

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

С. Н. Позняк

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ АНОМАЛИЙ РЕФРАКЦИИ

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2012

УДК 617.753-089(075.8)
ББК 56.7 я73
П47

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 30.05.2012 г., протокол № 8

Р е ц е н з е н т ы: д-р мед. наук, проф., зав. каф. офтальмологии Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета В. И. Морхат; д-р мед. наук, доц. каф. офтальмологии Белорусской медицинской академии последипломного образования В. Л. Красильникова

Позняк, С. Н.

П47 Современные методы хирургической коррекции аномалий рефракции / С. Н. Позняк. – Минск : БГМУ, 2012. – 36 с.

ISBN 978-985-528-708-8.

Освещены вопросы современных подходов к коррекции аномалий рефракции глаза человека, представлены наиболее распространенные методики коррекции и их классификация.

Предназначено для студентов 4–5-го курсов лечебного, педиатрического, стоматологического факультетов, клинических ординаторов и врачей-интернов.

УДК 617.753-089(075.8)
ББК 56.7 я73

ISBN 978-985-528-708-8

© Оформление. Белорусский государственный медицинский университет, 2012

МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Тема занятия: «Современные методы хирургической коррекции аномалий рефракции». Представленный материал рассматривается по дисциплине «Офтальмология» в теме «Физиологическая оптика, рефракция. Миопия».

Общее время занятий для специальностей:

- 1-79 01 07 «Стоматология» — 2 ч;
- 1-79 01 01 «Лечебное дело» — 5 ч;
- 1-79 01 02 «Педиатрия» — 5 ч.

Борьба со снижением зрительных функций представляет значимую как медицинскую, так и социальную проблему. Было установлено, что слепоту имеет почти половина признанных впервые инвалидами, при этом близорукость составляет 14,5 % и катаракта — 4,4 %. В трудоспособном возрасте к инвалидности приводят близорукость в 16 % случаев и катаракта в 6,9 %.

Еще в начале 70-х годов прошлого столетия перед исследователями стояли основные задачи рефракционной хирургии: обоснование четких показаний к операции; выбор оптимального метода хирургической коррекции того или иного вида аномалий рефракции; оценка эффективности рефракционных операций. Несомненным требованием к методу хирургической коррекции аномалий рефракции являлась и является безопасность операции для глаза в анатомическом и функциональном отношении и обеспечение требуемого рефракционного эффекта.

В современной рефракционной хирургии в зависимости от точки приложения сформировались две большие группы операций:

1. Роговичная хирургия (радиальная кератотомия, автоматизированная ламеллярная кератопластика, имплантация интракорнеальных колец, инфракрасная термокератопластика, лазерная термокератопластика, фоторефрактивная кератэктомия, лазерный кератомилез, фемтосекундная кератопластика).

2. Хрусталиковая хирургия (имплантация факичных интраокулярных линз, рефракционная лентэктомия, хирургия катаракты аметропического глаза).

Рефракционная хирургия стала более успешно развиваться в конце второго тысячелетия, что связано с внедрением в медицину высоких технологий с применением лазеров, компьютеров. Среди точек приложения, связанных с изменением оптической силы глаза, находятся такие широко распространенные заболевания, как близорукость, дальнозоркость, астигматизм и пресбиопия.

На современном этапе происходит значительное расширение рефракционной хирургии, в которой самыми распространенными методиками являются эксимерлазерная хирургия, хирургия прозрачного хрусталика и установка факичных интраокулярных линз.

Цель занятия: выбор эффективного подхода к коррекции аномалий рефракции с использованием хирургических и лазерных методов.

Задачи занятия:

1. Овладеть методами исследования глаза и придаточного аппарата, методами исследования зрительных функций.
2. Освоить диагностику и клинические проявления наиболее распространенных аномалий рефракции глаза.
3. Ознакомиться с наиболее распространенными методами коррекции аномалий рефракции.
4. Узнать преимущества и недостатки наиболее часто применяемых методов коррекции аномалий рефракции.
5. Овладеть принципами общей и местной терапии глазных болезней.
6. Научиться оказывать неотложную врачебную помощь при различных повреждениях и заболеваниях глаз.
7. Освоить методы профилактики глазных осложнений при хирургическом лечении аномалий рефракции глаза.
8. Научиться ориентироваться в основных заболеваниях глаз, приводящих к постепенному снижению зрения и слепоте.
9. Освоить профилактические мероприятия по прогрессированию миопии.
10. Усвоить принципы и методы диспансерной работы.
11. Приобрести навыки решения ситуационных задач по теме занятия.

Требования к исходному уровню знаний. Для полного усвоения темы студенту необходимо повторить:

- из анатомии человека: орган зрения — глаз и вспомогательные органы глаза; глазное яблоко и зрительный нерв; оболочки глазного яблока; хрусталик, стекловидное тело, водянистая влага, камеры глазного яблока; аккомодационный аппарат; мышцы глазного яблока.
- медицинской и биологической физики: оптика глаза — глаз как оптическая система, светопреломляющие среды глаза; оптическая сила роговицы, хрусталика и глаза в целом.

Контрольные вопросы из смежных дисциплин:

1. Строение глаза.
2. Оптика глаза.
3. Рефракция глаза.

Контрольные вопросы по теме занятия:

1. Кому и когда следует рекомендовать контактную коррекцию?
2. Показания к назначению бифокальных очков.
3. Дайте характеристику эметропии по положению:
 - главного фокуса;
 - дальнейшей точки ясного зрения.

4. Дайте характеристику миопии по положению:
 - главного фокуса;
 - дальнейшей точки ясного зрения.
5. Дайте характеристику гиперметропии по положению:
 - главного фокуса;
 - дальнейшей точки ясного зрения.
6. Какая методика исследования применяется для оценки аккомодации?
7. При какой рефракции могут возникать явления аккомодативной астенопии?
8. Применяется ли хирургическое лечение стабилизированной миопии? Если да, то в чем заключается эта операция?
9. Применяется ли хирургическое лечение прогрессирующей миопии? Если да, то в чем заключается эта операция?
10. Методы хирургической коррекции аномалий рефракции.
11. В чем заключается принципиальное отличие астигматизма от анизометропии?
12. Какие существуют методы лечения аномалий рефракции на современном этапе?
13. Подходы к лечению аметропий высоких степеней.
14. Подходы к хирургическому лечению гиперметропии.
15. Преимущества и недостатки различных методов хирургического и лазерного лечения аномалий рефракции.

Задания для самостоятельной работы. Для полного усвоения темы студенту необходимо ознакомиться с учебным материалом издания. Для того чтобы изучение темы было более осознанным, рекомендуется вести учет вопросов, вызывающих затруднения в ходе самостоятельной подготовки к занятию, которые впоследствии можно выяснить в процессе работы с дополнительной литературой или на консультации с преподавателем. Решение ситуационных задач, используемых в качестве самоконтроля, позволит не только адекватно оценить собственные знания, но и покажет преподавателю уровень усвоения студентом учебного материала.

Завершающим этапом в работе над темой служат контрольные вопросы, ответив на которые студент может успешно подготовиться к текущему контролю по теме «Физиологическая оптика, рефракция, аккомодация, миопия».

ПОДХОДЫ К ИЗМЕНЕНИЮ РЕФРАКЦИИ ГЛАЗА

В последние десятилетия в офтальмологии бурно развивается хирургическая коррекция аномалий рефракции глаза.

Попытки скорректировать недостатки рефракции глаза известны достаточно давно. Так, император Рима Нерон наблюдал за боями гладиаторов через корректирующую линзу. На протяжении многих веков очковая коррекция аномалий рефракции не имела конкуренции. С появлением контактных линз у врачей и пациентов появились новые возможности. Однако проведение опросов показало, что 77 % пациентов, пользующихся контактными линзами, готовы прибегнуть к альтернативным методам, позволяющим избавиться от ношения контактных линз.

Зарождение современной рефракционной хирургии принято связывать с именем японского офтальмолога Т. Sato, который в 1953 году представил результаты изменения рефракции глаз пациентов с миопией путем надрезов роговицы со стороны эндотелия.

Большой вклад в развитие рефракционной хирургии внес J. Barraquer, создав технику кератомилеза, что в сочетании с другими технологиями положило начало новому этапу рефракционной хирургии.

Значительный вклад в разработку рефракционных операций внесли отечественные авторы. Так, В. С. Беляев и соавторы разработали в 80-е годы прошлого столетия комбинированную методику воздействия на рефракцию глаза за счет передней кератотомии и пластики склеры. В ходе выполнения более 300 операций ими было достигнуто уменьшение миопии от 1,0 до 8,0 Д.

В развитие рефракционной хирургии большой вклад внес известный белорусский ученый-офтальмолог И. В. Морхат, который на кроликах начал эксперименты по изменению рефракции путем интерламеллярной имплантации пластмассовых линз еще в 1961 году. Автором была принята попытка теоретически обосновать расчеты изменения рефракции при данном типе операций. Опыты на здоровых кроликах с интерламеллярным введением в роговицу пластмассовых контактных линз с силой преломления от $-0,25$ до $-16,0$ Д подтвердили правильность подхода к расчетам изменения рефракции. Автором вполне справедливо было высказано мнение о необходимости поиска материала или методов с целью повышения проницаемости линз для камерной влаги при высоком коэффициенте преломления для уменьшения толщины и кривизны поверхности линз.

Достаточно полная классификация рефракционных операций представлена Л. И. Балашевичем. Согласно ей изменить рефракцию оптических сред глаза можно тремя путями:

- экстраокулярным (очки и контактные линзы);
- изменением преломляющей способности роговой оболочки дозированным хирургическим воздействием с помощью ножа или лазерного излучения;
- интраокулярным (изменение рефракции с помощью операций со вскрытием глазного яблока).

По клиническому принципу все рефракционные операции классифицируются следующим образом:

А. Роговичные (корнеальные) операции:

1. Изменяющие кривизну центра роговицы за счет воздействия на ее периферию:

- передняя радиальная кератотомия;
- тангенциальная продольная кератотомия;
- имплантация интракорнеального кольца;
- термокератопластика;
- лазерная термокератопластика.

2. Изменяющие кривизну центра роговицы за счет воздействия на самую центральную зону:

- кератофакия;
- эпикератофакия;
- кератомилез;
- фоторефрактивная кератэктомия (ФРК);
- Lasik.

Б. Интраокулярные операции:

1. С экстракцией собственного прозрачного хрусталика:

- ленсэктомия;
- ленсэктомия с имплантацией интраокулярных линз (ИОЛ).

2. Имплантация положительных или отрицательных факичных ИОЛ (ФИОЛ):

- имплантация переднекамерных ФИОЛ;
- имплантация ФИОЛ с фиксацией за радужку;
- имплантация ФИОЛ в заднюю камеру.

Идеального и собственно безопасного метода не существует. Выбор оптимального метода зависит как от возможностей в отношении технического оснащения, так и способностей хирургов, возраста пациента, его состояния здоровья и финансовых возможностей. В табл. 1 представлена классификация кераторефракционных, хрусталиковых и склеральных рефракционных методик.

Таблица 1

Классификация кераторефракционных, хрусталиковых и склеральных рефракционных методик

Процедура	M	M ast	Hm	Hm ast	Mixed ast	Афакия	Пресбиопия
Инцизионная техника							
Радиальная кератотомия	+						
Астигматическая кератотомия		+					
Лимбальные послабляющие разрезы		+					
Ruiz		+					
Лазерная техника							

Процедура	M	M ast	Hm	Hm ast	Mixed ast	Афа- кия	Пресбиопия
ФРК	+	+	+	+	+		Монозрение
Lasek, Epi-Lasik	+	+	+	+	+		Монозрение
Lasik	+	+	+	+	+		Монозрение
Мультифокальная абляция							+
Термические методы							
Радиальная интрастромальная термокератопластика			+				
Лазерная термокератопластика			+				
Кондуктивная кератопластика			+				
Имплантационные технологии							
Интрастромальные кольца	+						
Интрастромальные линзы	+		+			+	
Ламеллярная техника без применения лазера							
Кератомилез	+		+				
Автоматизированная ламеллярная кератэктомия	+		+				
Эпикератопластика	+		+			+	
Кератофакия			+			+	
Удаление прозрачного хрусталика	+						
ИОЛ при пресбиопии	+						
Биоптика	+	+	+	+	+	+	
Мультифокальная ИОЛ	+						+
Аккомодирующая ИОЛ	+						+
Phaco-Erzatz							+
Ослабление склеры							±

«+» — возможность использования операции для данного типа аметропии.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ

РАДИАЛЬНАЯ КЕРАТОТОМИЯ

Среди разнообразного количества рефракционных операций следует отметить выполняющиеся на первом, раннем этапе грубые хирургические операции на роговице с целью изменения радиуса ее кривизны:

- кольцевидная резекция;
- клиновидная резекция;
- миопический кератомилез;
- интраламеллярная аллотрансплантация.

Операции не получили широкого распространения из-за недостаточной точности дозирования, травматичности и осложнений.

Второй этап в 80-е и 90-е годы связан с развитием передней радиальной кератотомии, разработанной С. Н. Федоровым и его школой. Имея широкое распространение во всем мире, радиальная кератотомия позволила получать за счет точного воздействия на роговицу хорошие результаты. Так, у пациентов с рефракцией от $-5,0$ до $-6,0$ Д сферический эквивалент в $\pm 1,0$ Д достигался у 100 % пациентов. Радиальная кератотомия выявила роль толщины роговицы, разницы толщины роговицы в центре и на периферии, значение уровня внутриглазного давления.

Разработанная С. Н. Федоровым и его школой теория резания потребовала особой остроты режущей кромки хирургического лезвия, в связи с чем была создана специальная технология заточки алмазных и лейкосапфировых лезвий с кромкой в 100 \AA (ангстрем).

Операция выполнялась с использованием специальных разметок, по которым проводились дозированные разрезы (рис. 1). Успешное применение радиальной кератотомии послужило толчком к развитию рефракционной хирургии в мире, генезу в значительной степени способствовали исследование

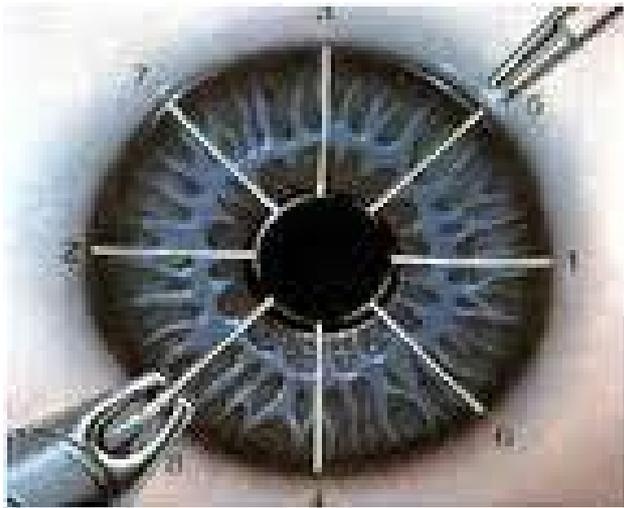


Рис. 1. Схема радиальной кератотомии

С. Н. Федорова и его школы. Так, морфологическое обоснование радиальной кератотомии, показавшее роль глубоких слоев стромы роговицы, дало толчок к развитию интрастромальных методов корнеальной рефракционной хирургии, а методы математического моделирования, расчеты параметров операции, математические программы радиальной кератотомии заложили основы математики лазерной рефракционной хирургии роговицы.

ИМПЛАНТАЦИЯ ИНТРАКОРНЕАЛЬНОГО КОЛЬЦА

Одним из достаточно разработанных является вариант интракорнеальной кератопластики, заключающийся во введении в толщу роговицы концентрично лимбу кольцевидного лентообразного трансплантата.

В 1949 году Barraquer впервые имплантировал инородный материал в роговицу для коррекции рефракционных ошибок. Однако из-за проблем с биосовместимостью импланты были удалены. В 1978 году T. Raymond и соавторы R. T. Angeles, A. M. Jbrahim, D. J Schanzlin обосновали имплантацию роговичного кольца 360° для коррекции миопии и гиперметропии. Кольцо

было прозрачным и выполненным из полиметил-метакрилата (ПММА). Диаметр составлял: наружный — 8,1 мм и внутренний — 6,8 мм (рис. 2).

Вызывая уплощение центра роговицы, кольца позволяли корректировать близорукость в пределах $-3,0$ Д с астигматическим компонентом в пределах $-1,0$ Д.

Условия применения интрастромального кольца требовали, чтобы диаметр роговицы был 10 мм, центральная толщи-



Рис. 2. Интрастромальное роговичное кольцо

на — 480 мкм, периферия роговицы — 570 мкм и среднее значение кератометрии составляло от 40,0 до 46,0 Д. Интрастромальное кольцо вручную имплантировалось в подготовленный роговичный туннель. В случае необходимости на радиальный надрез роговицы накладывался шов, который удаляли через 3–4 недели. После операции в течение одной недели пациенты получали местно антибиотики или стероиды.

В 90-е годы появилась работа с описанием результатов экспериментов с интрастромальным кольцом на глазах кроликов, а впоследствии и на глазах человека. Из осложнений отмечены инфильтраты роговицы, изменение свойств трансплантата.

Операция не стала массовой и не была внедрена в широкую практику из-за следующих недостатков:

- трудоемкой обработки донорского материала;
- сложности придания стандартных размеров;
- возможности аллергических и иммунных реакций на биологическую ткань.

Среди ее главных достоинств отмечают простота техники, дешевизна материала, обратимость формы центральной части роговицы после удаления кольца.

ТЕРМОКЕРАТОПЛАСТИКА ПРИ ГИПЕРМЕТРОПИИ

Техника операции не требует формирования лоскута роговицы и не обуславливает связанные с этим осложнения.

Гиперметропическая рефракция имеет место у 55 % населения. В различных исследованиях показана возможность изменения рефракции роговицы глаз высокотемпературным воздействием.

Внедрению метода кератокоагуляции способствовали работы С. Н. Федорова и его учеников, которые привели к созданию прибора для инфракрасной кератопластики.

Непосредственно после операции имеет место выраженный гипер-эффект, и к концу позднего послеоперационного периода (до 4 месяцев) рефракция достигает расчетной величины. Максимальный рефракционный эффект этой операции составляет в среднем 3,5–4,0 Д.

В ряде случаев авторами отмечена полная регрессия полученных в ходе операции результатов. Средний рефракционный эффект от применения иттербий-эрбиевого лазера через год после операции составляет 2,6–2,8 Д.

При коагуляции гольмиевым лазером также отмечен медленный регресс полученной рефракции. Средний рефракционный эффект через 1–2 года после коагуляции не превышает 2,0 Д, что, возможно, связано с меньшей глубиной коагуляции роговицы, характерной для излучения с длиной волны 2 мкм.

В ряде случаев для получения эффекта применяется радиочастотная энергия 350 кГц, чтобы достигнуть контролируемого результата изменения кривизны роговицы, не затрагивая роговичный центр (кондуктивная кератопластика).

В 2002 году в США для клинического применения разрешена система для лечения сферической гиперметропии у пациентов 40 и более лет (рис. 3).



Рис. 3. Устройство для кондуктивной кератопластики

Через тонкий наконечник (450 мкм — длина, 90 мкм — ширина) радиочастота подавалась в ткань периферии стромы роговицы. Коллаген в зоне воздействия в течение 0,6 с денатурировал (рис. 4).

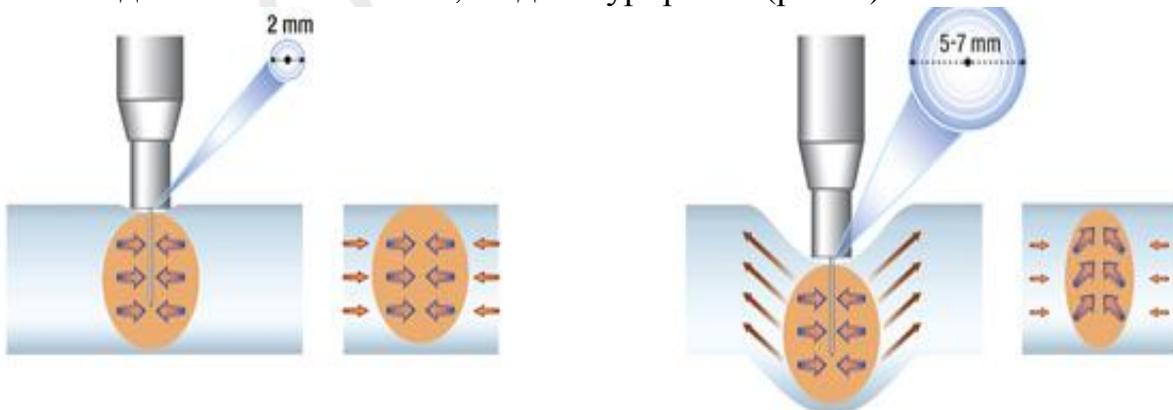


Рис. 4. Денатурация коллагена в зоне воздействия радиочастотного излучения

Изменению подвергалась периферия роговицы в стороне от зрительной оси путем нанесения 32 точечных кольцевых воздействий, вызывающих изменение кривизны роговицы.

Операция показана при гиперметропии до +3,0 Д, она оказывает более ограниченное воздействие на роговицу, чем лазерная термокератопластика, при которой происходит значительное поглощение лазерной энергии водой стромы роговицы, вследствие чего глубина прожигания роговицы отличается от таковой при термокератопластике.

ЭПИКЕРАТОФАКИЯ

Идея эпикератофакии принадлежит авторам, которые получили практические результаты в 80-х годах XX века. Поскольку операция представлялась эффективным методом коррекции афакии после экстракции односторонних катаракт, она получила на начальном этапе распространение в детской офтальмологии.

В основу операции положен принцип усиления кривизны передней поверхности роговицы за счет покрытия ее диском из донорской роговицы. Следует отметить, что при данной операции имеет место минимальная травматизация роговицы реципиента и можно корригировать такую аномалию рефракции, как гиперметропия, в пределах 7,0–9,5 Д.

Из недостатков выделяют трудность получения и изготовления трансплантатов, высокую стоимость оборудования. Следует также учитывать тот факт, что эпикератофакия сопровождается длительным послеоперационным периодом (до 6–8 месяцев), проявлением в значительном числе случаев неправильного астигматизма, что в конечном итоге сказывается на остроте зрения, не превышающей 0,2–0,4. Необходимо учесть и трудность дозирования рефракционного эффекта. Эти обстоятельства и привели к тому, что данный тип операций в настоящее время рассматривается только как один из этапов развития рефракционной хирургии.

КЕРАТОФАКИЯ

Основоположником данной операции явился Jose Barraguer. Наряду с автором подобным исследованием занимались Н. А. Пучковская, В. С. Беляев, С. Н. Федоров, И. В. Морхат.

Во время этой операции кривизна передней поверхности роговицы изменяется за счет введения донорской ткани непосредственно в толщу ее стромы, при этом прирост рефракции прямо пропорционален толщине трансплантата при его диаметре 4–6 мм.

Кератофакия ставит своей целью следующее:

- коррекцию афакии и высокой гиперметропии;
- коррекцию миопии.

Следует обратить внимание на длительный послеоперационный период при данном типе операций. Отмечается также, что вариабельность стабилизации рефракции и остроты зрения колеблется в пределах 6–12 месяцев. Операция реально может давать изменение рефракции в пределах от 6,0–7,0 Д до 12,0–17,0 Д при значительных отклонениях от расчетных значений, составляющих от –2,5 до +3,5 Д.

Несомненно, одними из затрудняющих факторов проведения операции являются биосовместимость трансплантата с роговицей реципиента, проявление неправильного астигматизма, что сказывается на конечной остроте зрения, колеблющейся от 0,1 до 0,9.

Среди осложнений авторами отмечается врастание эпителия роговицы, точечный кератит, смещение трансплантата, его некроз.

Сложность получения и обработки донорского материала, длительность послеоперационного периода не позволили внедрить эту операцию в широкую практику.

КЕРАТОМИЛЕЗ

Jose Barraquer в 1964 году опубликовал сообщение о применении нового метода для коррекции близорукости. Сущность метода кератомилеза заключается в формировании кривизны передней поверхности роговицы под влиянием различной ее толщины из ткани пациента, а не донора. Для роговицы применялось замораживание и обработка микрокератомом выкроенного лоскута (рис. 5). В последующем автор предложил обрабатывать ложе роговицы, и операция получила название «keratomilesis in situ».

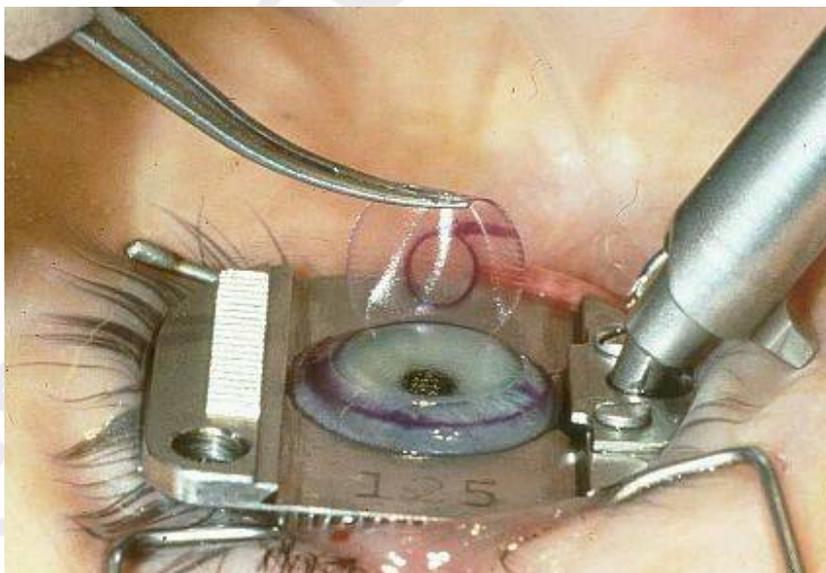


Рис. 5. Лазерный кератомилез

Внедрение автоматических и ручных микрокератомов упростило проведение операций данного типа.

Одним из недостатков кератомилеза являлось то, что его эффективность наблюдалась в случае коррекции близорукости свыше 6,0 Д, а также проявлялся неправильный послеоперационный астигматизм. Операция данного типа требовала высокоточного дорогостоящего оборудования. В конечном итоге она не получила широкого применения.

Тем не менее в литературе приводятся данные об успешных результатах кератомилеза, где максимальный рефракционный эффект составлял 19,0 Д.

У пациентов с дальнозоркостью также был получен положительный результат. При этом срезался лоскут роговицы до 53–70 % толщины стромы, что позволило корригировать от 2,0 до 7,0 Д и получить остроту зрения 0,5 и выше у 74,2 % пациентов.

Проведение подобных операций явилось значительным шагом на пути становления рефракционной хирургии. Потеря позиций кератомилеза связана, прежде всего, с техническим обеспечением, недостаточной прогнозируемостью, возможностью развития послеоперационного неправильного астигматизма.

ЭКСИМЕРНЫЙ ЛАЗЕР И РОГОВИЦА

Для лазерного излучения характерно взаимодействие с тканями глаза, эффект которого определяется абсорбированной частью излучения.

Известно, что роговица, содержащая белки и нуклеиновые кислоты, эффективно поглощает излучение с длиной волны менее 0,28 мкм. Это обстоятельство послужило основанием для разработки определенного типа лазеров (эксимерных лазеров) с целью воздействия на ткань роговицы.

На территории СНГ под руководством С. Н. Федорова в 1988 году была создана эксимерлазерная установка, и в 1989 году опубликованы первые результаты ее клинического применения. Авторами были разработаны оптимальные параметры воздействия лазера и программа.

Эксимерные лазеры для рефракционной хирургии имеют принципиально одинаковое устройство. Различия эксимерных лазеров состоят в особенностях формирующих устройств по доставке излучения к объекту воздействия.

Дальнейшие исследования показали, что при воздействии эксимерлазерного излучения между зоной абляции роговицы, ее диаметром и степенью коррекции рефракции имеется определенная зависимость, что и легло в обоснование применения эксимерных лазеров в офтальмологии.

В последнее десятилетие офтальмологи стали уделять большее внимание погрешностям в оптике глаза — абберрациям. Под абберрациями понимаются как аномалии рефракции в виде миопии, гиперметропии и астигматизма, так и абберрации высшего порядка, к которым относятся кома, сферическая, хроматическая и некоторые другие виды абберраций. Воз-

ника необходимость создания нового подхода в эксимерлазерной хирургии — выполнения индивидуализированной абляции с использованием лазерных установок, работающих в комплексе с aberрометрами. Типы таких установок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Эксимерные лазеры в комплексе с aberрометрами

Лазеры	Характеристики
Alcon LadarVision 4000 Laser	Миопия –8,0 и астигматизм до –4,0 Д, летающая точка. Оптическая зона 6,5 мм и переходная зона до 9,5 мм
Visx Star S4 CustomVue Laser	Миопия –6,0–(–3,0) и астигматизм от +3,0 Д до –3,0 Д, активный 3D-контроль, автоматическое центрирование. Оптическая зона 6 мм и переходная зона до 8 мм
Bausch&Lomb Zyoptix Laser	Миопия –7,0 и астигматизм до –3,0 Д, летающая точка. Оптическая зона 7 мм и переходная зона до 9 мм
Zeiss Meditec	Размер летающей точки 0,7 мм, работа с частотой от 250 Hz, система видеоконтроля
NIDEK EC 5000	Миопия –8,0 и астигматизм до –4,0 Д, летающая точка. Оптическая зона 6,0 мм и переходная зона до 10 мм

Абляция с использованием данных aberрации позволяет уменьшить толщину испаряемой ткани при диаметре абляции до 7 мм, что повышает эффективность коррекции близорукости высокой степени.

Несомненно, индивидуализированная абляция по данным aberрометрии повышает возможности рефракционной хирургии. Однако ожидания преимуществ данной методики не всегда оправданы. Связано это с тем, что расчетные результаты новой технологии не всегда предсказуемы, как и при обычной эксимерлазерной хирургии. Кроме этого, следует учитывать технические возможности приборов, самих эксимерных лазеров, методики расчета конечного результата и индивидуальные особенности процесса заживления раны роговицы, а также особенности обработки зрительных сигналов в зрительных центрах мозга.

Было установлено, что при воздействии УФ-излучения с $\lambda = 193$ нм, жестко поглощаемого клеточной стенкой, образуется рассеянное излучение с длиной волны более 320 нм, которое может вызывать изменения в глубже лежащих структурах роговицы.

Несомненно, этот факт следует учитывать в инактивирующем действии УФ-излучения на структуры роговицы. Известно, что особенность инактивирующего действия высокоинтенсивного УФ-излучения обусловлена, с одной стороны, увеличением выхода димеров тиминовых соединений и, с другой стороны, протеканием в ДНК лазериндуцирован-

ных фотохимических реакций, приводящих к образованию в ней принципиально новых повреждений, таких как одонитевые разрывы, разрывы N-гликозидной связи, модифицированные основания. При этом выход специфических фотопродуктов увеличивается пропорционально квадрату роста интенсивности УФ-излучения, что свидетельствует о двухквантовой природе фотохимических реакций, и с ростом интенсивности лазерного УФ-излучения уменьшается способность клеток к фотозащите и фотореактивации. Последнее утверждение нашло подтверждение в исследованиях, установивших, что в качестве основной мишени излучения оптического диапазона являются мембранные образования клеток и внутриклеточных органелл.

Общепризнано, что особенно чувствительны к свободнорадикальным повреждениям мембраны, содержащие в большом количестве ненасыщенные жирные кислоты. Вызывая перекисидацию мембран, свободные радикалы приводят к нарушению их функций.

В процессе эволюции клетки выработали системы защиты ферментативной и неферментативной природы, водорастворимые и локализованные в мембранах. Сам способ упаковки молекул и надмолекулярные структуры также во многом предотвращают неконтролируемое окисление. Из ферментативных антиоксидантов особенно важны: супероксиддисмутаза, каталаза и глутатиопероксидаза, разлагающие соответственно перекись водорода и гидроперекиси.

С точки зрения свободнорадикальной теории, даже небольшой дисбаланс между генерирующей и защитной системами приведет к постепенному нарастанию продуктов окисления липидов и структурно-функциональным последствиям окисления.

Действительно, исследователями местно применялись такие антиоксиданты, как эмоксипин, токоферол, катахром и карназин, в ходе проведения Lasik. При этом было высказано мнение о том, что применение препаратов ингибиторов свободнорадикального окисления, и в частности карнозина, целесообразно в ходе лазерного кератомилеза.

Присутствие значительного количества активных форм кислорода ведет к истощению защитных систем роговицы и усилению воспаления. Более того, это обстоятельство приводит к модификации коллагеновых волокон, их деформации и, в конечном счете, к усилению рассеяния света в зоне эксимерлазерной абляции.

Электронно-микроскопические исследования роговицы после лазерного кератомилеза позволили установить, что модификация стромы роговицы возрастает по мере увеличения длительности воздействия эксимерного лазера.

Действительно, использование техники обнаружения фрагментов ДНК и электронной микроскопии позволило установить, что в ходе лазерного кератомилеза происходит апоптоз клеток роговицы при участии ин-

терлейкина-1, при этом интенсивность апоптоза достигает максимума на 2–4-й день и сопровождается активацией миофибробластов кератоцитов, продуцирующих коллаген, гиалуроновую кислоту.

Последующие исследования подтвердили, что в ходе воздействия эксимерного лазера в роговице происходит накопление диеновых конъюгатов, кислых оснований Шиффа и дезорганизация коллагеновых волокон роговицы, наблюдающиеся на протяжении 9 месяцев после Lasik, а также продуктов окисления малонового диальдегида и перекиси водорода во влаге передней камеры, что может усиливать риск катарактогенеза.

Прижизненные исследования роговицы после Lasik при помощи конфокального микроскопа показали, что под влиянием как лазерного излучения, так и микрокератома в строме роговицы происходит дезорганизация коллагеновых волокон, активация кератоцитов в период до двух месяцев, обнаруживаются однородные включения, что, по мнению авторов, может служить причиной выявления иррегулярного астигматизма и вести к повторным операциям.

Несомненно, явления апоптоза доминируют при фоторефрактивной кератэктомии, однако они имеют место и при проведении лазерного кератомилеза. В последнем случае важная роль отводится цитокинам, которые из поврежденных на периферии лоскута эпителиальных клеток, продвигаясь к строме роговицы, выступают в роли пускового фактора апоптоза, что требует применения фармакологических препаратов, модулирующих описанный процесс.

Разработанная многочисленными авторами технология лазерного кератомилеза достаточно хорошо изучена. Известно, что достоинствами данного метода является предсказуемость величины удаляемой стромы роговицы, короткий послеоперационный период и меньшая потребность в медикаментозных средствах.

В настоящее время сложилась практика выполнения одномоментного двустороннего лазерного кератомилеза в случае отсутствия интраоперационных осложнений.

Важным моментом при принятии решения о проведении Lasik является мотивация пациента. Как правило, на принятие решения об операции пациентов влияет результат тщательной предоперационной подготовки и последующий характер беседы с хирургом, в ходе которой больной знакомится с возможным результатом операции и возможными осложнениями.

На сегодняшний день известно более 10 видов эксимерных лазеров, используемых в рефракционной хирургии, и столько же типов микрокератомов. В табл. 3 представлена характеристика глубины реза роговицы различных микрокератомов.

Характеристика глубины реза роговицы микрокератомами

Производитель	Модель	Глубина реза — реальная глубина (микроны)	Диаметр фиксирующего кольца	Установка	Тип
Bausch & Lomb	Hansatome Zyoptix	160, 180, 200 120, 140, 160, 180, 200	8,5; 9,5 8,5; 9,5	Верхняя	Автомат
Moria	LSK One	80–110 100–130 130–160	От 8,75 до 10,75	Назальная	Ручной
	LSK One Use	130–160	От 8,75 до 10,50	Назальная	Ручной
	Carraizo-Barraguer	110–140 130–160 150–180	От 8,75 до 10,50	Открытая	Ручной
	M2	110–130 130–150 150–170	От 8,75 до 9,75	Открытая	Автомат
	M2 одноканальный	90–110 130–150	От 8,75 до 9,75	Открытая	Автомат
Refractive Technologies	Steritome	130, 160, 180, 200, 220	8; 8,5; 9,5; 10,5	Назальная	Автомат
BD	BD K-3000	130, 160, 180	8,5; 8,8; 9,0; 9,5; 10	Назальная	Автомат
Ophthalmic Systems	BD K-4000	–	–	Назальная	Автомат
AMO	Amadeus II	140, 160, 180	8,5; 9; 9,5; 10	Назальная	Автомат
Nidek	MK-2000	130+, 160+, 180	8,5; 9; 9,5; 10	Назальная	Автомат
Schwind	Carraizo-Pendular	110, 130, 150	8; 9; 10	Открытая	Ручной и автомат

Применение механических кератомов все же сопровождается осложнениями со стороны роговицы, особенно при наличии тонкой роговицы. Избежать проблем подобного рода помогло появление нового поколения лазерных микрокератомов — фемтосекундных лазеров (ФМСЛ).

Длительность воздействия ФМСЛ составляет 10–15 с. Поскольку роговица прозрачна и проходит инфракрасное излучение ФМСЛ, его энергия не поглощается роговицей в отличие от эксимерного лазера. Лазерная энергия ФМСЛ составляет примерно 1020 W/cm^2 . Используемая энергия одного импульса для создания лоскута находится в пределах 1,5–2,0 μJ (mJ). Применение сканирующей электронной микроскопии поверхности стромы роговицы после воздействия ФМСЛ показывает высокое качество и точность разреза. Несмотря на высокое качество разреза, использование данного типа лазеров сдерживается их высокой стоимостью по сравнению с механическими микрокератомами.

Ретроспективное сравнение результатов Lasik с формированием лоскута IntraLase и двумя механическими микрокератомами Hansatome и Moria показало идентичные результаты по остроте зрения во всех группах пациентов в первый послеоперационный день и спустя 3 месяца. Так, при оценке результатов измерений на 103 глазах при заданной величине 140 микрон толщина лоскута составила $132,5 \pm 18,5$ микрон, а при заданной величине 110 микрон — $125,0 \pm 12,0$ микрон.

Приводимые в литературе данные свидетельствуют о том, что частота осложнений эксимерлазерного кератомилеза колеблется до 15 % от общего количества оперированных больных и зачастую зависит от типа микрокератома. Следует отметить, что доминирующее положение занимают послеоперационные осложнения, среди которых на ведущие позиции выходит диффузный ламеллярный кератит. Эти изменения являются следствием дистрофических процессов в лоскуте роговицы при проведении Lasik и представляют собой один из этапов развития синдрома дезадаптации лоскута роговицы. Следует отметить, что в большинстве случаев осложнения, особенно операционные, имеют место, в основном, на стадии освоения техники операции.

Метод лазерного кератомилеза находится в развитии и непрерывно совершенствуется, что послужило стимулом к более широкому его внедрению в повседневную практику врача-офтальмолога.

ЛАЗЕРНЫЙ СУБЭПИТЕЛИАЛЬНЫЙ КЕРАТОМИЛЕЗ (LASEK) И EPI-LASIK

Метод представляет собой комбинацию Lasik и ФРК. Как и при PRK, во время Lasek удаляется эпителий роговицы с помощью воздействия алкоголя и осуществляется лазерная абляция стромы роговицы (рис. 6). Целью подобной комбинации является попытка избежать осложнений со стороны лоскута, как во время выполнения Lasik, и уменьшить риск развития помутнения, как во время выполнения ФРК.

Исследования *in vitro* показали зависящий от дозы и времени эффект алкоголя на эпителий роговицы. Так, 25%-ный алкоголь вызывает значительную гибель клеток спустя 35 с воздействия и значительный апоптоз клеток после 8 ч воздействия. Эти данные соответствуют клиническим наблюдениям о вариабельности эпителиальных изменений в первые дни после Lasek-хирургии. После установки на роговицу маркера 7 или 9 мм применяли 18%-ный этанол. После 25–30 с этанол удалялся аспирацией и эпителий смещался к краю роговицы, оставаясь интактным преимущественно на 12 часах. После эксимерлазерной абляции эпителиальный лоскут аккуратно укладывался на прежнее место, поверх устанавливалась контактная линза, которая удалялась после реэпителизации (3–4-й день).

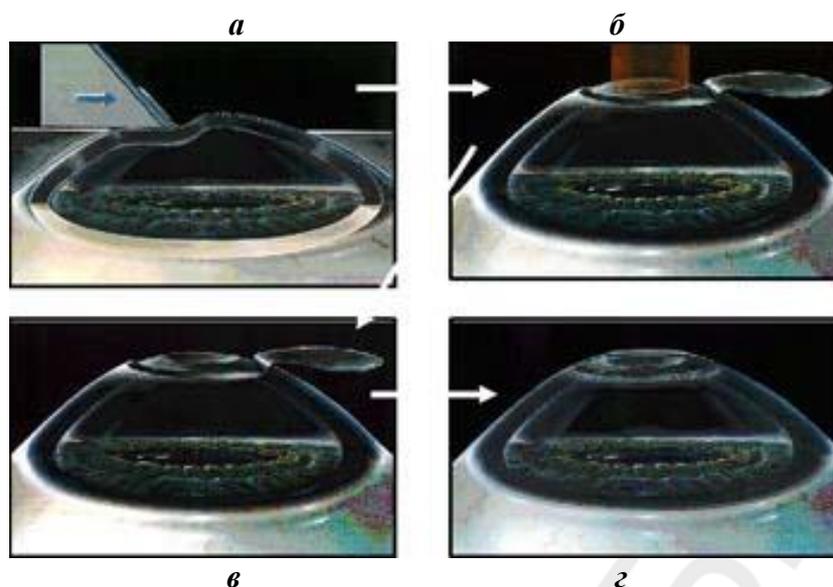


Рис. 6. Схема Lasek:

a — формирование эпителиального лоскута; *б* — лазерная абляция; *в, г* — укладыва-
ние лоскута

В ряде случаев используется кольцо микрокератома и 0,3%-ная гидроксипропилметилцеллюлоза для сдвига эпителия роговицы.

В табл. 4 представлены сравнительные характеристики ФРК, Lasek и Lasik.

Таблица 4

Сравнительные характеристики ФРК, Lasek и Lasik

Фактор	ФРК	Lasek	Lasik
Параметры коррекции	От низкой к средневысокой, ограничена глубиной абляции	От низкой к средневысокой, ограничена глубиной абляции	Возможности более высокие, ограничена толщиной роговицы
Заживление	Медленное и болезненное	Медленнее, чем после ФРК	Минимально
Послеоперационный болевой синдром	24–48 ч	Обычно меньше, чем после ФРК	Минимально
Послеоперационное лечение	От 3 недель до нескольких месяцев	От 3 недель до нескольких месяцев	От 5 дней до 2 недель
Восстановление зрения	3–7 дней	От 1 до 7 дней	Менее 24 ч
Стабилизация рефракции	От 3 недель до нескольких месяцев	От 3 недель до нескольких месяцев	От 1 до 6 недель
Специфические осложнения	Помутнение	Помутнение меньше, чем после ФРК	Срез лоскута, тонкий лоскут, эктазия роговицы, включения под лоскутом, диффузный ламеллярный кератит

Фактор	ФРК	Lasek	Lasik
Риск рубцевания	1–2 %	Меньше, чем при ФРК	Минимален
Проявления синдрома сухого глаза	1–6 недель и более	1–6 недель и более	Может продолжаться до 12 месяцев и более
Специфические показания	Риск отказа от операции	Риск отказа от операции, тонкая роговица, осложнения после Lasik на парном глазу, предрасположенность к проблемам с лоскутом роговицы, предрасположенность к травмам, подозрение на кератоконус, глаукому, рецидивирующие эрозии, синдром сухого глаза, заболевания базальной мембраны	Боязнь болевого синдрома после операции, требования быстрого восстановления зрения, повторные операции после проникающей хирургии или ФРК/Lasek
Специфические противопоказания	Боязнь послеоперационного болевого синдрома, прогнозирование выраженного помутнения	Боязнь послеоперационного болевого синдрома, прогнозирование выраженного помутнения	Тонкая роговица, широкий зрачок, синдром сухого глаза, роговичные помутнения, глаукома, глубокопосаженные глаза

Результативность Lasek у пациентов, судя по литературным данным, очевидна, хотя есть и существенные замечания по результатам.

Среди возможных исходов Lasek также встречаются осложнения. Так, во время выполнения этой методики сразу возможен отрыв эпителиального лоскута, разрыв его на отдельные фрагменты, скручивание и соскальзывание с ложа. В первые послеоперационные дни встречаются эпителиальные дефекты и субэпителиальные включения инородных тел, кератиты. Одной из причин появления помутнения при выполнении данной методики может быть тот факт, что в течение периода реэпителизации кератоциты мигрируют в зону отека и секрет нового экстраклеточного матрикса содержит коллаген III типа и гликозаминогликаны. После трех месяцев количество активных кератоцитов уменьшается, и проявления помутнения возвращаются на субклинический уровень.

В группу методик, предполагающих лазерное субэпителиальное воздействие у пациентов с аномалиями рефракции, относится и Epi-Lasik. Эта методика представляет собой альтернативу технике отделения эпителия роговицы механическим путем. Согласно этой методике отделение

эпителия выполняется инструментально при помощи эпикератома (рис. 7), которым совершают осцилляторные движения.



Рис. 7. Эпикератом

Перед выполнением Epi-Lasik проводится анестезия, затем роговица обрабатывается охлажденным солевым сбалансированным раствором в течение 30 с. Абляция эпителия выполняется эпикератомом в носовую сторону. После этого роговица постоянно охлаждается, и производится лазерная абляция. В конце процедуры укладывается контактная линза на 4–5 дней и назначаются соответствующие медикаментозные средства.

ИНТРАОКУЛЯРНАЯ КОРРЕКЦИЯ АНОМАЛИЙ РЕФРАКЦИИ

Несмотря на выдающиеся достижения, лазерная рефракционная хирургия не решает многочисленные проблемы аномалий рефракции высших степеней. Это связано с анатомическими особенностями роговицы (испарение ткани возможно в пределах 300 мкм), с увеличением аберраций и ухудшением зрения у пациентов с высшими степенями аномалий рефракции в случае лазерного кератомилеза. Массивное воздействие на ткань роговицы лазерного излучения повышает риск развития послеоперационных осложнений. Эти обстоятельства послужили побудительным мотивом к хирургической коррекции аномалий рефракции за счет одного из элементов оптической системы глаза — хрусталика. Особенно способствовали развитию данного этапа достижения техники фактоэмульсификации катаракты, которая позволила сделать оперативное вмешательство предсказуемым и безопасным. Одним из положительных моментов является то обстоятельство, что современная хирургия хрусталика стала результативной благодаря внедрению ИОЛ из новых высококачественных материалов, превосходящих по своим оптическим свойствам естественный хрусталик и не создающих дополнительных аберраций.

Еще одним фактором в пользу интраокулярной коррекции аномалий рефракции является то обстоятельство, что современные ИОЛ из гибких материалов могут вводиться через малые самогерметизирующиеся разрезы.

Среди существующих способов интраокулярной коррекции наиболее применяемы и известны лентэктомия и введение внутрь глаза дополнительной корригирующей линзы при коррекции как близорукости, так и гиперметропии.

Лентэктомия — экстракция прозрачного хрусталика. Она является наиболее известной рефракционной операцией. В настоящее время имеется значительное количество серьезных исследований результатов операций подобного типа, среди которых выделяются работы, посвященные оптимизации техники оперативного вмешательства. Авторами были приведены хорошие результаты у пациентов с близорукостью 15,0–35,0 Д. При этом отмечено, что корригированная острота зрения повысилась с 0,31 до 0,62 при девиации остаточной близорукости в пределах $-2,0$ Д, а гиперметропии в пределах $+4,5$ Д. Одним из недостатков операций данного типа является трудность адаптации пациентов старше 45 лет к зрительной работе в условиях афакии. Утверждается, что существенным недостатком также является невозможность точного прогнозирования конечной рефракции.

Одно из направлений рефракционной хирургии — имплантация ФИОЛ при сохранении собственного прозрачного хрусталика. Данная операция начала развиваться в 60-е годы XX столетия, но в связи с выраженными осложнениями не получила должного применения.

Как видно из вышеприведенных данных, несмотря на значительное количество методических подходов в рефракционной хирургии, в арсенале врача-офтальмолога остается ограниченный круг операций. Связано это прежде всего с рядом недостатков, присущих некоторым технологиям рефракционной хирургии. Так, эпикератофакия, кератофакия и введение донорских трансплантатов в роговицу требуют дефицитного донорского материала и его трудоемкой обработки, характеризуются отсутствием высокой точности рефракционного эффекта. Техническая сложность, недостаточная предсказуемость эффекта, частота осложнений не позволили широко внедрить кератомилез в классическом исполнении.

Несмотря на существование более 20 методов хирургической коррекции близорукости, дальнозоркости и астигматизма, на ведущие позиции выходят в последние годы современные технологии оперативных вмешательств на роговице и хрусталике, среди которых доминируют лазерный кератомилез, лентэктомия прозрачного и катарактального хрусталиков, коррекция афакии.

Несомненно, современная рефракционная хирургия в настоящее время отдает предпочтение эксимерлазерной технологии, прежде всего, лазерному кератомилезу и операциям, основанным на изменении рефракции за счет удаления прозрачного или мутного хрусталика с последующей имплантацией ИОЛ.

По мнению Л. И. Балашевича, эти операции должны отвечать ряду требований:

- давать предсказуемый рефракционный эффект;
- обеспечивать высокую остроту зрения;
- быть безопасными;
- обеспечивать быстрое восстановление работоспособности;
- обеспечивать стабильность полученного результата.

В выборе методики операции следует учитывать тот факт, что ни одна из них не обеспечивает стопроцентную предсказуемость рефракционного эффекта. По мнению автора, есть оптимальный предел коррекции аномалий рефракции:

- для кератотомии — миопия до 5,0–6,0 Д и астигматизм до 3,0–4,0 Д;
- ФРК — миопия до 6,0 Д и гиперметропия, астигматизм около 3,0–4,0 Д;
- Lasik — миопия до 12,0 Д, гиперметропия и астигматизм до 4,0 Д;
- имплантации ФИОЛ — миопия до 30,0 Д и гиперметропия до 10,0 Д;
- терموкератопластики — гиперметропия до 3,0 Д.

Несомненно, абсолютно безопасной рефракционной операции для пациента нет. Каждая из них несет угрозу осложнений, что создает ряд проблем как для хирурга, так и для пациента.

Так, лазерные операции могут привести к помутнениям роговицы, врастанию эпителия под роговичный лоскут или регрессу первичного эффекта, что значительно удлиняет восстановительный период. Операции с применением ультразвуковой или лазерной энергии также могут вызвать изменение структур переднего отрезка глаза и значительно нивелировать конечный результат.

Среди проблем, с которыми сталкиваются офтальмохирурги при выполнении имплантации ИОЛ для коррекции аметропии, являются следующие:

- выбор оптимального роговичного разреза с минимизацией возникновения рефракционных ошибок;
- минимизация отрицательного воздействия ультразвуковой энергии и ирригационного раствора на структуры передней камеры;
- выбор оптимальной формулы расчета искусственных хрусталиков;
- профилактика осложнений со стороны стекловидного тела;
- профилактика осложнений со стороны задней капсулы.

Выполнение рефракционных интраокулярных операций требует подбора соответствующей модели ИОЛ. На сегодняшний день в международном регистре представлено более 1548 моделей ИОЛ от 33 производителей. Наиболее привлекательны для офтальмохирургов с учетом хирургии малых разрезов аккомодирующие и мультифокальные ИОЛ. В каче-

стве примера современных ИОЛ на рис. 8 представлены типы линз, позволяющих хорошо видеть предметы, находящиеся на близком и удаленном расстоянии.

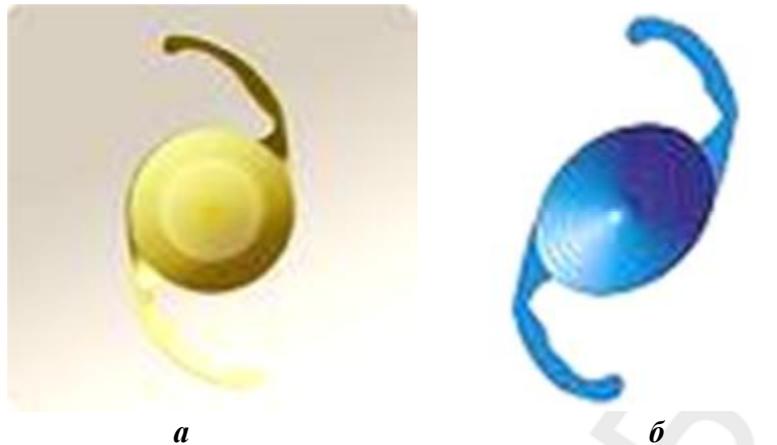


Рис. 8. Представители мультифокальных ИОЛ:
a — Alcon Restor (США); *б* — Миол-Аккорд (Россия)

В табл. 5 представлены основные типы мультифокальных ИОЛ.

Таблица 5

Основные типы мультифокальных ИОЛ

Место имплантации	Бифокальная/мультифокальная	Технология	Линза	Дизайн линзы	Материал	Дизайн оптики	Размер, оптика/гаптика	Кол-во зон	Навеска
Задняя камера	Бифокальная	Рефракционная	MF4	1 часть	Гидрофил акрил	Биконвекс	6/10,5	4	+4
			68STUV	1 часть	ПММА	Биконвекс			
		Дифракционная	811E	1 часть	ПММА	Биконвекс	6/12,5	–	+4
			808X	1 часть	ПММА	Биконвекс	6,5	–	+4
			ZM001	3 части	Силикон	Биконвекс	6/13,0	–	+4
			825X	3 части	ПММА	Биконвекс	6,0	–	+4
			815LE	1 часть	ПММА	Биконвекс	6,0	–	+3,5
			SA60D3	1 часть	Гидрофоб акрил	Биконвекс	6/13,0	2	+4
			MA60D3	3 части	Гидрофоб акрил	Биконвекс	6/13,0	–	–
	Мультифокальная	Рефракционная	PA154N	1 часть	ПММА	Биконвекс	6/12,5	5	+3,5
			MPC25	1 часть	ПММА	Биконвекс			

Место имплантации	Бифокальная/мультифокальная	Технология	Линза	Дизайн линзы	Материал	Дизайн оптики	Размер, оптика/гаптика	Кол-во зон	Навеска
			SA40N	3 части	Силикон	Биконвекс	6/13,0		
			VF200	3 части	Силикон	Биконвекс	6,0	Асферика	+4
			Domilens Progress 1	1 часть	ПММА	Биконвекс	7,0	Асферика	+5
			Domilens Progress 3	1 часть	ПММА	Биконвекс	6,5	Асферика	+4,75
Задняя камера	Бифокальная	Рефракционная	Newlife/Vivarte Presbyopic	1 часть	Гидрофильный акрил	Concave Convex	5,5/12,0 12,5; 13,0	3	+2,5
«Piggy-back»	Бифокальная	Рефракционная	Acor	1 часть	Гидрофильный акрил	Concave Convex	6,0/13,5	3	+3,5

Данные типы ИОЛ состоят из рефракционной линзы и дифракционной структуры (аналога зонной пластинки Френеля). На структуре световой пучок разделяется на два пучка: 0-го и +1-го порядка дифракции. В 0-м порядке пучок проходит без отклонения, и ИОЛ работает подобно обычному рефракционному хрусталику, аккомодированному на бесконечность. В +1-м порядке создается дополнительная оптическая сила, и на сетчатку проецируются ближние предметы. Наряду со сфокусированным изображением при дальнем и ближнем зрении формируется расфокусированное, которое подавляется неосознанными процессами головного мозга.

Одним из развиваемых в последние годы направлений рефракционной хирургии является имплантация аккомодирующих ИОЛ. Интерес к ним связан с возможностью коррекции пресбиопии. Аккомодирующие ИОЛ привлекают интерес офтальмохирургов прежде всего тем, что они лишены проблем, которые есть у мультифокальных ИОЛ:

- уменьшение контрастной чувствительности;
- появление эффекта «hallo»;
- наличие потенциальной возможности нарушения зрения в зоне между ближней и дальнейшей точкой ясного зрения.

Одними из представителей аккомодирующих ИОЛ являются: Crystalens (Eyeonics, Inc., Aliso Viejo, CA) и CE-certified Akkomodative JCU lens (Human optics A. G., Erlangen, Germany) (рис. 9).

Crystalens выполнена из силикона с диаметром 11,5 мм, она имеет 4,5 мм оптику и гаптику.



a

б

*Рис. 9. Аккомодирующие ИОЛ:
a — Crystalens; б — CE-certifieol Akkomodative JCU lens*

CE-certifieol Akkomodative JCU lens выполнена из гидрофильного акрилового материала. Наружный диаметр составляет 9,5 мм, а оптика — 5,5 мм с четырьмя гаптическими элементами.

Работа данного типа ИОЛ происходит за счет релаксации капсульного мешка, вызванного сокращением цилиарной мышцы и смещением ИОЛ вперед.

Клинические исследования показали, что ИОЛ JCU дает хорошее зрение вблизи в сравнении с монофокальной ИОЛ. Crystalens имплантировалась после ленсэктомии прозрачного хрусталика. Средняя цель рефракции составляла $-0,33$ Д. В течение 1 месяца после операции сферический эквивалент рефракции колебался от $-0,75$ до $+1,0$ Д. Пациенты в конечном итоге имели хорошее зрение, но все же нуждались в очковой коррекции.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕФРАКЦИОННОЙ ХИРУРГИИ

Вышеприведенные основные методы рефракционной хирургии в зависимости от рефракции представлены в табл. 6.

Интерес представляют данные о тенденциях рефракционной хирургии в США. Так, по данным 2002 года, среди рефракционных технологий Lasik составил 55 %, Lasek — 40 %, ФРК — 26 %, экстракция прозрачного хрусталика — 12 %. Наименьший интерес хирургов отмечен к торическим и мультифокальным ИОЛ. По данным 2003 года отмечено, что Lasik оставался доминирующей методикой для пациентов с аномалиями рефракции от $+3,0$ до $-8,0$ Д.

Основные методы рефракционной хирургии

Вид рефракции	Причины лечения	Применяемая технология
Миопия	Хирургия роговицы	Радиальная кератотомия, ФРК, автоматизированная ламеллярная кератопластика, лазерный кератомилез (Lasik, Lasek), корневальные кольца
	Хирургия хрусталика	Хирургия прозрачного хрусталика, ФИОЛ
Гиперметропия	Хирургия роговицы	ФРК, лазерный кератомилез (Lasik), термальная кератопластика
	Хирургия хрусталика	Хирургия прозрачного хрусталика, ФИОЛ
Астигматизм	Хирургия роговицы	Кератотомия, ФРК, Lasik, Lasek
	Хирургия хрусталика	Торические ИОЛ

Следует отметить осторожный подход хирургов в выборе методики. Так, для лиц 30-летнего возраста с рефракцией $-7,0$ Д в 87 % случаев применяли Lasik, а для рефракции $-12,0$ Д только в 12 % применяли данную методику, причем до 33 % возростала доля имплантации ФИОЛ. В последующем обзоре за 2005 год авторы, опрашивая 8897 членов Американского общества рефракционных хирургов, отметили, что выполнение рефракционных операций сопровождается рядом осложнений: при выполнении Lasek — болью (96,4 %), эпителиальными дефектами (86,6 %), помутнением роговицы (81,8 %); при выполнении Lasik — сухим глазом (95,2 %), диффузным кератитом (66,7 %), врастанием эпителия (60,4 %). Доля имплантации ФИОЛ составила 17,4 %, и среди данной группы в 71,2 % случаев наблюдали передние субкапсулярные помутнения хрусталика, а в 12,3 % — ядерные помутнения. Авторами отмечено, что, по сравнению с предыдущими годами, рефракционная хирургия развивается и среди применяемых методик. Наиболее распространенными являлись операции лазерного кератомилеза и ФРК для роговицы, а для хрусталика — имплантация ФИОЛ и экстракция прозрачного хрусталика.

Знакомство с данными авторов о применении ФИОЛ не вызывает выраженного оптимизма.

В качестве потенциальных кандидатов на имплантацию ФИОЛ рассматривают пациентов с высокой односторонней миопией более $-10,0$ Д, а также гиперметропией свыше $+6,0$ Д при непереносимости контактной коррекции.

Кроме этого, данный метод может быть использован при двусторонней миопии свыше $-12,0$ Д и гиперметропии более $+4,0$ Д в связи с высоким риском развития послеоперационных осложнений. Несомненно, планировать имплантацию ФИОЛ можно только при нормальной гидродинамике, открытом угле и глубине передней камеры не менее 2,8 мм.

Для переднекамерных ИОЛ глубина камеры должна быть не менее 3,2–3,4 мм при миопии. Операция противопоказана при глаукоме, помут-

нении хрусталика, макулярной патологии, хронических воспалительных заболеваниях оболочек глаза. В научной литературе приводятся рекомендации об имплантации ФИОЛ пациентам старше 21–25 и даже 32 лет.

Предполагалось, что они будут альтернативой другим методам коррекции аметропий у пациентов с прозрачным хрусталиком. Были предложены три варианта крепления ФИОЛ: с фиксацией в углу передней камеры, с фиксацией на радужке и заднекамерные ФИОЛ.

При имплантации ИОЛ Staar Collamer в 38 случаях у пациентов с миопией от $-7,75$ до $-29,0$ на всех глазах наблюдалось повышение остроты зрения, рефракция оставалась стабильной в течение 3 лет наблюдения. Из осложнений отмечали в 7,9 % случаев глаукому, в 2,6 % — катаракту.

При сравнении результатов имплантации переднекамерных (Baush & Lomb) и заднекамерных (Staar JCL) ФИОЛ в течение 6 месяцев наблюдения не отметили осложнений.

При сравнении результатов Lasik и имплантации ФИОЛ авторы отметили, что сферические абберации глаза проявляются в основном у пациентов, которым выполнялся Lasik.

После имплантации переднекамерных ФИОЛ ZSAL-4 в 190 глаз с миопией авторы отметили изменение сферического эквивалента с $-14,75$ до 1,55 Д, астигматизм незначительно уменьшался с 1,66 до 1,05 Д. Из осложнений отмечены хронический иридоциклит (18 %), макулярные геморрагии (1 %) и появление сияющего ореола перед глазом (18 %).

Несомненно, на результативности имплантации ФИОЛ сказывается их дизайн, материал, способ фиксации, что учитывают офтальмохирурги. Однако, несмотря на то, что в Европе увеличивается доля имплантации ФИОЛ, количество выполненных операций в приводимых данных исчисляется десятками, а не величинами большего порядка. Это говорит об осторожности в выборе данной методики и об ограниченном ее применении.



Рис. 10. Фемтосекундный лазер IntraLase

В последние годы операции Lasik продолжают развиваться. Это связано с внедрением фемтосекундных лазеров (ФЛ) (рис. 10), позволяющих существенно повысить предсказуемость и точность формирования роговичного лоскута, а также улучшить его архитектуру.

Рефракционная хирургия с использованием ФЛ впервые стала широко применяться в клинической практике с 2001 года. Все они базируются на эффекте фоторазрушения, при помощи которого происходит резание ткани роговицы. Все установки работают на длине волны равной 1040 нано-

метров. Тем не менее, между ними имеются также довольно существенные различия. В установках Femtec (производства компании 20/10 Perfect Vision) и IntraLase (AMO) энергия импульса достаточно высока, в то время как у лазера модели LDV (Ziemer) энергия очень низкая, а в VisuMax (Carl Zeiss) энергетические параметры промежуточные. В лазерах IntraLase и VisuMax процесс резания контролируется оператором, в лазере LDV наблюдение за ходом реза осуществляется с помощью монитора. У Femtec и VisuMax поверхность датчика, контактирующего с роговицей, имеет сферическую форму. В установке LDV лазерный луч доставляется с помощью специального рукава-манипулятора, внутри которого располагаются зеркала. Данный манипулятор миниатюрен, и его можно расположить между головкой эксимерного лазера и пациентом, поэтому в ходе операции нет необходимости перемещать пациента от одной лазерной установки к другой. Помимо этого, LDV является наиболее компактным из всех имеющихся моделей ФЛ. Все четыре ФЛ различаются по продолжительности импульса: от 250 фемтосекунд у LDV до 500 фемтосекунд у IntraLase и Femtec. Частота следования импульсов находится в диапазоне мегаГц у LDV и килоГц в других системах. При этом энергия в импульсе имеет порядок наноДж у LDV и микроДж у остальных ФЛ.

С момента появления первого поколения системы в 2001 году IntraLase использован уже более чем при 2 000 000 операций, сюда следует отнести и 500 кератопластик. Среди возможных областей применения необходимо отметить астигматическую кератотомию, клиновидную резекцию, послойную и сквозную пересадку роговицы, формирование тоннелей для роговичных кольцевых сегментов и выполнение биопсии роговицы. Недавно представленное 5-е поколение системы обладает целым рядом важных преимуществ. Это ФЛ с частотой 150 кГц, который позволяет существенно уменьшить время формирования роговичного лоскута и общее количество затрачиваемой при этом энергии. Он также способен формировать край клапана с различными геометрическими характеристиками, в частности скошенный до 150 град, или, например, клапаны овальной формы, которые характеризуются повышенной адгезией к роговичному ложу. Кроме того, в последней модели IntraLase операционный микроскоп имеет увеличенную глубину фокуса, он снабжен цифровой видеокамерой с высоким разрешением, более удобным интерфейсом с экраном, реагирующим на прикосновение оператора.

Одна из важнейших характеристик данной установки заключается в том, что интерфейс между контактным датчиком лазера и роговицей имеет сферическую форму, поэтому линза не оказывает компрессии на роговицу, не деформирует ее и внутриглазное давление практически не изменяется. У Femtec великолепный и очень удобный графический интерфейс, имеется возможность видеомониторинга, который особенно важен при выкраивании роговичного трансплантата. Установка снабжена детектора-

ми наклона головы пациента, она может напрямую связываться с диагностическими приборами в случаях индивидуализированных вариантов лечения. В дополнение к широко апробированному использованию в качестве кератома с целью срезания клапана роговицы Femtec может применяться при астигматической кератотомии, интрастромальной астигматической кератотомии и для формирования роговичных трансплантатов. Однако основная его особенность, отличающая от других ФЛ, — это потенциал по использованию в интрастромальной рефракционной хирургии, не предполагающей формирования роговичного лоскута.

ФЛ имеет особое значение в случае рефракционных операций, при которых размеры формируемого роговичного лоскута играют существенную роль в достижении результата. ФЛ LDV показал себя в работе очень надежным и достаточно легким в управлении. При его использовании не нужна помощь специального техника, отсутствует необходимость в калибровке, не нужно контролировать температуру и влажность в операционной.

VisuMax компании Carl Zeiss — это интегральная платформа, в которой скомбинированы эксимерный и фемтосекундный лазеры. В ней используется специфическая контактная система сферической формы, что позволяет фиксироваться к роговице при использовании невысоких значений вакуума. Это дает возможность избежать временной потери зрения в ходе набора вакуума и фиксации глаза. Позиционирование места лазерного воздействия прецизионное, этому способствует то, что пациент может фиксировать взгляд на мигающем световом источнике.

Исследование толщины сформированного роговичного лоскута с использованием высокочастотной цифровой УЗ-системы показало, что полученные геометрические параметры минимально отличаются от расчетных. Основной чертой, отличающей данный ФЛ от других, является то, что VisuMax можно использовать в ходе операции, получившей аббревиатуру FLEX. Это новый метод рефракционной хирургии, при котором внутри роговицы формируется линза (лентикул). Данная линза затем удаляется вручную.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В издании представлены сведения о различных подходах офтальмохирургов к коррекции различных видов аномалий рефракции.

В случае коррекции аметропии гиперметропических и миопических глаз более успешно лечение последних. Связано это с тем, что миопические глаза менее вариабельны в анатомических изменениях по сравнению с гиперметропическими. Последние в сравнении с эметропическими глазами отличаются короткой осью, меньшим размером переднего сегмента

глаза, меньшим диаметром роговицы и углом передней камеры и большей склонностью к открытоугольной глаукоме, особенно у стареющих пациентов с прогрессирующими изменениями хрусталика. Лечение гиперметропии требует повышенного внимания рефракционного хирурга. Успешное лечение средней и высокой гиперметропии остается одной из больших проблем рефракционной хирургии, несмотря на существующие хирургические методы.

Статистические данные изучения 30 000 пациентов старше 16 лет показали, что среди аметропий миопия составляет 27 %, гиперметропия — 56 % и смешанный астигматизм — 2,25 %. В свете этих исследований несколько парадоксальным выглядит тот факт, что гиперметропия, превалируя среди рефракционных аномалий, тем не менее, составляет меньшую долю среди хирургических пациентов, чем миопия. Практически ФРК и Lasik преобладают в группе пациентов с миопией. Это косвенно отражает осторожный подход хирургов к устранению рефракционной аномалии у пациентов с гиперметропией. В то же время в рекламных проспектах фирм, выпускающих эксимерлазерные системы, смело указывается на возможность устранения гиперметропии в +6,0 Д и даже более.

Ламеллярная техника коррекции гиперметропии, такая как кератофакия, кератомилез и эпикератофакия, не нашла широкого применения вследствие трудности выполнения, плохой предсказуемости и осложнений. Гиперметропическая автоматическая ламеллярная кератопластика также не нашла широкого применения вследствие низкой предсказуемости, риска сдвига рефракции в сторону миопии, возможности эктазии и иррегулярного астигматизма.

В настоящее время в коррекции гиперметропии наблюдаются два подхода в устранении до +3,0 Д и более +3,0 Д с использованием экстраокулярных методик и интраокулярных вмешательств.

Анализ литературных данных свидетельствует, что из экстраокулярных методов наиболее широко применяются термокератопластика, фото-рефрактивная кератэктомия, лазерный кератомилез, из интраокулярных методов — имплантация ФИОЛ и операции на хрусталике: лентэктомия или факоэмульсификация в зависимости от прозрачности.

Литературные данные не говорят о высокой эффективности в коррекции гиперметропии ни термокератопластики, ни ФРК, ни Lasik, особенно у лиц старше 50 лет и с рефракцией более +3,0 Д.

В качестве альтернативы экстраокулярной хирургии гиперметропии была предложена методика имплантации в глаза ИОЛ различного типа: заднекамерных ФИОЛ или ИОЛ, переднекамерных ирис-клипс-ИОЛ и ИОЛ с фиксацией в углу передней камеры. Однако данные методики могут приводить к таким осложнениям, как возникновение глаукомы, развитие катаракты, потеря эндотелиальных клеток роговицы, что не может не сказываться на остроте зрения.

САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

Задача 1

Ребенку 8 лет. При чтении и выполнении письменной работы он низко наклоняет голову, при взгляде на телевизор с расстояния 4 метров щурится. Какой вид рефракции можно предположить?

Задача 2

Какие очки нужно выписать для работы вблизи пациенту 40 лет с дальнозоркостью в 1,5 Д?

Задача 3

Пациентка 22 лет с близорукостью $-8,0$ Д носит контактные линзы. Какой вид лазерной коррекции можно рекомендовать?

Задача 4

Пациенту 46 лет, дальнозоркость $+6,0$ Д. Какой вид коррекции аномалии рефракции можно рекомендовать?

Задача 5

Пациентке 22 года, беременность 18 недель, близорукость $-6,0$ Д. Настаивает на лазерной коррекции зрения. Какой вид лазерной коррекции можно рекомендовать?

Задача 6

Пациентке 35 лет, близорукость $-18,0$ Д. Предложите методы коррекции близорукости.

Задача 7

Пациенту 55 лет, незрелая катаракта, дальнозоркость в $+2,0$ Д. Выберите оптимальный метод коррекции зрения.

Ответы

Задача 1. Миопия.

Задача 2. $+2,5$ Д.

Задача 3. Эксимерлазерная коррекция при достаточной толщине роговицы.

Задача 4. Рефракционная ленсэктомия.

Задача 5. Возможно проведение лазерной коррекции через 6 месяцев после окончания периода лактации.

Задача 6. Рефракционная ленсэктомия.

Задача 7. Факоемульсификация катаракты с имплантацией ИОЛ.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. *Аветисов, С. Э.* Кераторефракционная хирургия / С. Э. Аветисов, В. В. Мамикоян. М. : Медицина, 1993. 100 с.
2. *Балашевич, Л. И.* Рефракционная хирургия / Л. И. Балашевич. СПб. : СПб-МАПО, 2002. 285 с.
3. *Позняк, С. Н.* Хирургическая коррекция аномалий рефракции / С. Н. Позняк. Минск : БГМУ, 2009. 316 с.

Дополнительная

4. *Беляев, В. С.* Операции на роговице и склере / В. С. Беляев // Руководство по глазной хирургии / под ред. М. Л. Краснова, В. С. Беляева. М., 1988. С. 84–183.
5. *Конев, С. В.* Фотобиология / С. В. Конев, И. Д. Волоотовский. 2-е изд., перераб. и доп. Минск : БГУ, 1979. 383 с.
6. *Коррекция* гиперметропии методом термокератоластики / С. Н. Федоров [и др.] // Хирургические методы лечения дальнозоркости и близорукости : сб. науч. тр. М., 1988. С. 3–7.
7. *Морхат, И. В.* Интерламеллярная кератоластика / И. В. Морхат. Минск : Беларусь, 1980. 110 с.
8. *Результаты* операции кератомилеза в отдаленном периоде / С. Н. Федоров [и др.] // Хирургические методы лечения близорукости : сб. науч. тр. М., 1988. С. 29–32.
9. *Сергиенко, Н. М.* Отдаленные результаты хирургической коррекции гиперметропии / Н. М. Сергиенко, Г. М. Панасенко // Офтальмол. журн. 2000. № 4. С. 11–13.
10. *Barraguer, J. I.* Special methods in corneal surgery / J. I. Barraguer // The cornea : 1-st World Congr. Washington, 1965. P. 593.
11. *Dimitri, T.* Azar LASEK / T. Dimitri // Refractive Surgery. 2-nd ed. Philadelphia : Elsevier, 2007. P. 239–247.
12. *Lyle, W. A.* Phacoemulsification with intraocular lens implantation in high myopia / W. A. Lyle, J. C. Jin // J. Cataract Refract. Surg. 1996. Vol. 22. № 2. P. 238–242.
13. *Tutton, M. K.* Holmium : YAG laser thermokeratoplasty to correct hyperopia : two years follow-up / M. K. Tutton, P. M. Cherry // Ophthalmic Surg. Lasers. 1996. Vol. 27. № 5. P. 521–524.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы.....	3
Подходы к изменению рефракции глаза	5
Основные методы рефракционной хирургии	8
Радиальная кератотомия	8
Имплантация интракорнеального кольца	9
Термокератопластика при гиперметропии	10
Эпикератофакция.....	12
Кератофакция.....	12
Кератомилез	13
Эксимерный лазер и роговица	14
Лазерный субэпителиальный кератомилез (Lasek) и Epi-Lasik	19
Интраокулярная коррекция аномалий рефракции	22
Перспективные направления рефракционной хирургии	27
Заключение	31
Самоконтроль усвоения темы	33
Литература.....	34

Учебное издание

Позняк Сергей Николаевич

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ АНОМАЛИЙ РЕФРАКЦИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственная за выпуск Л. Н. Марченко
Редактор О. В. Лавникович
Компьютерная верстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 31.05.12. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Zoom».

Печать ризографическая. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 1,75. Тираж 70 экз. Заказ 774.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет».
ЛИ № 02330/0494330 от 16.03.2009.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.