

ИЗУЧЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РОГОВИЦЫ ПРИ МИОПИИ

Н. М. Сергиенко, профессор, **И. В. Шаргородская**, доцент

кафедра офтальмологии, Национальная медицинская академия
последипломного образования имени П. Л. Шупика, г. Киев, Украина

Важливим фактором порушення опорних властивостей рогівки при міопії виступає зниження рівня її стабільності. В статті наведено результати вивчення біомеханічних властивостей рогівки з використанням Шемпфлюг камери Oculus Pentacam в модифікованому методі дослідження. Відмічена значна різниця в сферичному еквіваленті, коефіцієнті K_{max} (Front) до та під час компресії ока у пацієнтів з міопією в порівнянні з еметропією. Новий метод оцінки біомеханічних властивостей рогівки при міопії in vivo може бути використаний для прогнозування ускладнень після проведення кераторефракційних операцій при міопії.

Ключевые слова. роговица, биомеханические показатели, ригидность, кераторефракционные операции, миопия.

Ключові слова. рогівка, біомеханічні показники, ригідність, кераторефракційні операції, міопія.

Экимерлазерные операции с целью коррекции аномалий рефракции приобрели исключительно широкое распространение. В 2009 году в Украине было произведено около трех тысяч кераторефракционных операций. Вне зависимости от вида вмешательства в каждом случае эффект достигается путем абляции роговичной ткани, что ведет к ее истончению и в конечном итоге к изменению ее опорных качеств. Толщина абляции в среднем составляет около 130 мкм [1–6, 10–13, 15, 17].

При миопии изначально ослабленные опорные свойства капсулы глаза, включая роговицу, после этого оказываются еще более ослабленными. Как результат, в послеоперационном периоде может развиваться крайне нежелательное выпячивание центральной зоны роговицы [10–13].

В этой связи оценка опорных качеств роговицы приобретает значительную актуальность [8, 14, 16].

Цель: исследовать биомеханические свойства роговицы в количественном аспекте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. Обследованы 64 пациента (128 глаз), средний возраст которых составлял 34 года. В зависимости от вида рефракции пациенты распределялись на четыре группы (табл. 1). Всем пациентам было проведено комплексное офтальмологическое обследование. Оценку ригидности роговицы выполняли с помощью Шемпфлюг камеры Oculus Pentacam в условиях искусственного повышения внутриглазного давления (ВГД). Метод реализуется при помощи устройства (патент Украины на изобретение № 85810 от 25.02.2009) [9]. Прибор фиксировался на голове пациента. Благодаря системе рычагов и кольцевидной форме рукоятки прибора, создана возможность равномерной дозированной компрессии глазного яблока при вертикальном положении головы пациента и одновременного проведения стандартных офтальмологических обследований (рис. 1). Измерение кератотопографических характеристик проводили на приборе Шемпфлюг камеры Oculus Pentacam до и вовремя двухминутной компрессии глазного яблока в 30 грамм. ВГД измерялось с использованием пневмотометра

(Торсон). Полученные результаты обработаны статистически с помощью программы Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные данные представлены в таблице 1, при рассмотрении которых следует обратить внимание на следующие особенности. Рефракция роговицы эметропических глаз имеет меньшую оптическую силу, чем при миопии. При этом отмечается следующая закономерность: чем выше степень миопии, тем выше оптическая сила роговицы и меньше ее толщина. Найдена также корреляция между степенью миопии с одной стороны и внутриглазным давлением и ПЗО с другой стороны.

В условиях искусственного повышения внутриглазного давления изменение формы роговицы было разнонаправленным: при эметропии роговицы несколько уплощались, при миопии кривизна центра роговицы становилась круче (при М сл. степени $\Delta = 1,9$ дптр; при М ср. степени $\Delta = 2,18$ дптр, а при М выс.ст. $\Delta = 2,41$ дптр).

В литературе описано несколько методов оценки биомеханических свойств роговицы (Orbscan II, Oculus Pentacam, ORA и др.), и все они основаны на анализе толщины и формы обеих поверхностей роговицы. Указанные методы позволяют обнаружить разницу в морфологических особенностях при кератоконусе и нормальной роговицы, что стало широко использоваться в диагностических целях.

Наше усовершенствование заключается в направленном исследовании параметров роговицы в условиях нагрузки на капсулу глаза путем повышения ВГД. В этой связи важно отметить, что на том же приборе в условиях искусственного повышения ВГД путем двухминутной механической компрессии в 30 г на глазное яблоко зарегистрированы от-

четливые данные деформации роговицы (табл. 1). Степень деформации роговицы, проявлявшейся в выпячивании ее центральной зоны (увеличение сферического эквивалента), оценивалась в диоптриях. Чем больше выпячивание, тем меньше радиус кривизны, а следовательно, усиление преломляющей силы роговицы. Наши исследования обнаружили факт относительной стабильности формы роговицы при эмметропии, даже некоторого уплощения в условиях нагрузки.

Отмечена достаточная вариабельность деформации, а также корреляция между степенью миопии и уровнем деформации (чем выше степень миопии, тем больше деформация). При близорукости слабой, средней и высокой степеней отмечено усиление рефракции роговицы в среднем на 1.9 дптр, 2.18 дптр и 2.41 дптр соответственно. Данное обстоятельство, по видимому, объясняется слабостью опорных качеств роговицы при близорукости, что находится в соответствии с данными о толщине роговицы (табл. 1).

Таблица 1

Кератотопографические характеристики исследуемых групп

Исследуемые показатели	Сферический эквивалент, дптр			Толщина роговицы в центре зрачка, μm	Разница, Δ глубины передней камеры, mm	ВГД, мм рт. ст.	ПЗО, мм
	Исходные значения	Значения во время компрессии	Разница, Δ				
Эмметропия (Em), (n=50)	41,73 \pm 0,91*	41,18 \pm 0,91*	- 0,55	604 \pm 8,3*	- 0,08*	13,46 \pm 2,15*	23,90 \pm 0,36*
Миопия (M 0,25–3 дптр), (n=30)	42,15 \pm 0,83*	44,05 \pm 0,7*	1,9*	505 \pm 9,2*	0,08*	15,12 \pm 1,5*	24,72 \pm 0,37*
Миопия (M 3,25–6 дптр), (n=26)	43,81 \pm 0,9*	45,99 \pm 0,6*	2,18*	492 \pm 8,4*	0,09*	16,69 \pm 1,3*	26,51 \pm 0,42*
Миопия (M > 6 дптр), (n=11)	45,52 \pm 0,72*	47,93 \pm 0,51*	2,41*	463 \pm 9,1*	0,1*	19,08 \pm 1,4*	29,34 \pm 0,33*

* — коэффициент достоверности $p < 0,05$

Шемпфлюг камеры Oculus Pentacam пользуются заслуженным авторитетом для точной оценки морфологических качеств роговицы, в то же время использование нашего метода нагрузки повышением внутриглазного давления придает Oculus Pentacam новое качество — выявление ослабления опорных качеств роговицы в количественной оценке. При стандартной оценке при всех степенях миопии роговица оценивалась как нормальная, в условиях же нагрузки четко отмечено ослабление ее опорных качеств, и чем выше степень миопии, тем слабее были биомеханические свойства роговицы.

В эмметропических глазах отмечен парадоксальный феномен — ослабление преломляющей силы роговицы при нагрузке. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что в нашем исследовании повышение ВГД достигалось путем сдавливания глазного яблока металлическим кольцом с внутренним диаметром 12 мм. Сдавливание плотной склеры нормального глаза в непосредственной близости от прозрачной роговицы, очевидно, создало эффект ее некоторого уплощения. Тем более интересно отметить, что на близоруких глазах с ослабленной капсулой глазного яблока этот фактор не препятствовал выпячиванию центральной зоны роговицы.

Несмотря на эффект выпячивания роговицы, на близоруких глазах параметры глубины передней камеры остались неизменными ($\Delta=0,08-0,09\text{mm}$). Объяснение этому может быть рассмотрено в двух аспектах. Во-первых, расчеты показывают, что усиление рефракции роговицы на 2.0 дптр приводит к

углублению передней камеры на доли миллиметра, что находится за гранью лимита чувствительности прибора. Во-вторых, давление на глазное яблоко осуществлялось позади лимба, т.е. на задний отрезок глаза. Повышение ВГД в заднем отрезке глаза могло привести к некоторому смещению хрусталика кпереди и уравновесить пространство за счет растяжения роговицы.

Когда заходит речь об опорных свойствах капсулы миопического глаза, то чаще всего авторы исследований касаются заднего отдела глаза, в частности, развития задней стафиломы. Наши исследования отчетливо показывают, что при близорукости биомеханические качества капсулы глаза оказываются ослабленными как в ее заднем, так и в переднем отделе, хотя в меньшей мере. Как известно, в основе патогенеза миопии всегда важнейшую роль отводили ослаблению заднего отрезка склеры [2,3], и в нашей работе получено этому еще одно подтверждение.

Что касается причины растяжения капсулы глаза, то мы придерживаемся точки зрения о факторе внутриглазного давления [7]. Мы не ставили специальной цели изучения данного фактора, но попутно с нашим главным предметом исследования — ригидности роговицы — проявился интересный факт. Отмечена корреляционная зависимость между степенью миопии и внутриглазным давлением: при миопии легкой, средней и высокой степеней. Средние показатели ВГД были 15.12, 16.69 и 19.08 мм рт.ст соответственно (табл.1). Параметры ВГД в миопи-

ческих глазах выше средних показателей эметропических глаз (17.96 и 13.46 мм рт.ст), и в условиях слабости опорных качеств капсулы глаза это может привести к росту передне-заднего размера, а значит к возникновению и затем усилению миопии.

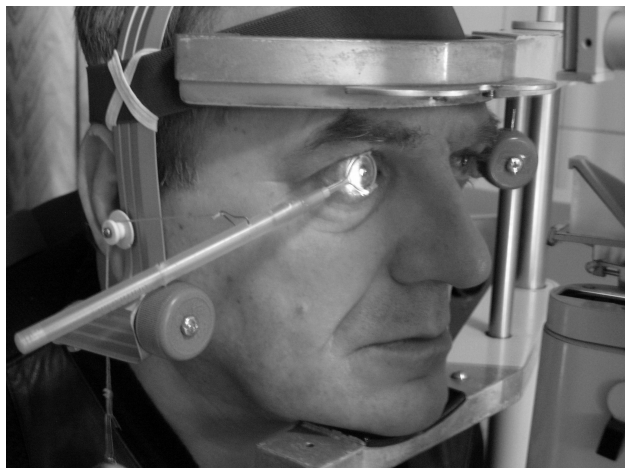


Рис.1. Принцип метода измерения ригидности роговицы

Заключение. Исследование формы роговой оболочки на Шемпфлюг камере Oculus Pentacam в стандартных условиях, а затем в условиях искусственного повышения ВГД, позволяет регистрировать биомеханические свойства роговицы. Деформация (выпячивание) как признак слабости опорных качеств роговицы отмечена при близорукости. Чем выше степень близорукости, тем слабее опорные свойства роговицы. В близоруких глазах их опорная капсула ослаблена, что относится как к склере, так и к роговице.

Разработана адекватная методика диагностики изменений биомеханических свойств роговицы при миопии, которая стала возможной при использовании прибора для определения ригидности роговой оболочки глаза путем измерения деформации тканей глаза под нагрузкой.

Нагрузочная проба позволяет получить более точную информацию о биомеханических свойствах роговицы в сравнении со стандартными исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов С. Э., Мамиконян В. Р. Кераторефракционная хирургия. — М., 1993, 120 с.
2. Аветисов Э. С. Близорукость // Москва. — 1999. — 158 с.
3. Дашевский А. И. Практические занятия по глазным болезням // 1971.
4. Николов В. П. Ультразвуковая биометрия глаз при миопии и вопросы ее патогенеза // Автореф. дис.... канд. мед. наук. — Москва. — 1979.
5. Обрубов С. А., Сидоренко Е. И. и др. Акустическая биомеханика глаза и ее значение для клиники // Москва. — 2001. — 65 с.
6. Саулгозис Ю., Волков В. В., Малышев Л. К. Исследование напряжений роговицы глаза человека для диагностики глазных заболеваний // Материалы Международной конференции «Достижения биомеханики в медицине». — Рига. — 1986. — С.359–364.
7. Сергиенко Н. М., Кондратенко Ю. Н. Способ лечения прогрессирующей близорукости // Авт. Свидетельство № 1 500 293. Приоритет 18.03.1987.
8. Сергиенко Н. М., Шаргородская И. В. Оценка точности исследования биомеханических свойств роговицы с использованием ORA // Тезисы докладов XII съезда офтальмологов Украины, Институт глазных болезней и тканевой терапии имени В. П. Филатова. — Одесса. — 2010. — С.45.
9. Сергиенко Н. М., Шаргородская И. В. Прибор для оценки ригидности роговой оболочки глаза // Пат. 85810 Украины, МПК А61В 3/00. Прибор для оценки ригидности роговой оболочки глаза / № а 2008 07919; Заявлено 11.06.2008; Опубл.25.02.2009, Бюл. № 4. — С. 4.41.
10. Страхов В. В., Алексеев В. В., Ремизов М. С. К вопросу исследования ригидности глаза // Вестник офтальмологии. — № 3. — Москва. — 1994. — С.26–27.
11. Темиров Н. Э., Корхов А. П. Рефракционная кольцевидная тоннельная кератопластика в коррекции миопии высокой степени // Вестник офтальмологии. — Москва. — 1991. — № 3. — С.23–32.
12. Kasprzak H., Forster W., von Bally G. Measurement of elastic modulus of the bovine cornea by means of holographic interferometry // Part1, Method and experiment. Optometry and Vision Science. — 1993. — Vol 70. — P. 535–545.
13. Kerautret J., Collin J., Touboul D., Roberts C. Biomechanical characteristics of the ecstatic cornea // J Cataract Refract Surg. — 2008. — 34. — P.510–513.
14. Luce D. A., Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer // J Cataract Refract Surg. — 2005; 31. — P.156–162;
15. Ortiz D., Pinero D., Shabayek M. H., Arnalich-Montiel F., Alio J. L. Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes // J Cataract Refract Surg. — 2007; 33. — P.1371–1375;
16. Sergienko N. M., Shargorodska I. V. Determining corneal hysteresis and preexisting intraocular pressure // J Cataract Refract Surg. — 2009; 35. — P.2033–2034;
17. Shin T. L., Vito R. P. // J.Biomechanics. — 1997; 30. — P.497–503.

INVESTIGATION OF THE CORNEA RIGIDITY IN MYOPIC EYES

N. M. Sergienko, I. V. Shargorodska
Kiev, Ukraine

A new method for measuring cornea rigidity of the living eye was elaborated. Thirty nine patients with myopia and twenty five emmetropic patients were included in the study. Every eye was examined by Oculus Pentacam 2 times: initial measurement and during external pressure on the eyeball of 30.0gr. Our investigation showed distinctions in a spherical equivalent, factor K_{max} . (Front) during a compression of an eye at myopic patients in comparison with emmetropic patients.