

УДК 617.753.2-089-07:617.713

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РОГОВИЦЫ ПОСЛЕ ЭКСИМЕРЛАЗЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ ЗРЕНИЯ ПО МЕТОДИКЕ LASIK

Драчёва Т.В.

ФГБОУ ВО «ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, Пермь,
e-mail: ddatyana1998@yandex.ru

Аномалии рефракции являются распространенной проблемой среди населения. Миопия, различного рода астигматизм, гиперметропия приносят массу неудобств, ведут к астенопическим явлениям, ограничивают социальные возможности и так или иначе снижают качество жизни. О возможности воздействия эксимерного излучения на роговицу глаза первым сообщил J. Taboado в 1981 г. Исследования были продолжены R. Srinivasan, который проводя эксперименты на кроликах и приматах, доказал, что испарение роговицы возможно без повреждения тканей граничащих с зоной фотоабляции и после ее завершения в зоне воздействия остается гладкая поверхность. В 1983 г. S. Trokel опубликовал статью, в которой сообщил о возможности дозированного высокоточного испарения ткани роговицы и возможности применения этого явления в клинической практике с целью коррекции аномалий рефракции. В 1961 г. Barraquer описал операцию кератомилеза, в основе которой лежит иссечение части стромы оптически активной части роговицы. Актуальность многопланового исследования морфологии роговицы и функциональных исходов лазерного кератомилеза, проводимого на месте (Laser assisted in situ keratomileusis – LASIK) определяется огромным количеством прооперированных в мире пациентов и давностью операций. Так, сегодня в мире насчитывается более 18 миллионов таких пациентов. Каждый год их количество увеличивается на 700 тысяч.

Ключевые слова: роговица, эксимерное излучение

MORPHOFUNCTIONAL AND BIOMECHANICAL CHANGES IN CORNEA AFTER EXCIMER LASER CORRECTION OF LASIK METHOD

Dracheva T.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Academician Ye.A. Vagner Perm State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation,
Perm, e-mail: ddatyana1998@yandex.ru

Refractive errors are a common problem among the population. Myopia, astigmatism, hypermetropia bring a lot of inconvenience, lead to asthenopic phenomena, limit social opportunities and somehow reduce the quality of life. The possibility of excimer radiation exposure to the cornea first reported by J. Taboado in 1981. R. Srinivasan, who conducted experiments on rabbits and primates, continued the studies. He proved that evaporation of the cornea is possible without damaging the tissues adjacent to the photoablation area and after the process is complete, a smooth surface remains in the impact area. In 1983, S. Trokel published an article in which he reported on the possibility of dosed highly accurate evaporation of corneal tissue and the possibility of using this phenomenon in clinical practice in order to correct refractive errors. In 1961, Barraquer described the operation of keratomileusis, which is based on the stromal part excision of the optically active part of the cornea. The huge number of operated patients and the prescription of operations around the world determine the relevance of a multidimensional study of corneal morphology and functional outcomes of LASIK. Thus, there are more than 18 million such patients in the world today. Every year their number increases by 700 thousand.

Keywords: cornea, excimer radiation

Совмещение различных технологий привело к появлению LASIK – эксимер-лазерного кератомилеза *in situ*, который представляет собой рефракционную фотоабляцию стромы роговицы с помощью эксимерного лазера, производимую после частичного удаления плоского диска с передней поверхности роговицы [1, 2].

LASIK – Laser assisted in situ keratomileusis (лазерный кератомилез, проводимый на месте). Такое название связано с тем, что лазерный кератомилез сначала проводился не на месте, не на глазу – роговичный лоскут полностью отделяли от глаза и «обтачивали» на специальном аппарате до нужной формы. При проведении ЛАСИК

роговичный лоскут полностью от роговицы не отделяется [1].

Вся история развития «корректирующей хирургии» была связана с поисками безопасного и стабильного метода коррекции, позволяющего навсегда избавиться от зависимости носить очки и контактные линзы. Эксимерлазерная коррекция зрения – одна из наиболее значимых разработок в области медицины за последнее время. В мировой практике накоплен значительный опыт лазерной хирургии роговицы. Доля операций такого рода составляет в различных странах 60–85% от всего количества рефракционных операций. Пациенты, избравшие хирургический путь лечения, должны гаран-

тировано достичь своего максимального зрения независимо от предложенного метода рефракционной хирургии. Именно такая задача ставится перед каждым рефракционным хирургом [2, 3].

Прежде чем рассмотреть различные изменения роговицы после проведения лазерного кератомилеза, стоит обратить внимание на показатели и ее свойства в норме.

Роговица (Cornea) – это прозрачное защитное образование, кривизна поверхности которого определяет особенности преломления светового пучка.

Роговица обладает такими свойствами как прозрачность, гладкость, зеркальность, сферичность, чувствительность, способность к регенерации (если дефект неглубокий, то есть, не задета базальная мембрана, то заживление происходит в течение суток без последствий, но при более глубоких повреждениях полная регенерация может занимать до двух месяцев). Она выполняет две основные функции: оптическую – преломляющая сила и защитную [4].

Оптические свойства роговицы определяются прозрачностью, менисковой формой и более высоким показателем преломления (1,377) по сравнению с воздухом (1,0). Оптическая плотность роговицы и водянистой влаги (1,366) передней камеры практически одинакова, поэтому преломление светового пучка осуществляется, в основном, ее передней поверхностью [5].

Горизонтальный диаметр роговицы у взрослых достигает 11 мм (вертикальный диаметр обычно меньше на ~1 мм). В центре она всегда тоньше, чем на периферии. Этот показатель также коррелирует с возрастом: например, в 20–30 лет толщина роговицы соответственно равна 0,534 и 0,707 мм, а в 71–80 лет – 0,518 и 0,618 мм [5].

Для оценки пред- и послеоперационного состояния роговицы в рефракционной хирургии, а также после других вмешательств на роговице (кератопластика) проводится кератопограмма [6].

Преломляющая сила роговицы в среднем имеет диапазон 40,7–46,6 дптр. В норме она постепенно уплощается от центра к периферии на 2–4 дптр, при этом с назальной стороны уплощение более выражено, чем с височной. Топограммы обеих роговиц одного человека часто выглядят зеркально симметричными. Некоторые же иногда встречающиеся незначительные различия являются индивидуальной особенностью [5, 6].

Пациентам, которым планируется лазерная коррекция зрения, особенно важно исключить наличие кератоконуса. Основными признаками кератоконуса являются

высокая оптическая сила центральной части роговицы (более 47,2 дптр), большая разница между оптической силой вершины и периферии и различие между роговицами обоих глаз пациента [6].

Несмотря на современный арсенал высокотехнологичного оборудования и большой клинический опыт, существуют интра- и послеоперационные осложнения. В связи с этим остаются актуальными вопросы изучения морфологии роговицы и изменений её биомеханических свойств после проведения операции LASIK [3, 7].

На сегодняшний день для оценки морфологии роговицы, состояния эпителия нервных волокон, кератоцитов и других структур применяют метод конфокальной микроскопии. В ходе многих научных работ этот метод использовали для исследования различных слоев роговицы пациентов в отдаленные сроки после LASIK. В одной из работ было выявлено увеличение толщины эпителия, а также гиперрефлективность нервных волокон, кератоцитов на уровне лоскута и остаточного стромального ложа. Представляется, что активность кератоцитов обуславливает постепенное формирование прочного соединения стромального ложа и лоскута роговицы. Через 4 года после операции проведение конфокальной микроскопии дало возможность визуализировать зону лазерного воздействия. Эта зона распозналась благодаря, стриям лоскута, дебрису (остатки испаренной лазером ткани под лоскутом, незаметные для пациента и рассасывающиеся со временем) и низкой оптической плотности. Дебрис был выявлен у 40,0% пациентов. Низкая оптическая плотность наблюдалась в 73,3% случаев. Через 10 лет после LASIK снижение прозрачности экстрацеллюлярного матрикса и гиперрефлективности кератоцитов в зоне лазерного воздействия были определены в 76,7% случаев. Возможно, эти процессы вносят вклад в увеличение толщины роговицы. Также, было отмечено, что увеличение толщины роговицы после LASIK многие авторы связывают с утолщением эпителия. В ходе 101 исследования были получены сходные данные, по данным конфокальной микроскопии эпителиальный пласт увеличился в среднем на 32.5 ± 14.8 мкм [7].

В основе любой эксимерлазерной операции лежит испарение части стромы, в результате чего достигается изменение кривизны роговицы. Однако, эти изменения не ограничиваются только зоной абляции. Будучи структурой, обладающей биомеханическими свойствами, роговица реагирует на

изменения в своем строении и в центральной зоне, и на периферии. Её анатомическая особенность такова, что, в зависимости от глубины среза, чем толще клапан, тем более толстые коллагеновые волокна пересекаются и сокращаются к периферии, учитывая их склерально-лимбальное прикрепление. Это приводит к эффекту уплощения центра роговицы еще до проведения абляции. Кроме того, после проведения абляции направленная наружу сила натяжения неповрежденных волокон, расположенных на периферии аблированной зоны, приводит к уплощению центра роговицы, утолщению ее периферии и увеличению кривизны. Это усиливает эффект миопической абляции путем добавления дополнительного биомеханического уплощения и снижает эффект гиперметропической абляции, так как чем глубже удаляется роговичная ткань, тем сильнее роговица реагирует центральным уплощением [7, 8].

Изучение биомеханических свойств склерально-роговичных колец изолированных глаз с использованием определенных методики показало, что в результате эксимерлазерной фотоабляции толщина оптической зоны роговицы снижается на 15–20%, что приводит к критическим изменениям механических свойств роговицы, в частности, к существенному снижению ее прочности. Авторами был сделан вывод, что глаз представляет собой динамическую систему, в которой при различных движениях глаза, при сокращении экстраокулярных мышц, аккомодационной работе, давлении век при моргании возникает передаточная деформация роговой оболочки [7].

Роговичная биомеханика – один из главных аспектов, ограничивающий возможности кераторефракционной хирургии в создании идеальной рефракционной поверхности [1, 8].

С целью изучения изменений толщины роговицы были изложены результаты пахиметрии в центральной части в разные сроки после LASIK у тех пациентов, у которых был определен рефракционный регресс. Проводили сравнение с предоперационными данными и толщиной роговицы сразу после LASIK. Одним из основных результатов проведенного исследования явилось обнаружение постепенного увеличения толщины роговицы в отдаленные сроки после LASIK у тех пациентов, у которых наблюдался значимый регресс рефракционного эффекта. Срок наблюдения не превышал 10 лет, однако спустя 4 года после операции в зависимости от исходной степени миопии толщина роговицы увеличилась на $34.0 \pm 14.9 - 50.0 \pm 17.3$ мкм, что составило

35.1–48.1% от глубины абляции, а через 10 лет – на $44.7 \pm 19.0 - 61.2 \pm 17.5$ мкм (48.9 – 70.9% от глубины абляции) [7].

Отсутствие точности в толщине лоскута и остаточного стромального ложа, абляция излишней ткани роговицы – главные факторы, вызывающие серьезные биомеханические сдвиги в структуре роговицы после операции LASIK и приводящие к погрешностям рефракционного результата и снижающие качество зрения. Также, в результате исследований в ряде случаев была выявлена достоверная прямая корреляция рефракционного регресса и увеличения толщины роговицы [3, 7, 8].

Новые возможности в оценке вязкоэластических свойств роговицы предоставляет прибор Ocular Response Analyzer (ORA) – анализатор биомеханических свойств роговицы, созданный компанией Reichert (США). ORA является бесконтактным тонометром и использует принцип динамической двунаправленной аппланации роговицы. В ходе исследования происходит постепенное усиление потока воздуха, в результате, роговица быстро уплощается и незначительно прогибается кнутри. Затем поток воздуха постепенно ослабляется, роговица подвергается повторному уплощению и возвращается к исходной форме. Таким образом, оптический детектор прибора осуществляет регистрацию двух моментов аппланации роговицы – «аппланация кнутри» и «аппланация кнаружи». ORA позволяет определять внутриглазное давление (ВГД) по Гольдману, корнеальный гистерезис (КГ), который отражает в большей степени вязкостные свойства роговицы, роговично-компенсированное ВГД (ВГДрк) и фактор резистентности роговицы (ФРР), отражающий ее эластические свойства – условные величины, вычисляемые с использованием специальных алгоритмов. ВГДрк характеризует ВГД, которое имел бы глаз, если бы вязко-эластические свойства роговицы были уже учтены при измерении, не зависит от толщины роговицы и в гораздо большей степени отражает реальные цифры давления по сравнению с результатами измерения по Гольдману. Фактор резистентности роговицы характеризует упругие свойства роговичной ткани, которыми та обладает вне зависимости от уровня ВГД, его значение увеличивается при повышенных значениях давления по Гольдману и зависит от показателей толщины роговицы. Дополнительно можно измерить толщину роговицы в центре (ЦТР). В результате научных работ была отмечена зависимость значений перечисленных показателей от толщины роговицы [8, 9].

Проводилось исследование, в ходе которого, в послеоперационном периоде, по данным анализатора биомеханических свойств роговицы (ORA), отмечалось статистически значимое снижение значений корнеального гистерезиса (КГ) и фактора резистентности роговицы (ФРР). Степень снижения этих показателей различалась в зависимости от исходной толщины роговицы и объема лазерного воздействия. При увеличении объема лазерного воздействия (в зависимости от степени корригируемой миопии) увеличивалась степень снижения корнеального гистерезиса и фактора резистентности роговицы, т.е. степень изменения биомеханических свойств роговицы находится в прямой зависимости от объема лазерного воздействия [8].

Список литературы

1. Габбасов А.Р. Лазерная коррекция зрения. М.: ЭКСМО, 2009. 50 с.
2. Позняк Н.И., Бирич Т.А., Позняк С.Н., Мурашко В.А., Радько А.В., Коновалов А.В., Ковшель Н.М. Экимерлазерная коррекция аномалий рефракции. Беларусь: СП ООО «Современные медицинские технологии», ГУ «МТЗ Медсервис», 2002. 3 с.
3. Костенев С.В., Черных В.В. Биомеханические и иммунологические изменения роговицы после эксимерлазерной рефракционной хирургии (литературный обзор) // Бюллетень со РАМН, 2009. № 4 (138). С. 71–74.
4. Егоров Е.А., Алексеев В.Н., Астахов Ю.С., Ставицкая Т.В. Офтальмология. Изд-во: Гэотар – Медиа, 2010. 17 с.
5. Чупров А.Д., Кудрявцева Ю.В. Анатомия и физиология органа зрения. Киров: КГМА, 2007. 46 с.
6. Удодов Е.Н. Кератотопография. Минск, 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://vseoglazah.ru/eye-exams/corneal-topography> (дата обращения: 16.03.2018).
7. Чураков Т.К. Оценка морфофункциональных изменений роговицы после эксимерлазерной коррекции миопии по методике LASIK: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.07. Санкт-Петербург, 2016. 23 с.
8. Паштаев Н.П., Патеева Т.З. Изменения биомеханических свойств роговицы после IntraLasik у пациентов с миопией // Вестник ОГУ. 2009. № 12. С. 112–114.
9. Астахов Ю.С., Потемкин В.В. Толщина и биомеханические свойства роговицы: как их измерить и какие факторы на них влияют (литературный обзор) // Офтальмологические ведомости. 2008. № 4. 39 с.