
Качан Т.В., Марченко Л.Н.

3-я городская клиническая больница, Минск, Беларусь

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

Изменение показателей внутриглазного давления после эксимерлазерной коррекции аномалий рефракции

Поступила в редакцию 20.10.2011

Контакты: tvk35@yahoo.com

Резюме

С целью выявления закономерностей изменения показателей внутриглазного давления после ЭЛК было сформировано две группы пациентов: 1) лица с миопической рефракцией (227 глаз); 2) пациенты с гиперметропией (49 глаз) и смешанным астигматизмом (17 глаз).

Значимое снижение пневмотонометрических показателей ВГД в отдаленном послеоперационном периоде, по сравнению с дооперационными, как в первой группе, так и во второй свидетельствует о том, что ЭЛК приводит не только к изменению толщины и профиля роговицы, а также индуцирует определенное изменение ее биомеханических свойств.

Ключевые слова: внутриглазное давление, эксимерлазерная коррекция, биомеханические свойства роговицы.

■ АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В последние годы появились особые тенденции в офтальмологии, призывающие нас по-новому взглянуть на структуры глаза и задуматься над применением биомеханических законов и методов в решении ряда практических задач:

- значительно возросло число пациентов с аномалиями рефракции, выбравших эксимерлазерную операцию в качестве способа их коррекции;
- пациенты, сделавшие рефракционную операцию более двадцати лет назад, приближаются к возрастному рубежу, в котором высок риск развития глаукомы. Таким образом, возникает неизбежная потребность в правильной интерпретации показателей внутриглазного давления (ВГД) для диагностики и мониторинга глаукомы;

- появляется все больше данных о том, что эксимерлазерная коррекция приводит не только к уменьшению толщины роговицы, но индуцирует комплекс биомеханических изменений ее эластичности;
 - увеличивается количество доказательств тесной взаимосвязи патогенеза глаукомы с биомеханическими свойствами структур глаза.
- При оценке риска прогрессирования заболевания не только центральная толщина роговицы (ЦТР), а также степень ее ригидности рассматривается как показатель, влияющий на особенности развития глаукомы.

Традиционно в эксимерлазерной хирургии основными критериями оценки состояния роговицы считаются ее толщина и особенности топографии. В результате эксимерлазерной коррекции уменьшается толщина роговицы, что приводит к изменению не только рефракции глаза, но и определяемого ВГД. В связи с этим необходимо корректно интерпретировать показатели ВГД у пациентов, перенесших рефракционные операции.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Были сформированы две основных группы пациентов. В первую вошли 128 человек (227 глаз) с близорукостью в возрасте 20–45 лет. Среди них с миопией слабой степени (МСлС) – 38 пациентов (71 глаз); с миопией средней степени (МСС) – 42 пациента (74 глаза); с миопией высокой степени (МВС) – 48 пациентов (82 глаза). В эту же группу были включены пациенты со сложным миопическим астигматизмом, степень близорукости которых рассчитывалась по сферическому эквиваленту. Во вторую группу были включены пациенты с гиперметропией и смешанным астигматизмом, в нее же вошли лица со сложным гиперметропическим астигматизмом, степень дальнозоркости которых рассчитывалась по сферическому эквиваленту. С гиперметропией слабой степени (ГСлС) обследовано 14 пациентов (21 глаз), с гиперметропией средней степени (ГСС) – 11 пациентов (19 глаз), с гиперметропией высокой степени (ГВС) – 6 пациентов (9 глаз), со смешанным астигматизмом (САст) – 11 человек (17 глаз). ЭЛК выполнялась по технологии LASIK на эксимерном лазере MEL 70 G-Scan Carl Zeiss. Всем пациентам проводилась пневмотонометрия (Торсон, СТ-80) и контактная тонометрия по Маклакову до операции (за 1–7 дней) и через 3 месяца после ЭЛК.

Цель работы

Определить закономерности изменения показателей внутриглазного давления у пациентов, перенесших эксимерлазерную коррекцию методом LASIK.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

У пациентов первой группы с миопией высокой, средней и слабой степени выявлено статистически значимое снижение показателей ВГД по данным пневмотонометрии. У пациентов второй группы с дальнозоркостью и смешанным астигматизмом пневмотонометрические показатели ВГД после ЭЛК также оказались значимо ниже в отдаленном послеоперационном периоде по сравнению с дооперационными, несмотря на увеличение «крутизны» профиля роговицы (табл. 1). Уровни ВГД, определенные контактным методом с помощью тонометра Маклакова, через 3 месяца после операции ни в одной группе статистически значимо не отличались от таковых до проведения ЭЛК (табл. 2). Чувствительность этого метода составила 1,0; специфичность – 0,23; ППРТ – 0,56; ПОРТ – 1,0; LR – 1,29.

Таблица 1

Показатели внутриглазного давления по данным пневмотонометрии (мм рт. ст.), Me (25%, 75%)

Группа	до ЭЛК	после ЭЛК	Достоверность различий
МВС	14 (12, 16)	9 (7, 10)	$p < 0,05$
МСС	15 (13, 17)	10 (8, 12)	$p < 0,05$
МСлС	14 (12,15)	10,5 (8, 14)	$p < 0,05$
ГВС	16 (14, 18)	12 (10, 14)	$p < 0,05$
ГСС	16,5 (14, 18)	12 (10, 14)	$p < 0,05$
ГСлС	16,5 (14, 18)	12,5 (10, 14)	$p < 0,05$
САк	14 (12, 16)	9,5 (8, 12)	$p < 0,05$

Полученные результаты невозможно объяснить, оценивая только толщину и топографию роговицы. В этом случае мы бы получили снижение пневмотонометрических показателей внутриглазного давления в первой группе и увеличение (либо отсутствие) изменений – во второй, так как после ЭЛК профиль роговицы у пациентов с миопией уплощается, а у лиц с гиперметропией становится более выпуклым. Следовательно, есть факторы, которые при воздействии эксимерного лазера на среднюю и крайнюю периферию роговицы гиперметропов индуцируют изменения пневмотонометрических показателей ВГД в ее центре. Углубление знаний о биомеханических свойствах роговицы, полученных из математического моделирования, экспериментальных исследований и прижизненного изучения, убедило исследователей, что при построении биомеханических моделей роговицы нужно учитывать достаточно большое число параметров, отражающих ее гетерогенность, анизотропность, асимметричность, воздействие ВГД и глазодвигательных мышц. Прочность роговицы определяется, в основном, механическими свойствами стромы, при этом передняя ее часть на 25% прочнее, чем задняя [4, 11, 12, 14]. Строма сформирована из параллельно расположенных (на расстоянии, в среднем, 30 нм друг от друга) коллагеновых фибрилл и связующего вещества. Фибриллы, действующие как опорные элементы, уложены, в свою очередь, в переплетающиеся пластины [5, 6,

Таблица 2

Показатели внутриглазного давления при измерении тонометром Маклакова

(мм рт. ст.), Me (25%, 75%)

Группа	до ЭЛК	после ЭЛК	Достоверность различий
МВС	20 (19, 22)	20 (19, 23)	$p > 0,05$
МСС	19,5 (19, 22)	20 (19, 22)	$p > 0,05$
МСлС	19,5 (18, 22)	19,5 (18, 22)	$p > 0,05$
ГВС	20,5 (19, 22)	20 (19, 22)	$p > 0,05$
ГСС	19,5 (18, 22)	19 (18, 20)	$p > 0,05$
ГСлС	19,5 (18, 22)	19 (18, 20)	$p > 0,05$
САк	19 (18, 20)	19 (18, 20)	$p > 0,05$

14]. В поверхностной строме фибриллы пластин тоньше и расположены довольно хаотично, в то время как в глубине роговицы они толще, количество их больше, а ориентированы они намного более упорядоченно. Кроме того, волокна коллагена, из которых состоят роговичные пластинки, распространяются от лимба к лимбу. В корнеальном центре волокна пересекаются перпендикулярно, а к периферии – под все более косым углом. Тем самым напряженно-деформированное состояние ткани роговицы определяется, прежде всего, механическими и геометрическими свойствами самих волокнистых структур, их особой архитектурой, внутри- и межмолекулярными связями, а также биохимическим составом [3, 7, 13].

В клинической практике в настоящее время уже появились специальные анализаторы, которые, кроме ЦТР, используют для оценки биомеханических свойств роговицы ее вязко-эластичные свойства, такие как корнеальный гистерезис (КГ), фактор резистентности роговицы (ФРР) и роговично-компенсированное ВГД [8]. КГ является индикатором вязкого затухания колебаний в роговичной ткани, его величина остается постоянной при повторных измерениях у одного и того же человека, но значительно отличается у разных людей. Кроме того, было замечено, что значения КГ на правом и левом глазах у одного человека имеют высокую степень соответствия, свидетельствующую о том, что гистерезис является детерминированным биологическим свойством организма [8]. ФРР является показателем общей резистентности роговицы. Хотя КГ и ФРР взаимосвязаны, в некоторых случаях они значительно различаются, предоставляя исследователю определенную информацию о роговице. Значение ФРР увеличивается при повышенных значениях давления по Гольдману и значимо коррелирует с показателями толщины роговицы [8, 9]. Роговично-компенсированное ВГД – это значение давления, рассчитанное с учетом данных о биомеханических свойствах роговицы. Доказано, что этот показатель практически не зависит от ее толщины и остается относительно постоянной величиной после LASIK.

Когда роговица подвергается лазерной абляции, нарушается ее ламеллярная структура, прерываются волокна. Снижение значений КГ и ФРР можно считать универсальной реакцией роговицы после операции LASIK, что указывает на уменьшение ее вязко-эластичных свойств [2]. Показатели КГ и ФРР дают более полную характеристику свойств роговицы, чем ее толщина, и объясняют случаи отсутствия послеоперационной кератэктазии на чрезмерно истонченной роговице, равно как и ее возникновение при исходно нормальной корнеальной толщине.

■ Выводы

1. Выявлено значимое снижение показателей ВГД после эксимерлазерной коррекции, полученных бесконтактным пневмотонометрическим способом у пациентов со всеми видами аномалии рефракции.
2. Данные результаты косвенно свидетельствуют о том, что ЭЛК приводит не только к изменению толщины и профиля роговицы, но также индуцирует определенное изменение ее биомеханических свойств, приводящее к снижению пневмотонометрических значений ВГД у пациентов с гиперметропией и смешанным астигматизмом.

Необходимо уметь оценивать биомеханические свойства роговицы и показатели ВГД с учетом индивидуальных свойств корнеальной ткани.

3. Показатели внутриглазного давления, полученные контактным методом с помощью тонометра Маклакова, являются, по-видимому, наиболее стабильными и менее зависимыми от толщины и профиля роговицы. Не исключено также, что они наиболее близки к уровням роговично-компенсированного ВГД.
4. Исследование биомеханических свойств роговицы в большей степени, чем ее толщина, поможет выявлению пациентов с высоким риском развития эктазии после операции LASIK.

Resume

Kachan T.V., Marchanka L.N.
The 3rd Municipal Clinical Hospital, Minsk, Belarus
Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

To define rules of changing of intraocular pressure in patients after LASIK intraocular pressure has been measured in two groups of patients: 1) eyes with myopic refraction (227), 2) eyes with hyperopic refraction (49) and mixed astigmatism (17 eyes). Significant decrease of pneumotonometrical data in both groups of patients in three and more months after operation indirectly confirm certain change of corneal biomechanical properties.

Key words: intraocular pressure, refractive surgery, corneal biomechanical properties.

■ ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов, С.Э., Воронин, Г.В. Экспериментальное исследование механических характеристик роговицы после эксимерлазерной фотоабляции // *Клин. офтальмология*. – 2001. – № 3. – С. 83-86.
2. Паштаев, Н.П., Пateeва, Т.З. Биомеханика роговицы после IntraLASIK у пациентов с миопией. Девятый съезд офтальмологов России (16-18 июня 2010 г.): Тез. докл. – М.: Издательство «Офтальмология», 2010. – С. 524.
3. Borcharding, M.S., Blacik, L.J., Sitting, R.A., Bizzell, J., Breen, M., Weinstein, H.G. Proteoglycans and collagen fiber organization in human corneoscleral tissue // *Exp. Eye Res.* – 1975. – 21. – P. 59-70.
4. Bryant, M.R., Szerenyi, K., Schmotzer, H., McDonnell, P.J. Corneal tensile strength in fully healed radial keratotomy wounds // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 1994. – 35. – P. 3022-3031.
5. Buzard, K.A. Introduction to biomechanics of the cornea // *Refract. Corneal Surg.* – 1992. – 8. – P. 127-138.

6. Edmund, C. Corneal topography and elasticity in normal and keratoconic eyes // *Acta Ophthalmol. (Copenh.)*. – 1989. – 193 (Suppl.). – P. 1-36.
7. Komai, Y., Ushiki, T. The three dimensional organization of collagen fibrils in the human cornea and sclera // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 1991. – 32. – P. 2244-2257.
8. Luce, D.A. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer // *J. Cataract Refract. Surg.* – 2005. – Vol. 31. – № 1. – P. 156-162.
9. Luce, D.A. Taylor, D. Reichert Ocular Response Analyzer Measures Corneal Biomechanical Properties and IOP. Provides New Indicators for Corneal Specialties and Glaucoma Management // *Reichert Ophthalmic Instruments*. – 2005. – 12 p.
10. Nash, S.R., Green, P.R., Foster, C.S. Comparison of mechanical properties of keratoconus and normal corneas // *Exp. Eye Res.* – 1982. – 35. – P. 413-423.
11. Park, D., Perez, E., Miller, D. Corneal lamellar strength as determined by thickness position, and fibril orientation // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 1995. – 36. – P. 39.
12. Seiler, T., Matallana, M., Sendler, S., Bende, T. Does Bowman's layer determine the biomechanical properties of sclera? // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 1992. – 8. – P. 139-142.
13. Spoerl, E., Huhle, M., Seiler, T. Induction of cross-links in corneal tissue // *Exp. Eyes.* – 1998. – 66. – P. 97-103.
14. Sporn, E., Huhle, M., Kasper, M., Seiler, T. Increased rigidity of the cornea caused by intrastromal cross-linking // *Ophthalmology*. – 1997. – 94(12). – P. 902-906.