $1,84 \pm 0,12$ мм (рис. 5). Планируемая ширина

разрезов составила 2,8 мм, тогда как послеоперационная величина составила $2,71 \pm 0,11$ мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Насколько нам известно, это первый отчет о визуализации переднего сегмента сразу после применения фемтосекундного лазера при хирургии катаракты. Фемтосекундные лазеры были впервые использованы для проведения процедур переднего циркулярного капсулорексиса и факофрагментации в глазах свиней Надьем.

и другие.⁵

Первоначальные результаты продемонстрировали более высокую точность лазерной капсулотомии, чем ручной капсулорексис, как в свиные глаза⁵ и клинически.^{6,7}

Фемтосекундная лазерная система, используемая в нашем исследовании, использует встроенную ОКТ для измерения размеров переднего сегмента, а именно роговицы, передней и задней капсулы хрусталика и ядра. Лазерное лечение планируется и проводится на основе этих измерений. В этом исследовании мы оценили фактическое место лечения с помощью другой системы ОКТ переднего сегмента сразу после лазерного лечения и сравнили измеренные значения с запланированными значениями.

Мы обнаружили, что дооперационно установленные параметры лазерного лечения хорошо коррелируют с достигнутыми результатами.

Это указывает на то, что встроенная система ОКТ надежна при измерении переднего сегмента и управлении лазерным лечением при лазерной рефракционной хирургии катаракты.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (JLA, ED, TJ, KK, ZZN); сбор данных (JLA, TF, ZZN, AIT); анализ и интерпретация данных (JLA, TF, MCK, ZZN); оформление рукописи (JLA, ZZN); критическая редакция рукописи (JLA, ED, TF, KK, MCK, AIT); статистическая экспертиза (JLA); административная, техническая или материальная поддержка (TF, AIT); надзор (JLA, KK)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Раткай-Трауб И., Феринц И., Юхас Т., Курц Р.М., Крюгер Р.Р. Первые клинические результаты применения фемтосекундного лазера на неодимовом стекле в рефракционной хирургии. *J Refract Surg.* 2003;19(2):94-103.
2. Курц Р.М., Лю Х., Эльнер В.М. и др. Плазменная абляция роговицы человека в зависимости от ширины лазерного импульса. *J Refract Surg.* 1977;13:653-658.
3. Фогель А., Кейпон МРС, Фогель А., Бирнгрубер Р. Внутриглазное фоторазрушение пикосекундными и наносекундными лазерными импульсами: тканевые эффекты в роговице, хрусталике и сетчатке. *Инвестируйте офтальмол Vis Sci.* 1994;35(7):3032-3044.
4. Юхас Т., Кастис Г.А., Суарес Г., Бор З., Брон Э.В. Данные с временным разрешением ударных волн и кавитационных пузырьков, генерируемых фемтосекундными лазерными импульсами в ткани роговицы и воде. *Лазеры Surg Med.* 1996;19(1):23-31.
5. Надь З.З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2009;25(12):1053-1060.
6. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg.* 2011;27(8):564-569.
7. Краниц К., Такач А., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg.* 2011;27(8):558-563
8. Михальц К., Кнорц М.К., Алио Дж.Л. и др. Внутренние аберрации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2011;27(10):711-716.
9. Краниц К., Такач А., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Применение внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте после проникающей и тупой травмы. *J Refract Surg.* 2012;28(2):151-153.
10. Филкорн Т., Ковач И., Такач А., Хорват Э., Кнорц М.К., Надь З.З. Сравнение расчета мощности ИОЛ и рефракционного результата после лазерной рефракционной хирургии катаракты с использованием фемтосекундного лазера и традиционной факоэмульсификации. *J Refract Surg.* 2012;28(8):540-544.
11. Эчеди М., Михальц К., Ковач И., Такач А., Филкорн Т., Надь З.З. Влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на макулу. *J Refract Surg.* 2011;27(10):717-722.
12. Хабиб М.С., Спикер М.Г., Шнаттер В.Ф. Масс-спектрометрический анализ побочных продуктов интрастромальной фоторефракционной кератэктомии. *Офтальмологические хирургические лазеры.* 1995;26(5):481-483.

Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии

Золтан Жолт Надь, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Оценить лазерную и мануальную технику выполнения капсулорексиса при катаракте глаз.

МЕТОДЫ: Передняя капсулотомия была выполнена с помощью внутриглазного фемтосекундного лазера (LenSx Lasers Inc) на 54 глазах (группа FS) и ручной непрерывный криволинейный капсулорексис был выполнен на 57 глазах (группа CCC).

Округлость и площадь капсулотомии и децентрацию ИОЛ измеряли с помощью Photoshop CS4 Extended (Adobe Systems Inc) через 1 неделю после операции. Среднюю кератометрию, осевую длину и глубину передней камеры перед операцией исследовали с помощью Lenstar LS 900 (Haag-StreitAG).

РЕЗУЛЬТАТЫ: Статистически значимых различий между группами по аксиальной длине, предоперационному рефракционному состоянию и зоне капсулотомии не отмечено. Значения округлости были значительно лучше в группе FS ($P=0,032$).

Мы обнаружили неполное перекрытие капсулотомий в 28% глаз в группе CCC и 11% в группе FS ($P=0,033$).

Отмечены значимые корреляции между осевой длиной и площадью капсулотомии, а также между средней кератометрией и площадью капсулотомии в группе CCC ($R=0,278$, $P=0,036$ и $R=-0,29$, $P=0,033$ соответственно), но оба не коррелировали в группе FS ($P>0,05$). В группе CCC площадь зрачков достоверно коррелировала с площадью капсулотомии ($R=0,27$, $P=0,039$). Была отмечена значительная корреляция между децентрацией ИОЛ и осевой длиной в группе CCC ($R=0,30$, $P=0,026$), но в группе FS корреляция отсутствовала ($P>0,05$).

ВЫВОДЫ: Фемтосекундный лазерный капсулорексис имел более правильную форму, демонстрировал лучшую децентрацию и лучшее перекрытие интраокулярной линзы/капсулы, чем ручной капсулорексис. [J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.]

doi:10.3928/1081597X-20110607-01

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, август 2011 г.

Близорукость и катаракта являются распространенными заболеваниями среди населения. Глаза с высокой степенью близорукости более склонны к развитию кошачьего синдрома.

акт. ¹ Хирургия катаракты стала обычным, безопасным и эффективным методом лечения. тивное вмешательство проводится во всем мире. ² Однако хирургическое вмешательство в глаза с большой осевой длиной связаны с повышенным риском интра- и послеоперационные осложнения. ³

Помутнение задней капсулы является наиболее распространенной хирургической причиной снижения зрения после операции по удалению катаракты. Размер капсулорексиса, децентрация и полное перекрытие передней или капсулы на оптическом крае интраокулярной линзы (ИОЛ) влияют на тяжесть этого нарушения. Хотя новые конструкции ИОЛ уменьшили частоту помутнения задней капсулы, точная передняя капсулотомия является решающим шагом в предотвращении помутнения задней капсулы.

Миграция эпителиальных клеток хрусталика. ⁴⁻⁶ Полное перекрытие помогает заранее не только устраняет помутнение задней капсулы, но и приводит к лучшей децентрации ИОЛ и меньшему миопическому смещению за счет сохранения ИОЛ в правильном положении. ^{7,8}

В последние годы наиболее часто применяемым методом при факоэмульсификации является непрерывная криволинейная капсулирование. рексис. Популяризированный Гимбелем и Нойханном, ⁹⁻¹¹ у него есть несколько хирургические и послеоперационные преимущества, но для его успешного завершения необходимы особое внимание и хирургический опыт.

При сильной близорукости большой размер глаза и диаметр зрачков, а также оптические искажения роговицы могут ввести в заблуждение. хирургам подготовить более крупный капсулорексис, чем предполагалось. ¹²⁻¹⁴ Это делает более вероятным неправильное расположение ИОЛ (например, децентрацию, наклон и вывих из-за неправильной фиксации в капсульном мешке большего размера) и может вызвать миопизацию и увеличение аберрации высшего порядка. ¹⁵⁻¹⁷

С появлением фемтосекундных лазеров в хирургии катаракты стала возможной передняя капсулотомия предсказуемого размера, по центру и форме за счет тканевой реакции.

известный как фотодеструкция.^{18,19}

В предыдущем исследовании мы продемонстрировали, что лазерный капсулорексис на глазах животных превосходит по точности и предсказуемости ручной капсулорексис, тогда как сила (сопротивление разрыву) такое же.¹⁹ Цель курса Целью исследования является оценка разницы между стандартизированным фемтосекундным лазерным капсулорексисом и ручным капсулорексисом как на нормальных катарактальных глазах, так и на катарактальных глазах с высокой близорукостью.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Пациенты

В данном исследовании фемтосекундная лазерная капсулотомия была выполнена на 54 глазах у 53 пациентов, а ручной непрерывный криволинейный капсулорексис - на 57 глазах у 52 пациентов. Все пациенты были осмотрены через 1 неделю после операции. Каждый пациент прошел полное офтальмологическое обследование. Из исследования были исключены пациенты с предшествующими операциями на глазах, травмами, активным заболеванием глаз, слабо расширенными зрачками или известной слабостью связок. Демографические данные пациентов показаны в таблице 1.

Используя компьютерную рандомизацию, пациенты и их правый/левый глаз были случайным образом выбраны для фемтосекундной и мануальной хирургии.

Операция

Все операции проводил один и тот же хирург (З.З.Н.). Зрачки расширялись с помощью одной капли 0,5% тропикамида каждые 15 минут в течение 45 минут, а местная анестезия достигалась путем инстилляции 0,5% пропаракаина HCl.

В группе лазерного капсулорексиса (FSgroup) операцию начинали в лазерной комнате за пределами операционной, и капсулорексис диаметром 4,5 мм выполняли с использованием фемтосекундной лазерной системы LenSx (LenSx Lasers Inc, Aliso Viejo, Калифорния). Глаз фиксировали изогнутым аппланатором, а точное расположение хрусталика и капсулы определяли с помощью оптической когерентной томографии, встроенной в лазер. Процедуру капсулотомии выполняли путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 100 мкм выше капсулы. Для всех капсулотомий использовались собственные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях.

После лазерной процедуры всех пациентов доставили в операционную и провели стандартную факоэмульсификацию (Accurus; Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас). Прозрачная роговица толщиной 2,8 мм.

ТАБЛИЦА 1

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПАЦИЕНТОВ, ПРОХОДЯЩИХ

ФЕМТОСЕКУНДНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ КАПСУЛОРЕКССИС И РУЧНОЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ КРИВОЛИНЕЙНЫЙ КАПСУЛОРЕКССИС

Демографическая группа FS Группа CCC Значение P*

Количество глаз (пациентов)	54 (53) 57 (52) .05
-----------------------------	---------------------

Средний возраст (лет)	65 13 68 15,05	Пол (М:Ж)	15:39 17:40,05
-----------------------	----------------	-----------	----------------

FS = фемтосекундный, CCC = непрерывный криволинейный капсулорексис *t-тест.

Делали разрез, вводили вискоэластик (Provisc, Alcon Laboratories Inc) и отрезанную капсулу удаляли с помощью щипцов для капсулорексиса. В группе ручного капсулорексиса (группа CCC) проводили непрерывный криволинейный капсулорексис с помощью цистотома и щипцов для капсулорексиса. Хирург нацелился на капсулорексис диаметром 4,5 мм, но во время операции шаблоны не использовались. После гидродиссекции проводили факоэмульсификацию ядра и аспирацию остаточной коры. Во все глаза имплантировали трехкомпонентную акриловую ИОЛ (MA60AC, Alcon Laboratories Inc) с использованием инжектора Monarch II и картриджа C (Alcon Laboratories Inc). После имплантации ИОЛ вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и капсульного мешка путем ирригации/аспирации. Все разрезы остались без швов. В течение первых 10 дней после операции все пациенты получали комбинацию антибиотиков и стероидных глазных капель (Тобрадекс, Alcon Laboratories Inc).

Измерения

Для документирования капсулотомии и положения ИОЛ были сделаны цифровые фотографии ретроиллюминации через 1 неделю после операции с расширенными зрачками. Фотографии были импортированы в Adobe Photoshop CS4 Extended (Adobe Systems Inc, Сан-Хосе, Калифорния) для измерения площади капсулорексиса и его округлости. Округлость – параметр, используемый для определения правильности формы капсулотомии по следующей формуле: округлость=4 (площадь/периметр²). Значения 1,0 указывают идеальный круг.

Мы также оценили, выявило ли капсулотомия циркулярное перекрытие края оптики ИОЛ или имело место только частичное перекрытие. Мы не оценивали степень частичного перекрытия, например, 3 часа или 90°.

ТАБЛИЦА 2

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕЦЕНТРАЦИОННОЙ ДЕЦЕНТРАЦИИ ХРУСТИНЫ ФЕМТОСЕКУНДЛЯЗЕРНОГО КАПУЛУОРРЕКСИСАС РУЧНЫМ НЕПРЕРЫВНЫМ КРИВОЛИНЕЙНЫМ КАСУЛУОРРЕКСИСОМ

Медиана ± квартильный диапазон

Параметр	ФС Групп	Группа ССС	Значение P*
Осевая длина (мм)	23,78 2,46	23,39 3,46	.05
Рефракционное состояние (SE)	0,75 7,1	0,75 5,5	.05
Площадь капсулотомии (мм ²)	16,91 1,78	17,78 2,8	.05
Круговая капсулотомия	0,86 0,04	0,85 0,03	.032
Полное перекрытие (%)	89	72	.033
Неполное перекрытие (%)	11	28	.033

FS = фемтосекунда, ССС = непрерывный криволинейный капсулорексис, SE = сферическая эквивалентная рефракция * U-тест Манна-Уитни.

Децентрацию интраокулярной линзы оценивали по методу Becker et al.²⁰ Ранее описанный метод был изменен путем изменения опорной точки на центр зрачка, поскольку как фемтосекундная, так и ручная капсулотомия были совмещены с центром зрачка. Adobe Photoshop создает вектор (определяемый его длиной и углом к горизонтальной плоскости) между центром зрачка и центром ИОЛ. Длина вектора показывает полную децентрацию ИОЛ относительно зрачка.

Для устранения влияния мидриатических капель на изменение положения центра зрачка использовали такое же количество и тип мидриатических капель для расширения зрачков перед сургеу и перед фотографированием.²¹ Для оценки корреляции между осевой длиной и площадью зрачков площадь зрачков каждого пациента также измерялась с помощью Adobe Photoshop.

Для устранения эффекта увеличения роговицы в качестве шкалы для пересчета всех вышеперечисленных параметров использовали диаметр имплантированной ИОЛ (6 мм).

Кератометрию, осевую длину и глубину передней камеры перед операцией измеряли с помощью Lenstar LS 900. (Haag-Streit AG, Кениз, Швейцария). На преломляющую силу роговицы влияют как ее передняя, так и задняя поверхность; однако для упрощения клинических измерений измерялась только мощность передней поверхности.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью SPSS 16.0. (SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. Демографические данные пациентов показывают среднее и стандартное отклонение вследствие нормального распределения. Описательная статистика показывает медианный и квартильный диапазон из-за ненормального распределения данных. Корреляции между

параметры были проверены с помощью теста ранговой корреляции Спирмена. Статистический анализ проводили путем сравнения двух выборок одновременно с использованием t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна-Уитни в зависимости от отклонения от нормального распределения.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристики пациента и капсулотомии

Интра- и послеоперационных осложнений не отмечено. Статистически значимых различий между группой ФС и группой ССС по возрасту, полу, осевой длине, рефракционному состоянию и площади капсулотомии отмечено не было. Однако значения округлости в группе ФС были достоверно выше, чем в группе ССС, а процент полного перекрытия передней капсулы/ИОЛ был достоверно выше в группе ФС (табл. 2).

Характеристики перекрытия

Площадь всех капсулотомий оказалась меньше оптической зоны имплантированной ИОЛ на всех глазах. Мы обнаружили неполное перекрытие у 28% (16/57 глаз) в группе ССС и у 11% (6/54 глаз) в группе FS. Разница между группами была статистически значимой (P=0,033) (табл. 2).

Анатомические характеристики глаз и связи с параметрами капсулотомии

Статистически значимая корреляция была обнаружена между осевой длиной и средними показателями кератометрии (R=0,22, P=0,018), а также между осевой длиной и предоперационной глубиной передней камеры (R=0,27, P=0,007).

По нашим данным, также отмечена статистически значимая корреляция между осевой длиной и площадью фармакологически расширенного зрачка (R=0,19, P=0,049) (рис. 1).

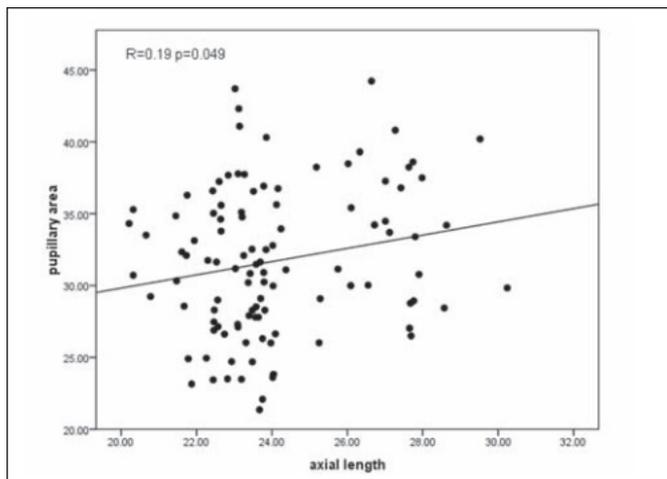


Рисунок 1. Корреляция между осевой длиной и площадью расширенных зрачков ($R=0,19$; $P=0,049$).

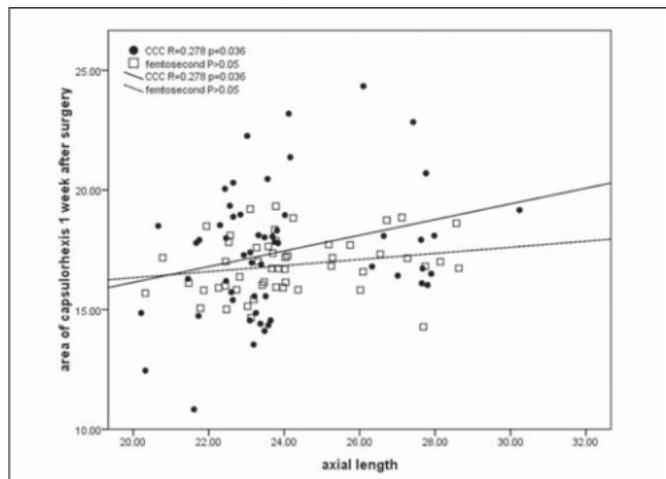


Рисунок 2. Корреляция между осевой длиной и площадью капсулорексиса через 1 неделю после операции. Корреляция была значимой в группе ручной капсулотомии (CCC) ($R=0,278$, $P=0,036$), но не в группе лазерной капсулотомии (фемтосекундной) ($P<0,05$).

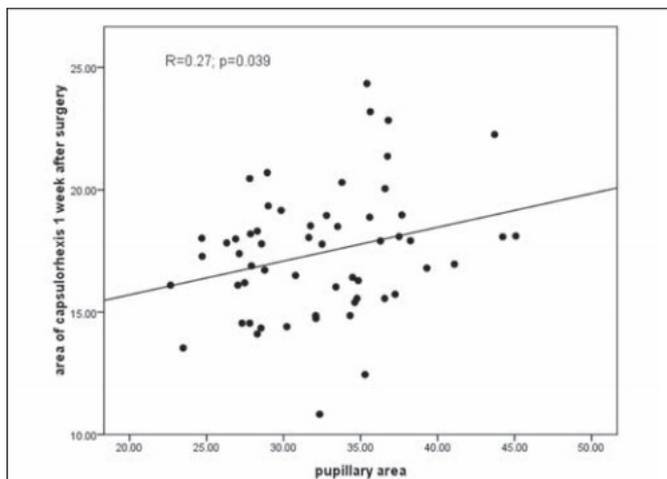


Рисунок 3. Корреляция площади зрачков с площадью капсулорексиса через 1 неделю после операции в группе ручной капсулотомии ($R=0,27$, $P=0,039$).

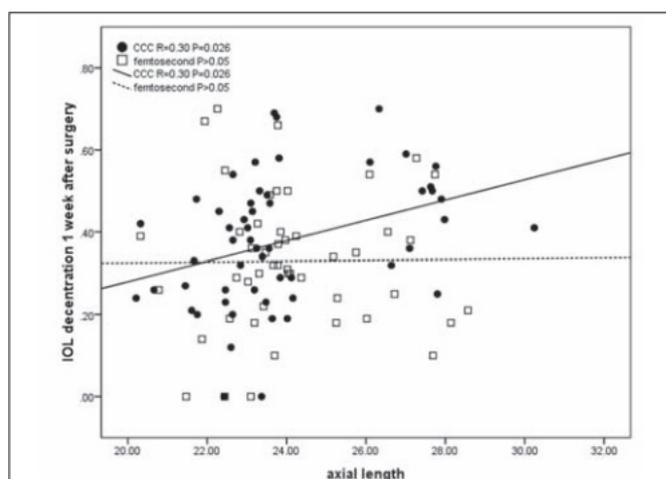


Рисунок 4. Корреляция между осевой длиной и децентрацией интраокулярной линзы через 1 неделю после операции. Корреляция была значимой в группе ручной капсулотомии (CCC) ($R=0,30$, $P=0,026$), но не в группе лазерной капсулотомии (фемтосекундной) ($P<0,05$).

На рисунке 2 показаны значимые корреляции между осевой длиной и площадью капсулорексиса в группе CCC ($R=0,278$, $P=0,036$), однако в группе FS между этими параметрами не было отмечено статистически значимой корреляции ($P<0,05$). Отмечена статистически значимая корреляция между средним значением кератометрии роговицы и площадью капсулорексиса ($R=0,29$, $P=0,033$) в группе CCC. Никакой корреляции между глубиной передней камеры и площадью капсулотомии не обнаружено ни в одной из исследуемых групп ($P<0,05$).

Как показано на рисунке 3, площадь зрачков значимо коррелировала с площадью капсулорексиса в группе CCC ($R=0,27$, $P=0,039$).

Значения децентрации ИОЛ показали достоверную корреляцию с осевой длиной в группе CCC ($R=0,30$,

$P=0,026$), но не было отмечено статистически значимой корреляции между децентрацией ИОЛ и осевой длиной в группе FS ($P<0,05$) (рис.4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Целью нашего исследования было изучение разницы между фемтосекундной лазерной капсулотомией и ручным непрерывным криволинейным капсулорексисом во время операции по удалению катаракты. Мы оценили размер капсулотомии, округлость, центрацию ИОЛ и перекрытие ИОЛ/капсулотомии и сопоставили эти результаты с площадью зрачка, осевой длиной и средней кератометрией.

Особые анатомические характеристики близоруких глаз делают операцию по удалению катаракты сложной задачей для опытных хирургов, включая создание капсулорексиса подходящего размера и по центру и имплантацию ИОЛ в кортикальный отдел глаза.

прямое положение.^{14,22-25}

Наши результаты согласуются с предыдущими сообщениями о связи между осевой длиной и средними значениями кератометрии, а также между осевой длиной и пре-Операционная глубина передней камеры.^{22,23} Предыдущие статьи сообщили о большем диаметре зрачков в близоруких глазах в мезопических условиях.^{24,25} По нашим данным, также отмечена статистически значимая корреляция между осевой длиной и площадью фармакологически расширенных зрачков (см. рис. 1). Роговица увеличивает предыдущее капсулу риора примерно в 1,15 раза.²⁶ Это искажение Эффект варьируется в зависимости от анатомии отдельного переднего сегмента. Не существует надежного эталонного маркера, который помог бы хирургу создать правильный размер и форму непрерывного криволинейного капсулорексиса, если только не используется внутриглазное устройство. Чаще всего в качестве ориентира используется край зрачка, несмотря на большие различия в диаметре зрачка. На рисунке 3 показано, что даже опытный хирург склонен выполнять капсулотомию большего размера на глазах с более крупными зрачками.

Другой переменной, которая приводит к ошибке при определении размеров капсулотомии, является увеличение, вызванное роговицей.

На рис. 5 показано, как изменяется диаметр капсулорексиса в зависимости от увеличения роговицы. На рисунке 5А представлен глаз с близорукостью, а на рисунке 5В — глаз с гиперметропией. Среднее значение кератометрии более плоской миопической роговицы, по-видимому, фактически компенсирует больший диаметр зрачка из-за относительно меньшего эффекта увеличения.

Наши результаты подтверждают ранее сообщенный факт, что осевая длина обратно пропорциональна средней длине кератома. этри.²² По нашим результатам, статистически значимо существует корреляция между средними показателями кератометрии и площадью капсулорексиса через 1 неделю после операции. Кроме того, следует учитывать оптическое влияние глубины передней камеры на увеличение. Однако мы не обнаружили корреляции между предоперационной глубиной передней камеры и площадью капсулотомии через 1 неделю после операции. В результате этих эффектов ручной капсулорексис часто бывает более крупным в миопических глазах. С помощью лазера эти ошибки можно устранить, о чем свидетельствует отсутствие корреляции между капсулорексисом и осевой длиной в лазерной группе (см. рис. 2).

Имплантация интраокулярной линзы в миопических глазах во время традиционной хирургии катаракты может привести к более высокому риску децентрации ИОЛ из-за большего размера капсульного мешка и большего размера капсульного мешка.

капсулорексис.¹⁴ Мы не обнаружили корреляции между Центрация ИОЛ и аксиальная длина в группе лазерной терапии, но одна была обнаружена в группе ручной капсулотомии (см. рис. 4), что позволяет предположить, что центрация ИОЛ лучше

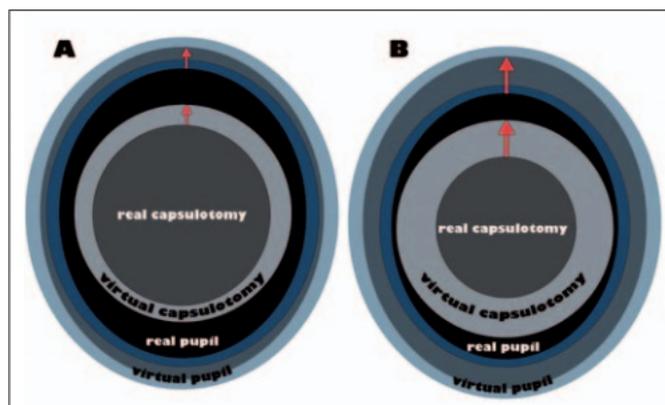


Рисунок 5. Эффект искажения а) миопической и Б) гиперметропической роговицы. Красные стрелки показывают эффект увеличения роговицы в зависимости от средних значений кератометрии.

Тер фемтосекундная лазерная капсулотомия. Это подтверждается нашими данными о том, что неполное перекрытие между передней капсулой и ИОЛ возникало чаще в группе ручной капсулотомии, чем в группе лазерной (Таблица 2).

Децентрированная ИОЛ с неполным перекрытием передней капсулы может вызвать миопизацию и, что более важно, более высокую частоту помутнения задней капсулы из-за неполного барьерного эффекта; однако для подтверждения этих возможностей необходимо более длительное наблюдение.

Наши результаты показывают, что капсулорексис, выполняемый фемтосекундным лазером, имеет более правильную форму, не коррелирует с размером зрачка и осевой длиной и приводит к лучшему перекрытию ИОЛ/капсулы и лучшей центрации ИОЛ, чем ручной капсулорексис.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (З.З.Н.,К.К.); сбор данных(З.З.Н.,К.К.,А.И.Т.,К.М.,И.К.); анализ и интерпретация данных (З.З.Н.,К.К.,И.К.,М.С.К.); оформление рукописи (З.З.Н.); критическая доработка рукописи (К.К.,А.И.Т.,К.М.,И.К.,М.С.К.); статистическая экспертиза (З.З.Н.,К.К.,К.М.); административная, техническая или материальная поддержка (З.З.Н.,А.И.Т.,М.С.К.); надзор (К.К.,И.К.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Юнан С., Митчелл П., Камминг Р.Г.,Роччина Э., Ван Дж.Дж. Близорукость, катаракта и хирургия катаракты: исследование глаз голубых гор. Инвестируйте офтальмол Vis Sci. 2002;43(12):3625-3632.
2. Комплексный отчет о мировом рынке одноразовых офтальмологических хирургических продуктов за 2010 г. Маркет Сфера, ООО. Август 2009. Веб-сайт Market Scope http://dev.market-scope.com/market_reports/2009/08/. По состоянию на 19 августа 2009 г.
3. Ли С.И., Чен Ю.К., см. Л.С., Лин К.К., Ли Дж.С. Зрительные результаты после операции по удалению катаракты при осевой близорукости чрезвычайно высокой степени. Энн Офтальмол (Скоки).

4. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Баккара Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1996;22(1):98-103.
5. Айкан У., Бильге А.Х., Карадайи К. Влияние размера капсулорексиса на развитие помутнения задней капсулы: маленький (от 4,5 до 5,0 мм) по сравнению с большим (от 6,0 до 7,0 мм). *Eur J Офтальмол.* 2003;13(6):541-545.
6. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние размера капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовые результаты рандомизированного проспективного исследования. *Am J Офтальмол.* 1999;128(3):271-279.
7. Смит С.Р., Дэйнс Т., Хинкли М., Уоллин Т.Р., Олсон Р.Дж. Влияние формы края линзы и перекрытия передней капсулы на помутнение задней капсулы. *Am J Офтальмол.* 2004;138(4):521-526.
8. Чекич О., Бэтмен С. Взаимосвязь между размером капсулорексиса и глубиной передней камеры. *Офтальмологические хирургические лазеры*. 1999;30(3):185-190. Опечатка в: *Офтальмологические хирургические лазеры*. 1999;30(9):714.
9. Нойханн Т. Теория и хирургическая техника капсулорексиса [нем.]. *Клин Монбл Аугенхайлькд.* 1987;190(6):542-545.
10. Гимбел Х.В., Нойханн Т. Развитие, преимущества и методы техники непрерывного циркулярного капсулорексиса. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1990;16(1):31-37.
11. *Гимбел Х.В., Нейханн Т. Непрерывный криволинейный капсулорексис. Ж Катарактальная рефракционная хирургия.* 1991;17(1):110-111.
12. Тилш Дж.М., Легро М.В., Кассард С.Д. и др. Факторы риска отслоения сетчатки после операции по удалению катаракты. Популяционное исследование «случай-контроль». *Офтальмология*. 1996;103(10):1537-1545.
13. Субраманиам С., Тафт С.Дж. Ранняя децентрация пластинчато-гаптических силиконовых интраокулярных линз. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2001;27(2):330-332.
14. Васс К., Менапейс Р., Шметтерер К., Финдл О., Райнер Г., Стайнек И. *Прогнозирование диаметра псевдофакичной капсульной сумки на основе биометрических переменных. Ж Хирургия рефракции катаракты.* 1999;25(10):1376-1381.
15. Такетани Ф., Матуура Т., Юкава Э., Хара Ю. Влияние наклона и децентрации интраокулярной линзы на аберрации волнового фронта. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2004;30(10):2158-2162.
16. Баумайстер М., Бюрен Дж., Конен Т. Наклон и децентрация сферических и асферических интраокулярных линз: влияние на аберрации более высокого порядка. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2009;35(6):1006-1012.
17. Рохарт С., Лемаринель Б., Тхан Х.Х., Гатинель Д. Глазные аберрации после операции по удалению катаракты с использованием гидрофобных и гидрофильных акриловых интраокулярных линз: сравнительное исследование. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2006;32(7):1201-1205.
18. Крюгер Р.Р., Кушак Дж., Любачовски Х., Майерс Р.И., Рипкен Т., Хейстеркамп А. Первое исследование безопасности фемтосекундного лазерного фоторазрушения хрусталиков животных: морфология тканей и катарактогенез. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2005;31(12):2386-2394.
19. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2009;25(12):1053-1060.
20. Беккер К.А., Ауфф арт Г.Ю., Фелькер Х.Е. Метод измерения для определения вращения и децентрации интраокулярных линз [немецкий]. *Офтальмолог*. 2004;101(6):600-603.
21. Ян Ю, Томпсон К, Бернс С.А. Расположение зрачков в мезопических, фотопических и фармакологически расширенных условиях. *Инвестируйте офтальмол Vis Sci.* 2002;43(7):2508-2512.
22. Сайег Ф.Н. Корреляция преломляющей силы роговицы, осевой длины и преломляющей силы эмметропизирующей интраокулярной линзы в катарактальных глазах. *Гер Дж. Офтальмол.* 1996;5(6):328-331.
23. Йиврайка Р., Шаммас М.К., Боензи Т., Сверинген М., Шаммас Х.Дж. Вариабельность осевой длины, глубины передней камеры и толщины хрусталика катарактального глаза. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2008;34(2):289-294.
24. Чакмак Х.Б., Кэвил Н., Симавли Х., Дюзен Б., Симсек С. Ошибка рефракции может влиять на размер мезопического зрачка. *Карр Глаз Рез.* 2010;35(2):130-136.
25. Камелин М., Гамбино Ф., Касаро С. Измерение пространственного смещения центра зрачка. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2005;31(9):1719-1721.
26. Вальс К.Л., Рубин М.Л. Капсулолексис и увеличение роговицы. *Арка Офтальмол.* 1992;110(2):170.

Фемтосекундная лазерная капсулотомия и Параметры ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы

Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Измерить и сравнить параметры размеров и позиционирования фемтосекундной лазерной капсулотомии с ручным непрерывным криволинейным капсулорексисом (ССС).

МЕТОДЫ: Фемтосекундная капсулотомия (Alcon-LenSx Lasers Inc) и СССР были выполнены на 20 глазах 20 пациентов соответственно. Децентрацию интраокулярной линзы (ИОЛ), округлость, вертикальный и горизонтальный диаметры капсулотомий и перекрытие капсулы измеряли с помощью Adobe Photoshop (Adobe Systems Inc) через 1 неделю, 1 месяц и 1 год после операции. Межгрупповые различия параметров и предикторов децентрации ИОЛ определяли с помощью дисперсионного анализа повторных измерений, критерия хи-квадрат и логистического регрессионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Вертикальный диаметр СССР был статистически значимо выше в первую неделю и месяц. Значительно более высокие значения перекрытия капсул в течение 1 года и циркулярности на первой неделе показали более регулярные фемтосекундные капсулотомии. Горизонтальная децентрация ИОЛ была статистически значимо выше в группе СССР в течение 1 года. Значительная разница была отмечена между двумя группами в значениях дихотомической горизонтальной децентрации на 0,4 мм с помощью теста хи-квадрат через 1 неделю и 1 год ($P = 0,035$ и $P = 0,016$ соответственно). В однофакторных моделях с общим оценочным уравнением тип капсулорексиса ($P < 0,01$) и перекрытие капсулы ($P = 0,002$) были значимыми предикторами горизонтальной децентрации. Вертикальный диаметр показал значительную корреляцию с перекрытием в группе СССР (1 неделя: $r = -0,91$; 1 месяц: $r = -0,76$, $P < 0,01$; 1 год: $r = -0,62$, $P < 0,01$). тогда как в фемтосекундной группе значимой корреляции не наблюдалось ($P > 0,05$).

ВЫВОДЫ: Более точные размеры и центрирование капсулотомии могут быть достигнуты с помощью фемтосекундного лазера. Правильно подобранные размеры, форма и центрирование фемтосекундной лазерной капсулотомии привели к улучшению параметров перекрытия, что помогает поддерживать правильное положение ИОЛ. [J Refract Surg. 2011;27(8):558-563.]

doi:10.3928/1081597X-20110623-03

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, август 2011 г.

Создание точного переднего капсулорексиса является одним из важнейших этапов хирургии катаракты. В последние годы наиболее часто используемым методом факоэмульсификации является непрерывный криволинейный капсулорексис (ККК). Популяризировано

Гимбель и Нойханн,¹⁻³ СССР имеет несколько хирургических и послеоперационных операционных преимущества, но его завершение требует особого внимания и хирургического опыта. Получение точного капсулорексиса имеет важное значение для достижения требуемых рефракционных результатов, поскольку капсулорексис правильного размера и хорошо центрированный с перекрывающимся на 360° краем капсулы предотвращает децентрацию зрительного нерва, наклон, миопический сдвиг, заднее и переднее помутнение капсулы из-за симметрии. метрические силы сокращения капсульного мешка и термоусадочная пленка

эффект.⁴⁻¹⁰ Однако эксцентричная капсула или капсула неправильной формы рексис, диаметр которого выходит за край зрительного нерва, может потерять эти преимущества.

До сих пор капсулорексис выполнялся вручную.

С появлением фемтосекундных лазеров в офтальмохирургии стала возможной передняя капсулотомия предсказуемого размера и по центру за счет взаимодействия лазера с тканями, известного как фотонарушение.¹¹ Фемтосекундные лазеры изначально были разработаны для создания лоскута LASIK во время рефракционной хирургии роговицы. Недавно представленная лазерная технология позволяет хирургам добиться эффективной фрагментации или разжижения хрусталика, а также точного и воспроизводимого выполнения капсулотомий и разрезов роговицы во время операции.

рефракционная хирургия катаракты.¹¹⁻¹⁴

Целью данного исследования было измерение и сравнение размеров и параметров позиционирования фемтосекундной лазерной капсулотомии с ручной СССР в течение 1 года наблюдения. Мы также изучили влияние этих различий на центрацию ИОЛ. Насколько нам известно, подобные сравнения ранее не проводились.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Фемтосекундные капсулотомии были выполнены на 20 глазах 20 пациентов, а мануальная ККК – на 20 глазах 20 пациентов, перенесших операцию по удалению катаракты с имплантацией ИОЛ. Каждый пациент прошел полное офтальмологическое обследование. Из исследования были исключены пациенты с предшествующими операциями на глазах, травмами, активным заболеванием глаз, плохо расширенными зрачками или известной слабостью связок.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике/институциональных наблюдательных советов и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия людей, участвующих в исследовании. Биомедицинские исследования. Перед операцией от каждого пациента было получено письменное информированное согласие.

Операция

Техника хирургического вмешательства была стандартизирована у каждого пациента, за исключением метода капсулорексиса. Все операции выполнял один и тот же хирург (З.З.Н.).

После расширения зрачков (1 капля 0,5% тропикамида каждые 15 минут 3) и инстилляций местных анестетиков (0,5% пропаракаина HCl) фемтосекундный лазер (Alcon-LenSx Lasers Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния) был пристыкован к глаз с помощью изогнутой контактной линзы для аппланации роговицы. Местоположение поверхности хрусталика определялось с помощью интегрированной системы визуализации оптической когерентной томографии. Процедуру капсулотомии диаметром 4,5 мм проводили путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 100 мкм выше капсулы. Для всех лазерных процедур использовались запатентованные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях.

После процедуры лазерной капсулотомии с помощью лазера был создан прозрачный разрез роговицы диаметром 2,8 мм. Разрезанную капсулу удаляли капсульными щипцами под стандартным офтальмологическим операционным микроскопом. В группе ССС была предпринята попытка капсулорексиса диаметром 4,5 мм с помощью цистотома и щипцов для капсулорексиса. После гидродиссекции проводили факоэмульсификацию ядра и аспирацию остаточной коры с использованием факоэмульсификационного аппарата Accurus (Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас).

Все ИОЛ складывали и имплантировали в капсульный мешок с помощью инъекционного картриджа через рану роговицы. Все ИОЛ представляли собой трехкомпонентные или цельные сферические линзы из гидрофобного акрилового материала. Гаптика ИОЛ располагалась в том же положении (в положении «3» и «9 часов»). Силу ИОЛ рассчитывали по формуле SRK/T. После имплантации ИОЛ вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и

капсульный мешок путем ирригации/аспирации. Никакой стромальной гидратации не требовалось. Все разрезы остались без швов. Никаких интра- и послеоперационных осложнений не возникло. В течение первых 10 дней все пациенты получали комбинацию антибиотиков и стероидных глазных капель (дексаметазон и тобрамицин).

Измерения

Для документирования капсулотомии были сделаны цифровые фотографии ретроиллюминации через 1 неделю, 1 месяц и 1 год после операции. Фотографии были импортированы в Adobe Photoshop (Adobe Systems Inc, Сан-Хосе, Калифорния) для измерения децентрации ИОЛ и следующих параметров капсулотомии: вертикальный и горизонтальный диаметр, округлость, а также самое короткое и самое длинное расстояние между краем капсулорексиса и оптический край ИОЛ (расстояние min, расстояние max) по удлинённому радиусу капсулорексиса. Диаметр имплантированной ИОЛ использовался в качестве шкалы для устранения эффекта увеличения роговицы (рис. 1).

Децентрацию интраокулярной линзы оценивали по обратившись к Беккеру и др.¹⁵ Ранее описанный метод был изменен путем изменения опорной точки на центр зрачка, поскольку как фемтосекундная капсулотомия, так и ручные процедуры были выровнены по центру зрачка (рис. 2). Для устранения влияния мидриатических капель на изменение положения центра зрачка применяли одинаковое количество и тип мидриатических капель для расширения зрачков пациентов перед операцией и перед приемом препарата.

фотографии.¹⁶

Adobe Photoshop создает вектор (определяемый его длиной и углом к горизонтальной плоскости) между центром зрачка и центром ИОЛ. Длина вектора показывает общую децентрацию ИОЛ. Горизонтальная и вертикальная децентрация рассчитывалась с использованием тригонометрического анализа. Для определения величины горизонтальной и вертикальной децентрации без привязки к носовой/височной ориентации или ориентации вверх/вниз подсчитывали абсолютные значения вышеуказанных параметров.

Округлость – параметр, используемый для определения правильности формы капсулотомии по следующим критериям: формула понижения: округлость = $4 \cdot (\text{площадь}/\text{периметр}^2)$. e Для определения перекрытия капсулы и ИОЛ рассчитывали коэффициент наименьшего и наибольшего расстояния между краем капсулорексиса и краем оптики ИОЛ (перекрытие = минимальное расстояние/максимальное расстояние). Значения округлости и перекрытия 1,0 указывают на идеальный круг и абсолютное регулярное перекрытие передней капсулы на оптике имплантированной ИОЛ соответственно.

Смещение зрительной оси от центра зрачка определяли с помощью биометра Lenstar (Haag-Streit, Koeniz, Швейцария) на всех глазах до и через 1 год после операции по удалению катаракты.

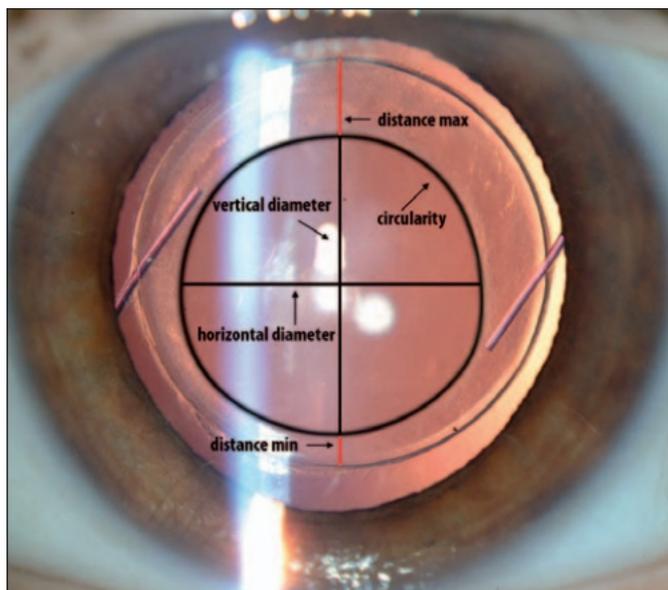


Рисунок 1. Параметры, характерные для капсулорексиса, измеренные с помощью Adobe Photoshop.

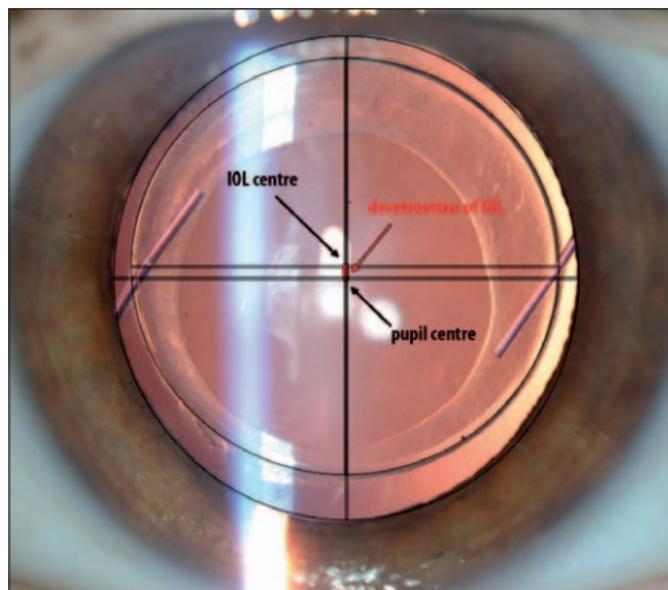


Рисунок 2. Децентрация ИОЛ от центра зрачка.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью SPSS 16.0. (SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. Из-за нормальности данных описательная статистика показывает среднее и стандартное отклонение.

Различия между двумя группами параметров капсулорексиса анализировали с помощью теста дисперсионного анализа повторных измерений (ANOVA) с критерием Ньюмана-Кейлса.

Для определения предикторов децентрации ИОЛ анализ логистической регрессии проводился с помощью моделей однофакторного общего оценочного уравнения (GEE), рассматривая данные глаз пациентов в статистическом анализе как повторные измерения. Этот метод учитывал коррелированный характер данных от пациентов, которые участвовали в повторных измерениях на двух глазах. Мы дихотомизировали параметры децентрации на уровне 0,4 мм, поскольку предыдущие результаты показали, что децентрация на 0,4 мм обеспечивает наилучшие оптические характеристики, тогда как децентрация на 0,4 мм может ухудшить визуальный результат.

асферические ИОЛ и ИОЛ с коррекцией волнового фронта. 17

Критерий однородности хи-квадрат применялся для сравнения распределения дихотомических значений горизонтальной децентрации на расстоянии 0,4 мм между двумя исследовательскими группами.

Корреляции между вертикальным диаметром и параметрами перекрытия анализировались с помощью ранговой корреляции Спирмена.

Уровень значимости был установлен на уровне P 0,05 во всех статистических анализах.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистически значимых различий между фемтосекундными (ФС) и ССС группами по возрастному и половому распределению, рефракционному статусу и аксиальной длине отмечено не было (табл. 1).

В таблице 2 представлены средние значения и стандартные отклонения параметров, характерных для капсулотомии и децентрации ИОЛ в двух группах исследования, измеренные с помощью Adobe Photoshop. Хотя капсулотомии не были идеально круглыми в послеоперационном периоде наблюдения ни в группе ССС, ни в группе FS, статистически значимые различия были отмечены между двумя группами в данный момент времени, проанализированные с помощью повторных измерений ANOVA. Вертикальный диаметр был значительно выше через 1 неделю и 1 месяц после операции в группе ССС. Статистически значимые различия наблюдались по самому короткому и самому длинному расстоянию между краем оптики ИОЛ и краем капсулорексиса через 1 неделю и 1 месяц после операции и по округлости через 1 неделю после операции. Значительно более высокие значения перекрытия и округлости показали более регулярные капсулотомии в группе FS. Горизонтальная децентрация ИОЛ также была значительно выше в группе ССС в течение первого года лечения.

Было обнаружено, что тип капсулорексиса является значимым предиктором горизонтальной децентрации в однофакторной модели GEE (отношение шансов [OR]: 5,95, 95% доверительный предел [CL]: 1,58-22,22, P 0,01). При изучении предикторов горизонтальной децентрации ИОЛ только перекрытие капсулорексиса показало значительный эффект (P=0,002) среди всех параметров капсулорексиса. На децентрацию не влиял тип имплантированной ИОЛ согласно модели GEE (P<0,05). Статистически значимых различий по общей децентрации или децентрации по горизонтали нет.

или вертикальное направление были отмечены между однокомпонентными и трехкомпонентными ИОЛ согласно повторным измерениям с помощью теста ANOVA с критерием Ньюмана-Кеулса ($P < 0,05$).

Соотношения значений горизонтальной децентрации 0,4 мм и 0,4 мм составили 4/16, 3/17 и 5/15 глаз в группе CCC через 1 неделю, 1 месяц и 1 год после операции соответственно. Горизонтальная децентрация не превышала 0,4 мм ни в одном глазу в группе FS (0/20 во все моменты времени) (Таблица 3). Для сравнения распределения дихотомизированных значений горизонтальной децентрации при 0,4 мм применялся критерий однородности хи-квадрат между двумя исследовательскими группами. Статистически значимая разница была обнаружена между группами через 1 неделю и 1 год после операции ($P=0,035$ и $0,016$ соответственно). Статистически значимой разницы между группами FS и CCC через 1 месяц после операции не наблюдалось ($P < 0,05$).

Согласно рисункам 3-5, вертикальный диаметр продемонстрировал статистически значимую корреляцию с перекрытием в группе CCC во всех трех временных точках (1 неделя: $r = 0,91$, $P 0,01$; 1 месяц: $r = 0,76$, $P 0,01$ и 1 год: $r = 0,62$, $P 0,01$), тогда как значимой корреляции между двумя параметрами в группе FS не отмечено ($P 0,05$).

Статистически значимой разницы в смещении зрительной оси от центра зрачка ни по абсолютной величине, ни в горизонтальном, ни вертикальном направлении через 1 год после операции между группами не наблюдалось ($P < 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Техники хирургии катаракты постоянно совершенствуются с момента появления факоэмульсии.

ТАБЛИЦА 1

ДЕМОГРАФИЯ ПАЦИЕНТОВ С РУЧНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КАПСУЛОРЕКССИСИЛИ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРКАПСУЛОТОМИЯ

Демографическое руководство CCC Фемтосекундное значение P

Возраст (лет)	71,69 11,34 (с 52 по 84)	63,78 13,97 (с 28 по 86)	.05
Пол (М:Ж)	6:145:15	.05 MRSE (Д)	0,99 3,89
		0,45 3,96 (с 11.00 до 6.75)	.05
Осевая длина (мм)	23,28 1,76 (с 20:32 до 27:76)	23,54 1,48 (с 20:32 до 26:55)	.05

CCC = непрерывный криволинейный капсулорексис, MRSE = сферический эквивалент явной рефракции

Примечание. Значения представлены как среднее стандартное отклонение (диапазон).

сифицирующий катион. Однако с появлением ИОЛ премиум-класса возросла потребность в методах, обеспечивающих более высокую точность и предсказуемость в хирургии катаракты.

Это первое исследование, описывающее лучшую центрацию ИОЛ через 1 год после операции по удалению катаракты при выполнении капсулорексиса фемтосекундным лазером.

Правильно подобранный CCC обеспечивает несколько хирургических преимуществ, а первоначальные результаты с использованием фемтосекундного лазера показали более высокую точность капсулорексиса по сравнению с помощью ручных технологий.¹¹

В соответствии с предыдущими результатами, когда мы сравнивали циркулярность фемтосекундной капсулотомии и капсулорексиса, выполненного вручную через 1 неделю, мы наблюдали больше

ТАБЛИЦА 2

ПАРАМЕТРЫ КАСУЛОТОМИИ И ИНТРАГЛАЗНЫХ ДЕЦЕНТРАЦИЙ В ГЛАЗАХ, ПРОВЕДЕННЫХ НЕПРЕРЫВНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КАПСУЛОРЕКССИСИЛИ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРКАПСУЛОТОМИЯ

Параметр	1 неделя		1 месяц		1 год	
	CCC фемтосекунда	CCC фемтосекунда	CCC фемтосекунда	CCC фемтосекунда	CCC фемтосекунда	CCC фемтосекунда
Вертикальный диаметр (мм)	4,79 0,364,51 0,11*4,62 0,344,47 0,21*4,67 0,424,54 0,22					
Горизонтальный диаметр (мм)	4,60 0,474,60 0,184,64 0,314,57 0,244,69 0,374,61 0,31					
Округлость	0,83 0,020,86 0,01*0,84 0,030,85 0,020,85 0,020,84 0,03					
Расстояние мин (мм)	0,17 0,210,42 0,16*0,26 0,240,47 0,19*0,12 0,180,46 0,16*					
Расстояние макс. (мм)	1,09 0,210,95 0,17*1,12 0,170,96 0,23*1,09 0,141,00 0,24					
Перекрыть	0,17 0,190,47 0,24*0,24 0,230,53 0,25*0,13 0,190,54 0,31*					
Горизонтальная децентрация (мм)	0,28 0,160,12 0,11*0,26 0,140,13 0,09*0,30 0,160,15 0,12*					
Вертикальная децентрация (мм)	0,18 0,140,23 0,170,19 0,130,19 0,190,20 0,100,22 0,10					

CCC = непрерывный криволинейный капсулорексис.

* $P 0,05$ между группами в данный момент времени с использованием дисперсионного анализа с повторными измерениями.

Значения представлены как среднее стандартное отклонение.

ТАБЛИЦА 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДЕЦЕНТРАЦИИ 0,4 ММ МЕЖДУ ГЛАЗАМИ, ПРОВЕДЕННЫМИ РУЧНУЮ НЕПРЕРЫВНУЮ КРИВОЛИНЕЙНУЮ КАПСУЛОРЕКССИС И ФЕМТОСЕКОНД ЛАЗЕР КАПСУЛОТОМИИ

Следовать за	Группа FS	CCC	Группа P	Значение
1 неделя	0/20		16.04.035*	
1 месяц	0/20		17.03.072	
1 год	0/20		15.05.016*	

FS = фемтосекундный лазер, CCC = непрерывный криволинейный капсулорексис
 * P < 0,05 между группами с использованием критерия хи-квадрат.

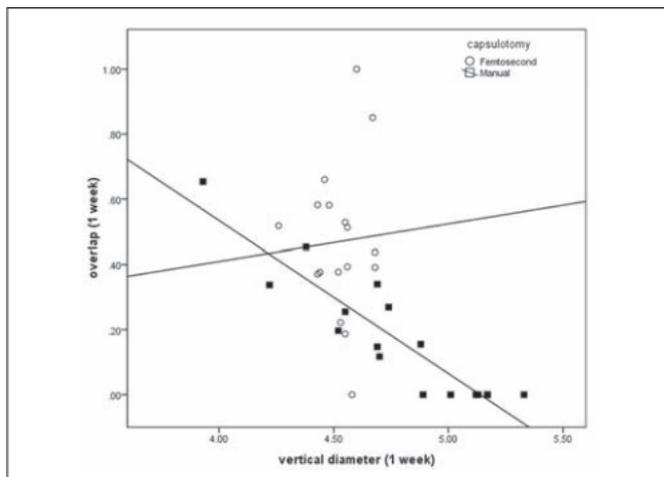


Рисунок 3. Корреляция вертикального диаметра с перекрытием через 1 неделю после операции. Статистически значимая корреляция была отмечена между двумя параметрами в группе ручного капсулорексиса ($r=0,91, P<0,01$), но корреляция между этими параметрами не была обнаружена в группе фемтосекундной капсулотомии ($r=0,05, P<0,05$).

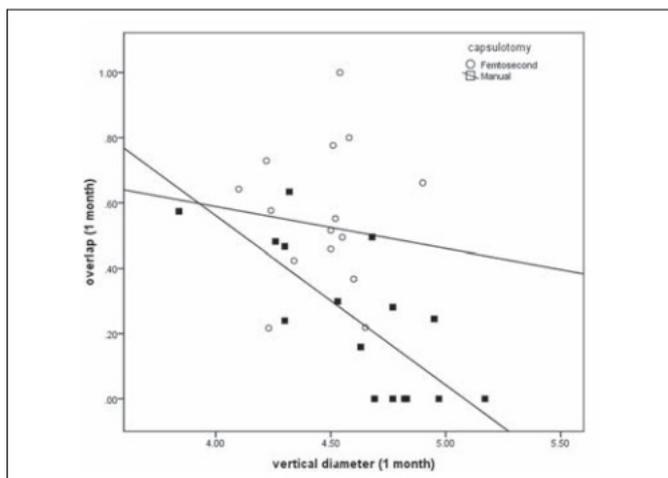


Рисунок 4. Корреляция вертикального диаметра с перекрытием через 1 месяц после операции. Статистически значимая корреляция была отмечена между двумя параметрами в группе ручного капсулорексиса ($r = 0,76, P 0,01$), но корреляция между этими параметрами не была обнаружена в группе фемтосекундной капсулотомии ($r = 0,11, P 0,05$).

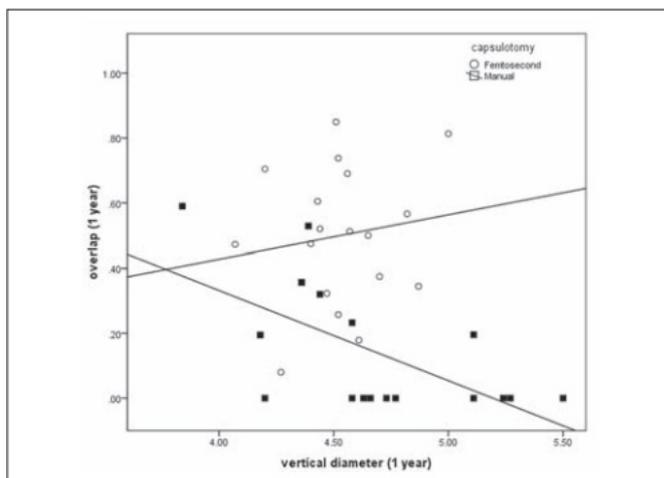


Рисунок 5. Корреляция вертикального диаметра с перекрытием через 1 год после операции. Статистически значимая корреляция была отмечена между двумя параметрами в группе ручного капсулорексиса ($r = 0,62, P 0,01$), но корреляция не была обнаружена в группе фемтосекундной капсулотомии ($r = 0,14, P 0,05$).

правильной формы в группе FS.¹⁸ Разница в круговом Разница между двумя исследовательскими группами может быть объяснена непропорциональностью значений вертикального и горизонтального диаметра в группе CCC. Фемтосекундные капсулотомии правильного размера, формы и центрирования привели к улучшению параметров перекрытия в течение первого года. Ухудшении неравномерности ручного капсулорексиса за счет асимметричных сократительных и векторных сил со временем ухудшало центрацию ИОЛ. В нашем исследовании длина вертикального диаметра коррелировала с перекрытием передней капсулы в группе ручного капсулорексиса. Рисунки 3-5 демонстрируют, как более высокие значения этого параметра могут привести к неравномерному перекрытию передней капсулы. Перекрытие на 360°

Считается, что край капсулы является важным фактором для стандартизации результатов рефракции, поскольку ИОЛ удерживается в желаемом центральном положении. Перекрытие задает не только горизонтально-вертикальное, но и передне-заднее расположение.

ИОЛ.

19

В нашем исследовании мы изучили децентрацию имплантированных ИОЛ согласно предыдущему отчету Becker et al.¹⁵ Децентрация на 0,4 мм может ухудшить оптические результаты. Акомодационные и мультифокальные ИОЛ.¹⁷ Наши результаты показывают статистически более высокую горизонтальную децентрацию в группе CCC через 1 неделю и 1 год после имплантации ИОЛ и статистически значимую разницу в распределении дихотомизированных значений горизонтальной децентрации

на уровне 0,4 мм между двумя исследовательскими группами через 1 неделю и 1 год после операции. Мы обнаружили, что децентрация ИОЛ в шесть раз чаще происходила при выполнении капсулорексиса вручную. Более того, кажется, что «перекрытие» отражает все характеристики формы капсулорексиса.

Среди всех параметров капсулорексиса только перекрытие показало значительный эффект на горизонтальную децентрацию ИОЛ, что свидетельствует о важности точного размера и центрирования капсулотомии. При анализе результатов центрирования нам удалось статистически исключить влияние типа имплантированной ИОЛ и капсульного мешка большего размера на децентрацию ИОЛ, поскольку между двумя группами исследования не было обнаружено статистически значимых различий в предоперационном рефракционном статусе или аксиальной длине. Между двумя группами исследования не было обнаружено различий в величине или направлении смещения зрительной оси от центра зрачка, которые могли бы повлиять на зрительный результат операции по удалению катаракты в отношении децентрации ИОЛ.

Ограничением нашего исследования является то, что мы не оценивали переднезаднее положение ИОЛ. Было бы интересно и важно проверить, влияет ли описанный выше эффект регулярных фемтосекундных капсулотомий на переднезаднее положение и наклон ИОЛ с течением времени.

По результатам нашего исследования потенциальные клинические преимущества при рефракционной хирургии катаракты могут быть достигнуты за счет эффективной профилактики децентрации зрительного нерва с точно контролируемой формой, размером и центрицией капсулотомии фемтосекундным лазером. Однако, чтобы представить клиническую значимость более предсказуемого послеоперационного позиционирования ИОЛ, необходимы дополнительные анализы.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (К.К., К.М., З.З.Н.); сбор данных (К.К., А.Т., И.К.); анализ и интерпретация данных (К.К., И.К., М.С.К., З.З.Н.); составление рукописи (К.К., И.К.); критическая доработка рукописи (А.Т., К.М., И.К., М.С.К., З.З.Н.); статистическая экспертиза (К.К., К.М.); административная, техническая или материальная поддержка (К.К.); надзор (З.З.Н.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Нойханн Т. Теория и хирургическая техника капсулорексиса [нем.]. Клин Monatsbl Augenhailkd. 1987;190(6):542-545.
2. Гимбел Х.В., Нойханн Т. Развитие, преимущества и методы техники непрерывного циркулярного капсулорексиса. J Хирургия рефракции катаракты. 1990;16(1):31-37.
3. Гимбел Х.В., Нойханн Т. Непрерывный криволинейный капсулорексис. J Катарактальная рефракционная хирургия. 1991;17(1):110-111.
4. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Баккара Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. J Хирургия рефракции катаракты. 1996;22(1):98-103.
5. Айкан У., Бильге А.Х., Карадайи К. Влияние размера капсулорексиса на развитие помутнения задней капсулы: маленький (от 4,5 до 5,0 мм) по сравнению с большим (от 6,0 до 7,0 мм). Eur J Офтальмол. 2003;13(6):541-545.
6. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние размера капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовичные результаты рандомизированного проспективного исследования. Am J Офтальмол. 1999;128(3):271-279.
7. Рам Дж., Панди С.К., Apple DJ и др. Влияние фиксации интраокулярной линзы в мешке на предотвращение помутнения задней капсулы. J Хирургия рефракции катаракты. 2001;27(7):367-370.
8. Чанг Д.Ф., Дьюи С., Типперман Р., Уоллес Р.Б. Жемчуг для определения размера капсулорексиса. Катаракта и рефракционная хирургия сегодня, Европа. 2008;3(9):40-44.
9. Хаяши К., Хаяши Х., Накао Ф., Хаяши Ф. Сокращение передней капсулы, децентрация и наклон интраокулярной линзы после имплантации гидрогелевой линзы. Вг J Офтальмол. 2001;85(11):1294-1297.
10. Хаяши Х., Хаяши К., Накао Ф., Хаяши Ф. Сокращение передней капсулы и вывих интраокулярной хрусталика в глазах с псевдоэкзофолиативным синдромом. Вг J Офтальмол. 1998;82(12):1429-1432.
11. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
12. Раткай-Трауби И., Феринц И.Е., Юхас Т., Курц Р.М., Крюгер Р.Р. Первые клинические результаты применения фемтосекундного лазера на неодимовом стекле в рефракционной хирургии. J Refract Surg. 2003;19(2):94-103.
13. Нордан Л.Т., Слэйд С.Г., Бейкер Р.Н., Суарес С., Юхас Т., Курц Р. Создание фемтосекундного лазерного лоскута для лазерного кератомилеза in situ: шестимесячное наблюдение за первоначальной клинической серией в США. J Refract Surg. 2003;19(1):8-14.
14. Чан Д.Б., Сарайба М.А., Бор З. и др. Рандомизированное проспективное клиническое исследование, сравнивающее индуцированные аберрации с созданием лоскутов Intra-Lase и Hansatome на парных глазах: потенциальное влияние лазера с волновым фронтом наведения in situ кератомилеза. J Хирургия рефракции катаракты. 2005;31(1):97-105.
15. Беккер К.А., Ауффарт Г.Ю., Фелькер Х.Э. Метод измерения для определения вращения и децентрации интраокулярных линз [немецкий]. Офтальмолог. 2004;101(6):600-603.
16. Ян Ю, Томпсон К, Бернс С.А. Расположение зрачков в мезопических, фотопических и фармакологически расширенных условиях. Инвестируйте офтальмол Vis Sci. 2002;43(7):2508-2512.
17. Холладей Дж.Т., Пирс П.А., Корань Г., ван дер Мурен М., Норрби Н.Е. Новая конструкция интраокулярных линз для уменьшения сферической аберрации псевдофакичных глаз. J Refract Surg. 2002;18(6):683-691.
18. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации ИОЛ после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.
19. Чекич О., Бэтмен С. Взаимосвязь между размером капсулорексиса и глубиной передней камеры. Офтальмологические хирургические лазеры. 1999;30(3):185-190. Ошибка в офтальмологических хирургических лазерах. 1999;30(9):714.

Наклон и децентрация интраокулярной линзы Измерено камерой Шаймпфлюга после непрерывной циркулярной капсулотомии вручную или фемтосекундным лазером.

Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Габор Л. Шандор, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Сравнить децентрацию и наклон интраокулярной линзы (ИОЛ) после циркулярной капсулотомии, созданной с помощью фемтосекундного лазера (лазер ССС), с выполняемым вручную непрерывным криволинейным капсулорексисом (ручной ССС).

МЕТОДЫ: В проспективном рандомизированном исследовании лазерная ССС (Alcon LenSx Inc) была выполнена на 20 глазах у 20 пациентов, а мануальная ССС была выполнена на 25 глазах у 25 пациентов. Децентрацию и наклон интраокулярной линзы измеряли с помощью камеры Scheimpflug (Pentacam, Oculus Optikgeräte GmbH) через 1 год после операции. В послеоперационном периоде также определяли некорригированную (UDVA) и корригированную остроту зрения вдаль (CDVA) и выраженную рефракцию. Анализировали наклон ИОЛ и остроту зрения.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Горизонтальный и вертикальный наклон был значительно выше в группе ручного ССС ($P=0,007$ и $P<0,001$ соответственно). Линзы, имплантированные после ручного ССС, показали большую горизонтальную и полную децентрацию ($P=0,034$ и $P=0,022$ соответственно). Значительные различия были обнаружены в однородности вертикального наклона дихотомизированной ИОЛ, а также в распределении горизонтальной и полной децентрации ($P=0,008$, $P=0,036$ и $P=0,017$ соответственно). Тотальная децентрация ИОЛ показала достоверную корреляцию с изменениями показателей манифестной рефракции в период от 1 месяца до 1 года после операции ($R=0,33$, $P=0,032$). Существенная корреляция было отмечено между вертикальным наклоном ИОЛ и CDVA ($R^2=0,17$, $=0,41$, 95% доверительный предел: от 0,69 до 0,13, $P=0,005$).

ВЫВОДЫ: Непрерывный криволинейный капсулорексис, созданный с помощью фемтосекундного лазера, привел к более стабильному рефракционному результату и меньшему наклону и децентрации ИОЛ, чем ручной ССС. [J Refract Surg. 2012;28(4):259-263.]

doi:10.3928/1081597X-20120309-01

Первоначально опубликовано в журнале Journal of Refractive Surgery, апрель 2012 г.

Микроинцизионная хирургия катаракты методом факэмульсификации и имплантация искусственной интраокулярной линзы (ИОЛ) прийти к безопасному и эффективному вмешательству.¹ В связи с новым хирургическим технологии и конструкции ИОЛ, хирургически индуцированный астигматизм и такие осложнения, как помутнение задней капсулы. редкий.²⁻⁴ Непрерывный криволинейный капсулорексис (ККК) является одним из наиболее важные этапы хирургии катаракты. Получение «идеального» КСС важно для поддержания центрации ИОЛ и предотвращения наклона ИОЛ. Эксцентричный или неправильной формы капсулорексис с диаметром, выходящим за край зрительного нерва, теряет эти преимущества.

теги.⁵⁻¹¹ Наклон и децентрация ИОЛ могут вызвать изменения в послеоперационную рефракцию и снижение качества изображения из-за вызывали глазные аберрации более высокого порядка.^{12,13}

С появлением фемтосекундных лазеров в офтальмохирургии стало возможным создание ССС правильного размера и по центру. Взаимодействие лазера с тканями, известное как фоторазрушение.^{14,15} Являются. Было показано, что фемтосекундный лазер ССС производственного размера, формы и центрирования приводит к лучшему перекрытию между краем капсулорексиса и ИОЛ, что помогает поддерживать правильное позиционирование ИОЛ.^{16,17}

Эффект наклона и децентрации ИОЛ во многом зависит от фактической комбинации этих параметров позиционирования в глазу. Было проведено несколько лабораторных испытаний для определения максимальной децентрации и наклона, не ухудшающих визуальные результаты асферических ИОЛ. Холладей и др.¹⁸ рассчитанный критическая величина децентрации 0,4 мм и наклон 5°. Пирс и др.¹⁹ рассчитал больший диапазон децентрации и наклона (0,8 мм и 10° соответственно).

Наклон и децентрацию интраокулярной линзы можно измерить несколькими методами, например, с помощью фотографий ретроиллюминации, систем визуализации Пуркинье или с помощью камеры Шаймпфлюга. Камера Шаймпфлюга обеспечивает изображения передней камеры.

глаза. Первоначальные изображения Шаймпфлюга страдали от геометрических искажений. Однако в новых системах изображения корректируются с использованием пользовательских алгоритмов, что обеспечивает высокую воспроизводимость результатов измерений этим устройством.

наклона и децетрации ИОЛ.²⁰⁻²²

Мы оценили использование внутриглазного фемтосекундного лазера при выполнении капсулотомии передней капсулы хрусталика. Целью данного исследования было оценить влияние лазерной капсулотомии на центрацию и передне-заднее смещение имплантированных ИОЛ и сравнить результаты с результатами, достигнутыми при ручном выполнении ССС.

ПАЦИЕНТЫ И

МЕТОДЫ Популяция пациентов

В проспективном рандомизированном исследовании лазерная ССС (Alcon LenSx Inc, Алисо-Въехо, Калифорния) была выполнена на 20 глазах у 20 пациентов, а мануальная ССС была выполнена на 25 глазах у 25 пациентов, перенесших операцию по удалению катаракты с имплантацией ИОЛ. (Таблица 1).

Каждый пациент прошел полное офтальмологическое обследование. Из исследования были исключены пациенты с предшествующими операциями на глазах, травмами, активным заболеванием глаз, слабо расширенными зрачками или известной слабостью связок. Рандомизация проводилась с использованием компьютерных таблиц (Microsoft Excel; Microsoft Corp, Редмонд, Вашингтон).

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике/институциональных наблюдательных советов и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия людей, участвующих в исследовании. Биомедицинские исследования. Перед операцией от каждого пациента было получено письменное информированное согласие.

Хирургическая техника

Техника хирургического вмешательства была стандартизирована у каждого пациента, за исключением метода капсулорексиса. Все операции выполнял один и тот же хирург (З.З.Н.).

После расширения зрачков (1 капля 0,5% тропикамида каждые 15 минут 3) и инстилляций местных анестетиков (0,5% пропаракаина HCl) лазер прикрепляли к глазу с помощью изогнутой контактной линзы для аппланации роговицы. Местоположение поверхности хрусталика определяли с помощью системы визуализации интегрированной оптической когерентной томографии (ОКТ, Alcon LenSx Inc). Процедуру капсулотомии диаметром 4,5 мм проводили путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 100 мкм выше капсулы. Капсулотомия была сосредоточена на расширенном зрачке. Собственные параметры энергии и разделения пятен,

которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях, использовались для всех лазерных процедур. В группе ручного ССС была предпринята попытка капсулорексиса диаметром 4,5 мм, также с центром в области расширенного зрачка, и выполнена с помощью цистотома и щипцов для капсулорексиса. Маркер не использовался.

В обеих группах разрезы выполнялись с помощью одноразового кератома (Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас). После гидродиссекции проводили факоэмульсификацию ядра и аспирацию остаточной коры на аппарате для факоэмульсификации Accurus (Alcon Laboratories Inc).

Все ИОЛ складывали и имплантировали в капсульный мешок с помощью инъекционного картриджа через рану роговицы. Все интраокулярные линзы были цельными (SA60AT, Alcon Laboratories Inc) из гидрофобного акрилового материала.

Гаптики линзы были размещены в том же положении (в положении «3» и «9 часов»). Силу интраокулярной линзы рассчитывали по формуле SRK-T. После имплантации ИОЛ вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и капсульного мешка путем ирригации/аспирации. Все разрезы остались без швов. Никаких интра- и послеоперационных осложнений не возникло. В течение первых 10 дней все пациенты получали комбинацию антибиотиков и стероидных глазных капель (декса-метазон и тобрамицин).

Измерения

Для оценки наклона и децетрации ИОЛ использовалась система визуализации Scheimpflug (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия). Децетрация линзы и наклон измерялись согласно de Castro et al.²¹ следующим образом: децетрация ИОЛ определяется по расстоянию между центром ИОЛ и осью зрачка. Положительные горизонтальные координаты обозначают носовую в правом глазу и височную в левом глазу. Положительные вертикальные координаты обозначают высшие децетрации, отрицательные — низшие. Устранив положительные и отрицательные знаки, можно определить величину горизонтальной и вертикальной децетрации без привязки к носовой/височной и верхней/нижней ориентации соответственно. Полная децетрация, определенная с помощью тригонометрического анализа, показывает величину результирующего вектора горизонтальной и вертикальной децетрации. Что касается наклона ИОЛ, положительный наклон вокруг оси X указывает на то, что верхний край ИОЛ смещен вперед, и наоборот, если наклон отрицательный. Положительный наклон вокруг оси Y в правом глазу указывает на наклон носа и указывает на то, что носовой край ИОЛ сдвинут назад, и наоборот, для отрицательного наклона вокруг оси Y в правых глазах. Положительный наклон по оси Y означает височный наклон (носовой край ИОЛ перемещается вперед) в левом глазу. Исключив положительные и отрицательные знаки, можно определить величину горизонтального и вертикального наклона без привязки к какой-либо ориентации.

ТАБЛИЦА 1

ВОЗРАСТНОЕ И ПОЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСЕВАЯ ДЛИНА ГЛАЗ, ПРОВЕРЕННЫХ ФЕМТОСЕКУНДАЛЬНЫМ ЛАЗЕРОМ И РУЧНЫМ

НЕПРЕРЫВНЫЙ КРИВОЛИНЕЙНЫЙ КАСУЛОРЕКССИС

	Ручной ССС	Лазер	Значение ССС	P*
Возраст (лет)	68,24	10,7763,55	13,65	,05
Пол (М:Ж)	2:23		5:15	,05
Осевая длина (мм)	23,92	1,9923,72	1,99	,05

ССС = непрерывный криволинейный капсулорексис *t тест для независимых образцов.

Послеоперационную манифестную рефракцию определяли через 1 неделю, 1 месяц и 1 год после операции по удалению катаракты и рассчитывали сдвиг послеоперационной рефракции.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью SPSS 16.0. (SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. Из-за нормальности данных описательная статистика, параметры остроты зрения и положения ИОЛ показывают среднее и стандартное отклонение. Различия между двумя группами исследования по остроте зрения, наклону и децентрации ИОЛ были проверены с помощью t-критерия для независимых выборок.

Критерий однородности хи-квадрат был применен для сравнения распределения дихотомических значений наклона и децентрации 5° и 0,4 мм соответственно между исследуемыми группами. Из-за ненормального распределения значений, отражающих изменения сферического эквивалента после операции, корреляцию между общей децентрацией ИОЛ и изменениями сферического эквивалента анализировали с помощью ранговой корреляции Спирмена. Для определения корреляции между абсолютной величиной вертикального наклона ИОЛ и остротой зрения вдаль с использованием коэффициента

решимость R^2 , коэффициент регрессии и соответствующее значение P. Уровень значимости был установлен на уровне P 0,05 во всех статистических анализах. Также был проведен анализ расчета мощности, который показал статистическую мощность нашего статистического анализа 88%.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистически значимых различий по возрасту, полу или аксиальной длине между группами лазерного и ручного КСС не наблюдалось (таблица 1).

Таблица 2 показывает, что между двумя группами не было отмечено существенных различий в отношении UDVA ни в один послеоперационный период. Тем не менее, CDVA оказался значительно лучше в группе лазерного ССС через 1 месяц и 1 год после операции.

ТАБЛИЦА 2

НЕКОРРЕКЦИРУЕМАЯ И КОРРЕКЦИРУЕМАЯ ОСТРОТА ЗРЕНИЯ В ГЛАЗАХ, ПРОВЕРЕННЫХ ФЕМТОСЕКУНДАЛЬНЫМ И РУЧНЫМ ЛАЗЕРОМ

НЕПРЕРЫВНЫЙ КРИВОЛИНЕЙНЫЙ КАСУЛОРЕКССИС

	Ручной ССС	Лазер	Значение ССС	P		
UDVA (десятичный)	1 неделя 0,51	0,290,59	0,23,05	1 месяц 0,61	0,280,69	0,19,05
1 год	0,60	0,250,63	0,23,05	CDVA (десятичный)		

1 неделя	0,77	0,250,89	0,17	,05	1 месяц	0,84	0,160,94
0,11,031*	1 год	0,92	0,090,97	0,06,038*			

ССС = непрерывный криволинейный капсулорексис, UDVA = некорригированная острота зрения вдаль, CDVA = скорректированная острота зрения вдаль * P < 0,05 между группами с использованием t-критерия для независимых выборок.

Достоверных различий в центрации и наклоне между исследуемыми группами отмечено не было. Вертикальный и горизонтальный наклон был значительно выше в группе ручного ССС, чем в группе лазерного ССС. Горизонтальная и общая децентрация также была значительно выше в группе ручного ССС (Таблица 3).

Применяя критерий однородности хи-квадрат для сравнения распределения дихотомических значений наклона и децентрации (при 5° и 0,4 мм соответственно) между исследуемыми группами, значительная разница была обнаружена в вертикальном наклоне и горизонтальная и полная децентрация (табл. 4).

Также была отмечена значимая корреляция между абсолютным значением тотальной децентрации и абсолютным значением изменений сферической манифестной рефракции в период от 1 месяца до 1 года после операции (R=0,33, P=0,032; рис.). Выраженные изменения рефракции сферических или цилиндрических величин не показали корреляции с параметрами наклона ИОЛ (P < 0,05).

Линейный регрессионный анализ показал значительную корреляцию. Связь между вертикальным наклоном ИОЛ и CDVA (R²=0,17, = 0,41, 95% доверительный предел: от 0,69 до 0,13, P=0,005).

ОБСУЖДЕНИЕ

По нашему опыту, фемтосекундная лазерная капсулотомия является точной, круглой и воспроизводимой, с точным диаметром, тогда как ручной капсулорексис может оказаться нежелательным.

большая по форме и трудно контролируемая по центру.¹⁵⁻¹⁷ А Передняя капсулотомия правильного размера и по центру вызывает циркулярное перекрытие края зрительного нерва ИОЛ передней капсулой и позволяет сохранить правильное положение ИОЛ.

ТАБЛИЦА 3

ПАРАМЕТРЫ ИНТРАГЛАЗНОПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ХРУСТЛИКИ В ГЛАЗАХ, ПРОВЕРЕННЫХ ФЕМТОСЕКУНДАЛЬНЫМ ЛАЗЕРОМ И РУЧНЫМ НЕПРЕРЫВНЫМ КРИВОЛИНЕЙНЫМ АРКАСУЛОРРЕКСИСОМ

Параметр	Ручной ССС	Лазерный ССС	P-значение
Горизонтальный наклон (°)	2,75 1,67	1,53 1,08	.007*
Вертикальный наклон (°)	4,34 2,40	2,15 1,41	.001*
Горизонтальная децентрация (мкм)	270,83 190,85	164,25 113,78	.034*
Вертикальная децентрация (мкм)	148,40 101,59	131,00 124,72	.05
Полная децентрация (мкм)	334,91 169,67	230,27 111,54	.022*

ССС = непрерывный криволинейный капсулорексис.

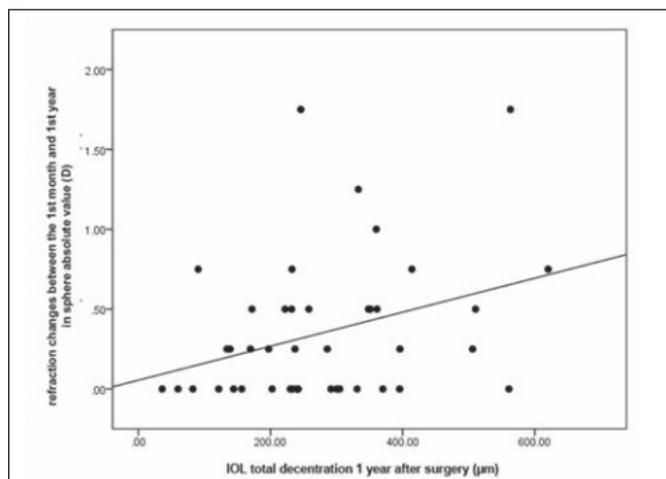
*P 0,05 между группами с использованием t-критерия для независимых выборок.

ТАБЛИЦА 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИГЛАЗНОГО СТИЛЛА ЛИНЗЫ 5° И ВЕЛИЧИНЫ ДЕЦЕНТРАЦИИ 0,4 ММ В ГЛАЗАХ, ПРОВЕДЕННЫХ ФЕМТОСЕКУНДАЛЬНЫМ И РУЧНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КАПСУЛОРРЕКСИС

	Ручной ССС	Лазерный ССС	P-Значение
Горизонтальный наклон (°)	1/25	0/20.05	
Вертикальный наклон (°)	10/250/20.008*		
Горизонтальная децентрация (мм)	25 микро	20.036*0/20.036*	
Вертикальная децентрация (мм)	1/25	0/20.05	
Полная децентрация (мм)	8/25	20.0017*	

*P 0,05 между группами с использованием критерия хи-квадрат.



Фигура. Корреляция между абсолютной величиной общей децентрации интраокулярной линзы и абсолютной величиной изменений сферического эквивалента явной рефракции между первым послеоперационным месяцем и годом. Ранговая корреляция Спирмена: R=0,33; P=0,032.

имплантированная ИОЛ.^{16,17} Хрусталик у молодых факиков глаза не идеально отцентрированы и не наклонены. Однако сравнение величины и направления децентрализации линзы и наклон измерены Mester et al.²³ и несовпадение. При использовании ИОЛ, имплантированных после ХКК, более значимы малые позиции в псевдофакичных глазах.

Окончательным ограничением потенциального использования индивидуальной ИОЛ является точность ее позиционирования. Смещение интраокулярной линзы ухудшает качество зрения и изменяет запланированную послеоперационную рефракцию из-за индуцированного астигматизма, близорукости или дальнозоркости, более высокого порядка.

абберации, отражения и ореолы.^{12,24,25}

В нашем исследовании мы обнаружили значительные различия как в наклоне, так и в децентрации между группами лазерной ССС и ручной ССС через 1 год после операции по удалению катаракты. Величина как горизонтального, так и вертикального наклона была значительно выше в группе ручного ССС. Наклон более 5° может ухудшить визуальные результаты ИОЛ.

Наши результаты показывают статистически значимую разницу в распределении дихотомического вертикального наклона 5° между исследуемыми группами (Таблица 4). Интраокулярные линзы в группе мануальных ССС показали более высокую горизонтальную и полную децентрацию, чем в группе лазерных ССС.

Эти результаты хорошо коррелируют с нашими предыдущими исследованиями.¹⁶ Отклонения от оптической оси и зрачка

Центр может повлиять на рефракционный результат ИОЛ. Влияние наклона и децентрации ИОЛ на конечную преломляющую силу во многом зависит от фактической комбинации наклона и децентрации в отдельном глазу.

По нашим результатам, децентрация ИОЛ повлияла на стабильность послеоперационной выраженной рефракции.

В нашем исследовании мы обнаружили значительно лучшую остроту зрения, связанную с меньшим вертикальным наклоном, в группе лазерной ССС. Корреляция между этими параметрами показывает, что наклон ИОЛ из правого переднезаднего положения ухудшает качество зрения, предположительно из-за

вызвало aberrации более высокого порядка, которые не могут быть коррелированы.

выпрямился в очках.

25

Значительной разницы в осевой длине между исследуемыми группами не было обнаружено, а это означает, что возможная разница в размере капсульного мешка не является вероятной причиной более значительных децентраций, наблюдаемых в группе ручного КСС.

В этом исследовании нам удалось продемонстрировать, что использование фемтосекундного лазера для создания передней криволинейной капсулотомии приводит к меньшей децентрации и наклону ИОЛ и лучшему значению зрительного обзора, чем использование ручной КСС.

В текущем исследовании мы планируем определить, как различные диаметры фемтосекундных лазерных капсулотомий влияют на послеоперационные зрительные характеристики ИОЛ премиум-класса за счет поддержания оптики в правильном положении. В будущем уникальные диаметры фемтосекундной лазерной капсулотомии будут определены для ИОЛ с разными оптическими диаметрами и принципами действия, чтобы обеспечить более стандартизированные хирургические процедуры.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (К.К., К.М., З.З.Н.); сбор данных (К.М., Г.Л.С., А.Т.); анализ и интерпретация данных (К.К., М.С.К.); оформление рукописи (К.К., З.З.Н.); критическая доработка рукописи (К.М., Г.Л.С., А.Т., М.С.К.); статистическая экспертиза (К.К.); административная, техническая или материальная поддержка (Г.Л.С., А.Т.); надзор (К.М., З.З.Н.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Подробный отчет о мировом рынке односторонней офтальмохирургической продукции за 2009 год. Объем рынка. Август 2009.
2. Пол Т., Брага-Меле Р. Бимануальная микроинцизионная фактоэмulsionификация: будущее хирургии катаракты? Курр Опин Офтальмол. 2005;16(1):2-7.
3. Ауфф арт Г.Ю., Рабильбер Т.М., Конен Т., Хольцер М.П. Конструкция и оптические принципы мультифокальных линз [немецкий]. Офтальмолог. 2008;105(6):522-526.
4. Ридерле Ф, Бухвальд Х.Дж., Прейссингер С., Ланг Г.К. Рефракционные аспекты современной хирургии катаракты [нем.]. Клин Монбл Аугенхайлькд. 2006;223(12):943-951.
5. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Баккара Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. J Хирургия рефракции катаракты. 1996;22(1):98-103.
6. Айкан У., Бильге А.Х., Карадайи К., Акин Т. Влияние размера капсулорексиса на развитие помутнения задней капсулы: маленький (от 4,5 до 5,0 мм) по сравнению с большим (от 6,0 до 7,0 мм). Еуг J Офтальмол. 2003;13(6):541-545.
7. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние размера капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовые результаты рандомизированного проспективного исследования. Ам J Офтальмол. 1999;128(3):271-279.
8. Рам Дж., Панди С.К., Apple DJ и др. Влияние фиксации интраокулярной линзы в мешке на предотвращение помутнения задней капсулы. J Хирургия рефракции катаракты. 2001;27(7):1039-1046.
9. Чанг Д.Ф., Дьои С., Типперман Р., Уоллес Р.Б. Жемчуг для проклейки шапочки-сулорексиса. Катаракта и рефракционная хирургия сегодня, Европа. 2008;3(9):40-44.
10. Хаяши К., Хаяши Х., Накао Ф., Хаяши Ф. Сокращение передней капсулы, децентрация и наклон интраокулярной линзы после имплантации гидрогелевой линзы. Вг J Офтальмол. 2001;85(11):1294-1297.
11. Хаяши Х., Хаяши К., Накао Ф., Хаяши Ф. Сокращение передней капсулы и вывих интраокулярной хрусталика в глазах с псевдоэкзолативным синдромом. Вг J Офтальмол. 1998;82(12):1429-1432.
12. Баумейстер М., Бюрен Дж., Конен Т. Наклон и децентрация сферических и асферических интраокулярных линз: влияние на aberrации более высокого порядка. J Cat-aract Refract Surg. 2009;35(6):1006-1012.
13. Ауран Дж.Д., Кестер К.Дж., Донн А. Измерение in vivo децентрации и наклона интраокулярной линзы задней камеры. Арка Офтальмол. 1990;108(1):75-79.
14. Крюгер Р.Р., Кушак Дж., Любачовски Х., Майерс Р.И., Рипкен Т., Хейстеркамп А. Первое исследование безопасности фемтосекундного лазерного фоторазрушения хрусталиков животных: морфология тканей и катарактогенез. J Хирургия рефракции катаракты. 2005;31(12):2386-2394.
15. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
16. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.
17. Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центриацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27(8):558-563.
18. Холладей Дж.Т., Пирс П.А., Корань Г., ван дер Муурен М., Норрби Н.Е. Новая конструкция интраокулярных линз для уменьшения сферической aberrации псевдофакичных глаз. J Refract Surg. 2002;18(6):683-691.
19. Пирс П.А., Уйбер Х.А., Артал П., Норрби С. Теоретическое сравнение индивидуальных и асферических интраокулярных линз, корректирующих aberrации. J Refract Surg. 2007;23(4):374-384.
20. Беккер К.А., Ауфф арт Г.Ю., Фелькер Х.Е. Метод измерения для определения вращения и децентрации интраокулярных линз [немецкий]. Офтальмолог. 2004;101(6):600-603.
21. де Кастро А., Розалес П., Маркос С. Наклон и децентрация интраокулярных линз in vivo по данным визуализации Пуркиньи и Шаймпфлюга. Валидирующее исследование. J Хирургия рефракции катаракты. 2007;33(3):418-429.
22. Розалес П., де Кастро А., Хименес-Альфаро И., Маркос С. Выравнивание интраокулярной линзы по данным визуализации Пуркиньи и Шаймпфлюга. Клин Эксп Оптом. 2010;93(6):400-408.
23. Местер У., Зауэр Т., Каймак Х. Децентрация и наклон цельной асферической интраокулярной линзы по сравнению с положением линзы в молодых факичных глазах. J Хирургия рефракции катаракты. 2009;35(3):485-490.
24. Эппиг Т., Шольц К., Леффлер А., Месснер А., Лангенбухер А. Влияние децентрации и наклона на качество изображения асферических конструкций интраокулярных линз в модельном глазу. J Хирургия рефракции катаракты. 2009;35(6):1091-1100.
25. Михалц К., Кнорц М.К., Алио Х.Л. и др. Внутренние aberrации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2011;27(10):711-716.

Сравнение долгосрочных визуальных результатов и положения ИОЛ при использовании одинарной оптики.

Аккомодация ИОЛ после фемтосекундной лазерной капсулотомии диаметром 5,5 или 6,0 мм

Андреа Сигети, доктор медицинских наук; Кинга Кралиц, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Оценить долгосрочный зрительный результат и параметры положения интраокулярной (ИОЛ) с однооптической аккомодирующей ИОЛ после фемтосекундной лазерной капсулотомии диаметром 5,5 или 6,0 мм.

МЕТОДЫ. В это проспективное рандомизированное пилотное исследование вошли 17 глаз 11 пациентов (7 мужчин) со средним возрастом $65,82 \pm 10,64$ года (диапазон: от 51 до 79 лет). Всем пациентам была установлена ИОЛ Crystalens AT-50AO (Bausch & Lomb) после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты с использованием либо капсулотомии 5,5 мм (группа 5,5 мм; 9 глаз), либо капсулотомии 6,0 мм (группа 6,0 мм; 8 глаз). Острота зрения вблизи и вдаль, сферический эквивалент явной рефракции (MRSE), наклон и децентрация ИОЛ оценивались через 1 год после операции.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Не было отмечено существенных различий между группами по послеоперационной некорригированной остроте зрения вдаль, некорригированной остроте зрения вблизи, остроте зрения вблизи с коррекцией вдаль и MRSE. Вертикальный и горизонтальный наклон был значительно выше в группе 6,0 мм, чем в группе 5,5 мм ($P=0,014$ и $P=0,015$ соответственно). Достоверной разницы между группами по децентрации ИОЛ не наблюдалось.

ВЫВОДЫ: Капсулотомия диаметром 5,5 мм, выполненная с помощью фемтосекундного лазера, связана с меньшим наклоном ИОЛ и, следовательно, может оказаться более эффективной, чем капсулотомия диаметром 6,0 мм при имплантации однооптической аккомодирующей ИОЛ.

[J Refract Surg.

2012;28(9):609-613. doi:10.3928/1081597X-20120815-04

Первоначально опубликовано в журнале Journal of Refractive Surgery, сентябрь 2012 г.

Имплантация аккомодационной интраокулярной линзы (ИОЛ) вариант лечения пресбиопии. Аккомодирующие ИОЛ были разработаны таким образом, чтобы избежать оптических побочных эффектов мультифокальных ИОЛ, например, деформаций.

повышенная контрастная чувствительность,^{1,2} инвалидность по бликам и ореолы.^{3,4}

Механизм действия аккомодирующих ИОЛ сохраняется спорный.⁵ Рекомендуемый размер капсулорексиса при греховном gle-оптическая аккомодирующая ИОЛ составляет от 5,5 до 6,0 мм.⁶ До тех пор, пока в-внедрение фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты,⁷⁻¹¹ единственным способом выполнения капсулорексиса был ручной метод. В предыдущих исследованиях с использованием фемтосекундной лазерной рефракции оперативная хирургия катаракты,^{10,11} точного размера и центрированного фемто-Второй лазерный капсулорексис позволил сохранить центриацию монофокальных ИОЛ в стабильном послеоперационном положении.

Целью данного проспективного пилотного исследования было оценить отдаленные результаты применения однооптической аккомодирующей ИОЛ после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты, сравнив два разных диаметра капсулотомии.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В проспективное рандомизированное пилотное исследование были включены 17 глаз 11 пациентов (7 мужчин, 4 женщины) со средним возрастом $65,82-10,64$ года (диапазон: от 51 до 79 лет). Все пациенты тщательно обсуждали с хирургом риски, преимущества и альтернативы лечения. Исследование соответствовало принципам Хельсинкской декларации и было одобрено местным комитетом по этике. Критериями включения были старческая катаракта и возраст 50 лет и старше. Больные сахарным диабетом, глаукомой, увеитом,

Авторы благодарят Белу Чакани, доктора медицинских наук, за подготовку биометрических данных.

ТАБЛИЦА 1

ПРЕДОПЕРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ 5,5- ИЛИ 6,0-ММКАПСУЛОТОМИИ

Среднее стандартное отклонение (диапазон)

Параметр	5,5-мм группа	Группа 6,0 мм	Значение P*
Глаза (n)	9	8	
Возраст (лет)	65,4 10,03 (53–78)	66,25 11,98 (51–79)	0,743
МСЭ (Д)	0,22±0,96(от 1,50 до 1,50)	0,094±1,49(от 2,00 до 2,00)	.834
Роговичный астигматизм (D)	0,64 0,22(0,43–1,00)	0,53 0,33(0,08–0,97)	.448
Среднее К (Д)	42,27 0,71(41,47–43,59)	42,52 1,11(41,07–44,45)	.625
УДВА(десятичный)	0,13 0,05(0,05–0,2)	0,14 0,07(0,05–0,25)	.744
CDVA(десятичный)	0,21 0,06(0,1–0,3)	0,19 0,07(0,1–0,3)	.569
Осевая длина (мм)	23,05 1,08(21,51–24,4)	23,67 0,60(22,95–24,49)	.329
Мощность ИОЛ (Д)	22,57 1,92(20,50–25,50)	21,13 0,99(20,00–23,00)	.126

MRSE = сферический эквивалент явной рефракции, К = кератометрия, UDVA = некорригированная острота зрения вдаль, CDVA = корригированная острота зрения вдаль, ИОЛ = интраокулярная линза *Независимый t-критерий.

перенесенные глазные операции и травмы, заболевания сетчатки, патология переднего отрезка (атрофия радужной оболочки, синехии, неполные или поврежденные зоны связок, аниридия), нерасширяющийся зрачок, разница между крутым и плоским кератометрическим (К) цилиндром 1,00 диоптрии (D) и осевую длину 19,0 мм или 25,0 мм были исключены из исследования.

Глаза были разделены на две группы с помощью компьютерной таблицы рандомизации. На 9 глазах выполнена капсулотомия 5,5 мм (группа 5,5 мм), на 8 глазах — капсулотомия 6,0 мм (группа 6,0 мм).

В таблице 1 представлены предоперационные характеристики в обеих группах. Статистически значимых различий между группами по возрасту, остроте зрения (нескорректированной и скорректированной), сферическому эквиваленту явной рефракции (MRSE), К, роговичному астигматизму, аксиальной длине или силе имплантированной ИОЛ не наблюдалось.

Предоперационная оценка

Базовое предоперационное обследование включало измерение остроты зрения вдаль без коррекции (UDVA) и остроты зрения вдаль с коррекцией (CDVA) с использованием таблицы Снеллена, MRSE, внутриглазного давления с помощью аппланационной тонометрии Гольдмана, оценки с помощью щелевой лампы и фундускопии после расширения зрачка.

Интраокулярная линза и расчет мощности

Во все глаза была имплантирована ИОЛ Crystalens AT-50AO (Bausch & Lomb, Рочестер, Нью-Йорк), имеющая двояковыпуклую асферическую однооптическую конструкцию диаметром 5,0 мм от Biosil с показателем преломления 1,4301 и общим диаметром 11,5. Оптическая биометрия была выполнена на всех глазах (IOLMaster; Carl Zeiss Meditec, Jena,

Германия). Кератометрию проводили с использованием Len-Star LS 900 (Haag-Streit International, Кениг, Швейцария). Формула SRK/T с константой А 119,1 использовалась для расчета мощности ИОЛ для глаз с осевой длиной 22,01 мм. Формулу Холладея II использовали для глаз с осевой длиной 22,0 мм и для глаз с К более 42,00 Д независимо от осевой длины. Целью во всех случаях была эметропия.

Хирургическая техника

Один и тот же хирург (З.З.Н.) выполнил все удаления катаракты и имплантацию ИОЛ под местной анестезией (оксибупрокаин). Зрачки расширялись с помощью одной капли 0,5% тропикамида каждые 15 минут в течение 45 минут до операции.

Операцию начинали в лазерном кабинете вне операционной и выполняли капсулотомию диаметром 5,5 мм (группа 5,5 мм) или 6,0 мм (группа 6,0 мм) с использованием фемтосекундной лазерной системы LenSx (Alcon LenSx Inc.), Алисо-Вьехо, Калифорния). Глаз фиксировали с помощью изогнутого интерфейса пациента, а точное расположение хрусталика и капсулы определяли с помощью встроенной в лазер оптической когерентной томографии. Процедуру капсулотомии выполняли путем сканирования кругового рисунка, начиная по меньшей мере на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивая по меньшей мере на 100 мкм выше капсулы. Для всех капсулотомий использовались собственные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях.

После лазерной процедуры все пациенты были доставлены в операционную и подвергнуты стандартной факоэмульсификации.

(Infiniti; Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас). Делали прозрачный разрез роговицы диаметром 2,8 мм с помощью одноразового кератома, вводили вязкоэластичный материал (Provisc, Alcon Laboratories Inc) и отрезанную капсулу удаляли щипцами для капсулорексиса.

После гидродиссекции проводили факэмульсификацию ядра и аспирацию остаточной коры. Аккомодирующая ИОЛ была имплантирована в интактный капсульный мешок. После имплантации ИОЛ вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и капсульного мешка путем ирригации и аспирации. Все разрезы остались без швов.

Сразу после гидратации разреза роговицы закапывали одну каплю 1% атропина. Через день после операции вводили одну каплю 1% атропина для полного расслабления цилиарной мышцы в течение первых 7 дней, чтобы аккомодирующая ИОЛ оставалась в прочном контакте с задней капсулой. Пациентам было предложено закапывать по одной капле 0,1% раствора дексаметазона – 0,3% тобрамицина (Tobra-dex, Alcon Laboratories Inc) пять раз в день в течение 1 недели и четыре раза в день в течение следующей недели.

Послеоперационная оценка

В первые сутки после операции пациентам проводили осмотр на щелевой лампе с расширенным зрачком для проверки положения аккомодационной оптики ИОЛ. Осмотры через 1 неделю, 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции были такими же, как и до операции.

Некоррированную остроту зрения вблизи (UNVA) измеряли с использованием таблицы Розенбаума-Егера на расстоянии 35 см через 12 месяцев после операции; таблица освещалась непосредственно лампой с лампочкой мощностью 60 Вт. Острота зрения вблизи с коррекцией на расстояние (DCNVA) измерялась аналогичным образом, чтобы исключить потенциальные псевдоаккомодативные эффекты остаточной близорукости и цилиндра роговицы. Некоррированные показания остроты зрения вдаль, CDVA, UNVA и DCNVA были преобразованы в десятичную систему счисления для статистического анализа.

Система визуализации Scheimpflug (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия) использовалась для оценки наклона и децентрации ИОЛ через 12 месяцев после операции.

по данным де Кастро и др.¹² следующим образом: децентрация ИОЛ получают по расстоянию между центром ИОЛ и осью зрачка. Положительные горизонтальные координаты обозначают носовую в правом глазу и височную в левом глазу. Положительные вертикальные координаты обозначают высшую децентрацию, отрицательные — низшую. Устранив положительные и отрицательные признаки, можно определить величину горизонтальной и вертикальной децентрации без привязки к носовой/височной и верхней/нижней ориентации соответственно. Что касается наклона ИОЛ, положительный наклон вокруг оси X указывает на то, что верхний край ИОЛ смещен вперед, и наоборот, при отрицательном наклоне. Положительный наклон вокруг оси Y означает в правом глазу наклон носа и указывает на

что носовой край ИОЛ смещен назад и наоборот, что приводит к отрицательному наклону вокруг оси Y в правых глазах. Положительный наклон вокруг оси Y означает височный наклон (носовой край ИОЛ перемещается вперед) в левых глазах. Устранив положительные и отрицательные знаки, можно определить величину горизонтального и вертикального наклона без привязки к какой-либо ориентации. Тот же исследователь (К.К.) получил измерения наклона.

Статистический анализ

Статистический анализ результатов проводили с использованием программного обеспечения SPSS for Windows (версия 9.0; SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. В случае нормального распределения данные представлялись как среднее стандартное отклонение, тогда как медианный межквартильный размах использовался, если данные показывали ненормальное распределение. Для сравнения до- и послеоперационных данных использовали парный t-критерий или критерий суммы рангов Уилкоксона, а для анализа межгрупповых различий – непарный t-критерий или критерий Манна-Уитни.

Чтобы оценить клиническую значимость между группами в отношении параметров наклона и децентрации, был применен критерий однородности Хи-квадрат для сравнения распределения дихотомизированных значений наклона и децентрации в

уровень 5° и 0,4 мм соответственно.¹³

Уровень значимости был установлен на уровне P 0,05 во всех статистических анализах.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Никаких интраоперационных осложнений или аномальных послеоперационных воспалений не наблюдалось. В первые сутки после операции на четырех глазах был обнаружен легкий отек роговицы, который разрешился к концу первой недели. Случаев помутнения задней капсулы за период исследования не зарегистрировано. Все пациенты обратились за помощью в течение 1 года.

Среднее значение роговичного астигматизма (разница между крутыми и плоскими показаниями К) составило 0,64–0,22 Д до операции и 0,78–0,20 Д через 12 месяцев после операции в группе с размером 5,5 мм и 0,53–0,33 Д до операции и 0,84–0,32 Д через 12 месяцев после операции в группе Группа 6,0 мм. Разница между роговичным астигматизмом до и после операции не была статистически значимой ни в одной из групп (группа 5,5 мм, P=0,851; группа 6,0 мм, P=0,058; парный t-критерий).

Визуальные и рефракционные результаты

В таблице 2 показаны средние значения UDVA, UNVA и DCNVA в десятичной системе счисления и MRSE в исследуемых группах. Через год после операции 7 (77,8%) глаз в группе 5,5 мм и 4 (50%) глаза в группе 6,0 мм имели UDVA 20/25(0,8) или выше через 12 месяцев после операции. Неисправленное рядом

ТАБЛИЦА 2

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ О
ПРОВЕДЕННЫХ ГЛАЗАХ ЧЕРЕЗ 12 МЕСЯЦЕВ
КАПСУЛОТОМИЯ 5,5 ММ ИЛИ 6,0 ММ*

Параметр	Группа 5,5 мм	Группа 6,0 мм	Значение P†
Глаза (n)	9	8	
МСЭ (Д)	0,52 0,44 (от 1,00 до 0,25)	0,61±0,70 (от 1,87 до 0,50)	.774
роговица астигматизм (Д)	0,78 0,20 (от 0,51 до 1,00)	0,84 0,32 (от 0,40 до 1,21)	.723
Среднее К (Д)	42,52 0,89 (с 41,27 до 44,25)	43,41 0,95 (с 42,05 по 44,65)	.101
УДВА (десятичная дробь)	0,8 0,2 (от 0,7 до 1,0)	0,75 0,38 (от 0,6 до 1,0)	.399‡
ВАООН (десятичная дробь)	0,63 0,21 (от 0,32 до 1)	0,60 0,22 (от 0,32 до 1,0)	.750
DCNVA (десятичная дробь)	0,63 0,3 (от 0,4 до 0,8)	0,57 0,23 (от 0,32 до 0,63)	.488‡

MRSE = сферический эквивалент явной рефракции, К = кератометрия, UDVA = острота зрения вдаль без коррекции, UNVA = острота зрения вблизи без коррекции, DCNVA = острота зрения вблизи с коррекцией вдаль
*Данные нормального распределения представлены как среднее значение ± стандартное отклонение (диапазон).
Данные о ненормальном распределении представлены в виде медианного межквартильного размаха.

†Независимый t-тест.

‡Тест Манна-Уитни.

острота зрения составляла J3 (0,5) или лучше в 8 (88,9%) глазах в группе 5,5 мм и в 6 (75,0%) глазах в группе 6,0 мм. Разница между группами не была статистически значимой (P=0,75; независимый критерий Стьюдента). Медиана DCNVA составила J3 в обеих группах после операции. Острота зрения вблизи с коррекцией на расстояние составляла J3 или выше в 77,7% глаз (7/9) в группе 5,5 мм и в 75,0% глаз (6/8) в группе 6,0 мм. Разница между группами не была статистически значимой (P=0,48; критерий Манна-Уитни).

Статистически значимой разницы не было отмечено между группами по MRSE до операции (P=0,834, независимый критерий Стьюдента) и через 1 год после операции (P=0,14, критерий Манна-Уитни).

Согласование параметров наклона и децентрации ИОЛ

В таблице 3 показаны средние параметры наклона и децентрации аккомодирующей ИОЛ по горизонтали и вертикали. Параметры вертикального и горизонтального наклона были статистически значимо выше в группе 6,0 мм. Статистически значимой разницы между группами не было отмечено ни по одному параметру децентрации. Ни одна из имплантированных ИОЛ не показала децентрации 0,4 мм.

В группе размером 6,0 мм вертикальный и горизонтальный наклон 5° был измерен в 2 (25%) и 3 (37,5%) глазах соответственно. В группе диаметром 5,5 мм ни на одном глазу не наблюдалось наклона ИОЛ на 5°. Существенной разницы в

ТАБЛИЦА 3

ПАРАМЕТРЫ НАКЛОНА И
ДЕЦЕНТРАЦИИ ГЛАЗ, ПРОХОДЯЩИХ
5,5-ММ ИЛИ 6,0-ММКАПСУЛОТОМИЯ

Параметр	Среднее стандартное отклонение (диапазон)		Значение*
	Группа 5,5 мм	Группа 6,0 мм	
Наклон (°)			
Вертикальное	1,42 0,81 (от 0,49 до 2,99)	4,29 2,52 (от 1,45 до 8,77)	.014
Горизонтальный	1,62 0,85 (от 0,36 до 2,55)	4,77 2,62 (от 1,77 до 8,14)	.015
Децентрация (мм)			
Вертикальное	0,083 0,079 (от 0,000 до 0,200)	0,086 0,095 (от 0,010 до 0,280)	.976
Горизонтальный	0,136 0,109 (от 0,010 до 0,340)	0,193 0,141 (от 0,010 до 0,350)	.414

*Независимый t-тест.

ТАБЛИЦА 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИХОТОМИЗИРОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ НАКЛОНА
ПОД УГЛОМ 5,0° В ГЛАЗЕ, ПРОШЛОМ
5,5-ММ ИЛИ 6,0-ММКАПСУЛОТОМИЯ

Параметр	Группа 5,5 мм	Группа 6,0 мм	Р	Значение*
Вертикальный наклон	0:92	8:156	Горизонтальный наклон	
	0:93	8:089		

*Тест хи-квадрат.

распределение значений дихотомического наклона на 5° между группами (табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Насколько нам известно, это первое пилотное исследование, в котором сообщалось об имплантации аккомодирующей ИОЛ с одной оптикой после фемтосекундной лазерной капсулотомии и оценивалось наклон и децентрация аккомодирующей ИОЛ с учетом

размер эратационного капсулорексиса. Адаптация ИОЛ⁵ были разработаны с целью обеспечения аккомодационной способности и функционального зрения вблизи, а также независимости от очков после удаления катаракты без необходимости

Компромиссы мультифокальной ИОЛ.¹⁻⁴ Для имплантата-При использовании однооптической аккомодирующей ИОЛ диаметром 5,0 мм капсулорексис должен быть центральным, циркулярным и

диаметром от 5,5 до 6 мм.⁶ Большой или эксцентричный капсулорексис увеличивает риск смещения ИОЛ.^{10,11}

Внедрение фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты дает возможность выполнять больше

точные, аккуратные, воспроизводимые и более сильные капсулотомии, чем те, которые создаются с помощью обычного руководства.

техника.^{7-11,14} Правильный размер, форма и центрирование фемтосекундная лазерная капсулотомия привела к лучшей центрации ИОЛ и меньшему наклону по сравнению с ручным колпачком.

сулотомия.⁹⁻¹¹ Краниц и др.¹¹ зарегистрировано в шесть раз больше Шансы на децентрацию ИОЛ при выполнении капсулорексиса вручную по сравнению с фемтосекундной лазерной капсулотомией.

До сих пор в опубликованной литературе не было четких доказательств того, какой капсулорексис диаметром 5,5 или 6,0 мм является наиболее подходящим для однооптической аккомодирующей ИОЛ диаметром 5,0 мм (CrystalensAT-50AO).

Поэтому в этом проспективном исследовании мы сравнили оба диаметра. Мы не обнаружили существенных различий между двумя исследовательскими группами в отношении послеоперационной UDVA, UNVA и DCNVA. Мы также не обнаружили различий в децентрации ИОЛ между группами диаметром 5,5 мм и 6,0 мм, и ни одна из имплантированных ИОЛ не превышала децентрацию 0,4 мм.

центрация.Альтманн¹⁵ предупредил, что преимущество асферическая ИОЛ может быть потеряна в случае децентрации 0,5 мм. Холладей и др.¹⁶ указал, что производительность асферические ИОЛ хуже по сравнению со сферическими ИОЛ при децентрации 0,4 мм.

При оценке передне-заднего положения аккомодирующих ИОЛ мы обнаружили достоверно больший горизонтальный и вертикальный наклон в группе диаметром 6,0 мм, причем две (25%) ИОЛ превышали 5,0° вертикального наклона и три (37,5%) ИОЛ превышали 5° вертикального наклона. горизонтальный наклон в группе 6,0 мм, тогда как ни одна ИОЛ не превышала 5° в группе 5,5 мм.

группа. Гайтон и др.¹³ сообщили, что наклон ИОЛ на 5° может оказаться неэффективным. пара визуального качества. Другие авторы^{17,18} продемонстрировал Существует значительная корреляция между наклоном ИОЛ и абберациями, подобными коме глаза, а качество изображения на сетчатке улучшается за счет уменьшения наклона ИОЛ.

Ограничения нашего исследования включают небольшое количество оцениваемых глаз и потенциальную систематическую ошибку, связанную с включением обоих глаз некоторых пациентов.

Наши результаты показывают, что капсулотомия диаметром 5,5 мм, выполненная с помощью внутриглазного фемтосекундного лазера, вызывает меньший наклон ИОЛ, чем капсулотомия диаметром 6,0 мм, и, следовательно, может оказаться более эффективной при имплантации ИОЛ с одной оптикой.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (А.С.,З.З.Н.); сбор данных (А.С.,К.К.,А.И.Т.,З.З.Н.); анализ и интерпретация данных (А.С.,К.К.,К.М.,М.С.К.); составление рукописи (А.С.); критическая доработка рукописи (К.К.,А.И.Т.,К.М.,М.С.К.,З.З.Н.); статистическая экспертиза (АС); административная, техническая или материальная поддержка (А.С.);надзор(К.К.,А.И.Т.,З.З.Н.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Камлеш М., Дадея С., Каушик С. Контрастная чувствительность и глубина фокуса асферических мультифокальных линз по сравнению с обычными монофокальными интраокулярными линзами. *Может Дж Офтальмол.* 2001;36(4):197-201.
 2. Монтес-Мико Р., Алио Х.Л. Функция контрастной чувствительности на расстоянии и вблизи после имплантации мультифокальной интраокулярной линзы. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2003;29(4):703-711.
 3. Пие С., Лакнер Б., Хансельмайер Г. и др. Размер гало в дали и вблизи в рефракционных мультифокальных интраокулярных линзах. *Вг J Ophthalmol-mol.*2001;85(7):816-821.
 4. Аллен Э.Д., Бертон Р.Л., Уэббер С.К. и др. Сравнение дифракционной бифокальной и монофокальной интраокулярной линзы. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 1996;22(4):446-451.
 5. Шеппард А.Л., Башир А., Вольфсон Дж.С., Дэвис Л.Н. Адаптационные интраокулярные линзы: обзор концепций конструкции, методов использования и оценки. *Клин Эксп Оптом.* 2010;93(9):441-452.
 6. Чанг Д.Ф. *Освоение рефракционных ИОЛ: искусство и наука. Торофэр, Нью-Джерси: SLACK Inc; 2008.*
 7. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2009;25(12):1053-1060.
 8. Надь З.З., Краниц К., Такач А., Филкорн Т., Гергели Р., Кнорц М.К. Применение внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте после проникающей и тупой травмы. *J Refract Surg.* 2012;28(2):151-153.
 9. Михальц К., Кнорц М.К., Алио Х.Л. и др. Внутренние абберации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. *J Refract Surg.* 2011;27(10):711-716.
 10. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg.* 2011;27(8):564-569.
 11. Краниц К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрицию интраокулярной линзы. *J Refract Surg.* 2011;27(8):558-563.
 12. де Кастро А., Розалес П., Маркос С. Наклон и децентрация интраокулярных линз in vivo по данным визуализации Пуркинью и Шаймпфлогга. Валидирующее исследование. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2007;33(3):418-429.
 13. Гайтон Д.Л., Уозато Х., Виснички Х.Дж. Быстрое определение наклона и децентрации интраокулярной линзы по нерасширенному зрачку. *Офтальмология.* 1990;97(10):1259-1264.
 14. Фридман Н.Дж., Паланкер Д.В., Шуеле Г. и др. Фемтосекундная лазерная капсулотомия. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2011;37(7):1189-1198.
 15. Альтманн Г.Е. *Интраокулярные линзы, изготовленные по индивидуальному заказу Wavefront. Купр Опин Офтальмол.* 2004;15(4):358-364.
 16. Холладей Дж.Т., Пирс П.А., Корань Г., ван дер Мурен М., Норрби Н.Е. Новая конструкция интраокулярных линз для уменьшения сферической абберации псевдофакичных глаз. *J Refract Surg.* 2002;18(6):683-691.
 17. Такетани Ф., Матуура Т., Юкава Э., Хара Ю. Влияние наклона и децентрации интраокулярной линзы на абберации волнового фронта. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2004;30(10):2158-2162.
- [Бесплатная статья PMC] [PubMed] 18. Ошика Т., Кавана К., Хираока Т., Кадзи Ю., Киучи Т. Абберация волнового фронта высшего порядка в глазу, вызванная сильным наклоном интраокулярной линзы. *Am J Офтальмол.* 2005;140(4):744-746.

Внутренние аберрации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты

Ката Михальц, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Хорхе Л. Алио, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Сравнить глазные и внутренние аберрации после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии и непрерывного криволинейного капсулорексиса в хирургии катаракты.

МЕТОДЫ: В этом проспективном исследовании передняя капсулотомия была выполнена во время операции по удалению катаракты с помощью внутриглазного фемтосекундного (FS) лазера (Alcon LenSx Inc) на 48 глазах. В качестве контрольной группы на 51 глазу был выполнен непрерывный криволинейный капсулорексис (CCC). Аберрометрию волнового фронта, топографию роговицы и объективное качество зрения измеряли с помощью OPD-Scan (NIDEK Co Ltd). Вертикальный и горизонтальный наклон, кома и показатели качества зрения оценивались отдельно, чтобы определить, был ли источник аберраций глазным или внутренним. Основные показатели результатов включали послеоперационную остаточную рефракцию, некорригированную и корригированную остроту зрения, глазные и внутренние аберрации, коэффициент Штреля и функцию передачи модуляции (MTF).

РЕЗУЛЬТАТЫ: Статистически значимых различий между группами ФС и CCC соответственно по послеоперационной сфере ($-0,60 \pm 1,50$ против $-0,50 \pm 1,40$ диоптрий [Д]), послеоперационному цилиндру ($1,30 \pm 1,01$ против $1,10 \pm 1,10$ не отмечено. D), некорригированная острота зрения вдаль ($0,86 \pm 0,15$ против $0,88 \pm 0,08$) или скорректированная острота зрения вдаль ($0,97 \pm 0,08$ против $0,97 \pm 0,06$). В группе ФС были достоверно меньшие значения внутриглазного вертикального наклона ($-0,05 \pm 0,36$ против $0,27 \pm 0,57$) и комы ($-0,003 \pm 0,11$ против $0,1 \pm 0,15$), а также достоверно более высокие коэффициенты Штреля ($0,02 \pm 0,02$ против $0,01 \pm 0,01$) и значения MTF для всех измеренных циклов на градус по сравнению с группой CCC.

ВЫВОДЫ: Капсулотомия, выполненная с помощью интраокулярного лазера FS, вызывала значительно меньше внутренних аберраций, измеренных с помощью сканера NIDEK OPD-Scanaber, по сравнению с глазами, подвергшимися CCC, что может привести к лучшему оптическому качеству после процедуры.

[J Refract Surg. 2011;27(10):711-716.]doi:10.3928/1081597X-20110913-01

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, октябрь 2011 г.

Выполнение точного переднего капсулорексиса имеет решающее значение в хирургии катаракты. Капсулорексис с перекрывающимся на 360° краем капсулы предотвращает децентрацию зрительного нерва, наклон, миопическое смещение, заднее и переднее помутнение капсулы благодаря симметричному конусу.

растягивающие силы капсульного мешка и эффект термоусадочной пленки.¹⁻⁶ В В предыдущих отчетах нашей исследовательской группы мы продемонстрировали более высокую точность создания капсулорексиса и уменьшение растрескивания хрусталика.

центрация внутриглазным фемтосекундным лазером.^{7,8} Это техно- Данная технология также потенциально может снизить риск разрыва капсулы и интраоперационных осложнений во время операции по удалению катаракты.

снижение мощности фактоэмульсификации.⁹

Оптическое качество является субъективной величиной и в настоящее время может быть описано только косвенно с помощью объективных показателей, таких как измерения ошибок волнового фронта, а также показателей визуального качества или функциональных показателей.

данные, такие как острота зрения и контрастная чувствительность.¹⁰⁻¹³ Волна- Фронтальный анализ изолирует влияние аберраций низшего порядка (дефокусировка, астигматизм) и аберраций более высокого порядка, а также вклад отдельных аберраций на оптическое качество.

Коэффициент Штреля, функция рассеяния точки (PSF) и передаточная функция модуляции (MTF) являются параметрами качества оптической системы, в том числе человеческого глаза. PSF оптической системы представляет собой распределение интенсивности света от точечного источника, проецируемого на сетчатку, и указывает на степень размытия изображения на сетчатке. Передаточная функция модуляции определяется как амплитуда контраста изображения, деленная на амплитуду контраста объекта, и является функцией пространственной частоты, которая может описывать снижение контраста синусоидальных стимулов оптической средой.

Передаточную функцию модуляции можно измерить путем непосредственного визуализации PSF на поверхности сетчатки или путем расчета на основе аберраций волнового фронта.^{14,15}

Целью данного исследования было оценить оптические и визуальные эффекты капсулорексиса, выполняемого внутриглазным фемтосекундным лазером во время операции по удалению катаракты, по сравнению с выполняемым вручную непрерывным криволинейным капсулорексисом (ССС).

ПАЦИЕНТЫ И

МЕТОДЫ Популяция пациентов

На 48 глазах 43 пациентов с катарактой по поводу имплантации ИОЛ (ФС-групп) были выполнены фемтосекундные капсулотомии. Непрерывный криволинейный капсулорексис щипцами выполнен на 51 глазу у 38 пациентов, составлявших контрольную группу (группа СССР). Все операции проводил один и тот же хирург (З.З.Н.). Для сравнения послеоперационных результатов все пациенты были обследованы через 6 мес после операции. Каждый пациент прошел полное офтальмологическое обследование. Из исследования были исключены пациенты с предшествующими операциями на глазах, травмами, активным заболеванием глаз, слабо расширенными зрачками или известной слабостью связок.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике/институциональных наблюдательных советов, информированного согласия и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия пациентов. Люди, участвующие в биомедицинских исследованиях.

Операция

Техника хирургического вмешательства была стандартизирована у каждого пациента, за исключением метода капсулорексиса.

После расширения зрачков (одна капля 0,5% тропикамида каждые 15 минут 3) и введения местной анестезии (0,5% пропаракаина HCl) с помощью фемтосекундной лазерной системы были выполнены следующие процедуры: лазерная система LenSx (Alcon LenSx Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния) использует изогнутый интерфейс пациента для аппланации роговицы. Местоположение поверхности хрусталика определяется после аппланации с использованием собственной оптической методики. Процедуру капсулотомии диаметром 4,5 мм выполняли путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 100 мкм выше капсулы. Для всех лазерных процедур использовались собственные параметры энергии и разделения пятен, которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях.

После лазерной процедуры трапециевидным ножом был сделан бипланарный прозрачный разрез роговицы длиной 2,8 мм, а отрезанная капсула была удалена щипцами-рексисами под стандартным офтальмологическим операционным микроскопом. Чистый разрез роговицы всегда располагался на отметке 11 часов.

позиция; боковой разрез был выполнен стальным лезвием под углом 15° в положении «1 час». Разрез роговицы и боковой порт были созданы с использованием той же техники и в группе СССР. Для процедур ручного капсулорексиса первоначально использовался круглый роговичный маркер диаметром 4,5 мм, чтобы помочь хирургу создать капсулорексис правильного размера и формы. Непрерывный криволинейный капсулорексис осуществляли с помощью цистотома и капсульных щипцов. После гидродиссекции проводили факоэмульсификацию ядра и аспирацию остаточной коры с использованием факоэмульсификационной машины Accurus (Al-con Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас).

Все интраокулярные линзы (ИОЛ) складывали и имплантировали в капсульный мешок с помощью инъекционного картриджа; гаптики были размещены в положениях на 3 и 9 часов. Во все глаза в группах FS и СССР были имплантированы трехкомпонентные акриловые сферические ИОЛ AcrySof MA60AC (Alcon Laboratories Inc). Силу ИОЛ рассчитывали по формуле SRK/T.

После имплантации ИОЛ вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и капсульного мешка путем ирригации/аспирации. Стромальная гидратация парацентеза и основного разреза завершила процедуру. Все разрезы остались без швов. Никаких интра- и послеоперационных осложнений не возникло. В течение первого месяца все пациенты получали комбинацию антибиотиков и стероидных глазных капель (дексаметазон и тобрамицин).

Аберрометрические измерения

Общие, роговичные и внутренние оптические аберрации измеряли с помощью NIDEK OPD-Scan II (NI-DEK Co Ltd, Гамагори, Япония). Это устройство измеряет авторефракцию, кератометрию, фотопический и мезо-пикальный диаметры зрачков, топографию роговицы и аберрации волнового фронта одновременно на одной оси.

Все аберрации волнового фронта были рассчитаны и нанесены на график относительно вершины роговицы. Топографию роговицы измеряли с использованием технологии Пластино-диска, а волновой фронт глаза измеряли с помощью

используя принцип скиаскопической разности фаз.^{16,17}

Измерения волнового фронта проводились в темной комнате и были стандартизированы для зрачка диаметром 4,5 мм. Для оценки профиля аберраций естественного изображения, обычно наблюдаемого пациентом, не использовалось расширяющее падение. Мы решили проводить аберрометрические измерения без применения мидриатических капель, поскольку считаем, что результаты естественного профиля аберрометрии более репрезентативны для оптических характеристик глаза, чем результаты расширенного зрачка диаметром 6 или 7 мм. В глазах ошибки волнового фронта обычно увеличиваются с увеличением размера зрачка, но также меньшая апертура вызывает большую дифракцию.^{14,15,18} Общие, роговичные и внутренние аберрации волнового фронта

ТАБЛИЦА 1

ДЕМОГРАФИЯ ПАЦИЕНТОВ С РУЧНОЙ НЕПРЕРЫВНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КАПСУЛОРЕКСИС ИЛИ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРКАПСУЛОТОМИЯ

Демографический	Среднее стандартное отклонение		п Центиль*
	Группа ССС (n=51)	ФС Групп (n=48)	
Возраст (лет)	70,7±14,375	0±10,4,05	
Секс (М:Ж)	7:31	9:34	.05
Сферическая ошибка рефракции (D)	0,50	1,40	0,60±1,50 ,05
Цилиндрическая ошибка рефракции (D)	1,10	1,101,30	1,01,05

ССС = непрерывный криволинейный капсулорексис, FS = фемтосекунда *Непарный t-критерий.

были реконструированы с использованием полиномиального разложения Цернике 6-го порядка. Качество зрения описывали с помощью некорригированной (UDVA) и корригированной остроты зрения вдаль (CDVA), а также MTF и коэффициента Штреля. Изображения PSF были изображены, чтобы продемонстрировать характерное ухудшение изображения в двух группах. Функция разброса точки представлена фигурой, показывающей, как точка воспроизводится на сетчатке оптической системой глаза.

Коэффициент Штреля использовался для сравнения показателей качества изображения в двух группах. Коэффициент Штреля определяется как соотношение между PSF глаза и PSF этого глаза, когда оптическое качество ограничивается только дифракцией.

Это число от 0 до 1. OPD-Scan предоставляет кривые MTF от 0 до 60 циклов на градус (cpd), полученные по аберрациям для 4,5-мм оптической зоны. Пространственные частоты, выбранные в качестве ориентиров, составляли 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 и 60 имп. в день.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью SPSS 16.0. (SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. Из-за нормальности данных описательная статистика показывает среднее и стандартное отклонение. Статистический анализ проводился путем сравнения двух образцов одновременно с использованием t-критерия Стьюдента для анализа средних показателей зрения и рефракции, а также параметров внутриглазного оптического качества в обеих группах исследования. Для определения предикторов коэффициента Штреля был проведен множественный регрессионный анализ. Среди всех протестированных моделей лучший фи t-использовалась модель ting^{19} и соответствие модели оценивалось псевдо r^2 как статистика согласия.

ТАБЛИЦА 2

ГЛАЗНЫЕ, РОГОВИЧНЫЕ И ВНУТРЕННИЕ ЛАБЕРРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЧЕРЕЗ 6 МЕСЯЦЕВ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ НА ГЛАЗАХ, ПРОВЕДЕННЫХ НЕПРЕРЫВНОЙ КРИВОЛИНЕЙНОЙ КАПСУЛОРЕКСИС ИЛИ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРКАПСУЛОТОМИЯ

Параметр	Среднее стандартное отклонение		Значение P*
	Группа ССС (n=51)	ФС Групп (n=48)	
окулярный			
Вертикальный наклон	0,09	0,44	0,08
Горизонтальный наклон	0,10	0,490,16	0,39 ,05
Вертикальная кома	0,04	0,19	0,02
Горизонтальная кома	0,16	0,05	0,01
Роговица	0,14	0,05	
Вертикальный наклон	0,11	0,49	0,06
Горизонтальный наклон	0,05	0,41	0,04
Вертикальная кома	0,04	0,17	0,04
Горизонтальная кома	0,11	0,05	0,03
Внутренний	0,02	0,12	0,05
Вертикальный наклон	0,27	0,57	0,05
Горизонтальный наклон	0,15	0,590,16	0,63 ,05
Вертикальная кома	0,10	0,150,003	0,11,006
Горизонтальная кома	0,03	0,180,06	0,11 ,05

ССС = непрерывный криволинейный капсулорексис, FS = фемтосекунда *Непарный t-критерий.

ПОЛУЧЕННЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристики пациента

Все пациенты были обследованы через 6 месяцев после операции. В Таблице 1 представлены демографические данные пациентов и значения послеоперационных ошибок рефракции. Статистически значимых различий не было отмечено ни по одной переменной.

Полиномы Цернике

В группе ФС были достоверно более низкие значения внутриглазного большой вертикальный наклон (Z^{-1}_1) и кома (Z^{-1}_3) аберрации по сравнению с группой ССС ($P=0,006$) (Таблица 2). Никаких статистически значимых различий между двумя группами не было отмечено ни в каких глазных, роговичных или других внутренних аберрациях. Линейный регрессионный анализ показал сильную корреляцию ($P<0,001, r=0,73$) между внутренней вертикальной комой и внутренним вертикальным наклоном в обеих группах (рис. 1).

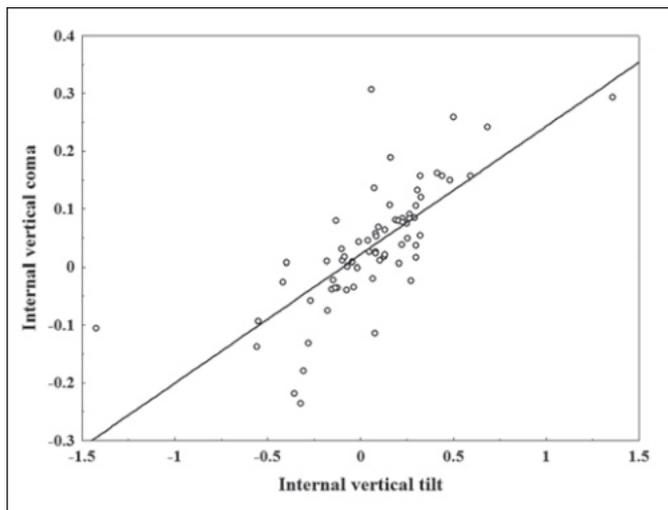


Рисунок 1. Линейная регрессия для внутреннего вертикального наклона и комы. Корреляция значимая ($P < 0,001$), $r = 0,73$.

Качество изображения

Хотя между группами не удалось обнаружить существенных различий в UDVA или CDVA, группа FS имела статистически значимо более высокий коэффициент Штреля. Значение MTF также было достоверно увеличено в группе FS при всех изученных ХПД; различия были статистически значимыми ($P < 0,05$) для всех значений (табл.3).

Для определения предикторов коэффициента Штреля был проведен многофакторный регрессионный анализ. В эту модель были включены члены Цернике, которые показали существенные различия между группами и наиболее важные искажающие факторы (абберации нижнего уровня). Модель была адаптирована не только для проверки аддитивного эффекта данных, но также включала условия взаимодействия. Эта модель показала, что после коррективки аббераций более низкого порядка (астигматизм и дефокусировка) величина внутреннего вертикального наклона оказала значительное влияние на коэффициент Штреля со значительным взаимодействием между вертикальным наклоном и комой (Таблица 4).

На рис. 2 представлены PSF-изображения двух пациентов, представителей двух групп исследования, зрительные показатели которых, измеренные по коэффициенту Штреля, были наиболее близки к среднему значению данной группы. График PSF глаза CCC показывает более астигматическое и комоподобное ухудшение изображения на сетчатке (см. рис. 2B). PSF глаза FS, наоборот, меньше и круглой формы (см. рис. 2A). В среднем глаза FS имели более высокие характеристики MTF, чем глаза CCC, на всех пространственных частотах (рис. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Хотя никаких существенных различий в каких-либо глазных абберациях продемонстрировать не удалось, в группе FS наблюдалось статистически значимое снижение внутриглазного вертикального наклона и аббераций комы. Статистически значимое увеличение

ТАБЛИЦА 3

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА ГЛАЗ, ПРОХОДЯЩИХ НЕПРЕРЫВНЫЙ КРИВОЛИНЕЙНЫЙ КАСУЛОРЕКСИС ИЛИ ФЕМТОСЕКОНДЛЯЗЕРКАСУЛОТОМИЯ

Характеристика	Группа CCC (n=51)	ФС Групп (n=48)	Значение P*
UDVA	0,88 0,080,86 0,15	,05 CDVA 0,97 0,060,97 0,08	,05
Коэффициент Штреля	0,01 0,0070,02	0,024,001	MTF (cpd)
5	0,25 0,150,32	0,19,04	
10	0,10 0,060,17 0,12,001	15 0,07 0,040,11 0,08,001	20 0,05 0,040,08 0,07,008
25	0,04 0,030,06 0,06,003	30 0,03 0,020,05 0,05,002	35 0,02 0,020,04 0,04,006
40	0,02 0,020,04 0,04,003	45 0,02 0,010,03 0,03,005	50 0,02 0,010,03 0,03,002
55	0,01 0,010,03 0,02,002	60 0,01 0,010,02 0,02,006	

CCC = непрерывный криволинейный капсулорексис, FS = фемтосекундный, UDVA = нескорректированная острота зрения вдаль, CDVA = скорректированная острота зрения вдаль, MTF = передаточная функция модуляции, cpd = циклов на градус *Непарный t-критерий.

Коэффициент Штреля и значения MTF при всех изученных ХПД также могли быть обнаружены в группе ФС, что позволяет предположить лучшее качество изображений у этих пациентов. Помимо вертикального наклона и комы, группа FS или группа CCC также были значимым предиктором коэффициента Штреля, подтверждая нашу гипотезу о том, что тип операции оказывает существенное влияние на визуальный результат операции по удалению катаракты. При анализе результатов наклона OPD-скана, комы и коэффициента Штреля мы исключили влияние типа имплантированной ИОЛ на оптические абберации и показатели качества зрения. Поскольку все имплантированные ИОЛ имели сферическую форму, их влияние на сферические абберации глаза было одинаковым и поэтому не анализировалось отдельно.

Наклон — это призматическая ошибка, которая не является настоящей оптической абберацией, поскольку она вызывает не искажение изображения, а скорее сдвиг его положения. Кома-абберация — это абберация более высокого порядка, которая может возникать либо из-за наклона или децентрализации падающего волнового фронта относительно оптической поверхности. Оно может исходить из осевого смещение оптических поверхностей.^{13,20-22} комический

ТАБЛИЦА 4

РЕГРЕССИЯ БЕТА-КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ЗНАЧИМЫХ ПРЕДИКТОРОВ ОТНОШЕНИЯ СТРЕЛА ПОСЛЕ КОРРЕКТИРОВКИ ДЛЯ

АСТИГМАТИЗМИ ДЕФОКУС ПРИ
МНОЖЕСТВЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ
РЕГРЕССИИ

Параметры	95% значение CL P
Внутренний вертикальный наклон	0.380.03-0.72.05
Взаимодействие внутреннего вертикального наклона и комы	1.550.67-2.42.05

CL = доверительный предел

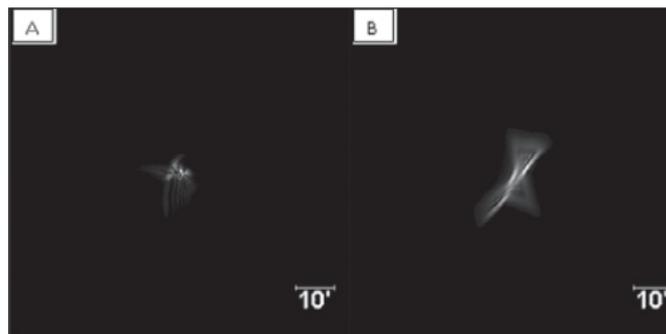


Рисунок 2. Репрезентативные изображения функции рассеяния точки в группах А) фемтосекундного лазера и В) непрерывного ручного криволинейного капсулорексиса (контроль).

Отклонение волнового фронта формирует размытое пятно с хвостом в форме кометы, подобное изображению PSF, показанному на рисунке 2В. Как продемонстрировал Эпплгейт и другие,²³ в сочетании режимы Цернике могут взаимодействовать.

Децентрация абберрационного режима вызывает абберрацию другого порядка. Например, трансляция сферической абберрации приводит к коме. По мере увеличения степени децентрализации увеличивается количество наступает кома.^{24,25} Тибос и др.²⁶ продемонстрировал

существующая положительная корреляция между модами одной и той же частоты, например, между вертикальной комой и вертикальным наклоном. Наши результаты также доказывают сильную положительную корреляцию между вертикальным наклоном и комой, которая, согласно предыдущим теориям, обусловлена децентрацией ИОЛ.

Фемтосекундные лазеры представляют собой важное технологическое достижение в офтальмохирургии. В сочетании с оптическими системами доставки с компьютерным управлением фемтосекундные лазеры могут производить точные хирургические разрезы без

сопутствующее повреждение окружающих тканей.^{27,28} Потенциал Преимущество этой новой технологии заключается в том, что она обеспечивает лучшую капсулотомию перед имплантацией асферических или мультифокальных ИОЛ.⁷⁻⁹ Наклоненная или децентрированная мультифокальная ИОЛ.

или ИОЛ с отрицательной сферической абберрацией может вызвать более высокие асимметричные абберрации; таким образом, желаемый эффект на оптическое качество может быть нарушен ИОЛ.

смещение.^{29,30}

В настоящем исследовании фемтосекундная лазерная капсулотомия привела к уменьшению внутреннего наклона и абберраций комы; однако внутренние абберрации могут возникать не только со стороны хрусталика, но и со стороны задней поверхности роговицы. Разделение этих различных источников не является

возможно с помощью OPD-Scan. Дуббельман и др.^{31,32} имеют изолированные абберрации задней поверхности роговицы от передней поверхности роговицы с использованием камеры Шаймпфлюга. Они обнаружили сильную взаимосвязь между передней и задней асферичностью поверхности роговицы. Они заявили, что задняя поверхность роговицы компенсирует примерно 3,5% комы.

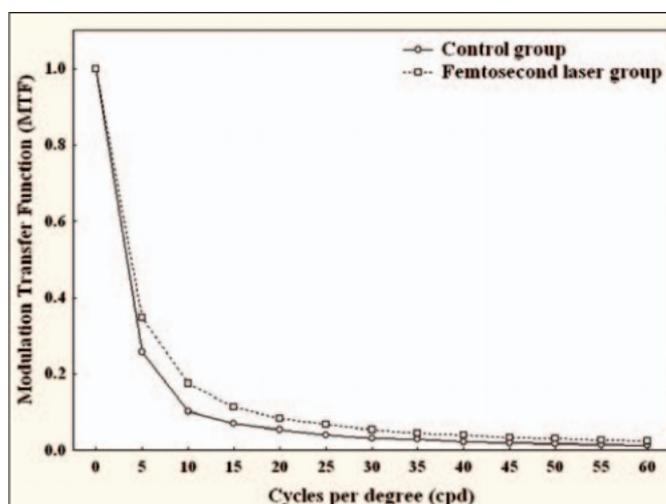


Рисунок 3. Передаточная функция модуляции (MTF) в группах А) фемтосекундного лазера и В) ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса (контроль) представляет собой среднее значение MTF в сагиттальном и меридиональном направлениях на разных пространственных частотах.

передней поверхности, а при коме всего глаза — только переднюю поверхность роговицы и хрусталик играет роль.^{31,32} Согласно этим находкам — Таким образом, мы можем заключить, что уменьшение внутренних абберраций, измеренное в настоящем исследовании, является результатом лучшего положения ИОЛ благодаря лучшему размеру капсулорексиса, выполненного фемтосекундным лазером.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (К.М., Дж.Л.А.); сбор данных (К.М., Дж.Л.А., К.К., И.К.); анализ и интерпретация данных (К.М., М.С.К., Дж.Л.А., А.Т., И.К., З.З.Н.); оформление рукописи (К.М., И.К.); критическая доработка рукописи (К.М., М.С.К., Дж.Л.А., А.Т., К.К., И.К., З.З.Н.); статистическая экспертиза (И.К.); полученное финансирование (J.L.A., Z.Z.N.); административная, техническая или материальная поддержка (J.L.A., А.Т., К.К.); супервизия (J.L.A., Z.Z.N.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ
ЛИТЕРАТУРА

1. Дик Х.Б., Пена-Асевес А., Маннс А., Крумменауэр Ф. Новая технология определения размеров непрерывного криволинейного капсулорексиса: проспективное испытание. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2008;34(7):1136-1144.
2. Тан Дж.К. *Капсулотомия. Курр Opin Офтальмол*. 2001;12(1):82-85.
3. Равалико Г., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Баккара Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1996;22(1):98-103.
4. Айкан У., Бильге А.Х., Карадайи К. Влияние размера капсулорексиса на развитие помутнения задней капсулы: маленький (от 4,5 до 5,0 мм) по сравнению с большим (от 6,0 до 7,0 мм). *Eur J Офтальмол*. 2003;31(6):541-545.
5. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Микок В.Р. Влияние размера капсулорексиса на помутнение задней капсулы: годовичные результаты рандомизированного проспективного исследования. *Am J Офтальмол*. 1999;128(3):271-279.
6. Крюгер Р.Р., Кушак Дж., Любачовски Х., Майерс Р.И., Рипкен Т., Хейстеркамп А. Первое исследование безопасности фемтосекундного лазерного фоторазрушения хрусталиков животных: морфология тканей и катарактогенез. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2005;31(12):2386-2394.
7. Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg*. 2011;27(8):558-563.
8. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg*. 2011;27(8):564-569.
9. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2009;25(12):1053-1060.
10. Баумейстер М., Бюрен Дж., Конен Т. Наклон и децентрация сферических и асферических интраокулярных линз: влияние на aberrации более высокого порядка. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2009;35(6):1006-1012.
11. Местер У., Зауэр Т., Каймак Х. Децентрация и наклон цельной асферической интраокулярной линзы по сравнению с положением линзы в молодых факических глазах. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2009;35(3):485-490.
12. Пье С., Фиала В., Мальц А., Сторк В. Соотношения Стреля in vitro со сферическими, безабберрирующими, средними и индивидуальными сферическими интраокулярными линзами, корректирующими aberrации. *Инвестируйте офтальмол Vis Sci*. 2009;50(3):1264-1270.
13. Рохарт С., Лемаринель Б., Тхан Х.Х., Гатинель Д. Aberrации глаза после операции по удалению катаракты с использованием гидрофобных и гидрофильных акриловых интраокулярных линз: сравнительное исследование. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2006;32(7):1201-1205.
14. Лян Дж., Гримм Б., Гельц С., Билле Дж.Ф. Объективное измерение волновых aberrаций человеческого глаза с использованием датчика волнового фронта Хартмана-Шака. *J Opt Soc Am A*. 1994; 11 (7): 1949-1957.
15. Уолш Дж., Чарман В.Н., Хауленд ХК. Объективная методика определения монохроматических aberrаций глаза. *J Opt Soc Am A*. 1984;1(9):987-992.
16. Гатинель Д., Хоанг-Сюань Т. Объективная оценка качества зрения до и после репозиции афакической передней камеры с фиксацией вивиха-эдируса. *J Refract Surg*. 2007;23(9Приложение):S1005-S1010.
17. Леви Дж., Лифшиц Т., Клемперер И. и др. Влияние задней капсулотомии лазером Nd:YAG на aberrации волнового фронта глаза. *Может Дж Офтальмол*. 2009;44(5):529-533.
18. Татт Р., Брэдли А., Бегли С., Тибос Л.Н. Оптическое и визуальное воздействие разрыва слезы на глаза человека. *Инвестируйте офтальмол Vis Sci*. 2000;41(13):4117-4123.
19. Лу М., Тилли ВС; Группа по исследованию инсульта NINDS t-PA. Использование отношения шансов или относительного риска для измерения эффекта лечения в клинических исследованиях с множественными коррелирующими бинарными исходами: данные исследования инсульта NINDS t-PA. *Стат Мед*. 2001;20(13):1891-1901.
20. Такетани Ф., Матуура Т., Юкава Э., Хара Ю. Влияние наклона и децентрации интраокулярной линзы на aberrации волнового фронта. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2004;30(10):2158-2162.
21. Коринта Дж., Бок Дж., Сенделин Дж., Мичалова К. Компьютерное моделирование нарушений зрения, вызванных смещением интраокулярной линзы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1999;25(1):100-105.
22. Дай ГМ. *Окулярное представление волнового фронта. В: Оптика волнового фронта для коррекции зрения. Беллингем, Вашингтон: SPIE; 2008: 33-96.*
23. Эпплгейт Р.А., Марсак Дж.Д., Рамос Р., Сарвер Э.Дж. Взаимодействие между aberrациями для улучшения или снижения зрительных характеристик. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2003;29(8):1487-1495.
24. Михалц К., Краниц К., Ковач И., Такач, Немет Дж., Надь З.З. Смещение линии зрения при кератоконусе, измеренное датчиком Гартмана-Шака. *Офтальмология*. 2010;117(1):41-48.
25. Гирао А., Уильямс Д.Р. Влияние вращения и трансляции на ожидаемую пользу от идеального метода коррекции ошибок глаза более высокого порядка. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2001;18(5):1003-1015.
26. Тибос Л.Н., Хонг Х., Брэдли А., Ченг Х. Статистические изменения структуры aberrаций и качества изображения в нормальной популяции здоровых глаз. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*. 2002;19(1):2329-2348.
27. Сунг Х.К., Мальта Дж.Б. Фемтосекундные лазеры в офтальмологии. *Am J Офтальмол*. 2009;147(2):189-197.
28. Чунг Ш., Мазур Э. Хирургическое применение фемтосекундных лазеров. *Журнал Биофотоника*. 2009;2(10):557-572.
29. Конен Т., Клапрот О.К., Бюрен Дж. Влияние асферичности интраокулярной линзы на качество зрения после удаления катаракты: внутрииндивидуальное сравнение. *Офтальмология*. 2009;116(9):1697-1706.
30. Холладей Дж.Т., Пирс П.А., Корань Г. и др. Новая конструкция интраокулярной линзы для уменьшения сферической aberrации псевдофакических глаз. *J Refract Surg*. 2002;18(6):683-691.
31. Дуббельман М., Вибер Х.А., ван дер Хейде Р.Г., Фёлькер-Дибен Х.Дж. Радиус и асферичность задней поверхности роговицы определяли по скорректированной фотографии Шаймпфлюга. *Акта Офтальмол Сканд*. 2002;80(4):379-383.
32. Дуббельман М., Сикам В.А., ван дер Хейде Р.Г. Вклад задней поверхности в кому-aberrацию роговицы человека. *Дж Вис*. 2007;7(7):10.1-8.

Сравнение расчета мощности ИОЛ и рефракционного результата после лазерной рефракции

Хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера в сравнении с традиционной факоэмульсификацией

Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Ева Хорват, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Сравнить расчет мощности интраокулярной линзы (ИОЛ) и рефракционный результат у пациентов, перенесших лазерную рефракционную хирургию катаракты с помощью фемтосекундного лазера, и пациентов, перенесших традиционную операцию по удалению катаракты.

МЕТОДЫ: В этом проспективном исследовании 77 глаз от 77 пациентов подверглись лазерной рефракционной хирургии катаракты (лазерная группа; фемтосекундный лазер Alcon LenSx), а традиционная хирургия катаракты с факоэмульсификацией была выполнена на 57 глазах от 57 пациентов (традиционная группа). Биометрию выполняли с помощью оптической низкокогерентной рефлектометрии (Lenstar LS900, Haag-StreitAG), а расчет ИОЛ проводили по формулам ИОЛ третьего поколения (SRK/T, Hoff er Q и Holladay). Результаты рефракции анализировали с использованием средней абсолютной ошибки (MAE; разница между прогнозируемой и достигнутой послеоперационной сферической эквивалентной рефракцией), а для сравнения двух групп проводили многовариантный регрессионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Не было обнаружено существенных различий между возрастом, осевой длиной, кератометрией и предоперационной корригированной остротой зрения в лазерной и обычной группах ($P < 0,05$; U-критерий Манна-Уитни). По крайней мере, через 6 недель после операции MAE было значительно ниже в группе лазерной терапии (0,38–0,28 диоптрий [Д]), чем в группе традиционной терапии (0,50–0,38 Д) ($P=0,04$). Разница была наибольшей в коротких (осевая длина 22,0 мм, 0,43–0,41 против 0,63–0,48) и длинных (осевая длина 26,0 мм, 0,33–0,24 против 0,63–0,42) глазах.

ВЫВОДЫ. Лазерная рефракционная хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера привела к значительно лучшей прогнозируемости расчета мощности ИОЛ, чем традиционная факоэмульсификационная хирургия. Эта разница, возможно, связана с более точным капсулорексисом, приводящим к более стабильному положению ИОЛ. [J Refract Surg. 2012;28(8):540-544.]

doi:10.3928/1081597X-20120703-04

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, август 2012 г.

Лазерная рефракционная хирургия катаракты с помощью внутриглазной фемтосекундного лазера. Недавно стал доступен тосекундный лазер для создания управляемых разрезов посредством фотодеструкции тканей глаза.¹ Начальная клиника-Результаты нашей группы продемонстрировали более предсказуемый капсулорексис и снижение эффективной энергии факоэмульсификации. по сравнению с традиционной хирургией на глазах свиньи и человека.² При использовании корректирующих аберрации или мультифокальных интраокулярных линз (ИОЛ) вероятность достижения точного рефракционного результата после операции по удалению катаракты выше. С ростом использования оптической биометрии ошибка в расчете мощности ИОЛ становится менее вероятной из-за неточного измерения осевой длины, но по-прежнему зависит от изменчивости эффективного положения линзы.^{3,4} Наклон интраокулярной линзы, децентрация и передне-Заднее движение способствует изменению эффективного положения хрусталика и, среди прочего, вызвано изменениями размера, формы и положения капсулотомии. Показано использование внутриглазного фемтосекундного лазера для выполнения капсулорексиса.

повысить предсказуемость капсулотомии,^{5,6} который может привести к лучшим результатам рефракции. Поэтому мы сравнили расчет мощности ИОЛ и рефракционный результат при лазерной рефракционной хирургии катаракты и традиционной факоэмульсификации с использованием оптической биометрии и трех формул расчета ИОЛ третьего поколения.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Пациенты

В этом проспективном исследовании 77 глаз от 77 пациентов перенесли лазерную рефракционную операцию по удалению катаракты с внутриглазным вмешательством.

фемтосекундный лазер (Alcon LenSx, Форт-Уэрт, Техас) (ла-сергруппа) и традиционная хирургия катаракты с факоэмульсификацией были выполнены на 57 глазах у 57 пациентов (традиционная группа). В таблице 1 показаны предоперационные демографические данные; достоверных различий между группами по этим параметрам отмечено не было ($P < 0,05$; U-критерий Манна-Уитни). Пациенты были случайным образом распределены в каждую группу с использованием компьютерной таблицы рандомизации. Критериями исключения были предыдущая операция на глазах, заболевания роговицы, такие как кератоконус, известная слабость связок, роговичный астигматизм 3,00 диоптрий (D), разрыв передней капсулы, разрыв задней капсулы, тяжелая макулярная болезнь и амблиопия. Каждому пациенту проводилось полное офтальмологическое обследование, которое включало некорригированную (UDVA) и корригированную остроту зрения вдаль (CDVA), аппланационную тонометрию, микроскопию с помощью щелевой лампы и фундускопию.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении этического комитета/институционального наблюдательного совета, информированного согласия и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия людей. участие в биомедицинских исследованиях.

Операция

Пациентам в обычной группе была проведена операция по удалению катаракты без осложнений с прозрачным разрезом роговицы диаметром 2,75 мм под углом 120°, боковым портом под углом 60°, ручным непрерывным криволинейным капсулорексисом (CCC) с предварительным диаметром 4,5 мм, факоэмульсификацией (Accurus; Alcon). Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас) с той же техникой (чоп) и имплантацией ИОЛ в капсульный мешок.

Пациенты в лазерной группе перед операцией факоэмульсификации прошли лазерную процедуру. Все лазерные процедуры проводились с использованием лазерной системы Alcon LenSx. После расширения зрачков и введения местной или ретробульбарной анестезии накладывался изогнутый аппланатор с присоской. На всех глазах были выполнены прозрачный роговичный лазерный разрез длиной 2,75 мм под углом 120° и боковой порт диаметром 1,2 мм под углом 60°. Капсулорезикс был сосредоточен на расширенном зрачке диаметром 4,5 мм и сопровождался крестообразной фрагментацией ядра диаметром 4,5 мм, простирающейся на 500 мкм над задней капсулой и на 300 мкм ниже передней капсулы. Собственные параметры энергии и разделения пятен, которые были

оптимизировано в предыдущих исследованиях,² использовались для всех лазерных процедуры. Потеря всасывания или капсульной метки не произошла ни в одном случае в этом исследуемом образце. Ни астигматическая кератотомия, ни лимбальные расслабляющие разрезы не выполнялись. После лазерной процедуры разрезы роговицы открывали тупым шпателем, вводили вязкоэластичный материал (Provisc, Alcon Laboratories Inc) и

ТАБЛИЦА 1

ДООПЕРАЦИОННАЯ ДЕМОГРАФИЯ ПАЦИЕНТА: ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕР И ОБЫЧНАЯ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЯ*

Параметр	Среднее стандартное отклонение (диапазон)	
	Лазерная группа (n=77)	Традиционная группа (n=57)
Возраст (лет)	65,18 12,6 (с 23 по 88)	64,37 12,37 (с 23 по 86)
Осевая длина (мм)	23,93 2,62 (с 20,12 по 34,33)	24,07 2,28 (с 20,66 по 31,5)
Средний К(Д)	43,53 1,53 (от 39,67 до 47,56)	43,13 1,64 (с 39,89 по 47,45)
ЮВ (Д)	1,62 5,55 (с 23,00 до 7,75)	1,37 5,27 (с 18,00 до 8,50)
CDVA (logMAR)	0,45 0,29 (от 0 до 1,3)	0,37 0,26 (от 0 до 1,22)

SD = стандартное отклонение, К = кератометрия, SE = сферический эквивалент, CDVA = скорректированная острота зрения вдаль.

*Статистически значимых различий между группами обнаружено не было (критерий Манна-Уитни U).

переднюю капсулу удалили щипцами. Фрагменты ядра удаляли методом факоэмульсификации с последующей ирригацией-аспирацией и имплантацией ИОЛ в мешок.

В ходе данного исследования использовалось несколько ИОЛ (Alcon AcrySof MA30AC, n=37; MA60AC, n=23; SA60AT, n=8; Bausch & Lomb [Рочестер, Нью-Йорк] LI60AO, n=43; Oculentis [Preisvergleich, Германия] L-302-1, n=16 и Medicontur [Жамбек, Венгрия] 690AB, n=7). Средняя сила имплантированных ИОЛ составила 20,34–5,92 Д (диапазон: 2,00–32,00 Д). Все операции выполнял один и тот же хирург (З.З.Н.).

Расчет ИОЛ

Перед операцией всем пациентам были проведены измерения осевой длины и кератометрии с помощью низкокогерентной оптической рефлектометрии (Lenstar LS900; Haag-Streit AG, Кoeniz, Швейцария). Для расчета ИОЛ использовались все три доступные формулы ИОЛ третьего поколения (SRK/T, Hoff er Q и Holladay 1) и оптимизированные константы ИОЛ. Чтобы определить, какую формулу использовать, пациенты были разделены на четыре подгруппы. Hoff er Q использовался для коротких глаз (осевая длина 22,0 мм; n=20 [10 лазерная группа и 10 обычная группа]), среднее из трех формул для средних глаз (осевая длина от 22,00 до 24,49 мм; n = 81 [51 лазерная группа и 30 обычных групп]), Holladay 1 для глаз средней длины (осевая длина от 24,50 до 25,99 мм; n = 11 [4 лазерная группа и 7 обычных групп]) и SRK/T для длинных глаза (осевая длина 26,0 мм, n=22[12 лазерных групп и 10 обычных

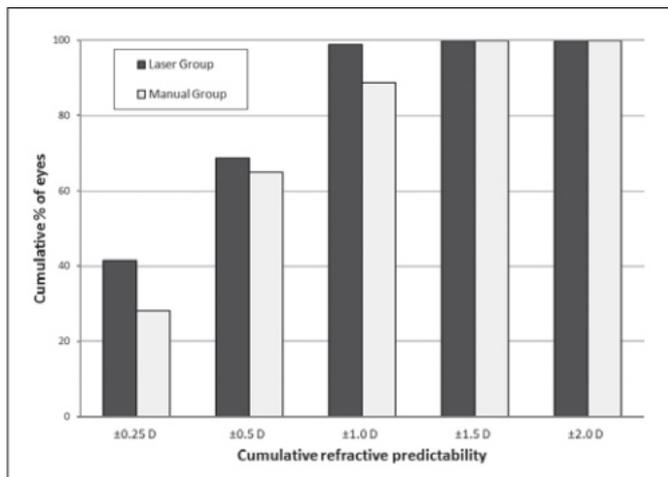


Рисунок 1. Кумулятивная прогнозируемость рефракции глаз в лазерной и традиционной (ручной) группах.

группа)], как рекомендовано в нашем национальном протоколе биометрии.

Послеоперационную рефракцию и остроту зрения измеряли через 6–12 недель после операции. Пациенты с остротой зрения 20/40 или хуже были исключены (по одному пациенту в каждой группе), чтобы избежать ошибок в явной рефракции.

Средняя абсолютная ошибка (MAE) рассчитывалась как разница послеоперационной явной рефракции (сферический эквивалент) и прогнозируемой послеоперационной целевой рефракции и использовалась для анализа точности расчета мощности ИОЛ.

MAE рассчитывали для всех глаз для сравнения двух групп в зависимости от различных формул расчета ИОЛ во всех подгруппах осевой длины. Также определяли процент глаз в пределах 0,25, 0,50, 1,00, 1,50 и 2,00 Д МАЭ.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения SPSS 15.0 (SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). U-тест Манна-Уитни использовался для сравнения между группами возраста и осевой длины. P 0,05 считался статистически значимым. Корреляцию между MAE и осевой длиной проверяли с помощью линейного и нелинейного регрессионного анализа. Многофакторный регрессионный анализ был проведен для определения влияния типа операции на послеоперационную аномалию рефракции после поправки на влияние осевой длины и типа ИОЛ. Информационный критерий Акаике-Ripon использовался для поиска наиболее подходящей модели.⁷

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 2 представлены послеоперационные данные. Сравняя прогнозируемость рефракции, 41,6% глаз находились в пределах 0,25 дптр от целевой рефракции в сравниваемой группе лазера.

ТАБЛИЦА 2
ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ: ФЕМТОСЕКУНД ЛАЗЕР И ОБЫЧНАЯ ФАКТОЭМУЛЬСИФИКАЦИЯ

Параметр	Среднее стандартное отклонение (диапазон)	
	Лазерная группа (n=77)	Традиционная группа (n=57)
MRSE (Д)* 0,50 1,06	(с 5,00 до 1,25)	0,58 1,28 (от 4,125 до 2,125)
CDVA (logMAR)* 0,03 0,06	(от 0 до 0,26)	0,02 0,04 (от 0 до 0,22)
МАЭ (Д) 0,38 0,28	(от 0 до 1,09)	0,50 0,38 (от 0 до 1,48)
ME (Д)* 0,03 0,47	(от 1,09 до 0,97)	0,07 0,63 (от 1,40 до 1,48)
Ср. К (Д)* 43,59 1,50	(от 39,88 до 46,97)	43,22 1,62 (от 39,98 до 47,58)
Последующее наблюдение (нед.)* 9,72 2,82	(от 6 до 12)	9,67 2,66 (от 6 до 12)

SD = стандартное отклонение, MRSE = сферический эквивалент явной рефракции, CDVA = скорректированная острота зрения вдаль, MAE = средняя абсолютная ошибка, ME = средняя ошибка, К = кератометрия
*Статистически значимых различий между группами обнаружено не было (критерий Манна-Уитни U).

до 28,1% глаз в обычной группе; 68,8% и 64,9% находились в пределах 0,50 Д соответственно; и 98,7% и 87,7% находились в пределах 1,00 Д соответственно. Все глаза были в пределах 1,50 Д в обеих группах (рис. 1).

Используя формулы расчета мощности ИОЛ, описанные выше, MAE составило 0,38–0,28 Д для всех глаз в группе лазерной терапии и 0,50–0,38 Д для всех глаз в традиционной группе. Корреляция между осевой длиной и MAE в двух группах показана на рисунке 2. Значительная кубическая корреляция была обнаружена в обычной группе (r = 0,14, P = 0,011), тогда как в группе лазерной корреляции не было обнаружено (P .05).

При многовариантном моделировании тип операции продемонстрировал значительное влияние на послеоперационную МАЭ после поправки на влияние осевой длины и типа ИОЛ (P=0,04). В группе лазерной терапии МАЭ была ниже, чем в группе традиционной терапии, со средней разницей 0,12 Д. Тип ИОЛ не влиял на послеоперационную аномалию рефракции (P=0,19) в многопараметрическом рефракционном диапазоне. -регессионный анализ. Различия были наибольшими в коротких (осевая длина 22,0 мм; MAE=0,43-0,41 против 0,63-0,48) и длинных глазах (осевая длина 26,0 мм; MAE=0,33-0,24 против 0,63-0,42), оба в пользу лазера. группа.

При анализе средней ошибки (ME) между группами не было отмечено существенных различий (0,03–0,47 против 0,07–0,63, P = 0,05 [U-критерий Манна-Уитни]). Никакой корреляции между МЭ и осевой длиной лазера обнаружено не было.

группа ($P=0,41$). В обычной группе присутствовала слабая, но значимая корреляция ($r=0,29, P=0,03$), в которой больше миопических ошибок обнаруживалось в глазах с большой осевой длиной.

ОБСУЖДЕНИЕ

Хирургия катаракты также является рефракционной хирургией, и использование современных корректирующих aberrации, мультифокальных или аккомодирующих ИОЛ требует высокой степени рефракционной предсказуемости. Оптическая биометрия уменьшает погрешность измерения осевой длины, но ошибки расчета уменьшаются.

по-прежнему вызвано изменениями эффективного положения линзы.⁴ Несмотря на точный расчет эффективного положения линзы, реальное положение ИОЛ и рефракционный эффект зависят от других факторов.

такие факторы, как толщина линзы, рефракция и возраст.⁸ Наш Результаты расчета ИОЛ согласуются с ранее полученными. опубликовали крупные исследования с использованием ультразвука⁹ и лазерный ввод терферометрия¹⁰ для расчета ИОЛ.

Мы обнаружили небольшую, но значимую разницу (0,12 Д) в послеоперационной ошибке расчета мощности ИОЛ и лучшие рефракционные результаты после лазерной рефракционной хирургии катаракты с помощью внутриглазного фемтосекундного лазера, чем после традиционной факоэмульсификационной хирургии катаракты, при оценке в многомерный анализ. Разница между ошибками расчета мощности ИОЛ была максимальной на коротких (0,20 Д) и длинных (0,30 Д) глазах. Предположительно, чем выше сила ИОЛ (короткоглазые), тем выше изменение рефракции.

из-за смещения ИОЛ.¹¹ Более того, раньше это было показали, что наклон, децентрация и переднезаднее положение ИОЛ движение больше в длинных глазах.⁶ В предыдущих исследованиях мы измерили и сравнили параметры размера и позиционирования фемтосекундной лазерной капсулотомии с ручной

постоянный криволинейный капсулорексис.⁵ Мы нашли это более точный размер капсулотомии, округлость и центрирование могут быть достигнуты с помощью фемтосекундного лазера. Правильно подобранные по размеру, форме и центрированию фемтосекундные лазерные капсулотомии привели к лучшим параметрам перекрытия. Более постоянный капсулорексис может объяснить меньшие различия в Положении ИОЛ, влияющее на рефракционный результат.^{5,6}

Смещение интраокулярной линзы является общеизвестным фактором. Это может вызвать изменения послеоперационной рефракции.¹¹⁻¹⁵ В нескольких исследованиях использовались разные методы расчета мощности ИОЛ, но выводы не разошлись. Децентрация и наклон интраокулярной линзы вызывают миопический сдвиг и косой астигматизм, вызывают боковое смещение фокуса, и результирующая ошибка рефракции зависит от степени децентрации и наклона. Ошибки продольного положения ИОЛ являются основным компонентом зрительного результата, тогда как ошибки выравнивания имеют незначительный, но значительный эффект.

Влияние на послеоперационную рефракцию.¹⁴ Некоторые авторы использовали

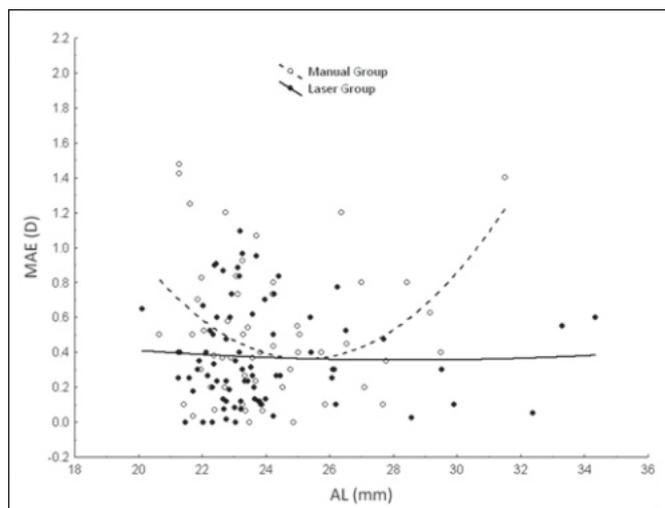


Рисунок 2. Корреляция между осевой длиной (AL) (Lenstar LS900) и средней абсолютной ошибкой (MAE) после лазерной рефракционной хирургии катаракты с использованием фемтосекундного лазера (лазерная группа) и традиционной факоэмульсификации (ручная группа).

компьютерная программа для моделирования нарушений зрения вызвано неправильным расположением ИОЛ.¹⁶ ИОЛ без aberrаций оказались менее чувствительными к децентрации и наклону чем ИОЛ, корректирующие aberrации.¹⁷ Тип и форма Степень капсулорексиса оказывает существенное влияние на положение ИОЛ. Было показано, что традиционный ССС более безопасен и менее вероятно связан с разрывами передней капсулы, чем консервный нож или линейная капсулотомия,¹⁸ и показал меньше Децентрация и наклон ИОЛ.¹⁹⁻²¹ Даже при целом ССС, асимметричная усадка капсулы, на которую влияет форма капсулотомии, увеличивает децентрацию ИОЛ.²² Шерсть- Кроме того, размер капсулотомии, а также площадь и регулярность перекрытия передней капсулы и ИОЛ влияют на Положение ИОЛ.²³

В предыдущих исследованиях наша исследовательская группа установила, что децентрация и наклон ИОЛ могут быть значительно уменьшены при выполнении капсулорексиса фемтосекундным лазером по сравнению со стандартным методом.

традиционная техника.^{5,6} В этом исследовании мы обнаружили, что Использование внутриглазного фемтосекундного лазера привело к значительному снижению ошибок расчета мощности ИОЛ, выраженных в меньшем МАЭ, чем при ручном капсулорексисе.

Более предсказуемый размер, форма и положение капсулорексиса, созданного фемтосекундным лазером, могут способствовать минимизации смещения, децентрации и наклона ИОЛ и, следовательно, приводят к меньшей вариабельности заранее рассчитанного эффективного положения линзы. Ограничением нашего исследования является то, что использовалось несколько разных типов ИОЛ; однако статистический анализ не выявил корреляции в зависимости от типа ИОЛ.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (Т.Ф.,З.З.Н.); сбор данных (Т.Ф., А.Т., Е.Н.); анализ и интерпретация данных (Т.Ф.,И.К.,М.К.К.); оформление рукописи (Т.Ф.); критическая доработка рукописи (И.К.,А.Т.,Э.Х.,М.К.К.,З.З.Н.); статистическая экспертиза (Т.Ф.,И.К.); административная, техническая или материальная поддержка (З.З.Н.); надзор (И.К.,З.З.Н.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Крюгер Р.Р., Кушак Дж., Любачовски Х., Майерс Р.И., Рипкен Т., Хейстеркамп А. Первое исследование безопасности фемтосекундного лазерного фоторазрушения хрусталиков животных: морфология тканей и катарактогенез. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2005;31(12):2386-2394.
2. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2009;25(12):1053-1060.
3. Олсен Т. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярных линз. *Ж Катарактальная рефракционная хирургия*. 1992;18(2):125-129.
4. Норрби С. Источники ошибок при расчете оптической силы интраокулярной линзы. *Ж Катарактальная рефракционная хирургия*. 2008;34(3):368-376.
5. Кралиц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg*. 2011;27(8):558-563.
6. Надь З.З., Кралиц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg*. 2011;27(8):564-569.
7. Акаике Х. Новый взгляд на статистическую модель идентификации. Транзакции IEEE при автоматическом управлении. 1974;19(6):716-723.
8. Олсен Т. Прогнозирование эффективной послеоперационной глубины передней камеры (интраокулярная линза). *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2006;32(3):419-424.
9. Гейл Р.П., Саха Н., Джонстон Р.Л. Национальный биометрический аудит II. Глаз (Лонд). 2006;20(1):25-28.
10. Аристодему П., Нокс Картрайт Н.Е., Воробей Дж.М., Джонстон Р.Л. Выбор формулы: Hoff er Q, Holladay 1 или SRK/T и рефракционные результаты на 8108 глазах после операции по удалению катаракты с биометрией посредством частичной когерентной интерферометрии. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2011;37(1):63-71.
11. Лакшминараянан В., Енох Дж.М., Рааш Т., Кроуфорд Б., Найгаард Р.В. Изменения рефракции, вызванные наклоном и продольным смещением интраокулярной линзы. *Арка Офтальмол*. 1986;104(1):90-92.
12. Атчисон Д.А. Аномалии рефракции, вызванные смещением интраокулярных линз в псевдофакичном глазу. *Оптом Вис Ски*. 1989;66(3):146-152.
13. Эрикссон П. Влияние ошибок положения интраокулярной линзы на послеоперационную аномалию рефракции. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1990;16(3):305-311.
14. Козаки Дж., Танихара Х., Ясуда А., Нагата М. Наклон и децентрация имплантированной интраокулярной линзы задней камеры. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1991;17(5):592-595.
15. Коринта Дж., Бок Дж., Сенделин Дж. Изменения рефракции, вызванные изменением положения интраокулярной линзы. *J Refract Corneal Surg*. 1994;10(5):556-564.
16. Коринта Дж., Бок Дж., Сенделин Дж., Мичалова К. Компьютерное моделирование нарушений зрения, вызванных смещением интраокулярной линзы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1999;25(1):100-105.
17. Эппиг Т., Шольц К., Лёффлер А., Месснер А., Лангенбухер А. Влияние децентрации и наклона на качество изображения асферических интраокулярных линз в модельном глазу. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2009;35(6):1091-1100.
18. Ассия Э.И., Apple DJ, Барден А., Цай Дж.К., Кастанеда В.Е., Хоггарт Дж.С. Экспериментальное исследование, сравнивающее различные методы передней капсулэктомии. *Арка Офтальмол*. 1991;109(5):642-647.
19. Кабальеро А., Лопес М.К., Лосада М., Перес Флорес Д., Салинас М. Долгосрочная децентрация интраокулярных линз, имплантированных с помощью конверт-капсулотомии и непрерывной криволинейной капсулотомии: сравнительное исследование. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1995;21(3):287-292.
20. Аккин С., Озлер С.А., Ментес Дж. Наклон и децентрация интраокулярных линз с фиксации мешком: сравнительное исследование методов капсулорексиса и конверта. *Доктор Офтальмол*. 1994;87(3):199-209.
21. Онер Ф.Х., Дурак И., Сойлев М., Эргин М. Отдаленные результаты различных передних капсулотомий и радиальных разрывов на центрацию интраокулярной линзы. *Офтальмологические хирургические лазеры*. 2001;32(2):118-123.
22. Оми С. Децентрация, связанная с асимметричным сжатием капсулы и размером интраокулярной линзы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1993;19(5):640-643.
23. Нанавати М.А., Радж С.М., Васавата В.А., Васавата В.А., Васавата А.Р. *Передняя оболочка капсулы и осевое перемещение интраокулярной линзы. Глаз (Лондон)*. 2008;22(8):1015-1023.

Влияние фемтосекундной лазерной капсулотомии на развитие помутнения задней капсулы

Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Габор Л. Шандор, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Эрик Д. Донненфельд, доктор медицинских наук, FACS; Руди М. Нуйтс, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Оценить и сравнить влияние передней капсулотомии с использованием фемтосекундного лазера и ручного переднего капсулорексиса на развитие помутнения задней капсулы (ПЗК).

МЕТОДЫ: Передняя капсулотомия с использованием фемтосекундного лазера была выполнена на 40 глазах у 40 пациентов (группа ФС), а ручной передний капсулорексис - на 39 глазах у 39 пациентов (группа ССС). Во все глаза имплантировали цельную гидрофобную акриловую интраокулярную линзу AcrySof (AlconLaboratories, Inc., Форт-Уэрт, Техас). Уровень PCO измерялся с помощью программного обеспечения для систематической оценки капсул открытого доступа (OSCA) через 18–26 месяцев после операции. Послеоперационное положение интраокулярной линзы (т.е. наклон и децентрацию) измеряли с использованием изображений Scheimpflug (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия).

РЕЗУЛЬТАТЫ: Между двумя группами не было статистически значимой разницы по возрасту, осевой длине и времени наблюдения ($P > 0,05$). Вертикальный наклон, горизонтальная и полная децентрация интраокулярных линз, а также ПКО оказались достоверно выше в группе ССС ($P = 0,03, 0,04, 0,03$ и $0,01$ соответственно). После поправки на осевую длину и время наблюдения ручной передний капсулорексис оказался значимым предиктором более высоких показателей ПКЯ в модели многовариантной регрессии ($\beta: 0,33$; 95% ДИ: от $0,01$ до $0,65$; $P = 0,04$). Вертикальный наклон влиял на показатели PCO после поправки на осевую длину и время наблюдения ($\beta: 0,07$; 95% ДИ: от $0,01$ до $0,12$; $P = 0,02$). За время наблюдения ни в одной из групп капсулотомии не выполнялись.

ВЫВОДЫ: Фемтосекундная лазерная передняя капсулотомия оказалась безопасной процедурой для послеоперационных случаев ПКЯ. Из-за лучшего положения интраокулярной линзы передняя капсулотомия с фемтосекундным лазером привела к небольшому снижению показателей ПКЯ; однако оценка его клинической значимости требует дальнейших исследований.

[J Refract Surg. 2014;30(3):154-158.]

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, март 2014 г.

Помутнение задней капсулы (ПЗК) в настоящее время является наиболее частым Распространенное послеоперационное осложнение, вызванное миграцией и пролиферацией эпителиальных клеток хрусталика, которые остаются в капсульный мешок.^{1,2} Создание точного переднего капсулорексиса является основной задачей.

Очень важно избегать ПКЯ, поскольку перекрывающийся на 360° край капсулы предотвращает децентрацию и наклон зрительного нерва из-за симметричного сокращения.

Силы капсульного мешка и эффект термоусадочной пленки.³ Однако э., эксцентричный капсулорексис или капсулорексис неправильной формы, выходящий за пределы оптического края интраокулярной линзы, может привести к неправильному расположению интраокулярной линзы с неполным перекрытием передней капсулы, что, в свою очередь, может привести к более высокой частоте развития ПКЯ из-за миграции сохранившихся эпителиальных клеток хрусталика из-за неполный барьер.^{4,5} До недавнего времени капсулорексис ручная процедура. Однако фемтосекундная лазерная технология позволяет хирургам создавать точные и воспроизводимые капсулото-технологии.

Мис.⁶

В наших предыдущих исследованиях передняя капсулотомия с фемтосекундной лазерной поддержкой правильного размера, формы и центрирования привела к лучшим параметрам перекрытия по сравнению с ручным передним капсулорексисом в течение первого года после операции. Считалось, что перекрывающийся на 360° край капсулы важен для стандартизации результатов рефракции, поддерживая интраокулярную линзу в желаемом положении.

центральное положение и предотвращение наклона.^{5,7}

Целью данного исследования было оценить влияние передней капсулотомии с использованием фемтосекундного лазера и ручного переднего капсулорексиса на развитие ПКЯ в среднесрочной перспективе.

doi:10.3928/1081597X-20140217-01

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ Популяция пациентов

В этом исследовании уровни PCO были ретроспективно оценены в 79 глазах 79 пациентов на кафедре офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия. Все пациенты из предыдущего проспективного рандомизированного исследования фемтосекундной лазерной хирургии с минимальным периодом наблюдения 18 месяцев были идентифицированы в нашей базе данных, и их данные были обработаны для дальнейшего статистического анализа. Фемтосекундная лазерная передняя капсулотомия (создание передней капсулотомии диаметром 4,9 мм) была выполнена на 40 глазах у 40 пациентов (группа FS). При этом контролем служили 39 глаз 39 пациентов, которым выполняли ручной передний капсулорексис с попыткой капсулотомии диаметром 4,9 мм (группа CCC). Во всех случаях в капсульный мешок имплантировали цельную гидрофобную акриловую интраокулярную линзу AcrySof (Alcon Laboratories, Inc., Форт-Уэрт, Техас) с оптикой диаметром 6 мм.

Все пациенты прошли предоперационное офтальмологическое обследование. Пациенты с предыдущими операциями на глазах, травмами, активными заболеваниями глаз (например, псевдоэкзофтальмическим синдромом и увеитом), слабо расширенными зрачками или известной слабостью зональных желез были исключены. Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике и институциональных наблюдательных советов, а также других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия людей, участвующих в биомедицинских исследованиях. Письменное информированное согласие было получено от участников перед операцией.

Хирургическая техника

Измерения осевой длины проводили с использованием оптического биометра Lenstar LS 900 (Haag-Streit AG, Koeniz, Швейцария). Техника хирургического вмешательства была стандартизирована у всех пациентов, за исключением капсулорексиса. Все операции выполнял один и тот же хирург. После расширения зрачков (1 капля 0,5% тропикамида каждые 15 минут [3 раза]) и инстилляцией местного анестетика (0,5% пропаракаина гидрохлорида) к глазам прикрепляли лазер (LenSx; Alcon Laboratories, Inc.). использование изогнутой контактной линзы для аппланации роговицы. Местоположение поверхности хрусталика было обнаружено с помощью интегрированной системы визуализации оптической когерентной томографии. Капсулотомию диаметром 4,9 мм выполняли путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 300 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 300 мкм выше передней капсулы. Капсулотомия была сосредоточена на расширенном зрачке. Были использованы собственные параметры энергии и разделения пятен (оптимизированные в предыдущих исследованиях). В группе CCC была предпринята попытка ручного переднего капсулорексиса диаметром 4,9 мм (в центре расширенного зрачка).

формируют с помощью цистотома и щипцов; маркер капсулорексиса не использовался. В обеих группах разрезы роговицы выполнялись с помощью одноразового кератома (Alcon Laboratories, Inc.). После гидродиссекции в обеих группах проводили стандартную факоэмульсификацию ядра и аспирацию остаточной коры с использованием системы Infinity Vision System (Alcon Laboratories, Inc.).

Во всех случаях цельные гидрофобные акриловые интраокулярные линзы складывали и имплантировали в капсульный мешок с инъекционными картриджами через раны роговицы.

Силу интраокулярной линзы рассчитывали по формуле SRK-T. После имплантации интраокулярной линзы вязкоэластичный материал удаляли из передней камеры и капсульного мешка путем ирригации или аспирации. Все разрезы роговицы остались без швов. Никаких интраоперационных и послеоперационных осложнений не возникло. В течение первых 10 дней после операции больные получали комбинацию капель дексаметазона 0,1% и тобрамицина 0,3% четыре раза в день.

Анализ ПКО

Цифровые фотографии ретроиллюминации были сделаны при максимальном расширении зрачка (фокусировка камеры на задней капсуле) через 18–26 месяцев после операции и импортированы в программную платформу с открытым доступом для

замаскированная объективная оценка PCO.⁸ Два изображения (показать- (под разными углами) одного глаза использовались для выявления и устранения отражений света. Во время оценки PCO OSCA использовала чувствительный к местоположению энтропийный анализ текстур для расчета оценок PCO. Анализ валидации этого метода показал, что баллы PCO коррелируют с контрастной чувствительностью и остротой зрения (два фактора, на которые существенно влияет PCO), что обеспечивает объективный, валидный и надежный метод количественной оценки PCO. Диапазон возможных баллов OSCA составляет от 0 (нет PCO) до примерно 15 (практический ожидаемый максимум). Типичные значения OSCA составляли примерно 0,5 для изображений с очень небольшим PCO или без него. Значения OSCA для пациентов, которым требуется лазерная капсуляция.

лотомий было примерно от 4 до 5.⁸

Оценка послеоперационного положения интраокулярной линзы

Система визуализации Scheimpflug (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия) использовалась для оценки наклона и децентрации интраокулярной линзы через 12 месяцев после операции. Измерялись децентрация и наклон.

по данным де Кастро и др.⁹ следующее. Интраокулярная линза децентрация достигается по расстоянию между центром интраокулярной линзы и осью зрачка. Положительные горизонтальные координаты представляют носовую часть для правого глаза и височную для левого глаза. Положительные вертикальные координаты представляют собой более высокую децентрацию, а отрицательные вертикальные координаты представляют собой более низкую децентрацию. Используя аб-

ТАБЛИЦА 1

ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА ДВУХ ГРУПП

Переменная	Группа ФС (n = 40)		Группа ССС (n = 39)	
	Имеется в виду	СД	Среднее стандартное отклонение P	
Возраст (лет)	65,50	12,94	68.9510.84.37	
Пол женский мужской)		28:12	29:10	.67 ^a
Осевая длина (мм)	23.25	1,48	23.821.93.31	
Последующее наблюдение (месяцы)	22.37	4.36	21.745.46.30	
Горизонтальный наклон (градусы)	2.01	2.24	2.24	1.36.69
Вертикальный наклон (градусы)	3.50	2.13	5.10	23.02.03
Вертикальная децентрация (мкм)	106,32	114,66	158.50101.27.14	
Горизонтальная децентрация (мкм)	154,74	126,24	260.50187.07.05	
Полная децентрация (мкм)	212.01	126,62	320.54172.07.03	
Уровень PCO (оценка OSCA)	0,58	0,30	0,84	0.52.01

FS = фемтосекундная лазерная капсулотомия; ССС = ручной капсулорексис; SD = стандартное отклонение; PCO = помутнение задней капсулы; OSCA = Систематическая капсульная оценка открытого доступа (Osca, Inc., Карсон, Калифорния)

^aТест хи-квадрат.

значения растворенного вещества, величина горизонтальной и вертикальной децентрации определяется без привязки к носовой или височной, верхней или нижней ориентации. Полная децентрация (определенная с помощью тригонометрического анализа) показывает величину результирующего вектора горизонтальной и вертикальной децентрации. Для наклона интраокулярной линзы положительный вертикальный наклон вокруг горизонтальной оси указывает на то, что верхний край сдвинулся вперед, тогда как отрицательный вертикальный наклон означает, что он сдвинулся назад. Положительный горизонтальный наклон вокруг вертикальной оси в правом глазу указывает на то, что носовой край интраокулярной линзы сдвинул назад, а положительный горизонтальный наклон в левом глазу показывает, что он сдвинут вперед. Отрицательные значения горизонтального наклона соответствуют аналогичным временным движениям края. Выражая наклон в виде абсолютных значений, величины горизонтального и вертикального наклона определяются без привязки к ориентации.

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием SPSS версии 16.0 (SPSS, Inc., Чикаго, Иллинойс). Значение P менее 0,05 считалось значимым. Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. Из-за нормальности данных описательная статистика показывает среднее и стандартное отклонение. Критерий Стьюдента для независимых выборок использовался для сравнения данных групп FS и групп ССС. Чтобы определить влияние множественных предикторов на PCO, многомерный регрессионный анализ проводился с помощью моделей обобщенных уравнений оценки путем добавления осевой длины и времени наблюдения в качестве ковариат, чтобы скорректировать их влияние на развитие PCO. Модели обобщенных уравнений оценки использовались, чтобы показать возможные зависимости между предикторами

переменных, что обеспечивает разумные оценки коэффициентов регрессии и стандартных ошибок.

ПОЛУЧЕННЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ

Возраст, пол и осевая длина статистически значимо не различались между двумя группами (таблица 1).

Во всех случаях создавался перекрывающийся на 360° передний капсулорексис. Однако между двумя группами наблюдались статистически значимые послеоперационные различия как в значениях децентрации, так и в наклоне. Значительно больший вертикальный наклон интраокулярной линзы был зарегистрирован в группе ССС (табл. 1). В группе ССС также были более высокие значения горизонтальной и общей децентрации, чем в группе FS (табл. 1). Уровни PCO были значительно ниже в группе FS ($0,58 \pm 0,30$) по сравнению с группой ССС ($0,84 \pm 0,52$) ($P = 0,01$) (таблица 1). За время наблюдения капсулотомий не проводилось.

После поправки на осевую длину и время наблюдения ручной передний капсулорексис оказался значимым предиктором развития ПКЯ в модели многовариантной регрессии ($\beta: 0,33$; 95% ДИ: от 0,01 до 0,65; $P = .04$). Ни осевая длина, ни время наблюдения не были значимыми предикторами ПКЯ в этой модели ($P > 0,05$ для обоих параметров). Среди послеоперационных параметров положения интраокулярной линзы только вертикальный наклон показал значимую корреляцию с уровнями PCO в обеих группах (FS: $r = 0,58$, $P < 0,001$; ССС: $r = 0,35$, $P = 0,03$) (рис. 1). Аналогично, при многомерном моделировании вертикальный наклон был значимым предиктором послеоперационного ПКЯ после поправки на влияние осевой длины, времени наблюдения и типа капсулорексиса ($\beta: 0,07$; 95% ДИ: от 0,01 до 0,12; $P = .02$).

ОБСУЖДЕНИЕ

ПКЯ является наиболее частым отдаленным осложнением после факоземальсификации интраокулярной линзой.

имплантация.¹ Хотя Nd:YAG-лазерная капсулотомия Эффективное лечение ПКЯ, повышенного внутриглазного давления, кистозного макулярного отека и отслойки сетчатки является эффективным методом лечения ПКЯ.

известные осложнения.¹⁰

На развитие ПКО влияют конструкция и диаметр интраокулярной оптики, материал интраокулярной линзы, профиль края и опико-гаптическое соединение. Кроме того, имплантация интраокулярной линзы в капсульный мешок с полным передним капсулярным перекрытием имеет значительный профилактический эффект.

Влияние на развитие РСО.^{5,11-13}

Создание переднего капсулорексиса правильного размера и по центру для достижения полного перекрытия передней капсулы часто является сложной задачей, но с появлением фемтосекундных лазеров хирургия стала более стандартизированной. Согласно нашим предыдущим результатам, передние капсулотомии с фемтосекундным лазером имеют круглую форму и воспроизводимы с точными диаметрами, тогда как ручные передние капсулорексы могут иметь неправильную форму и их трудно воспроизвести. контрольная центрация.⁶ Правильный размер и центрирование Передняя капсулотомия приводит к полному циркулярному перекрытию, сохраняя правильное послеоперационное положение имплантированной интраокулярной линзы.^{4,7} В этом исследовании мы обнаружили статистически значимые различия между группами ФС и КСС по параметрам позиционирования интраокулярной линзы. Послеоперационный вертикальный наклон, а также горизонтальная и общая децентрация оказались значительно выше в группе КСС по сравнению с группой ФС, что подтверждает наши ранее опубликованные результаты.

Согласно многомерному статистическому анализу, тип капсулорексиса оказался независимым и значимым предиктором ПКЯ после поправки на эффекты осевой длины и времени наблюдения (которые уже были изучены). описываются как предикторы ПКЯ).^{1,14} После корректировки осевая длина и время наблюдения, ручной передний капсулорексис увеличил показатели ПКЯ на 33% по сравнению с передней капсулотомией с использованием фемтосекундного лазера в нашей серии. Ни осевая длина, ни время наблюдения не оказались значимыми предикторами ПКЯ. Имелась статистически значимая положительная корреляция между вертикальным наклоном и тяжестью ПКЯ. Согласно многомерному моделированию, после поправки на влияние осевой длины, времени наблюдения и типа капсулорексиса (лазерный или ручной) каждый 1° наклона интраокулярной линзы приводил к увеличению показателей ПКЯ на 7%. Эти результаты подтверждают барьерный принцип профилактики ПКЯ, который основан на симметричных сократительных силах перекрывающегося на 360° переднего края капсулы, подталкивающего оптику интраокулярной линзы к задней капсуле, что приводит к непрерывному круговому контакту между ними и созданию эффективного барьера для миграции хрусталика

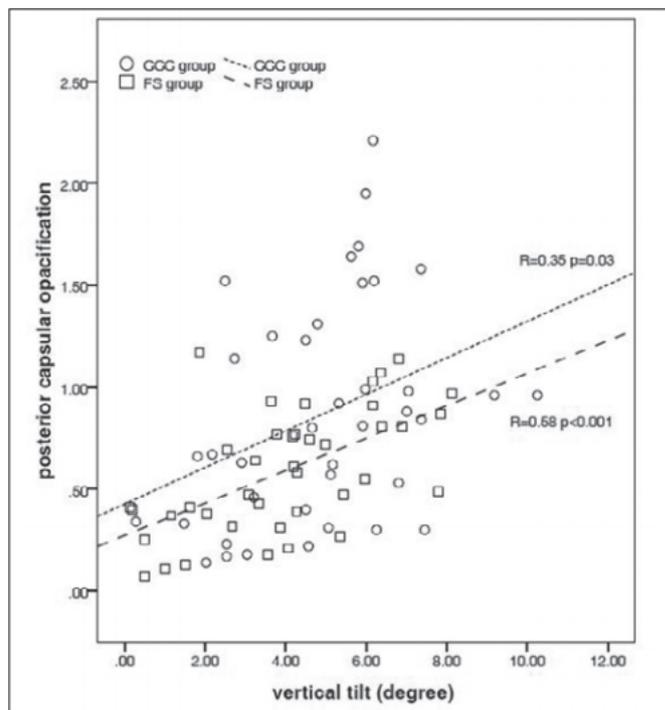


Рисунок 1. Значительная корреляция между вертикальным наклоном интраокулярной линзы и помутнением задней капсулы в группе фемтосекундной лазерной капсулотомии (ФС) ($r = 0,58$; $P < 0,001$) и группе ручного переднего капсулорексиса (ССС) ($r = 0,35$; $P = .03$).

эпителиальные клетки. В нашем исследовании в обеих группах был создан перекрывающийся на 360° передний капсулорексис, при этом не было различий в технике и времени ирригации и аспирации.

Согласно нашим предыдущим результатам, более точные капсулотомии выполняются фемтосекундными лазерами, чем вручную в глаза с эмметропией или близорукостью высокой степени.¹⁵ При выполнении капсулотомии для глаз с высокой близорукостью важно обеспечить идеальное перекрытие и непрерывный круговой барьер для эпителиальных клеток хрусталика, чтобы предотвратить ПКЯ, поскольку лазерная капсулотомия имеет повышенный риск отслойки сетчатки в глазах с более длинной близорукостью.

осевая длина.¹⁶

Наши результаты показывают, что центрированная и точная передняя капсулотомия может играть дополнительную роль в дизайне края интраокулярной линзы и гидрофобном материале интраокулярной линзы для предотвращения ПКЯ. В этом исследовании капсулотомия не требовалась из-за тяжелой степени ПКЯ, а передняя капсулотомия с помощью фемтосекундного лазера оказалась безопасной процедурой, которая не увеличивала показатели ПКЯ. Фактически, мы наблюдали небольшое снижение образования ПКО, что является дополнительным преимуществом этого метода. Необходимы дальнейшие исследования в группах пациентов с повышенным риском развития ПКЯ для оценки клинической значимости этих результатов.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (ЭДД, ИК, КК, ЗЗН); сбор данных (ЗЗН, ГЛС); анализ и интерпретация данных (МКК, ИК, КК, РМН); оформление рукописи (ИК); критическая доработка рукописи (ЕДД, МКК, КК, ЗЗН, РМН, ГЛС); статистическая экспертиза (ИК); административная, техническая или материальная поддержка (ЗЗН); авторский надзор (ЕДД, ИК, КК, ЗЗН)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ
ЛИТЕРАТУРА

1. Шаумберг Д.А., Дана М.Р., Кристен В.Г., Глинн Р.Дж. Систематический обзор частоты помутнения задней капсулы. *Офтальмология*. 1998;105:1213-1221.
2. Ниши О., Ниши К., Саканиши К. Ингибирование миграции эпителиальных клеток хрусталика в изгибе капсулы, создаваемом прямоугольным оптическим краем интраокулярной линзы задней камеры. *Офтальмологические хирургические лазеры*. 1998;29:587-594.
3. Равалико Дж., Тогнетто Д., Паломба М., Бусатто П., Баккара Ф. Размер капсулорексиса и помутнение задней капсулы. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1996;22:98-103.
4. Краниц К., Михалц К., Шандор Г.Л., Такач А., Кнорц М.К., Надь З.З. Наклон и децентрация интраокулярной линзы, измеренные камерой Шаймпфлюга после ручной или фемтосекундной лазерной обработки, создавали непрерывную циркулярную капсулотомию. *J Refract Surg*. 2012;28:259-263.
5. Смит С.Р., Дэйнс Т., Хинкли М., Уоллин Т.Р., Олсон Р.Дж. Влияние формы края линзы и перекрытия передней капсулы на помутнение задней капсулы. *Am J Офтальмол*. 2004;138:521-526.
6. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. *J Refract Surg*. 2009;25:1053-1060.

7. Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. *J Refract Surg*. 2011;27:558-563.
8. Аслам Т.М., Паттон Н., Роуз С.Дж. OSCA: комплексная система открытого доступа для анализа помутнения задней капсулы. *ВМК Офтальмол*. 2006;6:30.
9. де Кастро А., Розалес П., Маркос С. Наклон и децентрация интраокулярных линз in vivo по данным визуализации Пуркинье и Шаймпфлю. Валидирующее исследование. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2007;33:418-429.
10. Бурк М.А., Таки А.М. Частота отслойки сетчатки и других осложнений после неодимовой лазерной капсулотомии. *Джей Пак Мед Ассоц*. 2008;58:550-552.
11. Холлик Э.Дж., Спалтон Дж., Урселл П.Г. и др. Влияние ПММА, силиконовых и полиакриловых линз на помутнение задней капсулы через 3 года после операции. *Офтальмология*. 1998;106:49-54.
12. Шмидбауэр Дж.М., Эскобар-Гомез М., Эппл Диджей, Пэн Кью, Артур С.Н., Варгас Л.Г. Влияние гаптического угла на помутнение задней капсулы современных складных линз с квадратным усеченным оптическим краем. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2002;28:1251-1255.
13. Микок В.Р., Спалтон Дж., Бойс Дж.Ф., Хосе Р.М. Влияние размера оптики на помутнение задней капсулы: интраокулярные линзы AcrySof диаметром 5,5 мм и 6,0 мм. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 2001;27:1194-1198.
14. Чжао Ю, Ли Дж, Лу В и др. Адгезия капсулы к интраокулярной линзе в глазах с высокой степенью близорукости оценивалась in vivo с помощью оптической когерентной томографии сверхдлинного сканирования. *Am J Офтальмол*. 2013;155:484-491.
15. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. *J Refract Surg*. 2011;27:564-569.
16. Дарденн М.Ю., Гертен Г.Дж., Коккас К., Кермани О. Ретроспективное исследование отслойки сетчатки после применения неодима: задняя капсулотомия с помощью YAG-лазера. *Ж Хирургия рефракции катаракты*. 1989;15:676-680.

Влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на макулу

Моника Экседди, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Сравнить эффект традиционной и фемтосекундной лазерной факоэмульсификации (Alcon LenSx Inc) на макулу с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ).

МЕТОДЫ: Двадцать глаз 20 пациентов перенесли операцию по удалению катаракты без осложнений в обеих группах исследования: с использованием фемтосекундного лазера (лазерная группа) и традиционной факоэмульсификации (контрольная группа). Толщина и объем макулы оценивались с помощью ОКТ до операции, а также через 1 неделю и 1 месяц после операции. Первичными результатами были толщина сетчатки по ОКТ в трех макулярных областях и общий макулярный объем через 1 неделю и 1 месяц после операции.

Вторичными исходами были изменения толщины сетчатки через 1 неделю и 1 месяц после операции в отношении предоперационных значений толщины сетчатки и эффективного времени факоэмульсификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Многовариантное моделирование влияния хирургического вмешательства на послеоперационную толщину макулы показало значительно меньшую толщину макулы во внутреннем кольце сетчатки в группе лазера после поправки на возраст и предоперационную толщину по времени ($P=0,002$). В контрольной группе внутреннее макулярное кольцо было значительно толще через 1 неделю (среднее значение: 21,68 мкм; 95% доверительный предел [CL]: 11,93–31,44 мкм, $P < 0,001$). Через 1 месяц эта разница уменьшилась в среднем до 17,56 мкм (95% CL: 3,21–38,32 мкм, $P=0,09$) и стала незначительно значимой.

ВЫВОДЫ: Результаты данного исследования позволяют предположить, что фемтосекундная лазерная экстракция катаракты не отличается по послеоперационной толщине макулы по сравнению со стандартной ультразвуковой факоэмульсификацией.

[J Refract Surg. 2011;27(10):717-722.]
doi:10.3928/1081597X-20110825-01

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, октябрь 2011 г.

Первоначальные результаты нашей исследовательской группы с использованием внутриглазного фемтосекундного лазера (лазерная система LenSx; Alcon LenSx Inc, Алисо Вьехо, Калифорния), используемого во время факоэмульсификации, продемонстрировали более высокую точность и безопасность капсулорексиса и снижение мощности факоэмульсификации у свиней и людей. глаза как ком- по сравнению с традиционными методами.¹

Во время фемтосекундной лазерной процедуры применяется присасывающее кольцо, чтобы избежать движений глаз и неправильного направления лазера, оказывая давление на область плоской части лимба. Предыдущие экспериментальные и клинические исследования показали, что применение присасывающего кольца вызывает короткие, но значительные колебания (вверх).

до 40 мм рт.ст. по методике LenSx) внутриглазного давления,² которые могут вызвать некоторые изменения в структуре глаза – от разрушение бокаловидных клеток конъюнктивы вплоть до сетчатки.³ Во время применения микрокератомной аспирации при LASIK было описано уменьшение толщины хрусталика и увеличение расстояния до стекловидного тела, что позволяет предположить переднюю тракцию хрусталика.

задний сегмент.⁴ Эти изменения могут привести к повреждению задней гиалоидной кости. отслойка, переходящие нарушения хориоидального кровообращения,^{5,6} макулярное кровоизлияние,⁷ и атрофия зрительного нерва.⁸

С другой стороны, факоэмульсификация сама по себе может вызвать послеоперационный макулярный отек из-за своего травматического эффекта. Клинический кистозный макулярный отек является одним из наиболее частых

топ осложнений с распространенностью от 0,1% до 12,0%.^{9,10} Кроме того, исследования с использованием ангиографической оценки показали частоту субклинической перифовеальной утечки до 19%.

после операции по удалению катаракты.^{11,12} Недавние исследования с использованием оптической когерентности томография (ОКТ) также показала, что неосложненная факоэмульсификация сопровождается увеличением толщины парафовеальной сетчатки, фовеального объема и объема всей сетчатки.

пятно.¹³⁻¹⁶

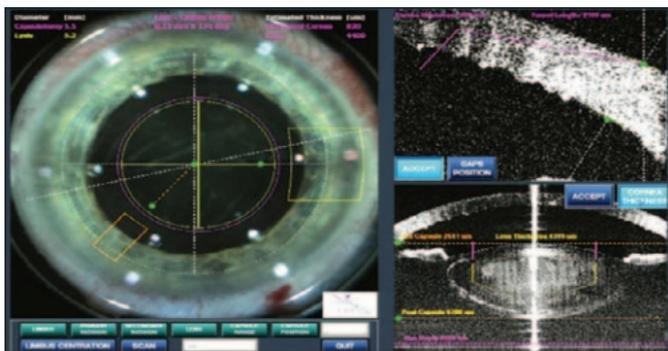


Рис. 1. Фотография интраоперационного фемтосекундного лазерного монитора и изображения оптической когерентной томографии в реальном времени. Можно визуализировать разрез роговицы, капсулорексис и фрагментацию хрусталика.

Целью данного исследования было оценить влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на толщину макулы по сравнению с эффектом традиционной факэмульсификации с использованием измерений ОКТ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Пациенты

В этом проспективном исследовании фемтосекундная лазерная факэмульсификация с помощью лазерной системы LenSx была проведена на 20 глазах 20 пациентов с катарактой (лазерная группа). Традиционная факэмульсификация была проведена на 20 глазах еще 20 пациентов с катарактой (контрольная группа). Из исследования были исключены пациенты с предшествующими операциями на глазах, травмами, другими заболеваниями глаз и известными изменениями желтого пятна (пациенты с диабетической ретинопатией или возрастной дегенерацией желтого пятна).

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкской декларацией, а также применимыми национальными и местными требованиями в отношении комитетов по этике/институциональных наблюдательных советов, информированного согласия и других законодательных актов или положений, касающихся защиты прав и благополучия пациентов, люди, участвующие в биомедицинских исследованиях.

Операция

Все операции выполнял один и тот же хирург (Z.Z.N.) с использованием аппарата для факэмульсификации Accurus (Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас).

После расширения зрачков и инстилляцией местных анестетиков или ретробульбарной анестезии с помощью фемтосекундной лазерной системы выполнялись следующие процедуры. Лазерная система LenSx использует изогнутую контактную линзу для аппланации роговицы. Местоположение поверхности хрусталика определяют после аппланации с помощью ОКТ. Была выполнена капсулотомия диаметром 4,5 мм.

выполняется путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося как минимум на 100 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося как минимум на 200 мкм выше капсулы. Для фрагментации хрусталика использовали перекрестный рисунок, чтобы разбить хрусталик на четыре квадранта. Лазер создал самозаживляющийся двухплоскостной разрез роговицы (2,8 мм) и боковой порт (1,0 мм). Запатентованные параметры энергии и разделения пятен (фрагментация хрусталика: пятно 11 мкДж и разделение слоев 8/6 мкм; капсулотомия 13 мкДж; первичный и вторичный разрез роговицы 6 мкДж, разделение пятна 6 мкм и разделение слоев 3 мкм), которые были оптимизированы в предыдущих исследованиях (рис. 1).

После предварительной фемтолазерной обработки пациент был доставлен в основную операционную. Самозаживающиеся разрезы роговицы вскрывались тупым шпателем и передняя камера заполнялась вязкоэластичным материалом. Капсулотомия диаметром 4,5 мм идентифицировали цистотомом и капсулу целиком извлекали из глаза щипцами-рексисами с последующей гидродиссекцией. Хрусталик был разделен на четыре квадранта с помощью измельчителя без использования энергии факэ. Четыре квадранта хрусталика были удалены традиционным методом факэмульсификации. Операция завершилась удалением коры головного мозга и имплантацией цельной гидрофобной акриловой заднекамерной линзы, а вязкоэластичный материал был полностью удален ирригационной аспирацией. В группе лазерной терапии не было необходимости в гидратации раны роговицы из-за ее самозаживления. В группе традиционной факэмульсификации (контрольной) для фрагментации хрусталика применяли технику «разделяй и властвуй».

Ни при одной процедуре не возникло ни интра-, ни послеоперационных осложнений. В течение первых 10 дней все пациенты использовали комбинацию антибиотиков и стероидных глазных капель (тобрамицин и дексаметазон, Тобрадекс; Alcon Laboratories Inc) пять раз в день. Нестероидальные противовоспалительные препараты не применялись.

ОКТ-измерения

Измерения оптической когерентной томографии (Stratus OCT3; Carl Zeiss Meditec, Дублин, Калифорния) проводились за 2 часа до операции и после операции через 1 неделю и 1 месяц. Измерения макулы проводились с использованием протокола макулярного картирования исследования раннего лечения диабетической ретинопатии (ETDRS), который состоит из шести отдельных линейных сканирований, регулярно расположенных в радиальном порядке, с длиной скана 6 мм.

Сканирование выполнялось с использованием осевой длины по умолчанию (24,46 мм) и ошибки рефракции (правый глаз) для соответствия обычной клинической практике. Сканирования принимались, если они не содержали артефактов, и для всех отдельных линейных сканирований были видны полные изображения поперечного сечения. Толщина сетчатки автоматически определялась программным обеспечением прибора как расстояние между внутренней пограничной мембраной и

пигментный эпителий сетчатки. Измерения проводились для трех концентрических областей. Центральный диск (фовеальная область) представлял собой область радиусом 0,5 мм (ЦМТ), а внутреннее и наружное кольца имели наружные радиусы 1,5 и 3 мм соответственно и были разделены на четыре квадранта.

Средняя толщина сетчатки была указана для каждой из девяти областей, а общий макулярный объем (TMV) рассчитывался программой автоматически на основе этих данных.

Толщина фовеалы (FT) измерялась с помощью программного обеспечения в точке разреза шести отдельных линейных сканирований. Также рассчитывали среднюю толщину сетчатки четырех внутренних (внутреннее макулярное кольцо АТ) и четырех наружных сегментов (наружное макулярное кольцо АТ).

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения SPSS 15.0 (SPSS Inc, Чикаго, Иллинойс). Данные выражены в виде медианы с соответствующим межквартильным размахом (IQR). Для групповых сравнений использовался U-критерий Манна-Уитни. Значение P 0,05 считалось статистически значимым.

Многофакторный регрессионный анализ был проведен для определения предикторов послеоперационной толщины макулы через 1 неделю и 1 месяц после операции. Значения возраста и предоперационной толщины макулы были включены в качестве ковариат в эту регрессионную модель повторных измерений, чтобы скорректировать их влияние на послеоперационные результаты. Было проверено влияние хирургического вмешательства на толщину фовеальной области (CSMT и FT), внутреннее и наружное макулярные кольца и BTM. Также оценивалась связь между эффективным временем факотерапии и изменениями толщины сетчатки. Эффективное время факотерапии рассчитывалось путем умножения общего времени факотерапии на процент использованной мощности. В многопараметрическом анализе переменные сохранялись в моделях, если они были связаны со значением P 0,05, и общее соответствие модели улучшалось.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристики пациента

В группу лазера вошли 12 (60%) женщин и 8 (40%) мужчин со средним возрастом 58,85–15,27 лет (диапазон: от 23 до 75 лет). В контрольную группу вошли 15 (75%) женщины и 5 (25%) мужчин со средним возрастом 66,85–11,77 лет (диапазон: от 52 до 84 лет). Между двумя группами не было существенных различий в отношении возраста (P=0,53), ошибки рефракции (P=0,95), осевой длины (P=0,12) и эффективного времени факотерапии (P=0,94). (Таблица 1).

Функциональные результаты

В группе лазера медиана скорректированной остроты зрения вдаль (CDVA) составила 0,32–0,24 logMAR до операции.

ТАБЛИЦА 1

СРАВНЕНИЕ ГЛАЗ, ПРОВЕРЕННЫХ ТРАДИЦИОННОЙ ИЛИ ФЕМТОСЕКОНДЛАЗЕРНОЙ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ

Демографическая лазерная группа	Медиана (IQR)		Значение P
	лазерная группа	Контрольная группа	
Возраст (лет) 64	66 (от 53,5 до 69,5)	66 (от 59 до 74,5)	.18
ЮВ (Д)0,25	0,25 (с 3.50 до 2.00)	0,25 (от 2,75 до 2,75)	.95
АЛ (мм)22,66	22,66 (с 22.01 по 23.84)	23.81 (с 22:42 до 24:77)	.12
Время факотерапии (с)0,08	0,08 (от 0,03 до 0,12)	0,08 (от 0,03 до 0,15)	.94

IQR = межквартильный диапазон, SE = сферическая эквивалентная рефракция, AL = осевая длина

оперативно и 0,16–0,27 logMAR через 1 неделю и 0,08–0,19 logMAR через 1 месяц после операции. В контрольной группе медиана CDVA составляла 0,39–0,28 logMAR до операции, 0,08–0,16 logMAR через 1 неделю и 0,02–0,06 logMAR через 1 месяц после операции.

Параметры ОКТ

Параметры толщины сетчатки до и после операции в группах лазерной терапии и контрольной группе представлены в таблице 2.

Хотя различия между двумя группами по параметрам толщины макулы не достигли статистической значимости, многовариантное моделирование влияния хирургического вмешательства на послеоперационную толщину макулы показало значительно меньшую толщину макулы во внутреннем кольце сетчатки в лазере. группа после поправки на возраст и предоперационную толщину в течение времени (P = 0,002). В контрольной группе внутреннее макулярное кольцо было значительно толще через 1 неделю (среднее значение: 21,68 мкм; 95% доверительный предел [CL]: 11,93–31,44, P < 0,001). Через 1 месяц эта разница уменьшилась в среднем до 17,56 мкм (95% CL: 3,21–38,32, P=0,09) и стала незначительно значимой (Таблица 3). Тип операции не показал статистически значимого влияния на общий объем макулы, толщину фовеалы и среднюю толщину наружного макулярного кольца через 1 неделю и 1 месяц после операции (P < 0,05, таблица 2).

На рисунке 2 показана тенденция послеоперационной толщины внутреннего макулярного кольца в двух группах после поправки на возраст и предоперационную толщину. Толщина макулы увеличилась в контрольной группе (среднее значение: 287,76 мкм; 95% CL: 282,32–293,20; P < 0,001), но не в группе лазерной терапии (среднее значение: 268,38 мкм; 95% CL: 253,10–273,67; P) 0,05) через 1 неделю после операции по сравнению со средним исходным уровнем (среднее значение: 273,3 мкм). Через 1 месяц средняя толщина внутреннего макулярного кольца увеличилась с помощью лазера.

ТАБЛИЦА 2

ЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СЕТЧАТКИ ПЕРЕД ОПЕРАЦИЕЙ, ЧЕРЕЗ 1 НЕДЕЛЮ И 1 МЕСЯЦ ПОСЛЕ ОБЫЧНОЙ И ФЕМТОСЕКОНДАЗЕРНОЙ ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ, ИЗМЕРЕННОЙ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТОТОМОГРАФИИ

Медиана (IQR)

Время/Параметр	Лазерная группа	Контрольная группа	P-значение
Предоперационный			
ТМВ	6,93 (от 6,44 до 7,14)	6,66 (от 6,3 до 7,2)	.63
ФТ	169,5 (от 144,0 до 205,5)	174,5 (от 160,0 до 199,0)	.46
ЦСМТ	210,0 (от 186,0 до 239,0)	211,5 (от 195,0 до 226,5)	.80
Внутреннее макулярное кольцо АТ	280,0 (263,1–291,5)	259,75 (252,8–283,8)	.12
Наружное макулярное кольцо АТ	238,25 (229,5–253,5)	238,0 (219,8–247,3)	.40
1 неделя			
ТМВ	6,99 (от 6,63 до 7,33)	6,91 (от 6,61 до 7,34)	.84
ФТ	172,0 (от 155,0 до 200,0)	195,5 (от 172,0 до 212,0)	.12
ЦСМТ	215,0 (от 180,0 до 239,0)	223,5 (от 198,0 до 242,0)	.23
Внутреннее макулярное кольцо АТ	270,5 (257,0–282,7)	273,63 (254,5–293,0)	.59
Наружное макулярное кольцо АТ	241,0 (224,2–252,2)	238,12 (226,5–251,5)	.93
1 месяц			
ТМВ	7,31 (от 7,14 до 7,77)	7,05 (от 6,56 до 7,78)	.27
ФТ	218,0 (от 163,0 до 247,0)	210,0 (от 173,0 до 253,0)	.91
ЦСМТ	244,0 (от 206,0 до 258,0)	221,0 (от 211,0 до 265,0)	.85
Внутреннее макулярное кольцо АТ	281,8 (275,0–317,5)	275,7 (261,0–297,7)	.45
Наружное макулярное кольцо АТ	253,6 (242,5–268,7)	238,2 (226,0–262,7)	.14

IQR = межквартильный диапазон, ТМВ = общий объем макулы, ФТ = толщина фовеалы, ССМТ = толщина макулы в центральном подполе, АТ = средняя толщина сетчатки

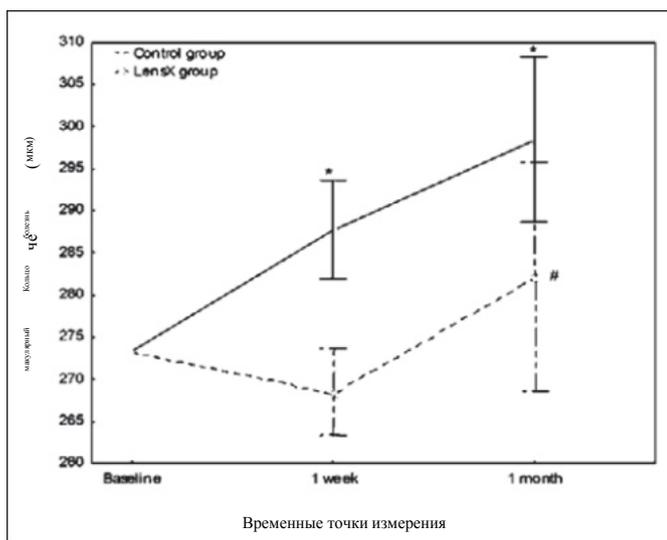


Рисунок 2. Средние значения толщины внутреннего макулярного кольца исходно, через 1 неделю и 1 месяц после операции в исследуемых группах с поправкой на возраст и предоперационная толщина внутреннего макулярного кольца. *P .01, #P .05 по сравнению с базовым уровнем. Усы = 95% доверительный интервал средних значений.

Пунктирная линия представляет лазерную группу, а сплошная линия представляет контрольную группу.

группе (среднее значение: 281,98 мкм; 95% CL: 267,73–296,22; P=0,02) и дальнейшее увеличение в контрольной группе (среднее значение: 298,38 мкм; 95% CL: 287,05–309,72; P=0,003) по сравнению с исходным линия.

ОБСУЖДЕНИЕ

Частота возникновения субклинического макулярного отека после протекающей без осложнений операции по удалению катаракты стала проблемой безопасности этой частой операции, поскольку исследования показали, что

географическая утечка до 19% после операции^{11,12} и увеличение перифовеальной толщины сетчатки по данным ОКТ, которое выявляется с первой недели до 6 месяцев и достигает максимума через 4–6 недель после операции, при артериальном синдроме.

глаза.^{14,16-18}

В нашем исследовании мы обнаружили такой же субклинический парафовеальный отек в контрольной группе через 1 неделю и 1 месяц после операции с постоянным увеличением. Однако в группе лазера через 1 неделю толщина внутреннего макулярного кольца не изменилась; небольшое увеличение было обнаружено только через 1 месяц. Судя по нашим результатам, это

ТАБЛИЦА 3

РАЗНИЦА ТОЛЩИНЫ МАКУЛЯРА, ИЗМЕРЕННАЯ В РАЗНЫХ УЧАСТКАХ ГЛАЗ, ПРОВЕДЕННЫХ традиционную и фемтосекундную лазерную фактоэмульсификацию*

Время/Макулярная область	Разница (мкм)	95% CL (мкм)	P-значение
1 неделя			
ФТ	10.69	(45.97-24.59)	.53
ЦСМТ	0,86	(16.42-18.14)	.92
Внутреннее макулярное кольцо АТ	21.68	(11.93-31.44)	.001
Наружное макулярное кольцо АТ	11.67	(9.21-32.55)	.26
1 месяц			
ФТ	41.19	(29.40-111.79)	.24
ЦСМТ	22.62	(36.42-81.67)	.43
Внутреннее макулярное кольцо АТ	17.56	(3.20-38.32)	.09
Наружное макулярное кольцо АТ	0,99	(15.81-17.80)	.91

Разница = толщина сетчатки в контрольной группе – толщина сетчатки в группе лазера, CL = доверительный предел, ФТ = фовеальная толщина, ССМТ = толщина центрального подполя макулы, АТ = средняя толщина сетчатки

*С поправкой на возраст и предоперационные значения толщины.

маловероятно, что присасывающее кольцо, использованное во время позиционирования фемтосекундного лазера, оказало какое-либо вредное воздействие на структуру макулы, поскольку утолщение макулы не наблюдалось в группе лазера через 1 неделю после операции.

Эту разницу можно объяснить существенно более низким уровнем вакуума (до 40 мм рт. ст.) по сравнению с LASIK (до 90 мм рт. ст.), используемым во время этой процедуры.

Запоздалое выявление утолщения желтого пятна, вероятно, связано с длительным субклиническим воспалением, вызванным манипуляциями с внутриглазной тканью (радужной оболочкой) и медикаментозным лечением.

регулируется простагландинами в обеих группах.^{19,20} По согласованию с предыдущими отчетами мы не обнаружили никакой корреляции между макулярными изменениями и временем УЗИ,²¹ предлагая что гемато-ретиальный барьер нарушается сильнее во время стандартной процедуры, чем во время операции по удалению катаракты с помощью фемтосекундного лазера. Уменьшение манипуляций с передней камерой во время операции может объяснить этот феномен, который является нашей гипотезой для различий, обнаруженных в послеоперационном макулярном отеке.

Ограничения этого исследования включают относительно небольшой размер выборки и короткий период наблюдения.

Наши результаты показывают, что оба метода экстракции катаракты одинаково безопасны с точки зрения ранней толщины макулы. Экстракция катаракты с помощью фемтосекундного лазера привела к значительно меньшему утолщению раннего макулы по сравнению со стандартной процедурой, хотя различия за пределами 1 месяца неизвестны. Это раннее различие может быть особенно полезным у пациентов, которые подвергаются большому риску развития послеоперационного кистозного макулярного отека, например, у пациентов с увеитом или диабетической ретинопатией, хотя потребуются более крупные исследования с более длительным периодом наблюдения, чтобы сделать какие-либо выводы. существенный

выводы. Необходимы дальнейшие рандомизированные контролируемые исследования с более крупными когортами, в которых будут оцениваться исключительно пациенты с диабетом или другие пациенты, особенно подверженные риску послеоперационного кистозного макулярного отека.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (М.Э.,К.М.,З.З.Н.); сбор данных (М.Э.,И.К.,А.Т.,Т.Ф.,З.З.Н.); анализ и интерпретация данных (М.Э.,К.М.,И.К.); оформление рукописи (М.Э.,И.К.); критическая редакция рукописи (К.М.,И.К.,А.Т.,Т.Ф.,З.З.Н.); статистическая экспертиза (К.М.,И.К.,А.Т.,Т.Ф.); надзор (И.К.,З.З.Н.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
2. Веттер Дж.М., Хольцер М.П., Тетлинг С. и др. Внутриглазное давление во время подготовки лоскута роговицы: сравнение четырех фемтосекундных лазеров на глазах свиней. J Refract Surg. 2011;27(6):427-433.
3. Дэвис Р.М., Евангелиста Дж.А. Структура глаза изменяется под воздействием вакуума благодаря всасывающему кольцу из микрокератома Hansatome. J Хирургия рефракции катаракты. 2007;23(6):563-566.
4. Миршахи А., Конен Т. Влияние отсасывания микрокератомов во время LASIK на структуры глаза. Офтальмология. 2005;112(4):645-649.
5. Луна Дж.Д., Артал М.Н., Ревильо В.Е., Пелищари М., Диас Х., Хуарес К.П. Витреоретинальные изменения после лазерного кератомилеза in situ: клинические и экспериментальные исследования. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2001;239(6):416-423.

6. Смит Р.Дж., Ядарола М.Б., Пелиццари М.Ф., Луна Дж.Д., Хуарес К.П., Ревильо В.Е. Полная двусторонняя отслойка стекловидного тела после повторного лечения LASIK. *J Хирургия рефракции катаракты*. 2004;30(6):1382-1384.
7. Мошфегги А.А., Харрисон С.А., Райнштейн Д.З., Ферроне П.Дж. Вальсальвоподобная ретинопатия после гиперметропического лазерного кератомилеза in situ. *Офтальмологическая хирургическая лазерная визуализация*. 2006;37(6):486-488.
8. Конвей М.Л., Вевилл М., Бенавенте-Перес А., Хоскинг С.Л. Гемодинамика глазного кровотока до и после применения лазерного кольца для кератомилеза in situ. *J Хирургия рефракции катаракты*. 2010;36(2):268-272.
9. Флач А.Дж. Частота возникновения, патогенез и лечение кистозного макулярного отека после операции по удалению катаракты. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1998;96:557-634.
10. Мияке К., Ибараки Н. Простагландины и кистозный макулярный отек. *Сурв Офтальмол*. 2002;47 Приложение 1:S203-S218.
11. Ментес Дж., Эракун Т., Афраши Ф., Керчи Г. Частота возникновения кистозного макулярного отека после неосложненной факоемульсификации. *Офтальмологическая*. 2003;217(6):408-412.
12. Лобо С.Л., Фариа П.М., Соарес М.А., Бернардес Р.К., Кунья-Ваз Х.Г. Изменения макулы после операции по удалению катаракты с небольшим разрезом. *J Хирургия рефракции катаракты*. 2004;30(4):752-760.
13. Ледерер Д.Е., Шуман Дж.С., Герцмарк Э. и др. Анализ объема макулы в нормальных и глаукомных глазах с использованием оптической когерентной томографии. *Am J Офтальмол*. 2003;135(6):838-843.
14. Биро З., Балла З., Ковач Б. Изменение фовеальной и перифовеальной толщины, измеренное с помощью ОКТ, после факоемульсификации и имплантации ИОЛ. *Глаз (Лондон)*. 2008;22(1):8-12.
15. Гош С., Рой И., Бискувас П.Н. и др. Проспективное рандомизированное сравнительное исследование толщины макулы после факоемульсификации и ручной хирургии катаракты с небольшим разрезом. *Акта Офтальмол*. 2010;88(4):e102-106.
16. Ягов Б., Орлофф С., Конен Т. Толщина макулы после операции по удалению катаракты без осложнений, определенная с помощью оптической когерентной томографии. *Graefes Arch Clin Exp Офтальмол*. 2007;245(12):1765-1771.
17. Хи М.Р., Изатт Дж.А., Суонсон Е.А. и др. Оптическая когерентная томография сетчатки человека. *Арка Офтальмол*. 1995;113(3):325-332.
18. Перенте И, Утине К.А., Озтюркер С. и др. Оценка макулярных изменений после неосложненной факоемульсификационной операции методом оптической когерентной томографии. *Карр Глаз Рез*. 2007;32(3):241-247.
19. Франк Р.Н., Шульц Л., Эйб К., Иззи Р. Временные изменения диабетического макулярного отека, измеренные с помощью оптической когерентной томографии. *Офтальмология*. 2004;111(2):211-217.
20. Лобо С.Л., Бернардес Р.К., де Абреу Ж.Р., Кунья-Ваз Ж.Г. Наблюдение за изменением гемато-ретиального барьера и толщины сетчатки через год у пациентов с сахарным диабетом 2 типа и легкой непролиферативной ретинопатией. *Arch Oph-thalmol*. 2001;119(10):1469-1474.
21. Cagini CF, Iaccheri B, Piccinelli F, Ricci MA, Fruttini D. Толщина макулы, измеренная с помощью оптической когерентной томографии у здоровой популяции до и после неосложненной операции факоемульсификации катаракты. *Карр Глаз Рез*. 2009;34(12):1036-1041.

Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты по сравнению с традиционной факоэмульсификацией

Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Ката Михальц, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук; Золтан З. Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

Цель: сравнить эффект традиционной факоэмульсификации и фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на роговице с использованием методов визуализации Шаймпфлюга и бесконтактной зеркальной микроскопии.

МЕТОДЫ: В каждой группе на 38 глазах (38 пациентов) была проведена операция по удалению катаракты с использованием фемтосекундного лазера (лазер Alcon LenSx) (фемтолазерная группа) или традиционной факоэмульсификации (факогруппа). Центральную толщину роговицы, объем роговицы 3 мм и стадию ядра Pentacam (PNS) определяли с помощью вращающейся камеры Шаймпфлюга (Pentacam HR, Oculus Optikgeräte GmbH), а индекс объемного стресса рассчитывали через 1 день и 1 месяц после операции. Количество эндотелиальных клеток измеряли с помощью бесконтактной зеркальной микроскопии до операции, через 1 день, 1 неделю и 1 месяц после операции.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Толщина центральной роговицы была значительно выше в группе фако (607–91 мкм), чем в группе фемтолазерной терапии (580–42 мкм) в первый день, но существенно не отличалась до операции, через 1 неделю и 1 месяц. Индекс объемного стресса в первый день был значительно ниже в группе фемтолазерной терапии, чем в группе фако ($P < 0,05$), но существенно не отличался через 1 месяц.

Многофакторный регрессионный анализ показал, что тип операции оказал значительное влияние на толщину центральной части роговицы.

Выводы. Хирургия катаракты с использованием фемтосекундного лазера вызывает меньший отек роговицы в раннем послеоперационном периоде и может вызвать меньшую травму эндотелиальных клеток роговицы, чем ручная факоэмульсификация.

[J Refract Surg. 2012;28(6):387-391.]
doi:10.3928/1081597X-20120508-02

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, июнь 2012 г.

С появлением фемтосекундного лазерного метода лечения катаракты хирургия, высококонтролируемая и воспроизводимая капсулотомия, эффективная фрагментация или разжижение хрусталика, а также точные и оперативные методы лечения.

стало возможным создание разреза роговицы.

1-6

Отек роговицы является одним из наиболее частых ранних послеоперационных осложнений факоэмульсификации, которое иногда может приводить к стойким и серьезным нарушениям зрения. Послеоперационный отек роговицы и потеря эндотелиальных клеток связаны со многими факторами, включая время и энергию факоэмульсификации, плотность катаракты, патологию роговицы, глубину передней камеры, осевую длину, травму глаза, образование свободных радикалов, механические и тепловые травмы, техника факоэмульсификации, опыт хирурга и использование вискоэластика.

материал.⁷⁻¹³

Отек роговицы можно определить с помощью многих методов, включая ультразвуковую или оптическую пахиметрию, оптическую когерентную томографию (ОКТ) переднего сегмента или томографию Шаймпфлюга.

инж.^{14,15} Использование Pentacam HR (Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия) в качестве трехмерного метода оценки всего переднего сегмента добавляет возможность измерения изменения центрального объема роговицы в пределах 3 мм².¹⁵

Центральный отек роговицы необходимо рассматривать отдельно от периферического отека роговицы из-за различия в его происхождении и характере развития. Анализ Pentacam показал, что хотя объем роговицы 3 мм часто возвращается к предоперационным значениям через 1 месяц после факоэмульсификации, объем роговицы 10 мм остается высоким в течение 3 месяцев, что указывает на то, что восстановление после операции занимает больше времени вблизи места разреза, чем в центре.

тракторнеа.^{15,16}

Сузуки и др.¹⁷ создал новую формулу, которая предоставляет информацию о функции эндотелиальных клеток, называемая индексом объемного стресса (VSI), параметр, который указывает на объемно-гомеостатическую функцию для каждой эндотелиальной клетки роговицы. Этот метод основан

ТАБЛИЦА 1

**ДЕМОГРАФИЯ ПАЦИЕНТОВ, ЛЕЧАЩИХСЯ
ИНТРАГЛАЗНЫМ ФЕМТОСЕКУНДАЛЬНЫМ
ЛАЗЕРОМ, ДО ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ И
ТОЛЬКО ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИИ**

Демографический	Фемтолазер Групп	Фако Группа Р	Значение
Возраст (лет)	65,81	12,4266,93	10,99 ,05
Пол (М:Ж)	10:28		15:23 ,05
МСЭ (Д)	1,00	4,70	1,00 5,50 ,05

MRSE = сферический эквивалент явной рефракции

при измерении послеоперационного изменения центрального объема роговицы (в области диаметром 3 мм) и плотности центральных эндотелиальных клеток.

В нашем исследовании мы стремились проанализировать послеоперационный центральный отек роговицы, количество эндотелиальных клеток и функцию эндотелиальных клеток, выраженные с помощью VSI, после факоэмульсификации с помощью фемтосекундного лазера по сравнению с традиционной факоэмульсификацией.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

По нашим предварительным данным, для достижения 90% мощности в статистических расчетах необходимо было не менее 32 пациентов. В этом проспективном исследовании хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера была выполнена на 38 глазах у 38 пациентов (группа фемтолазерной терапии) и традиционной терапии.

факоэмульсификация на 38 глазах от 38 пациентов (группа фако) с катарактой различной степени в период с февраля 2010 г. по февраль 2011 г. Пациенты были случайным образом распределены (с использованием компьютерной рандомизации) в обе группы хирургом (З.З.Н.). Пациенты с низкой кооперацией, плотной (4 степень) или белой катарактой, рубцами или помутнениями роговицы, аномалиями переднего сегмента, синдромом гибкой радужки и плохим расширением зрачков не были включены в исследование.

Демографические данные показаны в Таблице 1, а предоперационные данные – в Таблице 2. Никаких существенных различий между группами не наблюдалось.

Исследование было разработано в соответствии с правилами этического комитета университета. Все процедуры исследования соответствовали принципам Хельсинкской декларации.

Информированное согласие было получено.

Все операции выполнялись под местной (пропаракаин HCL 0,5%) анестезией одним и тем же хирургом (З.З.Н.). Расширение зрачков достигалось закапыванием одной капли 0,5% тропикамида каждые 15 минут трижды перед операцией.

В группе факодиагностики с помощью одноразового кератома (Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас) были сделаны прозрачные разрезы роговицы и боковых портов диаметром 2,8 мм. Непрерывный криволинейный капсулорексис выполняли с помощью цистотома и капсульных щипцов, применяли факотехнику «разделяй и властвуй».

В группе фемтолазеров фемтосекундная лазерная система LenSx (Alcon LenSx Inc, Алисо-Вьехо, Калифорния) использовалась для выполнения капсулотомии диаметром 4,75 мм, фрагментации хрусталика крест-накрест и двух разрезов роговицы.

ТАБЛИЦА 2

**ПЕРЕДНИЙ СЕГМЕНТ И ХИРУРГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГЛАЗ, ЛЕЧЕННЫХ
ИНТРАОКУЛЯРНОЙ ФЕМТОСЕКУНДАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ И ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЕЙ ТОЛЬКО ФАКОЭМУЛЬСИФИКАЦИЕЙ**

Параметр	Фемтолазер Групп	Фако Групп	Р-значение	
Предоперационная ЦКТ (мкм)	545	32	550 39	.05
Предоперационный CV 3-мм(мм ³)	3,9	0,2	4,0 0,3	.05
ECD роговицы (клеток/мм ²)	2861	215	2841 215	.05
АКД (мм)	2,57	0,39	2,62 0,45	.05
Толщина линзы (мм)	4,5	0,5	4,4 0,5	.05
Осевая длина (мм)	24,1	3,0	23,9 2,9	.05
Предоперационное ВГД(мм рт. ст.)	16,0	3,2	15,6 2,9	.05
Ядерная плотность линзы, измеренная Шаймпфлюгом	2,32	0,97	2,13 1,22	.05
Энергия фако (%)	12,7	8,3	20,4 12,6	.05
Время факотерапии (с)	0,56	0,6	0,67 0,75	.05
Эффективное время факотерапии (с)	0,10	0,12	0,12 0,13	.05

CST = центральная толщина роговицы, CV = объем роговицы, ECD = плотность эндотелиальных клеток, ACD = глубина передней камеры, ВГД = внутриглазное давление

(основной разрез в двух плоскостях 2,8 мм и синусовый разрез 1,0 мм). разрез gle-planeside-port), как описано ранее.³ Фол- После лечения фемтосекундным лазером разрезы роговицы открывали тупым шпателем и переднюю камеру заполняли вязкоэластичным материалом (Provisc, Alcon Laboratories Inc). Край рассеченной лазером передней капсулы проверяли на полное отделение цистотомом и рассеченную капсулу извлекали из глаза щипцами. После гидродиссекции применяли стандартную факоэмульсификацию для удаления четырех квадрантов ядра, предварительно измельченных лазером. В обеих группах использовалась факосистема Infinity (Alcon Laboratories Inc; фиксированный вакуум 380 мм рт. ст., фиксированная скорость аспирации 35 см³/мин, высота флакона 110 см), а после удаления кортикального слоя и имплантации одно- частичную гидрофобную акриловую ИОЛ (Alcon Laboratories Inc), вязкоэластичный материал полностью удаляли ирригационной-аспирацией. В обеих группах проводилась шадящая гидратация основного разреза роговицы.

Пред- и послеоперационные измерения

Все пациенты прошли полное офтальмологическое обследование, включая корригированную остроту зрения вдаль, явную рефракцию, обследование с помощью щелевой лампы и измерение внутриглазного давления (ВГД). Биометрию проводили с помощью бесконтактного оптического низкокогерентного рефлектометра (Lenstar LS 900; Haag-Streit AG, Кениз, Швейцария).

Визуализация Pentacam HR Scheimflug использовалась для измерения 3-мм центрального объема роговицы (3 мм CV) и ее толщины, а также плотности ядра в предоперационном периоде (Pentacam Nucleus Staging [PNS]). Количество центральных эндотелиальных клеток измеряли с помощью Konan Noncon Robo Specular Microscope NSP-9900 (Konan Medical Inc, Хиого, Япония). Все измерения повторялись через 1 день, 1 неделю и 1 месяц после операции.

Эксперты не знали, какая хирургическая процедура использовалась при проведении послеоперационных исследований.

Индекс объемного напряжения рассчитывали по формула, описанная Suzuki et al.^{15,17} как рекомендовано: $VSI = V \div (CD \cdot 7,065) \cdot (V = V_2 \cdot V_1)$. V₂ — ЦВ 3 мм после факоэмульсификации, V₁ — ЦВ 3 мм до факоэмульсификации, 7,065 = 1,5 1,5 3,14 (участок диаметром а3 мм).

Статистический анализ

Статистический анализ проводился с помощью Statistica 8.0 (Statsoft Inc, Талса, Оклахома). Отклонение от предположения о нормальном распределении проверялось с помощью W-критерия Шапиро-Уилкса. Из-за нормальности данных описательная статистика показывает среднее и стандартное отклонение.

Для групповых сравнений непрерывных переменных

ТАБЛИЦА 3

СРАВНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО РОГОВИКА

Центральная толщина роговицы (мкм)

Группа Преоп 1 День 1 Неделя 1 Месяц

Фемтолазер 545 31 580 42* 554 36 545 31 Фако 550 39 607 91*
559 52 557 42

*P 0,05 по сравнению с дооперационными значениями с использованием дисперсионного анализа повторных измерений.

был использован t-критерий независимой выборки. Для анализа изменений толщины центральной части роговицы с течением времени использовался дисперсионный анализ повторных измерений. Чтобы проверить влияние типа хирургического вмешательства на послеоперационную толщину центральной части роговицы, был проведен многовариантный регрессионный анализ. Предоперационная толщина центральной части роговицы, количество центральных эндотелиальных клеток, глубина передней камеры, PNS и эффективное время факоэмульсификации были включены в качестве ковариат в многовариантную регрессионную модель для корректировки их влияния на послеоперационную толщину центральной части роговицы. Переменные сохранялись в модели, если они были связаны со значением P 0,05, и общее соответствие модели улучшалось, о чем свидетельствует изменение r^2 , который использовался для поиска наилучшей подходящей многомерной модели. Во всех анализах $P < 0,05$ считалось статистически значимым.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Pentacam Nucleus Staging показал статистически значимую положительную корреляцию с эффективным временем факоэмульсификации в обеих группах ($r=0,35$, P 0,05, группа фемтолазера и $r=0,5$, P 0,05, группа факоэмульсификации). Значения центральной толщины роговицы в двух группах показаны в Таблице 3 и на рисунке А (на странице 139). Окончательная многовариантная модель, которая включала количество центральных эндотелиальных клеток, PNS, предоперационную толщину центральной роговицы и групповую в качестве предикторов имели индекс наилучшего соответствия с $R^2=0,48$. В этом При многовариантном моделировании тип операции показал значимое влияние на толщину центральной части роговицы в первый послеоперационный день, тогда как он был скорректирован с учетом влияния других факторов.

В группе фемтолазера послеоперационная центральная толщина роговицы в первый день была значительно ниже по сравнению с группой фако, со средней разницей 29 мкм (Таблица 3). Количество центральных эндотелиальных клеток (P 0,05), PNS (P 0,05) и предоперационная толщина центральной части роговицы (P 0,001) оказали значительное влияние на послеоперационную толщину центральной части роговицы. Глубина передней камеры и эффективное время факоэмульсификации не оказали влияния на

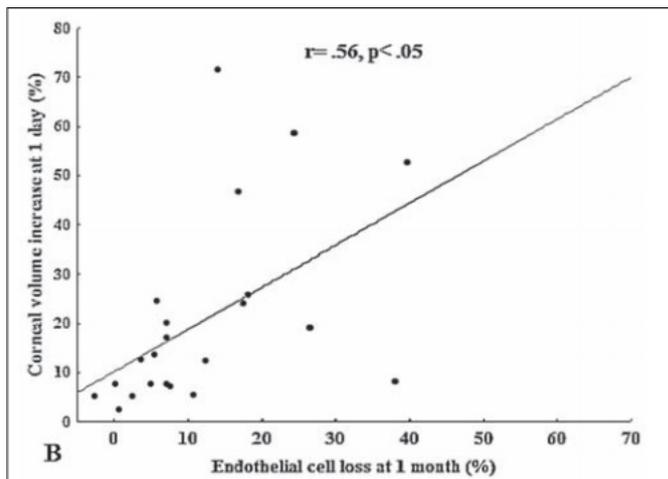
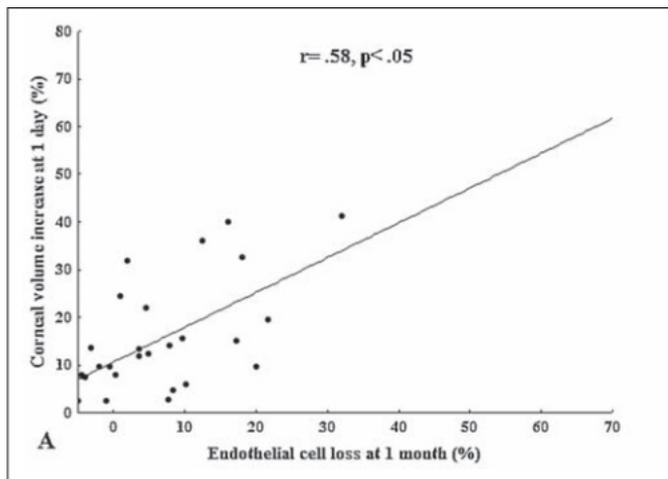


Рисунок 1. Корреляция между увеличением объема роговицы через 1 день (%) и потерей эндотелиальных клеток через 1 месяц (%) в глазах, обработанных внутриглазным фемтосекундным лазером и факоэмульсификацией (группа фемтолазера) и только факоэмульсификацией (факогруппа). А) Группа фемтолазерной терапии, $r=0,58$, $P<0,05$. Б) Факогруппа, $r=0,56$, $P<0,05$.

ТАБЛИЦА 4
СРАВНЕНИЕ ПОДСЧЕТА
КОРНЕАЛЬНО-ЭНДОТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТОК

Количество эндотелиальных клеток (клеток/мм²)

Группа	1 день	1 неделя	1 месяц
Фемтолазер	2861	216 2860	217 2730 205 2738 245
Фако	2841	215 2719	350 2669 377 2542 466

послеоперационная толщина центральной части роговицы ($P<0,05$). Количество эндотелиальных клеток роговицы было немного ниже в группе факотерапии при всех послеоперационных последующих осмотрах, но различия не были статистически значимыми, возможно, из-за большого стандартного отклонения факогруппа (табл. 4).

На рисунке 1 показана значительная положительная корреляция между увеличением объема роговицы на 3 мм в первый послеоперационный день и потерей эндотелиальных клеток через 1 месяц после операции в обеих группах.

Индекс объемного напряжения составил $3,0 \cdot 10^{-5}$ в фемтолазерной группе и $5,3 \cdot 10^{-5}$ в группе фако в послеоперационном периоде в первый день исследования, и эта разница оказалась статистически значимой. Разница между группами относительно VSI не был значимым через 1 месяц и составлял $1,7 \cdot 10^{-6}$ и $1,7 \cdot 10^{-6}$ соответственно (рис2).

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем проспективном исследовании мы сосредоточились на влиянии предоперационной фемтосекундной лазерной обработки ядра на послеоперационную толщину центральной роговицы и функцию центральных эндотелиальных клеток, выраженную с помощью VSI. Мы использовали

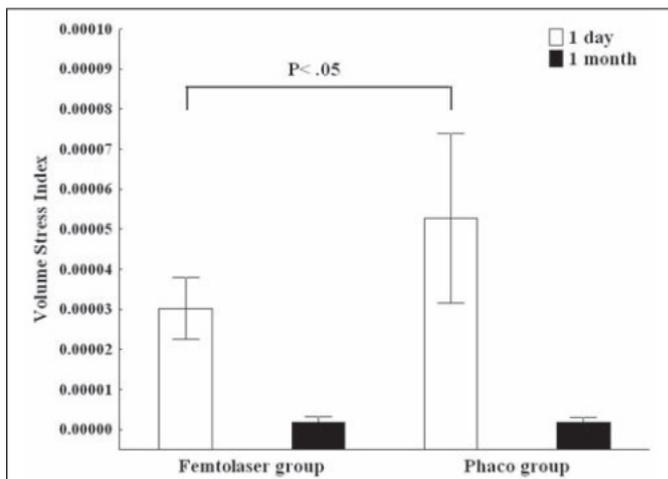


Рисунок 2. Индекс объемного стресса в глазах, обработанных внутриглазным фемтосекундным лазером и факоэмульсификацией (группа фемтолазера) и только с факоэмульсификацией (группа фако) ($P < 0,05$ через 1 день и $P < 0,05$ через 1 месяц).

Денситометрия Pentacam (PNS) для определения плотности хрусталика, поскольку это объективный метод и тесно коррелирует с Системой классификации помутнений линз (LOCS).

III. ¹⁸ Степени катаракты существенно не различались между группы (табл.2).

Эльнаби и др. ¹⁹ описали, что среднее эффективное ультразвуковое исследование время интраоперационно и процент потери эндотелиальных клеток через 3 месяца после операции были значительно ниже при использовании метода факопреча по сравнению с методом «разделяй и властвуй».

Мы также обнаружили, что послеоперационная толщина центральной части роговицы была значительно ниже в группе фемтолазера по сравнению с группой фако в первый день, но незначительно отличалась через 1 неделю и 1 месяц (Таблица 3).

Мы также обнаружили значительно более низкий VSI в фемтолазерном режиме.

группе, чем в группе факотерапии, через 1 день после операции (см. рис. 2). Энергия факоэмульсификации также была значительно выше в группе факоэмульсификации, чем в группе фемтолазера, а время факоэмульсификации и эффективное время факоэмульсификации были выше в группе факоэмульсификации, но различия не были статистически значимыми (Таблица 2). Количество эндотелиальных клеток роговицы было ниже в группе факотерапии во всех послеоперационных наблюдениях, но различия не были статистически значимыми, возможно, из-за высокого стандартного отклонения в группе факотерапии (таблица 4).

Наше исследование имеет несколько ограничений, например, отсутствие расширенного анализа морфологии эндотелиальных клеток (коэффициент вариации, процент гексагональных клеток). Кроме того, пациенты не были сопоставлены по плотности хрусталика, хотя средние значения существенно не различались между группами (таблица 2), и рандомизация проводилась хирургом, а не с помощью таблиц рандомизации.

Несмотря на эти ограничения, наши результаты показывают, что предварительное измельчение ядра фемтосекундным лазером снижает мощность факоэмульсификации и травму эндотелиальных клеток по сравнению со стандартной факоэмульсификацией.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (А.Т.,З.З.Н.); сбор данных(А.Т.,И.К.,К.М.); анализ и интерпретация данных (А.Т.,И.К.,К.М.,Т.Ф.,М.С.К.); оформление рукописи (А.Т.,К.М.); критическая доработка рукописи (И.К.,Т.Ф.,М.К.К.,З.З.Н.); статистическая экспертиза (И.К.,З.З.Н.); административное, техническое или материальное обеспечение (А.Т.); надзор (К.М.,З.З.Н.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
- Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.
- Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27(8):558-563.
- Михалц К., Кнорц М.К., Алио Х.Л. и др. Внутренние аберрации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2011;27(10):711-716.
- Надь З.З., Краниц К., Такач А., Филкорн Т., Гегрели Р., Кнорц М.К. Применение внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте после проникающей и тупой травмы. J Refract Surg. 2012;28(2):151-153.
- Эчеди М., Михалц К., Ковач И., Такач А., Филкорн Т., Надь З.З. Влияние фемтосекундной лазерной хирургии катаракты на макулу. J Refract Surg. 2011;27(10):717-722.
- Барадаран-Рафи А., Рахмати-Камель М., Эслани М., Киваваш В., Каримьян Ф. Влияние гидродинамических параметров на потерю эндотелиальных клеток роговицы после факоэмульсификации. J Хирургия рефракции катаракты. 2009;35(4):732-737.
- Такахаша Х. Развитие свободных радикалов при факоэмульсификационной хирургии катаракты. J Nihon Med Sch. 2005;72(1):4-12.

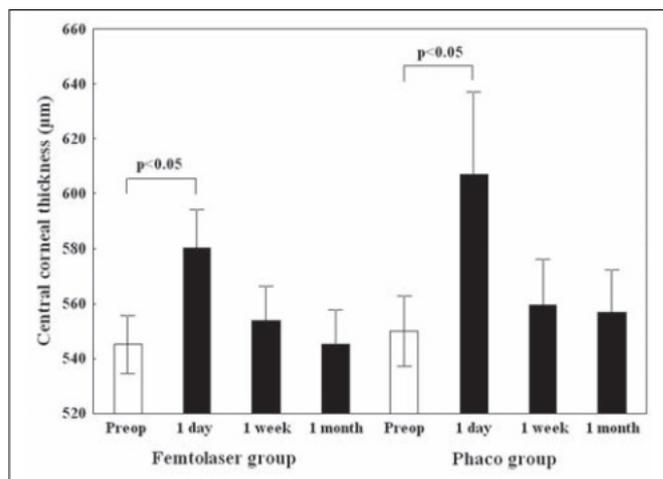


Рисунок А. Средние значения центральной толщины роговицы в глазах, обработанных внутриглазным фемтосекундным лазером и факоэмульсификацией (группа фемтолазера) и только факоэмульсификацией (группа фако) в разные моменты времени ($P < 0,05$ с использованием дисперсионного анализа с повторными измерениями; ус: 95 % доверительного интервала среднего значения).

- Йениад Б., Корум И., Озгун С. Влияние тупой травмы и хирургии катаракты на плотность эндотелиальных клеток роговицы. Ближний Восток Afr J Ophthalmol. 2010;17(4):354-358.
- Крема А.С., Уолш А., Ямане Ю., Носе В. Сравнительное исследование коаксиальной факоэмульсификации и хирургии катаракты с микроинзией. Годовой провал. J Хирургия рефракции катаракты. 2007;33(6):1014-1018.
- Ричард Дж., Хофф Арт Л., Шавейн Ф., Райдингс Б., Конрат Дж. Потеря эндотелиальных клеток роговицы после экстракции катаракты с использованием ультразвуковой факоэмульсификации по сравнению с системой на основе жидкости. Роговица. 2008;27(1):17-21.
- Сторр-Паулсен А., Норрегаард Дж. К., Фарик Г., Торнхой Дж. Влияние вязкоупругих веществ на популяцию эндотелиальных клеток роговицы во время операции по удалению катаракты: проспективное исследование когезивных и дисперсионных вискоэластиков. Акта Офтальмол Сканд. 2007;85(2):183-187.
- Чо Ю.К., Чанг Х.С., Ким М.С. Факторы риска потери эндотелиальных клеток после факоэмульсификации: сравнение в группах разной глубины передней камеры. Корейский J Офтальмол. 2010;24(1):10-15.
- Хатчингс Н., Симпсон Т.Л., Хён С. и др. Отек роговицы человека, выявленный с помощью высокоскоростной оптической когерентной томографии сверхвысокого разрешения. Инвестируйте офтальмол Vis Sci. 2010;51(9):4579-4584.
- Сузуки Х., Такахаша Х., Хори Дж., Хираока М., Игараши Т., Шива Т. Повреждение роговицы, связанное с факоэмульсификацией, оцениваемое по объему роговицы. Am J Офтальмол. 2006;142(3):525-528.
- Амани Дж., Холли Г.П., Ли С.Б., Эдельхаузер Х.Ф. Увеличение плотности эндотелиальных клеток в парацентральном и периферическом областях роговицы человека. Am J Офтальмол. 2003;135(5):584-590.
- Сузуки Х., Оки К., Такахаша К., Шива Т., Такахаша Х. Функциональная оценка эндотелия роговицы путем комбинированного измерения изменения объема роговицы и плотности клеток после факоэмульсификации. J Хирургия рефракции катаракты. 2007;33(12):2077-2082.
- Гревал Д.С., Брар Г.С., Гревал С.П. Корреляция плотности хрусталика ядерной катаракты с использованием изображений Шаймпфлюга с Системой классификации помутнений хрусталика III и зрительной функцией. Офтальмология. 2009;116(8):1436-1443.
- Эльнаби Э.А., Эль Завари ОМ, Абдельрахман А.М., Ибрагим Х.Е. Факопречеп против факоэмульсификации «разделяй и властвуй»: проспективное сравнительное интервенционное исследование. Ближний Восток, Африка, Дж. Офтальмол. 2008;15(3):123-127.

Морфология разреза катаракты с помощью фемтосекундного лазера и анализ aberrаций высшего порядка роговицы

Хорхе Л. Алио, доктор медицинских наук; Ахмед А. Абду, доктор медицинских наук; Фелипе Сориа, доктор медицинских наук; Хайме Джавалой, доктор медицинских наук; Роберто Фернандес-Буэнага, доктор медицинских наук; Золтан Э. Надь, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Анализ конфигурации разреза роговицы при фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии хрусталика и эффекта aberrации высшего порядка (НОА) роговицы с первых послеоперационных суток.

МЕТОДЫ: Оптическая когерентная томография переднего сегмента с высоким разрешением использовалась для оценки 20 глаз, перенесших операцию по фемтосекундной лазерной рефракционной линзе с минимальным разрезом 2,2 мм. Были проанализированы фактическая длина первичного разреза (триплоскостная), длина шнура, угол поверхности, неровность поверхности и значения региональной пахиметрии, а также значения длины, угла, неровности поверхности и пахиметрии вторичного разреза (одноплоскостного). Аберрометр Хартмана-Шака использовался для оценки НОА роговицы для корреляции эффекта. Оценка проводилась до операции и через 1 месяц после операции.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Средние значения фактической длины, длины шнура и угла поверхности первичного разреза в первый послеоперационный день и месяц составили $1,50 \pm 0,1$ и $1,47 \pm 0,2$ мм ($P = 0,5$), $1,41 \pm 0,1$ и $1,42 \pm 0,2$ мм ($P = 0,8$), $27^\circ \pm 4^\circ$ и $23^\circ \pm 5^\circ$ ($P = 0,07$) соответственно. Длина и угол поверхности вторичного разреза в первые послеоперационные сутки и месяц составили $1,17 \pm 0,01$ и $1,04 \pm 0,1$ мм ($P = 0,05$), $52^\circ \pm 3^\circ$ и $42^\circ \pm 5^\circ$ ($P = 0,05$). Показатели регионарной пахиметрии для первичного и вторичного разрезов достоверно увеличивались в первые сутки после операции, а затем достоверно снижались через 1 месяц.

Все нарушения произошли на задней поверхности (эндотелии): 2 случая заднего разрыва (первый день) и 1 случай задней ретракции (первый месяц). До операции и через 1 мес ГОА существенно не изменились.

ВЫВОДЫ. Разрез, выполненный при операции на рефракционной линзе с помощью фемтосекундного лазера, является стабильным и не приводит к существенному изменению ГОА.

[J Refract Surg. 2013;29(9):590-595.]

Первоначально опубликовано в журнале Journal of Refractive Surgery, сентябрь 2013 г.

Широкий спектр применения фемтосекунды (10⁻¹⁵) лазера обусловлен его уникальным свойством фоторазрушать ткани с минимальное побочное повреждение (1 мкм).¹ Это связано с возможностью управлять многими процессами ультракороткого фемтосекундного лазера, такими как когерта, направление движения электронов, торможение химические связи и контроль абсорбции.² Фемтосекундный лазер может гарантировать стабильность, точность, длину, форму и ширину разрезов роговицы.

¹ Еще одним уникальным преимуществом является возможность возможность визуализации процесса резания, что можно легко сделать до, во время и после операции. Это связано с тем, что лазерный процесс представляет собой процесс трехмерного сканирования, и необходимая доставка трехмерного луча для получения данных трехмерного изображения уже является частью системы. Таким образом, ткань-мишень можно легко сканировать, не оставляя места для дополнительных сканирующих зеркал и линз для визуализации с использованием оптической когерентной томографии. фи(ОКТ) визуализация или другие технологии визуализации.³

Хирурги катаракты применяют фемтосекундную технологию для выполнения лазерной капсулотомии, фрагментации хрусталика и очистки роговицы.

разрезы и лимбальные расслабляющие разрезы.⁴ Исследования обсудили чистый ли разрез роговицы (ССИ)⁵ надежный или проблемный некоторый.⁶⁻⁸ ОКТ переднего сегмента (AS-OCT) использовалась для анализ ССИ при факэмульсификации для оценки морфологии раны, которая коррелирует с заживляющей способностью и адекватностью сай.⁹⁻¹⁴ Качество разреза также оценивалось во многих исследованиях как соответствующее. neal оценка aberrаций более высокого порядка (НОА).^{15,16}

В этом исследовании мы стремились оценить хирургический разрез фемтосекундной лазерной рефракционной линзы с помощью морфологического анализа AS-OCT и эффекта aberrации роговицы. Мы также оценили изменения обоих показателей в течение первого послеоперационного месяца.

doi:10.3928/1081597X-20130819-01

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Пациенты

Проспективная рандомизированная наблюдательная серия случаев включала 20 глаз с катарактой, которым была проведена операция по рефракционной линзе фемтосекундным лазером с минимальным разрезом 2,2 мм. Пациентов опрашивали для получения демографических данных и подтверждения глазного, системного и медицинского анамнеза. Все пациенты подписали информированное согласие. Изучение следовало принципам Хельсинкской декларации.¹⁷ Этическое одобрение комитета было получено. Критериями включения были возраст от 50 до 90 лет, прозрачная центральная часть роговицы, расширение зрачка при предоперационном осмотре не менее 6,0 мм, ядерная (или кортиконуклеарная) катаракта II степени или выше (Система классификации помутнений хрусталика).

III классификация¹⁸, нет глаукомы, нормальное исследование глазного дна, отсутствие предшествующих операций на глазах и отсутствие каких-либо других глазных или неврологических заболеваний, которые могли бы повлиять на остроту зрения. Критериями исключения были корково-ядерная катаракта степени ниже или выше II или другие типы помутнений хрусталика, предыдущая рефракционная хирургия роговицы, патология роговицы (например, дистрофия Фукса), подвывих хрусталика или слабые связки, недостаточность расширения зрачков (< 6 мм), увеит в анамнезе, операция по отслойке сетчатки в анамнезе и другие глазные или неврологические заболевания, которые могут повлиять на остроту зрения или операцию.

Осмотр пациента

Предоперационное стандартное офтальмологическое обследование. Обследование включало клинические данные, рефракцию, некорригированную остроту зрения и корригированную остроту зрения вдаль с использованием таблиц Снеллена (значения выражены в десятичных значениях), исследование с помощью щелевой лампы, измерение внутриглазного давления (ВГД) с помощью аппланационной тонометрии Гольдмана, лентикулярный статус со градацией помутнения, стереоскопической биомикроскопией макулы, оценкой передней поверхности роговицы с использованием топографа CSO (Com-pagnia Strumenti Oft almicì, Флоренция, Италия) и роговичной пахиметрии с роговичным AS-OCT Visante (Carl Zeiss Meditec, Йена), Германия) и анализатор KR1W (Topcon Medical Systems, Санта-Клара, Калифорния) для оценки аберраций.

В послеоперационном периоде мы применили следующий протокол обследования: клиническое обследование с помощью щелевой лампы с определением локализации разреза и подтверждением отсутствия утечки из разреза с помощью теста Зейделя через 30 минут после операции; острота зрения, рефракция, ВГД, исследование на щелевой лампе и анализ разреза роговицы с использованием роговичного AS-OCT Visante в первые сутки после операции; острота зрения, рефракция, ВГД, щелевая лампекс-аминация и анализ разреза роговицы с использованием ОКТ роговицы и аберрометрии в первый месяц после операции.

Хирургическая техника

Операции проводились несколькими хирургами Visum Ophthalmology Corporation, Аликанте, Испания, с использованием LENSX (Alcon LenSx Inc., Алисо Вьехо, Калифорния) для выполнения прозрачного первичного разреза роговицы диаметром 2,2 мм, передней капсулотомии в лазерной хирургической операционной, факофрагментацию с последующей микроаксиальной факоэмульсификацией, имплантацию интраокулярной линзы и завершение операции в общей операционной.

Перед входом в лазерную хирургическую операционную у всех пациентов применялась местная анестезия 2% лидокаином без консервантов и адекватное расширение зрачка (6,0 мм) циклопентолом 1,0%.

После тщательного обращения с пациентом была начата стыковка фемтосекундной линзы LENSX (Alcon Laboratories, Inc., Форт-Уэрт, Техас) с последующей точной регулировкой положения капсулы хрусталика, положения ядра, места передней капсулотомии и конфигурации разреза роговицы. под контролем трехмерного изображения ОКТ. Затем последовали фрагментация ядра и передняя капсулотомия (5 мм).

Был выполнен трехплоскостный первичный разрез роговицы (2,2 мм) (углы среза первой и третьей сторон от 60° до 70° и угол среза второй стороны от 15° до 25°), который используется для микроаксиальной факоэмульсификации и интраокулярной линзы. Затем была проведена имплантация и выполнен одноплоскостной (1,0 мм) вторичный разрез роговицы на расстоянии 90° друг от друга (угол бокового среза от 30° до 45°) для инструментов для манипуляций с хрусталиком и интраокулярной линзой. Длина разрезов варьируется в зависимости от толщины роговицы и углов бокового среза со средней длиной шнура 1 мм во второй плоскости, «самой длинной» первичного разреза (рис. 1).

Затем пациента перевели в общую операционную и поместили под обычный операционный микроскоп. Хирург открыл разрезы (2,2 и 1 мм) крючком Сински и захватил переднюю капсулу щипцами Утрата. Была выполнена факоэмульсификация и аспирация ядра, предварительно фрагментированного с помощью факоэмульсификации с помощью Stellaris (Bausch & Lomb, Рочестер, Нью-Йорк).

Остальные этапы, включая имплантацию интраокулярных линз SA60 AcrySof (Alcon Laboratories, Inc.), аспирацию вязкоэластичного материала, без внутриглазных консервантов. цефуроксим 1,0%(0,1см³), и испытание уплотнительных кор-Нейальные раны с гидратацией краев или без нее выполнялись как обычная процедура по удалению катаракты. Ни на одном глазу не накладывались швы. После операции пациентам давали отдохнуть в течение 30 минут, а затем обследовали при щелевой лампе закрытие разреза роговицы с использованием флуоресцеинового теста Зейделя, включающего 3,0 мл 2,5 мг флуоресцеина натрия плюс 4,0 мг оксибупрокаина хлорида (Colircusi Fluotest; Алькон Куси, Эль-Масноу, Испания).

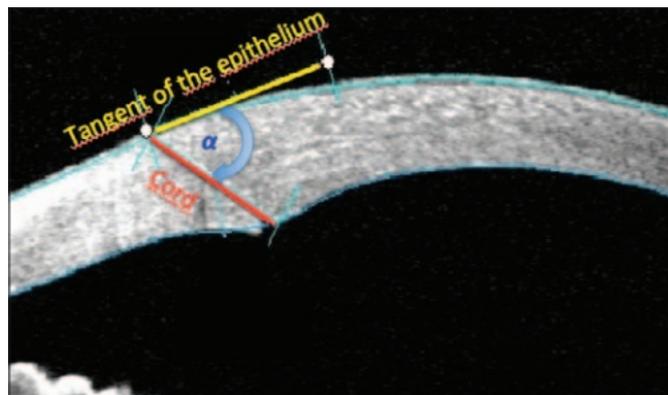
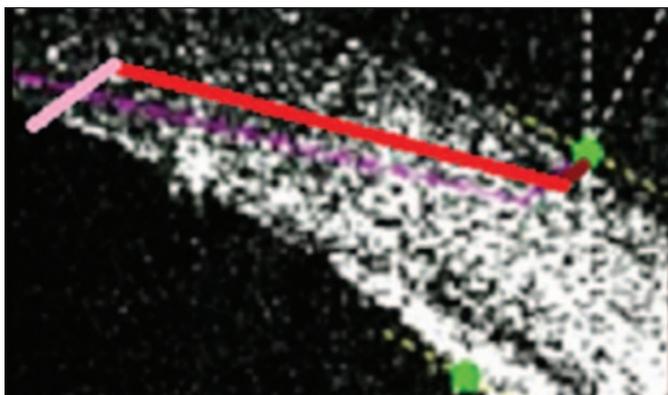


Рисунок 1. Трехплоскостная конфигурация первичного разреза. Рисунок 2. Одноплоскостная конфигурация вторичного разреза.

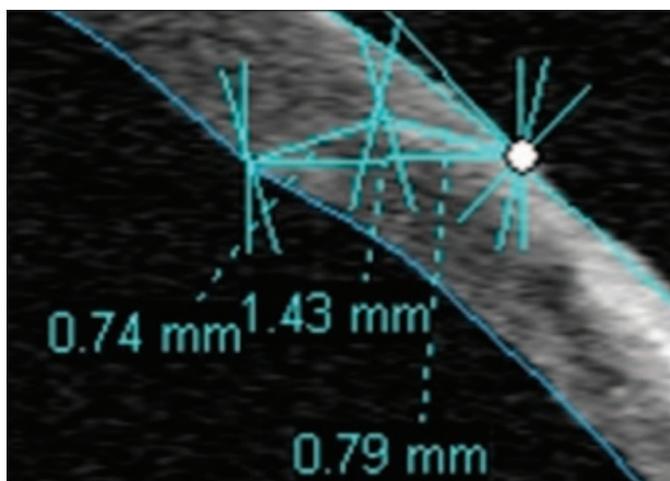


Рисунок 3. Длина сегментов триплоскостного изрезания через месяц после операции, определенная с помощью оптической когерентной томографии переднего сегмента.

Послеоперационная местная терапия включала местное применение оксацина 0,3%, спирта дексаметазона 0,1% и нестероидных противовоспалительных препаратов.

Мы оценили конфигурацию разреза с помощью AS-OCT, а затем эффект НОА роговицы с помощью aberromетра Хартмана-Шака через 1 месяц после операции.

ОКТ роговицы выполнялась с использованием системы Visante (Carl Zeiss Meditec, Йена, Германия), которая использует инфракрасный свет с длиной волны 1310 нм для получения интерферометрических сканирований различных структур переднего сегмента.

туры (временная область высокого разрешения AS-OCT).¹⁹ Мы использовали измерение роговицы с высоким разрешением для получения точных сканов структуры роговицы. Использовалось линейное сканирование с той же ориентацией разреза, повернутое на 10 градусов по часовой стрелке и на 10 градусов против часовой стрелки, чтобы найти изображение с наилучшим разрешением. Затем было выполнено общее пахиметрическое измерение роговицы, чтобы оценить региональную толщину роговицы в первичных и вторичных разрезах. Система подключена к компьютеру, на котором установлено программное обеспечение с несколькими опциями для захвата и измерения изображений.

Мы определили пять переменных для оценки первичного разреза и четыре — для вторичного разреза. Для первичного разреза мы измерили фактическую длину разреза (сегменты x, y и z); длина тяжа (длина между эпителиальным и эндотелиальным краями [Рисунок 1]); угол разреза (угол, образующийся между линией второй плоскости, «самой длинной», которая после операции кажется вытянутой на поверхность в виде прямой линии с наименьшей первой плоскостью и касательной линией к эпителиальному краю разреза) неровности поверхности (эпителиальные или эндотелиальные разрывы в первый послеоперационный день, ретракция в дальнейшем и выпуклость) и регионарная пахиметрия области разреза. Те же переменные измерялись для вторичного разреза, за исключением длины шнура (поскольку разрез одноплоскостный и разницы между фактической длиной и длиной шнура не было) (рис. 2-3). Угол измерялся при любом изменении конфигурации разреза.

Роговичная aberromетрия

НОА роговицы измеряли с помощью aberromетра KR-1W (Topcon Medical Systems), интраокулярного aberromетра Хартмана-Шака, который использует систему вращающихся призм, который может давать точные подробные данные о НОА (с использованием полиномов Цернике) и классифицируется как окулярный, внутренние и роговичные ТСЖ для диаметров зрачков 4 и 6 мм. Мы сосредоточили наш анализ на большем диаметре (6 мм) и оценили среднеквадратическое значение (RMS) общей комы НОА Z (3, ± 1) и сферической aberрации Z (4,0).

Статистический анализ

Данные были записаны с помощью Microsoft Excel 2010 (Micro-soft Corporation, Редмонд, Вашингтон), а пакет статистического программного обеспечения SPSS для Windows (версия 16; SPSS, Inc., Чикаго, Иллинойс) использовался для статистического анализа конечных средних значений. Тест Вилкоксона. Значение P менее 0,05 считалось значимым.

ПОЛУЧЕННЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ

Пациенты

В исследование были включены двадцать глаз 20 пациентов (13 женщин, 65%; 7 мужчин, 35%). Средний возраст пациентов составил $72,2 \pm 6,9$ года (диапазон: от 57 до 86 лет).

Анализ разреза AS-OCT

Длина разреза. Наблюдалось минимальное увеличение в первый день средней длины шнура первичного разреза после первого послеоперационного месяца ($1,41 \pm 0,1$ и $1,42 \pm 0,2$ мм; $P = 0,8$) и незначительное уменьшение фактической длины ($1,50 \pm 0,1$ и $1,47 \pm 0,2$ мм; $P = 0,5$), тогда как уменьшение длины вторичного разреза после первого месяца составило $1,17 \pm 0,01$ и $1,04 \pm 0,1$ мм ($P = 0,05$) (рис. 4А).

Угол разреза. Угол первичного разреза уменьшился незначительно после первого месяца ($27^\circ \pm 4^\circ$ в 1-й день после операции и $23^\circ \pm 5^\circ$ в 1-й месяц после операции; $P = 0,07$), но уменьшение угла вторичного разреза было значительным. ($52^\circ \pm 3^\circ$ в первый день после операции и $42^\circ \pm 5^\circ$ в первый месяц после операции; $P = 0,007$) (рис. 4В).

Региональная пахиметрия. Что касается толщины роговицы в области разрезов, то наблюдалось значительное увеличение как первичной (670 ± 41 мкм до операции и 844 ± 94 мкм в первый день после операции; $P < 0,001$), так и вторичной ($664 \pm 0,001$). 89 мкм до операции и 779 ± 59 мкм в 1-й день после операции; $P = 0,003$) разрезы в первый послеоперационный день, которые значительно уменьшились после первого месяца (731 ± 87 мкм в 1-й месяц после операции для первичного разреза), $P = 0,02$; 673 ± 78 мкм в первый день после операции по вторичному разрезу, $P = 0,008$) (рис. 4С).

Качество разреза. Сканирование роговицы с высоким разрешением выявило высокую степень целостности раны с прямой конфигурацией. Вторая плоскость, «самая длинная», после операции выглядела как одна прямая линия с первой плоскостью, «самой маленькой». У трех пациентов имелись поверхностные неровности, и все они были задними в виде дефектов. В одном случае в первый послеоперационный день имелся задний разрыв с отслоением десцеметовой мембраны в первичном разрезе, а в другом случае во вторичном разрезе, оба случая полностью разрешились через первый месяц. В третьем случае после первого месяца наблюдалась ретракция раны первичного разреза назад.

Роговичная aberromетрия. Через 1 месяц НОА увеличились ($0,69 \pm 0,22$ мкм; $P = 0,10$) почти до того же среднего дооперационного значения. Индивидуальная ГОА (кома и сферическая aberrация) развивалась так же, как показано в Таблице 1.

ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку качество разреза катаракты оказывает большое влияние на визуальный результат, мы постарались точно оценить качество разреза фемтосекундным лазером.

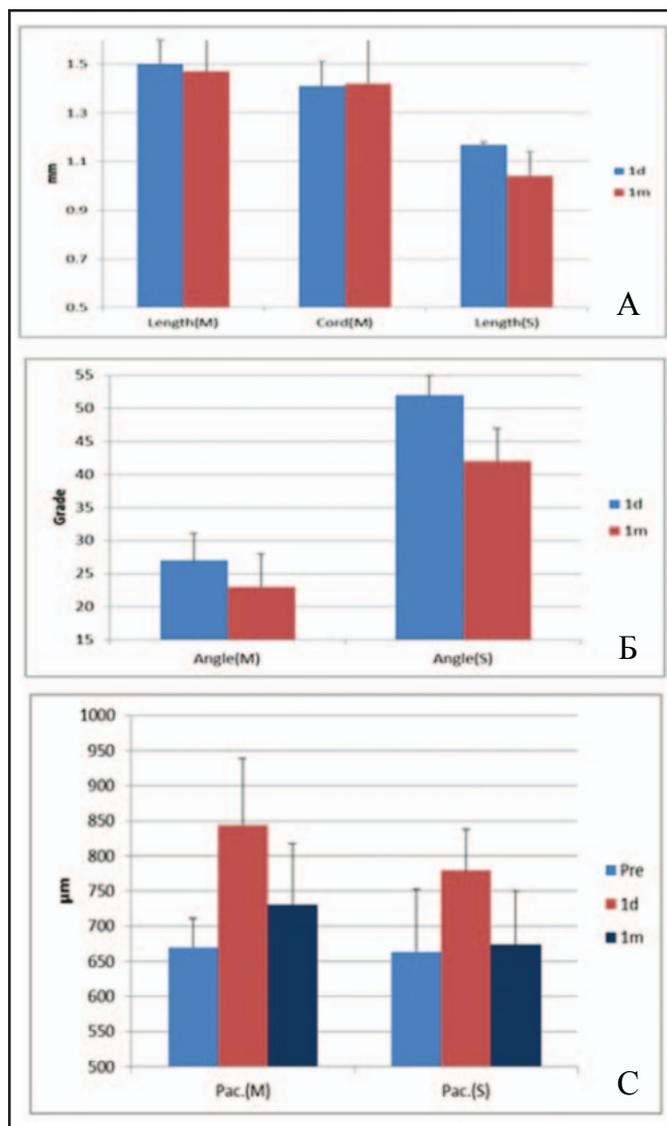


Рисунок 4. (А) Длина, (В) угол и (С) региональная пахиметрия первичного (М) и вторичного (S) разрезов.

рефракционная хирургия хрусталика. В нашем анализе мы сосредоточились на двух методах (конфигурация и целостность раны с помощью AS-OCT высокого разрешения), которые дают прямую оценку и анализ изменений НОА роговицы, что является отдаленным эффектом разреза.

Наши результаты показали, что разрез был точным даже у разных хирургов, а длина и угол менялись минимально в течение первого послеоперационного месяца, достигая желаемых предоперационных параметров.

Изменения были меньшими при первичном трипланарном иссечении практически без изменения длины тяжа, что свидетельствует о стабильности трипланарной конфигурации. Мы согласились с другими исследованиями мануальной ССИ о незначительном уменьшении длины разреза в течение первого месяца после операции, но это уменьшение было меньше при

ТАБЛИЦА 1

СРЕДНЕЕ \pm СО (мкМ) ОБЩАЯ И ОТДЕЛЬНАЯ НОАС

Посещать	Всего ТСЖ	Кома Сферическая аберрация	Трилистник
Предоперационный	0,65 \pm 0,45	0,27 \pm 0,1	0,10 \pm 0,30, 37 \pm 0,2
Послеоперационный период 1 месяц.	0,69 \pm 0,22 (P = 0,330)	0,28 \pm 0,1 (P = 0,649)	0,18 \pm 0,2 (P = 0,041), 0,47 \pm 0,2 (P = 0,075)

SD = стандартное отклонение; НОА = аберрация высшего порядка

трехплоскостная фемтосекундная лазерная рефракционная хирургия хрусталика конфигурация.¹³ Средний угол вторичного разреза значение было аналогично этим исследованиям^{12,13} и углы все вторичные разрезы находились в диапазоне так называемого критического угла, который обеспечивает надежную совместную работу. акkuratный разрез глаза.^{9,12} Трехплоскостная конфигурация Углы обеспечивают преимущества небольшого безопасного угла входа и ведут себя так, как если бы больший угол (угол между входом и выходом) был доминирующим, добавляя больше информации.

целостность с разным уровнем ВГД.⁹

Мы согласились с другими исследованиями в обнаружении значительного увеличения толщины роговицы в первый послеоперационный день, которая значительно снизилась почти до того же предоперационного уровня после первого месяца, независимо от того, была ли она достоверно снижена до почти того же предоперационного уровня.

с ручным разрезом^{12,20} или с фемтосекундным лазером.²¹

Увеличенная толщина была больше у первичного разреза, что объясняется использованием зонда для фактоэммульсификации и более крупной конфигурацией. трехплоскостной.²² Мы предполагаем, что наибольшее снижение

Длина разреза и угол вторичного разреза, несмотря на меньший диаметр, связаны с большей слабостью биомеханики роговицы с ослаблением ее эластических свойств. Большой разрез с трехплоскостной конфигурацией и большим диаметром обеспечит биомеханическое лучшее сохранение эластичности роговицы. С другой стороны, отслойка десцеметовой мембраны, с которой мы столкнулись в одном случае, может быть связана с коротким «субэндотелиальным» разрезом или непреднамеренной манипуляцией с крючком Сински.

Что касается качества разреза, то оно было явно линейным и отличалось от дугообразной конфигурации ручного разреза. один.^{13,23} Дефектов эпителия на месте инъекции мы не обнаружили. разрез и наши сообщения о разрыве эндотелия, отслоении десцемета и частоте ретракции были намного ниже и заживали. быстрее, чем сообщается в литературе.¹²⁻¹⁴

Незначительное изменение общего количества НОА и комы было аналогично тому, что было опубликовано в других исследованиях по ручной СС1 через 1 месяц после операции и мы сообщили с первого послеоперационного дня.^{12,15,16} Величина сферической аберрации значительна и несколько более положительна из-за уплощения роговицы вследствие разреза. Мы сообщили о незначительной разнице в послеоперационном трилистнике через 1 месяц, и это не согласуется с другими исследованиями, которые обнаружили значительное увеличение

послеоперационного трилистника, «хирургически индуцированного» с помощью руководство ТПП.^{16,24} Незначительное увеличение общего и входящего отдельные ГОА после первого месяца могут быть связаны с восстановлением предоперационной толщины роговицы. Изменения аберраций волнового фронта роговицы, связанные с катарактхирургией, зависели от размера разреза. Кажется, 2 мм — это предел, около которого оптические изменения невозможны.

вызванный операцией по удалению катаракты на роговице человека.¹⁵

Мы считаем, что трехплоскостной прозрачный разрез роговицы более стабилен благодаря своей конфигурации²⁵ и длинный шнур длина, которая была одобрена для повышения стабильности и воспроизводства. способность к конструированию ран.²⁶ Более того, наш AS-OCT Анализ показывает весьма предсказуемый угол разреза и длину раны даже у разных хирургов.

Разрез при операции на рефракционной линзе с помощью фемтосекундного лазера является стабильным и не оказывает существенного влияния на ГОА с благоприятными результатами трехплоскостной конфигурации с высоко предсказуемым углом разреза и длиной раны даже у разных хирургов.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (AAA, JLA); сбор данных (AAA, JLA, FS); анализ и интерпретация данных (AAA, JLA, RF-B, TF, JJ, ZZN); написание рукописи (AAA, JLA, FS); критическая доработка рукописи (JLA, RF-B, TF, JJ, ZZN); статистическая экспертиза (AAA, JLA); административная, техническая или материальная поддержка (JLA); надзор (JLA, RF-B, TF, JJ, ZZN)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шугар А. Сверхбыстрая (фемтосекундная) лазерная рефракционная хирургия. Курр Опин Офтальмол. 2002;13:246-2499.
2. Брумер П.В., Шапиро М. Принципы квантового управления молекулярными процессами. Хобокен, Нью-Джерси: John Wiley & Sons, Inc.; 2003.
3. Гибсон Э.А., Масихзаде О, Лей Т.С., Аммар Д.А., Кахук М.Ю. Мультифотонная микроскопия для офтальмологической визуализации. Дж Офтальмол. 2011;2011:870879.
4. Уй Х.С., Эдвардс К., Кертис Н. Фемтосекундная фактоэммульсификация: бизнес и медицина. Курр Опин Офтальмол. 2012;23:33-39.
5. Прекрасно, ИХ. Самозаживляющийся туннельный разрез роговицы для хирургии катаракты с небольшим разрезом. Новости глазной хирургии. 1992;10:38-39.

6. Миллер Дж. Дж., Скотт АйЮ, Флинн Х.В. младший, Смидди В.Е., Ньютон Дж., Миллер Д. Острый эндофтальмит после операции по удалению катаракты (2000-2004 гг.): заболеваемость, клинические условия и результаты остроты зрения после лечения. *Am J Ophthalmol.* 2005;139:983-987.
7. Моника МЛ, Лонг Д.А. Десятилетняя безопасность использования самозаживляющегося туннельного разреза роговицы при хирургии катаракты чистой роговицы. *Офтальмология.* 2005;112:985-986.
8. Маскет С. Существует ли связь между прозрачными разрезами катаракты роговицы и эндофтальмитом? *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2005;31:643-645.
9. Табан М., Рао Б., Резник Дж., Чжан Дж., Чен З., МакДоннелл П. Дж. Динамическая морфология бесшовных катарактальных ран - влияние угла и местоположения разреза. *Сурв Офтальмол.* 2004;49(приложение 2):S62-S72.
10. Шаллхорн Дж. М., Тан М., Ли Ю., Сонг Дж. К., Хуанг Д. Оптическая когерентная томография чистых разрезов роговицы при хирургии катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2008;34:1561-1565.
11. Дюпон-Моно С., Лаббе А., Файоль Н., Шассиньоль А., Бурж Ж.Л., Бодуэн С. In vivo архитектурный анализ четких разрезов роговицы с использованием оптической когерентной томографии переднего сегмента. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2009;35:444-450.
12. Элькади Б, Пиньеро Д, Алио ХЛ. Качество разреза роговицы: микроинцизионная хирургия катаракты в сравнении с микрокоаксиальной факэмульсификацией. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2009;35:466-474.
13. Джан И, Байхан Х.А., Челик Х., Бостанчи Церан Б. Оценка оптической когерентной томографии переднего сегмента и сравнение основных чистых разрезов роговицы при микрокоаксиальной и биаксиальной хирургии катаракты. *Ж Катарактальная рефракционная хирургия.* 2011;37:490-500.
14. Ван Л., Диксит Л., Вейкерт М.П., Дженкинс Р.Б., Кох Д.Д. Изменения заживления в чистых разрезах катаракты оценивались с помощью Фурье-оптической когерентной томографии. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2012;38:660-665.
15. Алио Дж.Л., Элькади Б., Ортис Д. Оптическое качество роговицы после операции по удалению катаракты с микроразрезом менее 1,8 мм по сравнению с коаксиальной факэмульсификацией с мини-разрезом 2,2 мм. *Ближний Восток, Африка, Дж. Офтальмол.* 2010;17:94-99.
16. Тонг Н., Хэ Дж.К., Лу Ф., Ван Ц., Цюй Дж., Чжао Е. Изменения аберраций волнового фронта роговицы при хирургии катаракты с микроинцизиями и малыми разрезами. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2008;34:2085-2090.
17. Всемирная медицинская ассоциация. Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации: Этические принципы медицинских исследований с участием людей. Представлено на 52-й Генеральной Ассамблее; октябрь 2000 г.; Эдинбург, Шотландия. Доступно по адресу: <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/>. Доступ июль 2012 г.
18. Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM и др. Система классификации помутнений хрусталика III: продольное исследование группы исследования катаракты. *Arch Ophthalmol.* 1993;111:831-836.
19. Радхакришнан С., Роллинз А.М., Рот Дж.Е. и др. Оптическая когерентная томография переднего сегмента в реальном времени при 1310 нм. *Арх Офталь-мол.* 2001;119:1179-1185.
20. Ся Ю, Лю С, Луо Л и др. Ранние изменения прозрачного разреза роговицы после факэмульсификации: исследование оптической когерентной томографии переднего сегмента. *Акта Офтальмол.* 2009;87:764-768.
21. Такач А.И., Ковач И., Михалц К., Филкорн Т., Кнорц М.К., Надь З.З. Центральный объем роговицы и количество эндотелиальных клеток после фемтосекундной лазерной рефракционной хирургии катаракты по сравнению с традиционной факэмульсификацией. *J Refract Surg.* 2012;28:387-391.
22. Васавата А.Р., Дхолакия С.А. Гидратация роговицы интраоперационно во время факэмульсификации. *Индийский Дж. Офтальмол.* 2005;53:249-253.
23. Файн И.Х., Хоффман Р.С., Пакер М. Профиль четких разрезов катаракты роговицы, продемонстрированный с помощью когерентной томографии глаза. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2007;33:94-97.
24. Могу ли я, Байхан Х.А., Челик Х., Серан Б.Б. Сравнение аберраций роговицы после двухосной микроинцизии и микрокоаксиальной хирургии катаракты: проспективное исследование. *Карр Глаз Рез.* 2012;37:18-24.
25. Мэй В.Н., Кастро-Комбс Дж., Куинто Г.Г., Кашивабучи Р., Гауэр Э.В., Беренс А. Стандартизированный тест Зейделя для оценки различных конфигураций бесшовных разрезов катаракты. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2010;36:1011-1017.
26. Маскет С., Сарайба М., Игнасио Т., Фрам Н. Фемтосекундные лазерные разрезы катаракты: архитектурная стабильность и воспроизводимость. *Ж Хирургия рефракции катаракты.* 2010;36:1048-1049.

Использование внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте после проникающей и тупой травмы

Золтан Жолт Надь, доктор медицинских наук; Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Роберт Гергели, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: изучить возможности фемтосекундной лазерной хирургии катаракты при травматических катарактах различного происхождения.

МЕТОДЫ: В первом случае развилась острая травматическая катаракта вследствие проникающего повреждения роговицы и передней капсулы хрусталика; у второго через 11 лет после проникающего ранения роговицы развилась травматическая катаракта; а у третьего через 12 месяцев после тупой травмы глаза развилась «белая» катаракта. Во всех случаях капсулорексис диаметром 4,5 мм и разрезы роговицы выполнялись с использованием фемтосекундной лазерной системы (Alcon LenSx Inc), во втором случае дополнительно проводилось разжижение ядер лазером.

РЕЗУЛЬТАТЫ: У всех пациентов удалось создать капсулорексис с помощью фемтосекундного лазера. В первом случае присутствовали ранее существовавшие радиальные разрывы, но оставшуюся переднюю капсулу можно было разрезать лазером. Во втором и третьем случаях наблюдался интактный капсулорексис диаметром 4,5 мм. Разрезы роговицы были стабильными во всех случаях, во втором случае возможно разжижение ядер (ядерная плотность 1-2 степени).

ВЫВОДЫ: Результаты показывают, что фемтосекундный лазер может успешно использоваться в некоторых случаях травматической катаракты после проникающего ранения глаза, даже при наличии разрыва передней капсулы, а также после тупой травмы, приводящей к «белой» катаракте. [J Refract Surg. 2012;28(2):151-153.] doi:10.3928/1081597X-20120120-01

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, февраль 2012 г.

Травматическая катаракта является частым осложнением травм глаз. Разрыв передней капсулы хрусталика встречается не только при проникающих ранениях, но и после тупой травмы, что затрудняет травматическую хирургию катаракты. Капсулярные осложнения (разрыв передней и задней капсулы, потеря стекловидного тела и др.) при экстракции катаракты снижают вероятность достижения хороших отдаленных и ближайших послеоперационных результатов. Субъективные жалобы чаще встречаются у пациентов с разрывом капсулы, более миопическим сферическим эквивалентом и более высоким циклом. линдрическая рефракция.¹⁻⁴ До сих пор капсулорексис был ручная многоэтапная процедура. С помощью фемтосекундных лазеров в офтальмохирургии достигается более точный и центрированный анализ. Передняя капсулотомия стала возможной в рутинных случаях.⁵⁻⁸ Этот В отчете представлено использование внутриглазного фемтосекундного лазера для выполнения капсулорексиса, фрагментации хрусталика и разрезов роговицы на глазах с травматической катарактой после проникающего ранения глазного яблока, с разрывом передней капсулы или без него или после тупой травмы.

ОТЧЕТЫ О СЛУЧАЕ

Дело 1

28-летний автогонщик получил проникающее ранение глаза нитью проволоки, которая задела его левый глаз во время работы проволочной щеткой. Он сразу же удалил кусок проволоки из глаза и обратился на лечение.

При поступлении некорригированная острота зрения вдаль (UDVA) составила 20/50. В середине периферии между 9 и 10 часами был виден разрыв роговицы диаметром 2 мм, а радужная оболочка выпала. Разрыв роговицы был зашит (нейлоновыми узловыми швами 10-0) и изменено положение радужной оболочки (рис. 1).

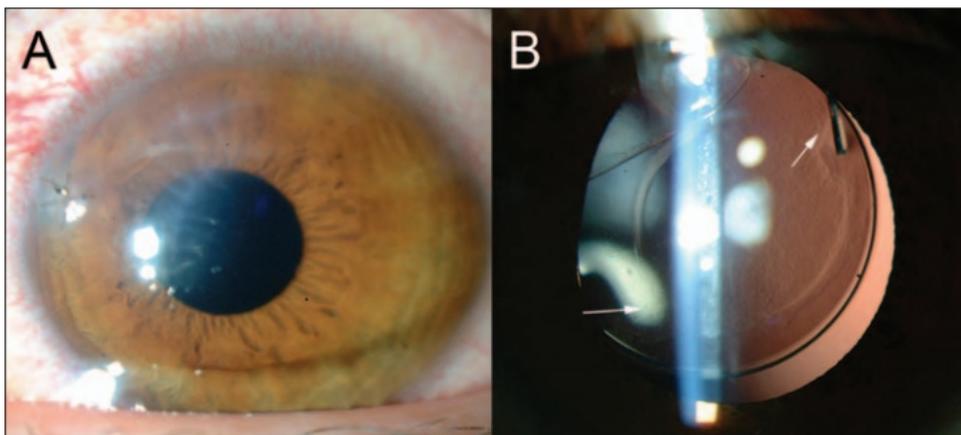


Рисунок 1. Случай 1. Проникающее ранение роговицы и передней капсулы хрусталика после удаления катаракты. А) Роговичные швы наложены через 1 день после удаления катаракты. Б) Имплантированная ИОЛ через 1 неделю после операции. Разрывы передней капсулы видны на 2 и 8 часах.

После расширения зрачка стал виден косой разрыв передней капсулы от центра к периферии между 8 и 2 часами, но хрусталик на этом этапе не удалили. Через два дня была проведена операция по удалению катаракты с использованием внутриглазного фемтосекундного лазера (Alcon LenSx Inc, Алисо Вьехо, Калифорния). Поскольку ранее оба глаза не имели аномалий рефракции, для расчета силы интраокулярной линзы (ИОЛ) использовались данные другого глаза.

После расширения зрачков (циклопентолат 0,5%) и инстилляций местных анестетиков (пропаракаин 0,5%) изогнутую апланационную линзу подсоединяли к лазеру, стыковали с глазом и начинали отсасывание. Мы не ожидали возникновения проблемы с подтеканием раны из-за увеличения внутриглазного давления, вызванного отсасыванием, поскольку рана была небольшой и оставалась закрытой, как и ожидалось (см. Рис. 1). Лазер имеет встроенную оптическую когерентную томографию, сканирование проводится после начала аспирации.

Начальную и конечную точки кругового разреза капсулорексиса диаметром 4,5 мм располагали на 300 мкм позади и на 300 мкм впереди передней капсулы соответственно. Лазер также использовался для выполнения основного разреза роговицы диаметром 3,2 мм и бокового разреза диаметром 0,9 мм. Лазерная обработка ядра не проводилась, поскольку оно считалось мягким. Аспирацию прекратили и пациента перевели в основную операционную. После закрытия глаза разрезы открывали тупым шпателем и переднюю капсулу удаляли щипцами для капсулорексиса.

Отмечены два радиальных разрыва передней капсулы на 8 и 2 часах соответственно. Между этими разрывами, которые, как мы полагаем, произошли во время первоначальной травмы, лазером образовался круглый капсулорексис. Мягкое ядро и кору аспирировали и в капсульный мешок имплантировали трехкомпонентную акриловую ИОЛ (24,00 диоптрий[D], Acrysof MN60AC; Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас). Гаптика ИОЛ была ориентирована на 11 и 5 часов, чтобы свести к минимуму вероятность растяжения слезы. Передние разрывы не распространялись на заднюю капсулу.

Через две недели после операции острота зрения вдаль (CDVA) составила 20/20 (0,50).

0,50 D 40°). Наклон и децентрацию интраокулярной линзы измеряли с использованием системы визуализации Scheimpflug (Oculus Pentacam HR 70900; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия). ИОЛ была децентрирована на 0,38 мм по горизонтали и на 0,52 мм по вертикали, при общей децентрации 0,64 мм. Наклон интраокулярной линзы составил 8,09° вокруг вертикали (ось Y) и 1,74° вокруг горизонтальной оси (ось X). Исследование с помощью целевой лампы показало частичное перекрытие передней капсулы оптики ИОЛ (перекрытие в носовой и нижней части глаза), височно, тогда как передняя капсула располагалась периферически по отношению к оптике ИОЛ сверху и снизу. Год спустя результат остался стабильным, UDVA составил 20/20, и пациент продолжил успешно выступать в качестве автогонщика.

Случай 2

33-летняя женщина, обратившаяся в 2010 году, в 1999 году получила проникающую травму левого глаза, нанесенную ножницами. Осмотр с помощью щелевой лампы показал рубец роговицы, начинающийся парацентрально и распространяющийся на периферию на 2 часах. По периферии были отмечены передние синехии, вызывающие легкую неравномерность зрачков. Хрусталик показал кортикальную катаракту спереди. Корригированная острота зрения вдаль составила 20/40. Операцию катаракты проводили фемтосекундным лазером. Размер зрачка после расширения составил 8 мм. Разжижение ядра осуществляли по схеме из сложенных друг на друга цилиндров (наибольший диаметр 4,5 мм, наименьший 1 мм; начиная с 1,2 мм перед задней капсулой и заканчивая на 0,5 мм позади передней капсулы). Был создан сулорексис 4,5 мм, разрез роговицы 3,2 мм и боковой разрез 0,9 мм с помощью лазера. После перевода пациента в основную операционную операция прошла без происшествий; капсулорексис был неповрежденным, ядро можно было удалить только аспирацией, в мешок имплантировали трехкомпонентную акриловую ИОЛ (22,00 D, Acrysof MN60AC).

Через месяц после операции острота зрения составила 20/35(0,75 D цилиндр) (неправильный астигматизм возник из-за рубца роговицы между парацентральной и периферической областью у ребенка).

капюшонная травма роговицы). Децентрация интраокулярной линзы составила 0,34 мм в горизонтальном и 0,35 мм в вертикальном направлении, при общей децентрации 0,49 мм. Наклон ИОЛ составил $1,07^\circ$ вокруг вертикали (ось у) и $13,12^\circ$ вокруг горизонтальной оси (ось х).

Случай 3

Мужчина 48 лет получил тупую травму правого глаза куском кирпича в декабре 2009 г. и обратился в марте 2010 г. Острота зрения определялась только движениями рук. Роговица была чистой, передняя камера - нормальной, форма зрачка и реакция - нормальными, на хрусталике - полная "белая" катаракта. Операция по удалению катаракты была выполнена с использованием фемтосекундного лазера для создания капсулорексиса диаметром 4,5 мм, разреза роговицы 3,2 мм и бокового разреза 0,9 мм. Лазерная обработка ядра не проводилась из-за отсутствия прозрачности. Интраоперационно обнаружен интактный капсулорексис диаметром 4,5 мм. Было выполнено ручное измельчение ядра и его удаление с помощью стандартной факомюльсификации, а в капсульный мешок имплантирована трехкомпонентная акриловая ИОЛ (19,50 Д, Acrysof MN60AC).

Через неделю после операции острота зрения составила 20/20. Децентрация интраокулярной линзы составила 0,07 мм в горизонтальном и 0,48 мм в вертикальном направлении, при общей децентрации 0,49 мм. Наклон ИОЛ составил $9,84^\circ$ вокруг вертикали (ось у) и $2,64^\circ$ вокруг горизонтальной оси (ось х) (рис. 2).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проникающая травма часто затрудняет капсулорексис технически из-за разрыва передней капсулы.

По мнению Маркеса и др.,⁹ в глазах при травматическом коте- Наиболее частым интраоперационным осложнением является нарушение капсулорексиса. Разрыв передней капсулы может распространяться на заднюю капсулу, а также на радиальный разрыв передней и задней капсулы, что может осложнить операцию на любой стадии. Сообщается, что повреждения капсулы являются не только наиболее частыми осложнениями травматической катаракты глаза, но и прогностическим фактором ее развития.

ухудшение зрительной реабилитации.¹⁻⁴ Передняя капсула разрывается, наблюдаемое в случае 1, также может влиять на положение ИОЛ. Чтобы свести это к минимуму, важно располагать гаптику ИОЛ подальше от разрыва передней капсулы, в идеале под углом 90° .

Ранее мы сообщали, что воспроизводимость капсулорексиса значительно лучше при использовании фемтосекундного метода лазер при атравматической катаракте глаз.⁵⁻⁸ Ограничение фемтосекундный подход заключается в необходимости адекватного расширения зрачка. Размер зрачка должен быть на 1–1,5 мм больше площади, обработанной лазером (то есть на 0,5–0,75 мм с каждой стороны). Обычно мы используем капсулорексис диаметром от 4,5 до 5 мм и диаметр лазерного лечения 4,5 мм.

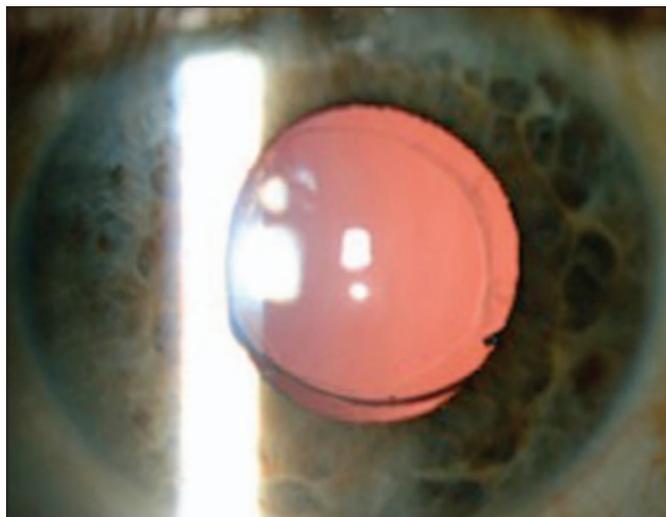


Рисунок 2. Случай 3. Фотография, сделанная щелевой лампой, через 1 месяц после операции по удалению катаракты на глазу с «белой» катарактой после тупой травмы. Оптика ИОЛ закрыта несимметрично. Децентрация составила 0,07 мм в горизонтальном направлении и 0,48 мм в вертикальном направлении.

внутри ядра; т. е. минимальный размер зрачка должен составлять от 5,5 до 6 мм. Три случая, описанные здесь, указывают на то, что капсулорексис, создаваемый фемтосекундным лазером, возможен даже при наличии разрывов передней капсулы или при «белой» катаракте. Лазерный капсулорексис может обеспечить дополнительную безопасность в случаях травматической катаракты.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (З.З.Н., Р.Г.); сбор данных (К.К., А.Т., Р.Г.); анализ и интерпретация данных (К.К., Т.Ф., М.С.К.); оформление рукописи (З.З.Н., Р.Г., М.С.К.); критическая доработка рукописи (К.К., А.Т., Т.Ф.); административная, техническая или материальная поддержка (З.З.Н.); надзор (К.К., А.Т.)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Лундстрем М., Бендиг А., Монтан П. и др. Капсульные осложнения во время операции по удалению катаракты: предыстория, дизайн исследования и необходимая дополнительная помощь: отчет Шведской группы по изучению разрыва капсулы 1. J Cataract Refract Surg. 2009;35(10):1679-1687.
2. Артцен Д., Лундстрем М., Бендиг А., Стеневи Ю., Лидал Э., Монтан П. Капсульные осложнения во время операции по удалению катаракты: исследование «случай-контроль» предоперационных и интраоперационных факторов риска: отчет 2 Шведской исследовательской группы по разрыву капсулы. J Cataract Refract Surg. 2009;35(10):1688-1693.
3. Йоханссон Б., Лундстрем М., Монтан П., Стеневи У., Бендиг А. Осложнения капсулы во время операции по удалению катаракты: долгосрочные результаты: отчет Шведской исследовательской группы по разрыву капсулы 3. J Cataract Refract Surg. 2009;35(10):1694-1698.
4. Якобссон Г., Монтан П., Зеттерберг М., Стеневи У., Бендиг А., Лундстрём М. Осложнения капсулы во время операции по удалению катаракты: отслойка сетчатки после операции по удалению катаракты с осложнением капсулы: отчет шведской исследовательской группы по разрыву капсулы 4. J Хирургия рефракции катаракты. 2009;35(10):1699-1705.

5. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
6. Краниц К., Такач А., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.К., Надь З.З. Параметры фемтосекундной лазерной капсулотомии и ручного непрерывного криволинейного капсулорексиса и их влияние на центрацию интраокулярной линзы. J Refract Surg. 2011;27(8):558-563.
7. Надь З.З., Краниц К., Такач А.И., Михалц К., Ковач И., Кнорц М.С. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.
8. Михальц К., Кнорц М.К., Алио Х.Л. и др. Внутренние аберрации и оптическое качество после фемтосекундной лазерной передней капсулотомии в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2011;27(10):711-716.
9. Маркес Ф.Ф., Маркес Д.М., Ошер Р.Х., Ошер Дж.М. Судьба разрывов передней капсулы во время операции по удалению катаракты. J Хирургия рефракции катаракты. 2006;32(10):1638-1642.

Лазерная рефракционная хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера после Сквозная кератопластика: клинический случай

Золтан З. Надь, доктор медицинских наук; Агнес И. Такач, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Ева Юхас, доктор медицинских наук; Габор Шандор, доктор медицинских наук; Андреа Сигети, доктор медицинских наук; Майкл К. Норц, доктор медицинских наук

Операция по удалению катаракты после трансплантации роговицы должна минимизировать повреждение эндотелиальных клеток, поскольку количество клеток послеоперационного трансплантата ниже, чем в нормальной роговице. Поскольку фемтосекундный лазер был успешно внедрен в хирургию катаракты,^{1,2} мы применили эту технологию патологии на глазу, которому ранее была проведена сквозная трансплантация роговицы.

33-летнему мужчине за 6 лет до обращения была выполнена сквозная кератопластика диаметром 7,0 мм на правом глазу. Позже у него развилась задняя полярная катаракта. Роговица была чистой, острота зрения вдаль с коррекцией (CDVA) составляла 20/40. Была проведена хирургия катаракты с помощью фемтосекундного лазера (Alcon LenSx, Алисо Вьехо, Калифорния).

формируется, как описано ранее.^{1,2} Рубец на роговице был периферийно по отношению к запланированной капсулотомии. Центрацию оценивали по зрачковому краю. С помощью фемтосекундного лазера был выполнен 4,8-мм капсулорексис, и ядро было разжижено.

Раны роговицы создавались лезвием диаметром 2,8 мм и углом 15°, чтобы не повредить рубец трансплантата. Переднюю камеру заполняли вязкоэластичным материалом, край капсулорексиса идентифицировали цистотомом и удаляли щипцами для капсулорексиса. После гидродиссекции ядро и кору хрусталика аспирировали иригационно-аспирационной насадкой. В капсульный мешок имплантировали гидрофобную акриловую заднекамерную интраокулярную линзу с плотностью 12,00 диоптрий (D) (Acrysof; Alcon Laboratories Inc, Форт-Уэрт, Техас).

В первый день после операции CDVA составила 20/200 из-за небольшого отека роговицы, который улучшился до 20/25 в течение следующих 3 месяцев. Субъективная рефракция была стабильной на сфере 1,25 Д и цилиндре 6,00 Д при наблюдении через 1 год, с остротой остроты зрения 20/20. Толщина роговицы, измеренная с помощью камеры Scheimpflug (Pentacam HR; Oculus Optikgeräte GmbH, Вецлар, Германия), составила 609 мкм до операции и 598 мкм через 1 месяц после операции.

Мы сообщаем о первом пациенте, перенесшем успешную лазерную рефракционную операцию по удалению катаракты после сквозной кератопластики. Изогнутый интерфейс идеально выравнивается по трансплантированной и донорской роговице. Оптическая когерентная томография определила линию рубца трансплантата и

шрам не мешал лазерной капсулотомии. Разрезы роговицы выполнялись вручную из-за периферической локализации рубца трансплантата.

Как сообщалось ранее,¹ использование фемтосекундного лазера может минимизировать энергию ультразвука, необходимую для удаления ядра, тем самым сохраняя эндотелиальные клетки в послеоперационной трансплантированной роговице. Отказ трансплантата после факэмульсификации и имплантации интраокулярной линзы.

Сообщается, что этот показатель составляет от 3% до 8%.^{3,4} эндотелиальный Потеря клеток, связанная с использованием ультразвука, обычно заметно выше в трансплантированной роговице, чем в нормальной, неоперированной.

atedeyes.⁵ В нашем случае, скорее всего, из-за использования фемтосекундным лазером для разжижения ядра, для удаления хрусталика не требовалось ультразвука, а количество эндотелиальных клеток не менялось в течение 1 года после операции.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25(12):1053-1060.
2. Надь З.З., Кранич К., Такач А.И., Михальц К., Ковач И., Кнорц М.К. Сравнение параметров децентрации интраокулярной линзы после фемтосекундной и ручной капсулотомии. J Refract Surg. 2011;27(8):564-569.
3. Огуро Н., Мацуда М., Киношита С. Влияние имплантации заднекамерной линзы на эндотелий трансплантированной роговицы. Br J Ophthalmol. 1997;81(12):1056-1059.
4. Награ П.К., Рапуано С.Дж., Лэйбсон П.Л., Кунимото Д.Ю., Кей М., Коэн Э.Дж. Экстракция катаракты после сквозной кератопластики. Роговица. 2004;23(4):377-379.
5. Ким Э.К., Ким М.С. Сравнение потери эндотелиальных клеток после факэмульсификации у пациентов со сквозной кератопластикой и у нормальных пациентов. Роговица. 2010;29(5):510-515.

doi: 10.3928/1081597x-20121228-01

Первоначально опубликовано в Журнале рефракционной хирургии, январь 2013 г.

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты в лечении факоморфной глаукомы

Кинга Краниц, доктор медицинских наук; Агнес Ильдикю Такач, доктор медицинских наук; Андреа Гинес, доктор медицинских наук; Тамаш Филкорн, доктор медицинских наук; Роберт Гергели, доктор медицинских наук; Иллес Ковач, доктор медицинских наук; Золтан Жолт Надь, доктор медицинских наук, DSC

АБСТРАКТНЫЙ

ЦЕЛЬ: Сообщить об использовании фемтосекундной лазерной хирургии катаракты в лечении факоморфной глаукомы.

МЕТОДЫ: У пациентки 89 лет развилась острая факоморфная глаукома правого глаза с повышенным внутриглазным давлением (62 мм рт. ст.), поверхностной передней камерой и зрелой катарактой. После консервативной противоглаукомной терапии и Nd:YAG-иридотомии выполнена фемтосекундная лазерная хирургия катаракты. Для механического расширения зрачка имплантировали кольцо Малюгина, а с помощью фемтосекундной лазерной системы (Alcon LenSx Inc., Алисо Вьехо, Калифорния) выполнили капсулорексис диаметром 4,8 мм и фрагментацию хрусталика с последующей имплантацией интраокулярной линзы в сумке.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Интактный капсулорексис диаметром 4,8 мм и успешная фрагментация хрусталика могут быть выполнены с помощью фемтосекундного лазера. После операции по удалению катаракты острота зрения пациента повысилась от движений руки до 0,4 (Снеллен 4/10), а внутриглазное давление вернулось к норме без антиглаукомной капельной терапии.

ВЫВОДЫ: Результаты показывают, что фемтосекундный лазер может быть успешно использован в некоторых случаях факоморфной глаукомы, даже если необходимо механическое расширение зрачка.

[J Refract Surg. 2013;29(9):645-648.]

Первоначально опубликовано в журнале Journal of Refractive Surgery, сентябрь 2013 г.

Факоморфная глаукома может вызвать вторичное закрытие угла. глаукома из-за увеличения толщины хрусталика (запущенная катаракта, быстро набухающий хрусталик или травматическая катаракта), которая сужает угол радужной оболочки либо за счет зрачкового блока, либо за счет смещения вперед хрусталик-радужная диафрагма. Внезапное повышение внутриглазного давления может привести к необратимой потере зрения.

пораженный глаз.^{1,2} Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты эффективно используется в рутинных случаях³⁻⁵ и при травматических катаракти. ⁶ Здесь мы сообщаем об эффективном использовании этой технологии для лечение факоморфной глаукомы со зрелым хрусталиком.

ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

89-летняя женщина была направлена в отделение офтальмологии Университета Земмельвейса, Будапешт, Венгрия, из региональной больницы по поводу острой закрытоугольной глаукомы с высоким внутриглазным давлением (62 мм рт. ст.) в январе 2013 года после назначения консервативной антиглаукомы. терапия (глазные капли пилокарпин, тимолол и дорзоламид в сочетании с системным ингибитором карбоангидразы ацетазоламидом).

В течение 3 дней она чувствовала боль в правом глазу.

При поступлении выполняли биомикроскопию на щелевой лампе, апланационную тонометрию, гониоскопию, оптическую биометрию, томографию Шаймпфлюга и В-сканирование-тразвуковое исследование. Острота зрения определялась по движениям руки в правом глазу и 0,2 (Снеллен 4/20) в левом глазу. Осмотр переднего сегмента щелевой лампой показал значительную инъекцию конъюнктивы, микрокистозный и стромальный отек роговицы и чрезвычайно мелкую переднюю камеру. Зрачок был миотичен из-за ранее примененных парасимпатомиметических глазных капель. Внутриглазное давление

doi:10.3928/1081597X-20130611-02

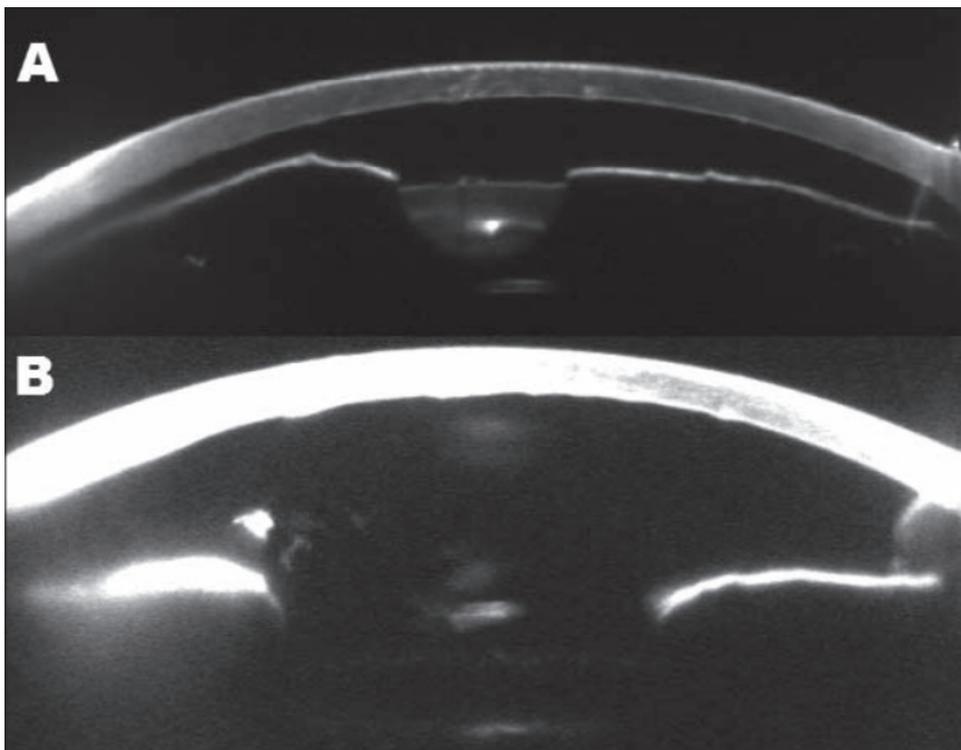


Рисунок 1. Снимок Шаймпфлюга. (А) Отек роговицы, неглубокая передняя камера, узкий угол камеры и зрелая катаракта до операции. (В) Более глубокая передняя камера и более широкий угол камеры после операции.

составило 40 мм рт. ст., измеренное с помощью аппланационной тонометрии Гольдмана. При гониоскопии обнаружен закрытый угол передней камеры в верхнем и нижнем квадрантах.

После Nd:YAG иридотомии и применения местной противоглаукомной терапии внутриглазное давление в последующие дни снизилось в пределах от 18 до 27 мм рт. ст. Острота зрения увеличилась до 0,4 (Снеллен 4/10).

Чрезвычайно мелкая передняя камера и зрелая катаракта подтвердили диагноз факоморфной глаукомы, ранее подозревавшейся с помощью камеры Шаймпфлюга (Pentacam; Oculus Optikgeräte GmbH, Ветцлар, Германия) и оптической биометрии (Lenstar; Haag-Streit, Мейсон, Огайо). результаты (толщина центральной роговицы: 703 мкм, глубина передней камеры: 1,19 мм от эндотелиального слоя до передней поверхности линзы) и толщина линзы 5,31 мм с осевой длиной 20,33 мм (рис. 1А).

Учитывая анатомические особенности передней камеры и толщину хрусталика, для обеспечения создания интактного капсулорексиса на натянутой капсуле хрусталика зрелой катаракты была выполнена фемтосекундная лазерная ассистированная хирургия катаракты.

Были сделаны четкие разрезы роговицы и имплантировано кольцо Малюгина для механического расширения зрачка после окрашивания капсулы хрусталика (метиленовым синим). После имплантации кольца Малюгина вязкоэластичный материал удаляли и переднюю камеру заполняли сбалансированным солевым раствором. Роговичный туннель был зашит перед стыковкой интерфейса фемтосекундной лазерной системы с пациентом (рис. 2А).

Переднюю поверхность хрусталика идентифицировали с помощью интегрированной системы визуализации оптической когерентной томографии. Капсулотомию диаметром 4,8 мм выполняли путем сканирования цилиндрического рисунка, начинающегося на 300 мкм ниже передней капсулы и заканчивающегося на 300 мкм выше капсулы. После капсулотомии следовала фрагментация хрусталика (рис. 2В).

После предварительной обработки фемтосекундным лазером шов роговицы был удален. Передняя камера была заполнена вязкоэластичным материалом с использованием техники «мягкой оболочки» с применением Viscoat и Provisc (Alcon Laboratories, Inc., Форт-Уэрт, Техас). Свободно плавающую окрашенную капсулотомию удаляли с помощью щипцов для рексиса, а предварительно фрагментированные квадранты хрусталика удаляли с помощью факоемульсификации с использованием системы Infiniti Vision (Alcon Laboratories, Inc.). Общее время факоемульсификации составило 67,2 секунды, а энергия факоемульсификации составила 25%.

Гидрофобную интраокулярную линзу Acrysof MA60AC (Alcon Laboratories, Inc.) инъецировали в капсульный мешок, а кольцо Малюгина и вязкоэластичный материал удаляли из передней и задней камер после имплантации интраокулярной линзы. В конце процедуры внутрикамерно вводили 0,1 мл карбахола. Все разрезы остались без швов (рис. 2С).

В течение первых 10 дней пациентка получала комбинацию антибиотиков и стероидных глазных капель (дексаметазон и тобрамицин). Послеоперационных осложнений не возникло, и дальнейшая противоглаукомная терапия не потребовалась.

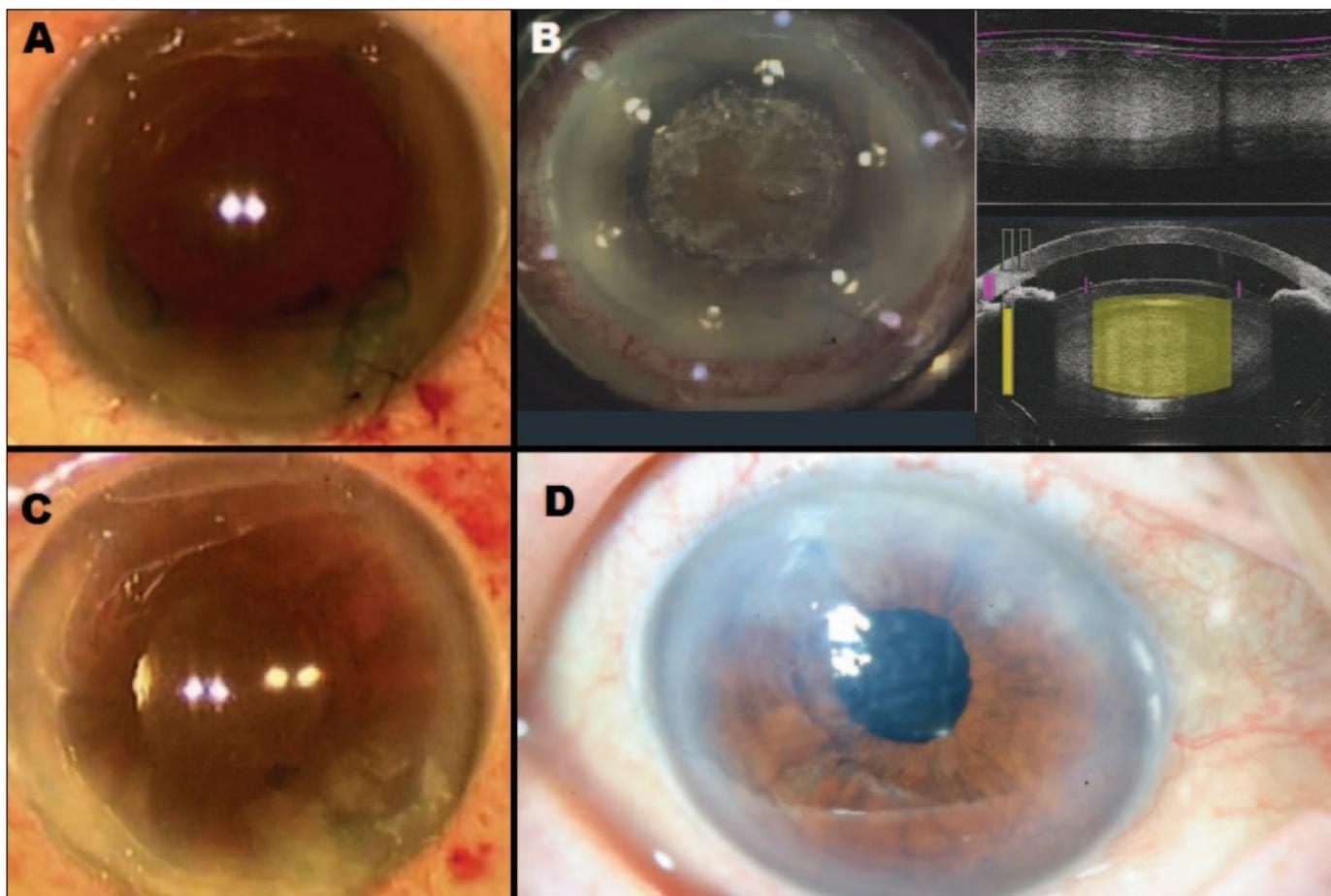


Рисунок 2. Интраоперационное и послеоперационное состояние. (А) Видны четкие разрезы роговицы, окрашенная капсула хрусталика, имплантированное кольцо Малюгина и защитный туннель роговицы. (В) Предварительная обработка фемтосекундным лазером: капсулорексис и фрагментация хрусталика. (С) В конце операции. (D) Цифровая фотография переднего сегмента через 1 неделю после операции по удалению катаракты.

Через неделю после операции по удалению катаракты фемтосекундным лазером скорректированная острота зрения вдаль составила 0,4.

(Snellen4/10) в результате послеоперационного отека роговицы, который показал постепенное улучшение в послеоперационном периоде. Внутриглазное давление составило 18 мм рт. ст. без сопутствующей противоглаукомной терапии. Более глубокая передняя камера и более широкий угол камеры были измерены с помощью визуализации Шаймпфлюга (рис. 1В, 2С и 2D). Роговица стала чистой через 20 дней после операции.

ОБСУЖДЕНИЕ

Факоэмульсификация связана с меньшим разрезом и меньшим риском супрахориоидального кровоизлияния по сравнению с экстракапсулярной экстракцией катаракты и, таким образом, полезна для лечения факоморфной глаукомы, когда это возможно. Мелкая передняя камера, набухающая катаракта и разжиженное содержимое хрусталика делают непрерывный криволинейный капсулорексис технически сложной задачей.

и наличие отека роговицы делает
Вся хирургическая процедура более трудна.^{1,2}

Фемтосекундная лазерная хирургия катаракты дает возможность выполнить хорошо центрированную полную капсулотомию даже в случае чрезвычайно мелкой передней камеры и набухающей катаракты. Префрагментация катарактального хрусталика снижает энергоемкость процедуры факоэмульсификации, уменьшая послеоперационную травму роговицы.³

Перед лечением фемтосекундным лазером необходимо правильное расширение зрачка, чтобы избежать разреза радужной оболочки. Поэтому при маленьких зрачках рекомендуется использование механических внутриглазных расширителей зрачков. По нашему опыту, имплантация кольца Малюгина является безопасным методом, но перед стыковкой интерфейса фемтосекундного лазера с пациентом необходимо зашить рану роговицы.

Наши результаты показывают, что фемтосекундный лазер может успешно использоваться в некоторых случаях факоморфной глаукомы, даже если необходимо механическое расширение зрачка.

АВТОРСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Концепция и дизайн исследования (ИК, КК, ЗЗН); сбор данных (АГ, РГ, ИК, КК, ЗЗН, АИТ); анализ и интерпретация данных (ТФ, РГ, ИК, КК); оформление рукописи (ИК, ЗЗН); критическая доработка рукописи (АГ, ТФ, ИК, КК, ЗЗН, АИТ); статистическая экспертиза (ИК); административная, техническая или материальная поддержка (АГ, КК, ЗЗН, АИТ); супервизия (РГ, КК, ЗЗН)

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бхартия С., Кумар М.Х.М., Джайн М. Факоморфная глаукома: развивающиеся стратегии лечения. Журнал современной практики глаукомы. 2009;3:39-46.

2. Ли Дж.В., Лай Дж.С., Йик Д.В., Це Р.К. Ретроспективная серия случаев отдаленных последствий зрительного и внутриглазного давления при факоморфной глаукоме. Глаз (Лондон). 2010;24:1675-1680.

3. Надь З., Такач А., Филкорн Т., Сарайба М. Первоначальная клиническая оценка внутриглазного фемтосекундного лазера в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2009;25:1053-1060.

4. Роберте Т.В., Лоулесс М., Бали С.Дж., Ходж С., Саттон Г. Хирургические результаты и безопасность фемтосекундной лазерной хирургии катаракты: проспективное исследование 1500 последовательных случаев. Офтальмология. 2013;120:227-233.

5. Конрад-Хенгерер И., Хенгерер Ф.Х., Шульц Т., Дик Х.Б. Влияние фемтосекундной лазерной фрагментации на эффективное время факоэмульсификации в хирургии катаракты. J Refract Surg. 2012;28:879-883.

6. Надь З.З., Краниц К., Такач А., Филкорн Т., Гергели Р., Кнорц М.К. Применение внутриглазного фемтосекундного лазера при травматической катаракте после проникающей и тупой травмы. J Refract Surg. 2012;28:151-153.