

ХИРУРГИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ МИОПИИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО IN SITU КЕРАТОМИЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОГО И ЛАЗЕРНОГО МИКРОКЕРАТОМА У ПАЦИЕНТОВ С ТОНКОЙ РОГОВИЦЕЙ

Описаны особенности хирургической коррекции миопии у пациентов с тонкой роговицей методом лазерного in situ кератомилеза при помощи механического и лазерного микрокератома, приводится сравнительный анализ послеоперационных рефракционных результатов, данных исследований на оптическом когерентном томографе, изменений биомеханических свойств роговицы.

Ключевые слова: хирургия, миопия, лазер, роговица.

Актуальность. Проблема хирургического лечения пациентов с миопией различной степени в сочетании с тонкой (до 520 мкм) роговицей является одной из актуальных задач в современной рефракционной хирургии. Применение таких методик, как имплантация отрицательной интраокулярной линзы, сочетание кератотомии с эксимерлазерной кератэктомией наряду с достоинствами имеют и свои недостатки [6].

В последние 10–15 лет, как у пациентов, так и у рефракционных хирургов, бесспорным фаворитом среди кераторефракционных операций является лазерный in situ кератомилез (LASIK) благодаря быстрому и эффективному улучшению остроты зрения и комфортному, короткому послеоперационному периоду. Усовершенствование техники операции позволяет хирургам избежать многих интраоперационных и послеоперационных осложнений. В основе любой эксимерлазерной операции – испарение части стромы роговицы, в результате чего достигается изменение ее кривизны. Однако на сегодняшний день остаются нерешенными ряд проблем, связанных с тем, что операция лазерный in situ кератомилез приводит не только к уменьшению толщины роговицы, но и вызывает комплекс структурных, биомеханических изменений, особенно у миопов с тонкой роговицей. У таких пациентов риск осложнений, таких, как ятрогенная кератэктазия, полный срез, маленький размер роговичного лоскута намного выше, чем у пациентов с нормальными параметрами толщины и рефракции роговицы.

Одними из главных причин возникновения ятрогенной кератэктазии считается недостаточная толщина роговицы после проведения лазерной абляции (т. е. толщина остаточного стромального ложа меньше 250–270 мкм, общая тол-

щина роговицы – менее 400 мкм) и недиагностированный во время предоперационной подготовки начальный и субклинический кератоконус. Пациенты с тонкой роговицей всегда находятся в зоне риска развития ятрогенной кератэктазии как в раннем, так и в отдаленном послеоперационном периоде, так как погрешности по толщине роговичного лоскута, создаваемого механическим микрокератомом могут достигать до 60–80 мкм (от 20–30 мкм при толщине головки кератома 90 мкм до 60–80 мкм при толщине головки 110 мкм) [2].

В последнее десятилетие проблема создания прогнозируемо – точного роговичного лоскута во время операции лазерного in situ кератомилеза успешно решается при помощи лазерного фемтосекундного микрокератома: погрешности по толщине находятся в пределах 1–10 мкм, диаметр роговичного лоскута не зависит от параметров роговицы (у пациентов с плоской и крутой роговицей формируется лоскут одинакового диаметра, задаваемого хирургом).

Выполнение эксимерлазерной абляции у пациентов с высокой миопией и тонкой роговицей является не простой задачей. Сложность заключается в том, чтобы при ограниченном объеме испаряемой роговичной ткани (оставшаяся толщина стромальной ткани должна быть не менее 250 мкм) добиться максимально возможного рефракционного эффекта и сохранить качество зрения [7]. Для коррекции миопии у таких пациентов разрабатываются оптимизированные эксимерлазерные технологии с целью уменьшения толщины удаляемого слоя роговицы в процессе абляции, что позволяет корректировать большее количество диоптрий или провести операцию в случае недостаточной толщины роговицы [4].

Эффективность кераторефракционных операций определяется достигнутой клинической рефракцией глаза, остротой зрения с коррекцией и без нее, а также стабильностью достигнутого результата в отдаленном послеоперационном периоде. На сегодняшний день традиционными скрининг-тестами в кераторефракционной хирургии являются кератометрия, пахиметрия и кератотопография [2]. Данных этих исследований зачастую недостаточно для диагностирования кератоконуса на субклиническом уровне, особенно у пациентов с тонкой роговицей. Достоверное прогнозирование интра- и послеоперационных осложнений, на наш взгляд, требует более детального исследования анатомо-функционального состояния роговицы: структуры роговицы до и после операции, изменения ее биомеханики в раннем и отдаленном послеоперационном периоде.

Для исследования структуры роговицы на сегодняшний день используются микроскопия заднего эпителия, конфокальная микроскопия, оптическая когерентная томография. Для исследования изменений биомеханики роговицы в клинической практике наибольшее признание получил прибор ORA – анализатор биомеханических свойств роговицы [1].

Цель исследования – сравнительная оценка рефракционных результатов, изменений биомеханических свойств после IntraLASIK и LASIK у миопов с тонкой роговицей.

Материалы и методы. Исследуемую группу составили 42 человека (76 глаз). Все пациенты были разделены на 2 группы в зависимости от вида выполненного вмешательства. Первая группа – пациенты, перенесшие операцию IntraLASIK, вторая – пациенты после LASIK. Первую группу составили 23 человека (40 глаз), из них 13 женщин и 10 мужчин в возрасте от 20 до 46 лет (средний возраст – 30 лет). Вторую группу составили 19 человек (36 глаз), из них 11 женщин и 8 мужчин в возрасте от 23 до 40 лет (средний возраст – 28 лет). Пациенты обеих групп имели толщину роговицы < 520 мкм, при этом 55 человек (72%) имели толщину роговицы < 501 мкм (от 470 до 500 мкм). Кроме стандартных методов исследования (визометрия, кератометрия, пахиметрия, кератотопография, биомикроскопическое и офтальмоскопическое исследование) пациентам делали кератопахиметрическую карту с помощью оптического ко-

герентного томографа «Visante OCT» (Carl Zeiss, Германия), изучали биомеханические свойства роговицы (ORA, Reichert Int., США): оценивали корнеальный гистерезис (КГ, мм рт.ст.), фактор резистентности роговицы (ФРР), толщину роговицы в центре (ЦТР) и их взаимосвязь до и после операции.

Пациенты до операции в обеих группах имели миопию различной степени. Средний сферический эквивалент рефракции (СЭ) составлял в первой группе $-7,21 \pm 2,65$ дптр, во второй группе $-7,48 \pm 2,55$ дптр. Некорригированная острота зрения (НКОЗ) до операции во всех группах в среднем составляла $0,035 \pm 0,005$ дптр, корригированная острота зрения (КОЗ) $-0,82 \pm 0,18$ дптр, толщина роговицы $-495,2 \pm 18,7$ мкм.

IntraLASIK выполняли в два этапа. Первый этап – формирование роговичного лоскута с помощью фемтосекундного лазера 60 кГц (IntraLase FS, США) со следующими параметрами: толщина лоскута – 100 мкм, диаметр – 9 мм, угол верхней петли – 45 градусов, угол бокового разреза – 70 градусов. Второй этап – эксимерлазерная абляция на установке «Микроскан-2000» (Троицк, Россия) с частотой следования импульсов 300 Гц и лазерным пятном 0,9 мм с диаметром оптической зоны 5,8–6,5 мм и общей зоной воздействия 8,0–8,5 мм по программе экономной абляции (технология тканесохраняющей операции).

LASIK выполняли по стандартной методике на установке «Микроскан-2000» с частотой следования импульсов 300 Гц и лазерным пятном 0,9 мм с формированием роговичного лоскута при помощи автоматического микрокератома «LSK Evolution M2» (Moria, Франция) со стандартной головкой 90 и 100 мкм и планируемым диаметром роговичного лоскута 8,5–8,7 мм. Формирование роговичного лоскута выполнялось с ориентацией его ножки на 12 часов, срез осуществлялся со стороны виска для правого глаза и со стороны носа для левого глаза. Планировались параметры центральной оптической зоны 5,8–6,4 мм и общей зоны воздействия 8,0–8,4 мм по программе экономной абляции технологии тканесохраняющей операции.

Параметры оптической зоны в обеих группах зависели от исходной толщины роговицы и степени корригируемой миопии, а общая зона воздействия в группе LASIK – от диаметра сформированного роговичного лоскута. Всем пациентам в ходе операции измеряли вертикальный

и горизонтальный диаметры роговичного лоскута, ширину ножки. Интра- и послеоперационных осложнений в обеих группах не было, обследования проводились до операции, на 3 день, через 6 мес., через 1 год после операции.

Исследование на оптическом когерентном томографе (ОКТ) «Visante OCT» до операции включало в себя измерение общей толщины роговицы в центре и на периферии в зонах: 0–2 мм, 2–5 мм, 5–7 мм, 7–10 мм. После операции на третий день толщина роговицы и поверхностного лоскута определялась с помощью бесконтактной кератопахиметрии на ОКТ из-за риска смещения лоскута во время контакта датчика УЗ – кератопахиметра с поверхностью роговицы. Кроме того, на третий день после операции исследовались конфигурация поверхностного лоскута роговицы и роговичного ложа.

Среднее значение КГ в исследуемых группах до операции составило $8,4 \pm 1,2$ мм.рт.ст. (от 6,5 до 12). При этом КГ менее 8 мм.рт.ст. определялся на 19 глазах (25%), от 8 до 10 – на 40 (52%) и более 10 мм.рт.ст. – на 17 глазах (23%).

Среднее значение ФРР до операции соответствовало $8,5 \pm 1,3$ мм.рт.ст. (от 7,5 до 12,5). Среднее значение ЦТР до операции в исследуемых группах составило $495,2 \pm 18,7$ мкм.

Результаты и обсуждение. По данным ОКТ было выявлено, что на 3-й день после опе-

рации LASIK толщина поверхностного лоскута при расчетной 100 мкм в его центральной части составила $126,2 \pm 45,5$ (от 80 до 186) мкм, в проекции начала выкраивания лоскута – $141,1 \pm 12,9$ мкм (3,0 мм к виску – для правого глаза, и 3,0 мм к носу – для левого глаза), а в проекции окончания выкраивания лоскута она составила $138,2 \pm 20,7$ мкм (3,0 мм к носу – для правого глаза, и 3,0 мм к виску – для левого глаза). Толщина поверхностного лоскута роговицы, выкраиваемого с помощью механического микрокератома, оказалась неравномерной не только в начале и конце среза, но и в центральной зоне, лоскут имел менискообразную конфигурацию. Параметры размеров роговичного лоскута в среднем составили: диаметр – $8,60 \pm 0,2$ мм, ширина ножки – 4,2 мм (рис. 1).

Обследования на ОКТ на 3-й день после операции IntraLASIK показали, что толщина крышки, полученной с помощью фемтосекундного лазера, отличается от запланированной в пределах ± 8 мкм, среднее отклонение диаметра в пределах $-0,15 \pm 0,07$ мм. Параметры роговичного лоскута в среднем составили: диаметр – $9,1 \pm 0,15$ мм, ширина ножки – 2,8 мм (рис. 2). Нами была отмечена четкость края роговичного лоскута, сформированного при помощи фемтосекундного лазера, отсутствие смещений, более выраженная, по сравнению с LASIK, реакция по краю лоскута на следующий день после операции.

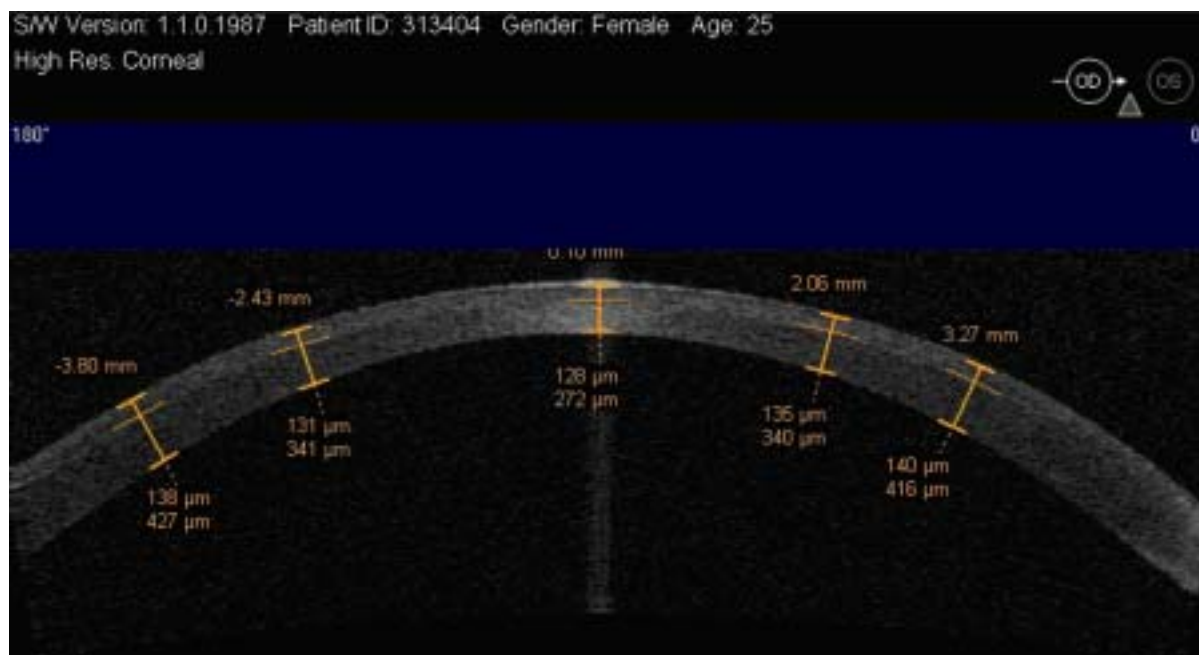


Рисунок 1. ОСТ роговицы пациента на 3-й день после LASIK (сканирование с высоким разрешением 10х3 мм). Метками обозначена толщина роговичного лоскута в точках измерения.

Пациенты до операции в обеих группах были разделены на 2 подгруппы в зависимости от степени миопии: 1-я подгруппа – миопия слабой и средней степени, 2-я подгруппа – миопия от 6,25 до 10 дптр. Данные СЭ после IntraLASIK в обеих подгруппах представлены в табл. 1. Регресс эффекта в 1 подгруппе за 1 год был в среднем $0,47 \pm 0,22$ дптр ($p < 0,01$), предсказуемость СЭ в пределах $\pm 0,5$ дптр составила 91,5% и в пределах $\pm 1,0$ дптр – 97% случаев. Во второй подгруппе (миопия от 6,25 до 10,0 дптр) у пациентов после IntraLASIK регресс эффекта за 1 год был в среднем $0,97 \pm 0,25$ дптр ($p < 0,01$), предсказуемость СЭ в пределах $\pm 0,5$ дптр составила 82,5% и в пределах $\pm 1,0$ дптр – 89% случаев (табл. 1)

Во второй группе (LASIK) данные СЭ обеих подгрупп представлены в табл. 2. Регресс эффекта в 1 подгруппе за 1 год составил в среднем $0,57 \pm 0,19$ дптр ($p < 0,01$), предсказуемость в пределах $\pm 0,5$ дптр составила 70%, в пределах 1 дптр – 82,5% случаев. Во второй подгруппе (миопия от 6,25 до 10,0 дптр) у пациентов после LASIK регресс эффекта за 1 год был в среднем $1,3 \pm 0,22$ дптр ($p < 0,01$), предсказуемость СЭ в пределах $\pm 0,5$ дптр составила 89,5% и в пределах $\pm 1,0$ дптр – 94% случаев (табл. 2).

Корректированная острота зрения (КОЗ) не ухудшилась ни в одном случае в обеих груп-

пах. 17% пациентов в группе IntraLASIK и 14% в группе LASIK приобрели от 1 до 2 строчек скорректированной остроты зрения. Данные некорректированной остроты зрения у пациентов со слабой и средней степенью миопии не выявили преимуществ IntraLASIK по сравнению с LASIK, к сроку 6-12 мес. после операции статистически значимая разница не определялась. Выявлено достоверное преимущество IntraLASIK по сравнению с LASIK у миопов с высокой степенью аметропии (табл. 3, 4).

Использование тканесохраняющей технологии у пациентов с тонкой роговицей позволило повысить эффективность коррекции, особенно у миопов с высокой степенью аметропии, без потери качества зрения. В табл. 5-7 представлены расчетные параметры программного обеспечения эксимерного лазера в режиме экономной и стандартной абляции при различных исходных данных. Использование стандартной абляции (СА) предполагает уменьшение оптической зоны абляции для сохранения толщины остаточной стромы (ТОС), что ведет к ухудшению показателей качества зрения.

В послеоперационном периоде, по данным ОРА, во всех группах отмечалось статистически значимое ($p < 0,05$) снижение значений корнеального гистерезиса (КГ) и фактора резистентности роговицы (ФРР). Степень снижения этих пока-



Рисунок 2. ОСТ роговицы пациента на 3-й день после IntraLASIK (сканирование с высоким разрешением 10х3 мм). Метками обозначена толщина роговичного лоскута в точках измерения.

зателей различалась в зависимости от способа формирования роговичного лоскута и объема лазерного воздействия. Величина снижения КГ и ФРП отличалась в исследуемых группах: через 1 мес. в группе LASIK она составила в среднем 36,6% от исходных данных, в группе IntraLASIK – 27,3%. Эти значения можно считать относительно постоянной величиной, т. к. через 6 месяцев после операции, несмотря на стабилизацию состояния интерфейса роговицы, снижение биомеханических показателей КГ и ФРП сохранилось и составило в среднем 37,4% в группе LASIK и 28,5% в группе IntraLASIK. При увеличении объема лазерного воздействия (в зависимости от степени корригируемой миопии) в каждой из групп увеличивалась степень снижения КГ и ФРП, т. е. степень изменения биомеханических свойств роговицы находится в прямой зависимости от объема лазерного воздействия (табл. 8, 9).

Заключение. Фемтосекундный лазер IntraLase FS независимо от исходной толщины роговицы формирует роговичный лоскут со средним отклонением от запланированного 8 мкм по толщине и 0,1 мм по диаметру, т. е. имеет равномерную толщину на всем протяжении и четко соответствует прогнозируемому диаметру. Роговичный лоскут, выкраиваемый механическим микрокератомом максимально утолщен в начале среза, истончается к окончанию и мак-

симально тонок в его центре, имеет среднее отклонение по толщине 32 (от 5 до 86) мкм.

С помощью фемтосекундного лазера создается значительно большее по объему эффективное стромальное ложе, что особенно важно при тонкой роговице. Это позволяет выполнить оптимальную по объему и параметрам программу эксимерной абляции: прогнозируемость глубины абляции дает возможность оперировать высокие степени миопии без потери качества зрения.

Применение тканесохраняющей технологии позволяет повышать эффективность коррекции без потери качества зрения в случае сочетания миопии высокой степени с тонкой роговицей.

По рефракционным результатам у пациентов с тонкой роговицей выявлено преимущество IntraLASIK по сравнению с LASIK у пациентов с миопией высокой степени: к сроку 12 мес. после операции регресс после IntraLASIK в среднем – 0,91 дптр, после LASIK – 1,4 дптр; у пациентов со слабой и средней степенью миопии не выявлено явных преимуществ IntraLASIK по сравнению с LASIK, к сроку 6-12 мес. после операции статистически значимая разница не определялась.

Степень изменения биомеханических свойств роговицы зависит от объема лазерного воздействия: чем больше объем лазерной абляции (в зависимости от степени корригируемой

Таблица 1. Динамика рефракции до и после операции IntraLASIK у пациентов с тонкой роговицей (n= 40)

Степень миопии	До операции	3 день	1 мес.	6 мес.	12 мес.
Слабая	-2,55± 0,34	+ 0,48±0,12	+0,21±0,05	-0,1±0,02	-0,09±0,02
Средняя	-4,81±0,61	+0,52±0,21	+0,29±0,18	-0,18±0,08	-0,18±0,16
Высокая (6,25-10,0)	-7,91±1,8	+0,82±0,31	-0,49±0,18	- 1,36±0,55	-1,46±0,36

Таблица 2. Динамика рефракции до и после операции LASIK у пациентов с тонкой роговицей (n=36)

Степень миопии	До операции	3 день	1 мес.	6 мес.	12 мес.
Слабая	-2,05± 0,34	+ 0,38±0,12	+0,11±0,05	-0,1±0,02	-0,09±0,02
Средняя	-4,91±0,67	+0,62±0,32	+0,26±0,25	-0,18±0,08	-0,31±0,29
Высокая (6,25-10,0)	-7,97±1,72	+0,65±0,39	-0,55±0,22	-1,75±0,35	-1,85±0,39

Таблица 3. Динамика некорригированной остроты зрения до и после IntraLASIK (n=40)

Степень миопии (дптр)	До операции	3 день	1 мес.	6 мес.	12 мес.
Слабая	0,14± 0,06	0,96±0,04	0,98±0,03	0,98±0,02	0,98±0,02
Средняя	0,09±0,06	+0,82±0,1	0,96±0,03	0,98±0,02	0,98±0,02
6,25-10,0	0,03±0,02	0,4±0,06	0,5±0,05	0,45±0,15	0,48±0,05

Таблица 4. Динамика некорригированной остроты зрения до и после LASIK (n=36)

Степень миопии (дптр)	До операции	3 день	1 мес.	6 мес.	12 мес.
Слабая	0,12± 0,07	0,93±0,08	0,96±0,05	0,98±0,02	0,98±0,02
Средняя	0,09±0,06	0,95±0,04	0,98±0,02	0,99±0,03	0,96±0,03
6,25 – 10,0	0,03±0,01	0,41±0,05	0,4±0,1	0,35±0,06	0,32±0,03

Таблица 5. Расчетная толщина остаточной стромы (ТОС) после экономной (ЭА) и стандартной абляции (СА) в зависимости от диаметра оптической зоны (ДОЗ) при корригуемой миопии – 10,0 дптр (толщина роговицы в центре – 520 мкм, кератометрия 43,0 дптр)

Диаметр оптической зоны (мм)	Экономная абляция (ТОС, мкм)	Стандартная абляция (ТОС, мкм)
5,8	287,7	253,7
5,9	284,6	248,6
6,0	281,6	248,6
6,1	278,2	238,6
6,2	274,0	232,4
6,3	271,5	226,6
6,4	268,1	220,6
6,5	264,7	214,8

Таблица 7. Расчетная ТОС после ЭА и СА в зависимости от степени корригуемой миопии и ДОЗ (толщина роговицы в центре – 520 мкм, кератометрия 43,0 дптр)

Корригуемая миопия (дптр)	Диаметр оптической зоны (мм)	ЭА (ТОС, мкм)	СА (ТОС, мкм)
-10,0	5,8	331,2	253,0
-9,9	5,9	329,9	250,6
-9,6	6,0	331	249,8
-9,25	6,1	331,5	249,8
-8,9	6,2	330,8	249,9
-8,5	6,3	334,5	251,6
-8,25	6,4	334,5	250,7
-8,0	6,5	334,5	249,8

миопии), тем больше степень снижения КГ и ФРР в обеих группах и от исходной толщины роговицы: чем меньше толщина, тем больше степень снижения КГ ФРР. Снижение значений КГ и ФРР можно считать универсальной реакцией роговицы после операций IntraLASIK и LASIK, причем IntraLASIK приводит к меньшей степени снижения биомеханических свойств, чем LASIK (в группе IntraLASIK – 28,3%, в группе LASIK в среднем – 37,6%). Ре-

Таблица 6. Расчетная ТОС после ЭА и СА в зависимости от степени корригуемой миопии и ДОЗ (толщина роговицы в центре – 470 мкм, кератометрия 43,0 дптр)

Корригуемая миопия (дптр)	Диаметр оптической зоны (мм)	ЭА (ТОС, мкм)	СА (ТОС, мкм)
-10	5,8	247,8	219
-8,75	5,8	250,8	221
-8,5	5,9	251	220
-8,25	6,0	251	219
-8,15	6,1	250	215,5
-7,9	6,2	250,9	216,4
-7,65	6,3	251,0	214,5
-7,4	6,4	251,7	215
-7,25	6,5	250,4	213,8

Таблица 8. Степень снижения КГ в группах через 6 мес. после операции

Степень миопии, дптр	IntraLASIK	LASIK
До 3,0	14,8%	22,2%
До 6,0	27,4%	34,4%
6,25- 10,0	35,3%	44,2%

Таблица 9. Степень снижения ФРР в группах через 6 мес. после операции

Степень миопии, дптр	IntraLASIK	LASIK
До 3,0	15,5%	24,3%
До 6,0	28,2%	33,4%
6,25-10,0	38,2%	45,1%

зультаты измерения КГ имеют важное значение для прогнозирования результатов и возможных осложнений операций IntraLASIK и LASIK во время дооперационного обследования пациентов с тонкой роговицей и контроля в послеоперационном периоде за результатами операции. Пациенты с низким значением КГ и ФРР имеют более высокий риск развития послеоперационных осложнений в виде ятрогенной кератэктазии.

Список использованной литературы:

1. Аветисов С.Э., Бородин Н.В., Кобзова М.В., Мусаева Г.М. Современные подходы к оценке анатомо-функционального состояния роговицы // Вестник офтальмологии -2010.- № 4.-С. 59-63.
2. Балашевич Л.И. Рефракционная хирургия. – СПб.: МАПО, 2002.– С.111-133.
3. Балашевич Л.И., Качанов А.Б., Ефимов О.А., Никулин С.А. Оптическая когерентная томография роговицы в планировании и оценке результатов операции ЛАЗИК // Офтальмохирургия. – 2009.-№ 1.– С. 4-8.
4. Кишкин Ю.И., Качалина Г.Ф., Майчук Н.В. Оптимизированная эксимерлазерная коррекция аметропий на установке «Микроскан – ЦФП» (Россия) // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии -2009: Сб.науч. статей /ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза».-М., -2009.-С.280-283.
5. Куренков В.В. Руководство по эксимерлазерной хирургии роговицы.– М.: РАМН, 2002, С. 197-206.
6. Семенов А.Д., Кишкина В.Я., Саркизова М.Б. и др. //Патент РФ № 2154451 от 20.03.98.
7. Щигун С.К., Мусса А.М. Результаты эксимер – лазерной коррекции миопии высокой степени по методике LASIK на глазах с тонкой роговицей //Офтальмологический журнал – 2003.– №4.– С.25-28.