

ВЛИЯНИЕ ОПЕРАЦИИ ФЕМТОЛАЗИК НА АККОМОДАЦИЮ И ВЯЗКО-ЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РОГОВИЦЫ У ПАЦИЕНТОВ С МИОПИЕЙ

В.П. Фокин, Е.Г. Солодкова, О.С. Кузнецова, С.В. Балалин

*ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоградский филиал*

Проведено проспективное исследование 84 пациентов (84 глаз) с миопией различных степеней до и после операции ФемтоЛАЗИК. После проведения операций ФемтоЛАЗИК у пациентов с миопией слабой степени отмечалось снижение значений коэффициента микрофлюктуаций (КМФ) аккомодации на 3,6 %, повышение коэффициента аккомодационного ответа (КАО) на 28,6 %, во второй группе наблюдения при миопии средней степени снижение значений КМФ составило 11,1 %, повышение КАО – 30,0 %, в третьей группе наблюдения при миопии высокой степени снижение значений КМФ составило 14,4 %, повышение КАО – 34,0 %. Было выявлено статистически достоверное снижение значений роговично-компенсированного внутриглазного давления (IOPcc). В первой группе снижение IOPcc составило 17,1 %, во второй группе – 17,3 %, в третьей – 25,8 %. Таким образом, можно сделать вывод о том, что операция ФемтоЛАЗИК улучшает состояние аккомодации и снижает роговично-компенсированное внутриглазное давление, но снижает при этом и биомеханические свойства роговицы.

Ключевые слова: аккомодация, офтальмотонус, эксимерлазерная коррекция миопии.

DOI 10.19163/1994-9480-2019-2(70)-104-107

INFLUENCE OF FEMTOLASIC OPERATION ON ACCOMMODATION AND VISCO-ELASTIC PROPERTIES OF CORNEA IN PATIENTS WITH MYOPIA

V.P. Fokin, E.G. Solodkova, O.S. Kuznetsova, S.V. Balalin

*The Volgograd branch of FSAI «NMRC «ISTC «Eye Microsurgery» named after academician S.N. Fedorov»
of Public Health Ministry of the Russian Federation*

A prospective study of 84 patients (84 eyes) with myopia of various degrees was carried out before and after the operation FemtoLASIC. After FemtoLASIC operations in patients with mild myopia, there was a decrease in the microfluctuation coefficient (MFC) of accommodation by 3,6 %, an increase in the accommodative response coefficient (ARC) by 28,6 %, in the second group of observations with moderate myopia, the decrease in MFC values was 11,1 %, the increase in ARC – 30,0 %, in the third observation group with a high degree of myopia, a decrease in MFC values was 14,4 %, an increase of ARC – 34,0 %. A statistically significant decrease in corneal-compensated intraocular pressure (IOPcc) was found. In the first group, the decrease in IOPcc was 17,1 %, in the second group – 17,3 %, in the third group – 25,8 %. Thus, it can be concluded that the FemtoLASIC operation improves the state of accommodation and reduces corneal-compensated intraocular pressure, but also reduces the biomechanical properties of the cornea.

Key words: accommodation, ophthalmotonus, excimer laser correction of myopia.

В литературе имеются сведения, что развитию и прогрессированию миопии у лиц молодого возраста предшествует появление различных нарушений работы аккомодационного аппарата глаза. Самым распространенным из них является привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА) [2, 5]. При сформировавшейся и стабильной миопии у пациентов в возрасте старше 18 лет ПИНА сохраняется вследствие постоянной зрительной нагрузки на близком расстоянии до объекта – чтении, занятиях с компьютером и мобильным телефоном и т.д. По данным Балалина С.В. и Труфановой Л.П. [8, 9] ПИНА в большинстве случаев связано с повышением роговично-компенсированного внутриглазного давления (РКВГД), с формированием так называемого офтальмогипертензионного синдрома с перенапряжением аккомодации [3, 7]. Эксимерлазерная коррекция миопии не может не отразиться на работе аккомодационного аппарата глаза и соответственно состоянии офтальмотонуса. Также, как известно, в результате эксимерлазерной хирургии, вследствие

уменьшения толщины роговицы, изменяются ее биомеханические свойства, а именно, корнеальный гистерезис и фактор резистентности роговой оболочки глаза [1, 4, 10]. Однако пока еще не полностью изучена взаимосвязь между состоянием аккомодации, уровнем офтальмотонуса и вязко-эластическими свойствами роговицы, а также роль этих показателей в сохранении стабильности рефракционного результата после эксимерлазерной коррекции миопии.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить изменения аккомодации, офтальмотонуса и вязко-эластических свойств роговицы до и после операций ФемтоЛАЗИК у пациентов с миопией.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено проспективное исследование 84 пациентов (84 глаза) с миопией различных степеней до и после ФемтоЛАЗИК. Средний возраст пациентов 26,7 ± 5,4 лет (от 18 до 38 лет); мужчин – 34,

женщин – 50 человек (42,5 и 57,5 % соответственно). Были сформированы 3 группы наблюдения: в 1-ю группу вошли пациенты с миопией слабой степени (30 пациентов, 30 глаз), во 2-ю группу – пациенты с миопией средней степени (30 пациентов, 30 глаз) и в 3-ю группу – пациенты с миопией высокой степени (24 пациента, 24 глаза). Критериями включения в исследование было отсутствие прогрессирования миопии с увеличением переднезадней оси (ПЗО) в течение двух лет, обязательное использование очковой или контактной коррекции, наличие элевации задней поверхности роговицы не более 18 мкм.

Пациентам до и на сроках наблюдения после операции проводилось офтальмологическое обследование, включающее визометрию с определением некорригированной и максимально корригированной остроты зрения (НКОЗ и МКОЗ), рефрактометрию в обычных условиях и в условиях медикаментозной циклоплегии с определением сферозэквивалента рефракции (СЭР), оптическую биометрию с измерением величины переднезаднего размера глазного яблока (ПЗО), пахиметрию роговицы в центральной оптической зоне (ЦТР), кератотопографическое исследование с целью измерения среднего кератометрического значения в центральной оптической зоне (ЦОЗ) диаметром 3,0 мм – K_{avg} , элевации задней поверхности роговицы и исключения кератоконуса с помощью Шаймпфлюг-анализатора переднего отрезка глазного яблока («Sirius», Schwind, Германия), компьютерную аккомодографию (Righton Speedy-K ver. MF-1, RIGHT MFG. Co., Ltd, Япония) с определением коэффициента аккомодационного ответа (КАО) и коэффициента микрофлюктуаций аккомодации (КМФ), а также оценку вязко-эластических свойств роговицы с помощью Анализатора роговичного ответа Ocular Response Analyzer ORA («Reichert», США) с определением значений роговично-компенсированного внутриглазного давления (IOPcc), корнеального гистерезиса (CH) и фактора резистентности роговицы (CRF).

Во всех сроках наблюдения у пациентов определялся коэффициент корнеосклеральной ригидности (E) с помощью модифицированной методики дифференциальной тонометрии по Фриндель-вальду – методом динамической дифференциальной тонометрии [3, 7, 8, 9]. Нормальная запись тонометрической кривой представляет собой ровную или слегка наклонную линию. Вычисление коэффициента ригидности корнеосклеральной оболочки происходит автоматически каждые 5 секунд исследования. Определение напряжения корнеосклеральной оболочки глаза (σ) проводили по формуле Лапласа: $\sigma = P_{0cc} \times L / 4 \times \text{ЦТР}$, где P_{0cc} – уровень IOPcc или P_{0E} (мм рт. ст.), L – ПЗО глазного яблока, ЦТР – толщина роговицы в ЦОЗ (мм).

Всем пациентам был выполнен билатерально ФемтоЛАЗИК. Формирование роговичного лоскута осуществлялось с помощью фемтосекундного лазера FS-200 WaveLight (Alcon, Германия). Этап

эксимерлазерной абляции проводился на эксимерлазерной установке «SCHWIND AMARIS»-750 Гц (Schwind, Германия) с формированием оптической зоны диаметром 6,2–6,8 мм с учетом данных роговичного волнового фронта. Интраоперационно оценивалась остаточная толщина роговичной стромы (ОСР).

В послеоперационном периоде всем пациентам назначалось стандартное медикаментозное сопровождение, включающее инстилляции антибиотика, кортикостероидов и слезозаменителей. Сроки наблюдения составили 1 и 6 месяцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При дооперационном обследовании при проведении гониоскопии было выявлено у 7 пациентов (14 глаз) второй группы, а также у 12 пациентов (24 глаза) третьей группы элементы гониодисгенеза, таких как переднее прикрепление радужной оболочки и частичное отсутствие гребенчатых связок в 1–3 квадрантах. В первой группе наблюдения при миопии слабой степени было выявлено 6 пациентов (12 глаз), во второй группе наблюдения было выявлено 11 пациентов (22 глаза), а в третьей группе наблюдения 14 человек (28 глаз) с сочетанием наличия привычно-избыточного напряжения аккомодации и/или слабости аккомодации (значение КАО менее 0,4 и значение КМФ более 65), а также IOPcc более или равного 21 мм рт. ст., что в литературе описано как офтальмогипертензионный синдром с нарушением аккомодации [7].

Результаты пред- и послеоперационного наблюдения представлены в табл. 1–3. При оценке результатов исследования было выявлено статистически достоверное снижение значений КМФ и увеличение значений КАО во всех группах на сроке наблюдения 6 мес. после ФемтоЛАЗИК. Причем отмечено, что чем выше степень миопии, тем более выраженные различия до и послеоперационных значений наблюдаются. Так, в первой группе наблюдения при миопии слабой степени снижение значений коэффициента микрофлюктуаций аккомодации составило 3,6 %, повышение КАО – 28,6 %, во второй группе наблюдения при миопии средней степени снижение значений КМФ составило 11,1 %, повышение КАО – 30,0 %, в третьей группе наблюдения при МВС снижение значений КМФ составило 14,4 %, повышение КАО – 34,0 %.

Также обращает на себя внимание статистически достоверное снижение значений роговично-компенсированного внутриглазного давления на сроке наблюдения 6 месяцев после операции. Так, в первой группе снижение IOPcc составило 17,1 %, во второй группе – 17,3 %, в третьей – 25,8 %. Очевидно, что изменение работы аккомодационной мышцы положительно влияет на отток внутриглазной жидкости, что согласуется с данными литературы [7, 10].

Таблица 1

Динамика клинико-функциональных показателей пациентов 1-й группы ($M \pm \sigma$), $n = 30$

| Показатели | Сроки наблюдения | | |
|-----------------------|------------------|-----------------|----------------|
| | PreOp | 1 мес. | 6 мес. |
| НКОЗ | 0,12 ± 0,07* | 0,97 ± 0,09** | 0,90 ± 0,08** |
| МКОЗ | 0,96 ± 0,09* | 0,97 ± 0,09* | 1,00 ± 0,05* |
| СЭР, дптр | -1,64 ± 0,60* | -0,13 ± 0,04** | -0,10 ± 0,03** |
| ПЗО, мм | 25,03 ± 1,20* | 25,05 ± 1,10* | 25,1 ± 1,5* |
| Kavg, дптр | 44,59 ± 2,15* | 42,6 ± 3,4** | 42,59 ± 2,90** |
| ЦТР, мкм | 510,00 ± 23,2* | 470,00 ± 12,5** | 480,0 ± 10,2** |
| ОСР, мкм | 387,00 ± 25,5 | – | – |
| Толщина эпителия, мкм | 49,0 ± 3,7* | 50,0 ± 2,5* | 55,0 ± 2,7** |
| КМФ | 57,32 ± 3,74* | 56,4 ± 4,6* | 55,2 ± 3,8** |
| КАО | 0,40 ± 0,21* | 0,47 ± 0,32* | 0,56 ± 0,30** |
| ЮРсс | 19,20 ± 3,64* | 17,50 ± 3,32* | 15,9 ± 3,2* |
| СН | 12,2 ± 1,7* | 10,50 ± 1,24* | 9,9 ± 1,2** |
| CRF | 11,30 ± 2,07* | 10,80 ± 1,76* | 9,9 ± 1,6** |
| E | 0,020 ± 0,003* | 0,019 ± 0,005* | 0,018 ± 0,004* |
| σ , мм рт. ст. | 189,5 ± 4,9* | 235,5 ± 5,4* | 207,8 ± 5,0* |

Здесь и далее. Различие между средними значениями, отмеченные * и **, статистически достоверно ($p \leq 0,05$).

Таблица 2

Динамика клинико-функциональных показателей пациентов 2-й группы ($M \pm \sigma$), $n = 30$

| Показатели | Сроки наблюдения | | |
|-----------------------|------------------|----------------|----------------|
| | PreOp | 1 мес. | 6 мес. |
| НКОЗ | 0,05 ± 0,02* | 0,98 ± 0,05** | 1,00 ± 0,08** |
| МКОЗ | 0,96 ± 0,09* | 0,97 ± 0,09* | 1,00 ± 0,05* |
| СЭР, дптр | -4,5 ± 1,2* | -0,14 ± 0,07** | -0,20 ± 0,05** |
| ПЗО, мм | 26,14 ± 1,20* | 26,19 ± 1,80* | 26,2 ± 1,5* |
| Kavg, дптр | 43,60 ± 2,15* | 39,7 ± 3,4** | 40,1 ± 2,7** |
| ЦТР, мкм | 534,0 ± 15,2* | 460,0 ± 12,5** | 470,0 ± 10,2** |
| ОСР, мкм | 347,9 ± 19,5 | – | – |
| Толщина эпителия, мкм | 50,0 ± 3,7* | 51,0 ± 2,5* | 54,0 ± 2,7** |
| КМФ | 64,4 ± 3,6* | 60,7 ± 4,6* | 57,2 ± 4,8** |
| КАО | 0,35 ± 0,30* | 0,40 ± 0,31* | 0,50 ± 0,29** |
| ЮРсс | 18,50 ± 3,64* | 16,5 ± 3,5* | 15,3 ± 3,1** |
| СН | 13,2 ± 1,7* | 11,5 ± 1,4* | 10,1 ± 1,1** |
| CRF | 10,50 ± 2,07* | 9,4 ± 1,7* | 9,1 ± 1,8** |
| E | 0,019 ± 0,003* | 0,018 ± 0,005* | 0,015 ± 0,004* |
| σ , мм рт. ст. | 226,3 ± 4,7* | 229,8 ± 4,1* | 210,2 ± 4,5* |

Таблица 3

Динамика клинико-функциональных показателей пациентов 3-й группы ($M \pm \sigma$), $n = 24$

| Показатели | Сроки наблюдения | | |
|-----------------------|------------------|----------------|----------------|
| | PreOp | 1 мес. | 6 мес. |
| НКОЗ | 0,05 ± 0,02* | 0,95 ± 0,05** | 0,98 ± 0,08** |
| МКОЗ | 0,93 ± 0,09* | 0,95 ± 0,09* | 1,00 ± 0,05* |
| СЭР, дптр | -7,5 ± 1,2* | -0,24 ± 0,07** | -0,35 ± 0,05** |
| ПЗО, мм | 26,9 ± 1,2* | 26,9 ± 1,8* | 27,1 ± 1,5* |
| Kavg, дптр | 45,60 ± 2,15* | 38,5 ± 3,5** | 39,1 ± 2,6** |
| ЦТР, мкм | 545,0 ± 13,2* | 435,0 ± 11,5** | 440,0 ± 9,2** |
| ОСР, мкм | 320,0 ± 19,5 | – | – |
| Толщина эпителия, мкм | 51,0 ± 3,7* | 53,0 ± 2,5* | 55,0 ± 2,7* |
| КМФ | 65,5 ± 3,6* | 59,7 ± 4,6* | 56,2 ± 4,8** |
| КАО | 0,31 ± 0,30* | 0,40 ± 0,31* | 0,47 ± 0,29** |
| ЮРсс | 20,63 ± 3,64* | 17,95 ± 3,50** | 15,3 ± 3,1** |
| СН | 11,53 ± 1,70* | 9,5 ± 1,4** | 8,9 ± 1,1** |
| CRF | 10,13 ± 1,60* | 8,6 ± 1,7** | 7,9 ± 1,8** |
| E | 0,013 ± 0,003* | 0,011 ± 0,005* | 0,009 ± 0,004* |
| σ , мм рт. ст. | 254,5 ± 4,9* | 277,5 ± 4,8* | 235,5 ± 4,6* |

Отдельно стоит отметить тот факт, что уменьшение ригидности корнеосклеральной оболочки продолжалось в трех группах на всех сроках наблюдения, но более выражено во второй группе с миопией высокой степени, где изначально корнеосклеральная ригидность была более низкой.

Однако коэффициент напряжения корнеосклеральной оболочки глаза (σ) изменялся нелинейно. Было отмечено его повышение на ранних сроках послеоперационного наблюдения и дальнейшее понижение к сроку наблюдения 6 месяцев.

Очевидно, такая динамика обусловлена изменением биомеханических свойств роговицы и их показателей – корнеального гистерезиса и фактора резистентности роговицы, которые достоверно снижались после ФемтоЛАЗИК во всех случаях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, операция ФемтоЛАЗИК улучшает состояние аккомодации и снижает роговично-компенсированное роговичное внутриглазное давление, но снижает при этом биомеханические свойства роговицы.

Требуется дальнейшее клиническое наблюдение для изучения изменения напряжения корнеосклеральной оболочки глазного яблока, а также разработка подходов к профилактике и лечению офтальмогипертензионного синдрома с нарушением аккомодации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов С.Э. Исследование биомеханических свойств роговицы in vivo // Биомеханика глаза. – М., 2007. – С. 76–80.
2. Аккомодация: Руководство для врачей / Под ред. Л.А. Катаргиной. – М., 2012. – 136 с.
3. Борискина Л.Н., Балалин С.В., Маковкин Е.М. Корнеосклеральная ригидность как интегральный офтальмологический биометрический показатель // Вестник ОГУ. – 2013. – № 4. – С. 49–50.
4. Еричев В.П. Корнеальный гистерезис в норме и при некоторых видах офтальмопатологии // Биомеханика глаза. – М., 2004. – С. 120–122.
5. Сомов Е.Е. Введение в клиническую офтальмологию. – СПб.: Изд-во ПМИ, 1993. – 198 с.
6. Тарутта Е.П. Контроль уровня ВГД после кераторефракционных операций // Биомеханика глаза. – М., 2007.
7. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Влияние привычно-избыточного напряжения аккомодации на внутриглазное давление и биомеханические свойства роговицы у детей с миопией // Современные технологии в офтальмологии. – 2017. – № 6. – С. 209–211.
8. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Влияние различных факторов на напряжение склеры при аметропии // Современные технологии в офтальмологии. – 2016. – № 5. – С. 198–201.
9. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. Напряжение корнеосклеральной оболочки глаза при миопии // Вестник Тамбовского университета. – 2016. – Т. 21, № 4. – С. 1698–1700.
10. Shah S., Laiquzzaman M., Cunliffe I., Mantry S. The use of the reichert ocular response analyser to establish the relationship between ocular hysteresis, corneal resister factor and corneal central thickness in normal eyes // Cont. Lens. Anterior eye. – 2006. – Vol. 29, № 5. – P. 257–262.

REFERENCES

1. Avetisov S.E. Issledovanie biomekhanicheskikh svoystv rogovicy in vivo [Investigation of the biomechanical properties of the cornea in vivo]. In Biomekhanika glaza [Biomechanics of the eye]. Moscow, 2007. P. 76–80.

2. Akkomodaciya: Rukovodstvo dlya vrachej [Accommodation: A Guide for Physicians]. In L.A. Katargina (ed.). Moscow, 2012. 136 p.
3. Boriskina L.N., Balalin S.V., Makovkin E.M. Korneoskleral'naya rigidnost' kak integral'nyj oftal'mologicheskij biometricheskij pokazatel' [Corneoscleral rigidity as an integral ophthalmologic biometric indicator]. *Vestnik OGU* [OSU Bulletin], 2013, no. 4, pp. 49–50. (In Russ.; abstr. in Engl.).
4. Erichev V.P. Korneal'nyj gisterezis v norme i pri nekotoryh vidah oftal'mopatologii [Corneal hysteresis in normal and in some types of ophthalmopathology]. In Biomekhanika glaza [Biomechanics of the eye]. Moscow, 2004. P. 120–122.
5. Somov E.E. Vvedenie v klinicheskuyu oftal'mologiyu [Introduction to clinical ophthalmology]. Saint Petersburg: Izd-vo PMI, 1993. 198 p.
6. Tarutta E.P. Kontrol' urovnya VGD posle keratorefrakcionnykh operacij [IOP level control after keratorefraction operations]. In Biomekhanika glaza [Biomechanics of the eye]. Moscow, 2007.
7. Trufanova L.P., Balalin S.V. Vliyanie privychno-izbytochnogo napryazheniya akkomodacii na vnutriglaznoe davlenie i biomekhanicheskie svoystva rogovicy u detej s miopiej [The effect of habitual excess voltage of accommodation on the intraocular pressure and biomechanical properties of the cornea in children with myopia]. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii* [Modern technologies in ophthalmology], 2017, no. 6, pp. 209–211. (In Russ.; abstr. in Engl.).
8. Trufanova L.P., Balalin S.V. Vliyanie razlichnykh faktorov na napryazhenie sklery pri ametropii [The influence of various factors on sclera stress in ametropia]. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii* [Modern technologies in ophthalmology], 2016, no. 5, pp. 198–201. (In Russ.; abstr. in Engl.).
9. Trufanova L.P., Fokin V.P., Balalin S.V. Napryazhenie korneoskleral'noj obolochki glaza pri miopii [Tension of the corneoscleral shell of the eye in myopia]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Bulletin of the Tambov University], 2016, Vol. 21, no. 4, pp. 1698–1700. (In Russ.; abstr. in Engl.).
10. Shah S., Laiquzzaman M., Cunliffe I., Mantry S. The use of the reichert ocular response analyser to establish the relationship between ocular hysteresis, corneal resister factor and corneal central thickness in normal eyes. *Cont. Lens. Anterior eye*, 2006, Vol. 29, no. 5, pp. 257–262.

Контактная информация

Фокин Виктор Петрович – д. м. н., профессор, директор Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: fokin@isee.ru