

И. В. Шаргородская
Национальная медицинская академия последипломного образования
имени П. Л. Шупика МЗ Украины
– г. Киев, Украина

УДК 617.713–036–073.178–08–035

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОГОВИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ

Важным фактором нарушения опорных свойств роговицы при миопии является снижение уровня ее стабильности. В статье представлен сравнительный анализ измерения биомеханических показателей роговицы при использовании различных методов. Обследовано 50 пациентов (100 глаз) с миопической и эметропической рефракцией. Отмечены значительные преимущества использования разработанного нового способа и прибора для оценки ригидности роговицы *in vivo* по сравнению с общеизвестным методом оценки анализатором биомеханических свойств глаза (ORA), которые позволяют не только выявить наличие биомеханических нарушений роговицы, но и дифференцировать их характер. Разработан коэффициент ригидности роговицы (K_{ER}). Повышение этого показателя выше (+) 5.4% может служить критерием начала прогрессирования миопии.

Ключевые слова: роговица, биомеханические показатели, ригидность, ORA, коэффициент ригидности роговицы, миопия.

Проблема клинического исследования биомеханических свойств структур и тканей глаза имеет давнюю историю, но, несмотря на важность, проблема эта все еще далека от решения. На сегодняшний день получены важные решения некоторых теоретических и прикладных проблем патологии глаза с позиций биомеханики. Однако остается открытым и нерешенным вопрос разработки метода прижизненной диагностики биомеханических свойств капсулы глаза, который открыл бы возможности для выяснения причинно-следственных взаимосвязей между опорными свойствами тканей глаза и ВГД, на раннем, субклиническом этапе диагностировал развитие и прогрессирование таких сложных заболеваний, как кератоконус, кератэктазия, миопия и других биомеханически зависимых состояний.

Современная литература описывает несколько методов оценки биомеханических свойств роговицы (Orbscan II, Oculus Pentacam, ORA и другие), и все они основаны на анализе толщины и формы обеих поверхностей роговицы. Указанные методы позволяют обнаружить разницу в морфологических особенностях роговицы кератоконуса и нормальной роговицы, что стало широко использоваться в диагностических целях [13, 16]. Шемпфлюг камера Oculus Pentacam пользуется заслуженным авторитетом точной оценки морфологических качеств роговицы.

Кроме того, со времени выхода на мировой рынок анализатора биохимических свойств роговицы (Ocular Response Analyzer, ORA, Reichert, Inc.) измерение роговичного гистерезиса (CH) с использова-

нием этого прибора стало мировым стандартом при оценке биомеханических свойств роговой оболочки. Это дало надежду на решение сложных задач в таких областях, как ранняя диагностика глаукомы, раннее выявление кератоконуса и предотвращение роговичной эктазии после эксимер-лазерной хирургии [13, 16]. По данным литературы, при оценке биомеханических особенностей фиброзной оболочки глаза с использованием ORA наиболее информативны роговичный гистерезис (CH) и фактор резистентности роговицы (ФРР). Между тем, в ходе нашей работы с использованием ORA мы обнаружили непредсказуемое изменение параметров CH в связи с увеличением внутриглазного давления (ВГД) [5, 6, 19].

Цель исследования: провести сравнительный анализ измерения биомеханических показателей роговицы при использовании различных методов.

Материалы и методы. Обследовано 50 пациентов (100 глаз), проходивших обследование и лечение на клинических базах кафедры офтальмологии Национальной медицинской академии последипломного образования имени П.Л. Шупика. Среди обследованных – 20 пациентов (40 глаз) с эметропической рефракцией, которые были включены в контрольную группу. Основную группу составили 30 пациентов (60 глаз) с миопической рефракцией, у которых на протяжении последних пяти лет отмечалось стойкое прогрессирование миопии. Обе группы были сопоставимы по возрасту и полу. При проведении первичного скрининга больные с какими-либо заболеваниями роговицы, астигматизмом более чем в 1,5 дптр., микрофтальмом, буфтальмом,

синдромом «сухого» глаза, нистагмом и пациенты, которые использовали контактные линзы, были исключены из дальнейшего исследования. Согласно степени миопии пациенты основной группы были разделены на четыре подгруппы. У пациентов 1-ой подгруппы (16 глаз) миопия была от 0,25 до 3,0 дптр., пациенты 2-ой (20 глаз) подгруппы имели близорукость от 3,25 до 6,0 дптр., в 3-ю (12 глаз) подгруппу были включены пациенты с миопической рефракцией от 6,25 до 12,0 дптр., 4-ую подгруппу составили 12 глаз пациентов с миопией более 12,0 дптр. Все пациенты прошли комплексное офтальмологическое обследование и были осведомлены о характере исследования.

Для вычисления биомеханических показателей роговицы проводили сравнительный анализ между измерениями, полученными путем использования общеизвестного метода оценки на ORA, и измерениями, полученными путем использования предложенных нами способа и прибора оценки ригидности роговицы *in vivo* [7, 8] у одних и тех же пациентов. Измерения на анализаторе биохимических свойств роговицы (Ocular Response Analyzer, ORA, Reichert, Inc.) выполнялись по стандартным программам офтальмологом, имеющим существенный опыт работы с ORA. Способ оценки ригидности роговицы *in vivo* [8] выполняли с помощью Шемпфлюг камеры «Oculus Pentacam» или «Allegro Oculyzer» в условиях искусственного повышения внутриглазного давления (ВГД), которые реализовали при помощи прибора для оценки ригидности роговицы *in vivo* (Патент Украины на изобретение № 85810 от 25.02.2009) [7], создающего равномерную дозированную двухминутную компрессию глазного яблока в 30 г. В условиях искусственного повышения внутриглазного давления проводилось повторное измерение кератотопографических показателей, сферического эквивалента и других биомеханических данных роговицы на приборах Шаймпфлюг камеры «Pentacam» или «Allegro Oculyzer» с использованием стандартных программ. Для описания изменений биомеханических свойств роговицы *in vivo* была разработана формула, оценивающая коэффициент ригидности роговицы. Формула оценки ригидности роговицы имеет вид:

$$K_{ER} = CЭ_2 - CЭ_1 / CЭ_1 \times 100\%,$$

где K_{ER} – коэффициент ригидности роговицы; $CЭ_2$ – сферический эквивалент, измеренный на вершине роговицы во время нагрузки; $CЭ_1$ – сферический эквивалент, измеренный на вершине роговицы в исходном состоянии. Полученные результаты обработаны статистически с помощью программы Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные представлены в таблице. Как показывают результаты, условия нагрузки позволяют выявить значительную

разницу между биомеханическими свойствами роговицы эметропических глаз и глаз пациентов, у которых отмечена стойкая динамика прогрессирования патологического процесса – миопии, выражающаяся в ослаблении прочностных свойств роговицы, увеличении $\Delta CЭ$. Отмечалась достаточная вариабельность деформации, а также прямая сильная корреляция между степенью миопии и уровнем деформации (чем выше степень миопии, тем больше деформация). При близорукости слабой, средней и высокой степени отмечено усиление рефракции роговицы в среднем на 2,21 дптр., 2,37 дптр., 2,45 дптр. и 2,61 дптр. соответственно ($r=0,72$; $p < 0,05$). Кроме того, исследование позволило определить коэффициент ригидности роговицы (K_{ER}), который коррелировал со степенью миопии и при миопии слабой степени был равен (+) 5,41%, у пациентов с миопией средней степени его значение было (+) 5,49% и при миопии высокой степени равнялся (+) 5,61 и (+) 5,75% соответственно в сравнении с контрольной группой эметропов, где его значение было равно (–) 1,21% ($p < 0,05$). Таким образом, повышение этого показателя выше (+) 5,4% может служить критерием начала прогрессирования патологического процесса и миопии.

В то же время исследование показателей роговицы у этих же пациентов на анализаторе биомеханических свойств глаза (ORA) позволило лишь констатировать некоторую тенденцию к изменению показателя гистерезиса (СН) в сторону уменьшения и увеличению показателя фактора резистентности роговицы (ФРР) при миопии по сравнению со значениями этих показателей на эметропических глазах (табл. 1). Так, величина СН и ФРР при эметропии была равна 9,82 и 10,34 мм рт.ст. соответственно, тогда как при миопии значение СН было несколько ниже, колебалось в пределах от 9,38 до 9,41 мм рт.ст. и не коррелировало со степенью миопии ($p > 0,05$). Показатель ФРР на глазах с миопической рефракцией был несколько выше, чем при эметропии, менялся в диапазоне от 10,49 до 10,57 мм рт.ст., и также не отмечалась корреляция изменения этого показателя в зависимости от степени миопии ($p > 0,05$).

Трудно переоценить знания возможностей, направлений и результатов в области исследования биомеханики для офтальмолога. Они необходимы для более полного понимания механизмов развития патологических состояний и заболеваний органа зрения – таких как стафилома склеры, миопия, кератоконус и другие. Необходимы они и для понимания механизмов прогрессирования патологических процессов и ответных реакции тканей глаза на них, для создания экспериментальных моделей, внедрения новых технологий, имплантатов, разработки современных методик и способов прижизненного изучения биомеханических

Таблица

Изменения биомеханических показателей роговицы у пациентов основной и контрольной групп при использовании различных методов

Рефракция, степень аметропии (дптр.)	Метод измерения			
	новый способ оценки ригидности роговицы <i>in vivo</i> , (n=100)		ORA (n=100)	
	ΔСЭ	Коэффициент ригидности роговицы, K_{ER} , %	Гистерезис, СН, мм рт.ст.	Фактор резистентности роговицы, ФРР, мм рт.ст.
Эмметропия, n=40	0,51 ^{1,3*}	-1,21% ^{1,3*}	9,82 ^{1,3}	10,34 ^{1,3}
Миопия, 0,25–3,0, n=16	2,21 ^{2,3*}	+5,41% ^{2,3*}	9,46 ^{2,3}	10,57 ^{2,3}
Миопия, 3,25–6,0, n=20	2,37 ^{2,3*}	+5,49% ^{2,3*}	9,42 ^{2,3}	10,61 ^{2,3}
Миопия, 6,25–12,0, n=12	2,45 ^{2,3*}	+5,61% ^{2,3*}	9,38 ^{2,3}	10,49 ^{2,3}
Миопия, > 12,0, n=12	2,61 ^{2,3*}	+5,75% ^{2,3*}	9,41 ^{2,3}	10,66 ^{2,3}

- Примечания:*
1. –¹ – параметрические методы оценки достоверности результатов статистического исследования (по Стьюденту);
 2. –² – параметрические методы оценки достоверности результатов статистического исследования (по Фишеру);
 3. –³ – непараметрические методы оценки достоверности результатов статистического исследования (критерий знаков);
 4. – * – разница по сравнению с исходным уровнем достоверна (p<0,05)

свойств тканей глаза, разработки и внедрения методов профилактики прогрессирования заболеваний органа зрения и методов борьбы с осложнениями после проведения операций на глазном яблоке [2, 15, 18].

Особый интерес представляют исследования, изучающие теорию формирования оптической системы глаза, ключевыми звеньями которой выступают форма роговицы, внутриглазное давление и биомеханические свойства роговицы. Форму роговицы, как правило, определяет стабильность взаимодействия между внутриглазным давлением, упругими свойствами ткани роговицы и распределением количества роговичной ткани в центре и по периферии [11, 12, 17]. Развитие и прогрессирование патологических состояний роговицы, например, кератэктазии и других патологических состояний, происходит при прогрессирующих структурных деформациях роговицы, ведущих к рефракционной нестабильности [10].

В течение многих лет считалось, что индивидуальная прижизненная оценка биомеханических свойств тканей глаза является практически невыполнимой задачей, что, во-первых, связано с различными видами деформаций, которым подвергаются ткани глаза, а во-вторых, из-за необходимости учета большого количества параметров, характеризующих функционирующий глаз [4]. До сих пор оценка опорных свойств капсулы глаза разработана недостаточно точно, а изу-

чение *in vivo* биомеханических свойств роговичной ткани было невозможно. В большинстве научных исследований и на практике офтальмологи ограничивались лишь определением таких простых показателей, как толщина и топография роговицы [1, 3, 9, 11, 20].

В литературе не отражены данные о наличии неинвазивных методов прижизненного исследования ригидности роговицы, которые открыли бы перспективы широкого изучения биомеханических свойств тканей глаза в норме и при патологии.

На сегодняшний день описано несколько различных подходов для оценки биомеханических свойств тканей глаза. Однако, несмотря на имеющиеся технологические достижения, наиболее актуальной и пока нерешенной проблемой продолжает оставаться исследование биомеханических свойств роговицы и заднего отрезка склеры *in vivo*. Сведения об использовании данных технологий немногочисленны и базируются на небольшом клиническом материале и наблюдениях.

Согласно данным литературы [13, 16, 17], большинство исследователей отдает предпочтение использованию для оценки биомеханических свойств роговицы таких приборов, как Orbscan II, Oculus Pentacam, ORA и др., действие которых основано, в большинстве своем, на анализе толщины и формы обеих поверхностей роговицы. Указанные методы позволяют обнаружить

разницу в морфологических особенностях при патологии 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 отчетливые данные деформации роговицы, коррелирующие со степенью патологического процесса. Степень деформации роговицы, проявлявшейся в выпячивании ее центральной зоны (увеличение сферического эквивалента), оценивалась в диоптриях и рассчитывалась нами с использованием коэффициента ригидности роговицы.

Ранее нами уже было проведено исследование [5, 6, 19] с целью выявления влияния внутриглазного давления (ВГД) на результаты оценки биомеханических свойств роговицы с использованием ORA. Результаты свидетельствовали об очевидном воздействии ВГД на значение СН (рис.).

В частности, нам удалось установить [5, 6, 19], что у всех пациентов при повышении уровня ВГД достоверно снижался уровень СН. Причем данный факт отмечался как у пациентов с исходным нормальным уровнем ВГД ($r=(-)0,68$; $p<0,05$), так и у пациентов, уровень ВГД которых был изначально выше нормы ($r=(-)0,97$; $p<0,05$). В некоторых случаях уровни СН падали до нуля. Принимая во внимание, что измерение одного глаза проводилось в течение нескольких минут, это явление не могло быть объяснено изменением биомеханических свойств роговой оболочки. Единственной переменной во время измерений было ВГД. Таким образом было сделано заключение, что уровень ВГД оказывает значительное воздействие на результаты оценки биомеханических свойств роговицы с использованием ORA [5, 6, 19]. Рядом ученых [14] также отмечался подобный опыт в своей собственной практике. Учитывая данные факты, не-

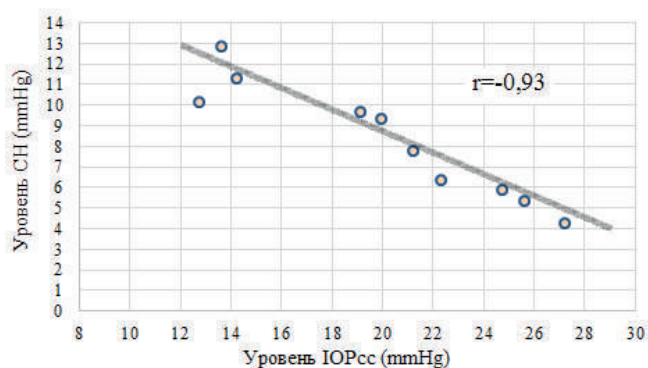


Рис. Гистограмма изменения уровня ВГД и уровня гистерезиса на протяжении исследования [5, 6, 19]

предсказуемые изменения параметров СН в связи с увеличением ВГД невозможно безапелляционно считать ORA стандартом при оценке биомеханических свойств роговицы.

Кроме того, наши исследования продемонстрировали, что в условиях искусственно повышенного внутриглазного давления использование предложенных нами способа и прибора для оценки ригидности роговицы *in vivo* [7, 8] позволяет не только выявить наличие биомеханических нарушений роговицы глаз пациентов с миопией по сравнению с контрольными эметропическими пациентами, но и дифференцировать их различный характер, тогда как применение общеизвестного метода оценки – анализатора биомеханических свойств глаза (ORA) – у одних и тех же пациентов позволило лишь констатировать наличие некоторой тенденции к изменению этих показателей, которая была статистически незначимой и не позволяла дифференцировать различный характер этих нарушений.

Таким образом, исследования доказали высокую специфичность и чувствительность коэффициента ригидности роговицы, изменение которого выявляло наличие биомеханических нарушений роговицы, выражало вариабельность и уровень ее деформации, коррелировало со степенью миопии, то есть дифференцировало различный характер этих нарушений.

Выводы

Исследование формы роговой оболочки на Шемпфлюг камере «Oculus Pentacam» или «Allegro Oculyzer» 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. Данная методика стала возможной при использовании прибора для определений ригидности роговой оболочки глаза путем измерения деформации тканей глаза под нагрузкой. Для описания степени изменений биомеханических свойств роговицы *in vivo* разработан коэффициент ригидности роговицы, который может служить критерием начала прогрессирования патологического процесса.

Нагрузочные пробы позволяют получить более точную информацию о биомеханических свойствах роговицы в сравнении со стандартными исследованиями ORA.

Предложенные способ и прибор для оценки ригидности роговицы *in vivo* позволяют не только выявить наличие биомеханических нарушений роговицы, но и дифференцировать их различный характер.

Литература

1. Аветисов С. Э. Исследование биомеханических свойств роговицы *in vivo* / С. Э. Аветисов // Биомеханика глаза: сб. труд. конф. – М., 2007. – С. 76–80.
2. Котляр К. Е. Биомеханика глаза как высокоэффективный инструмент для выбора и разработки перспективных направлений клинических и экспериментальных исследований / К. Е. Котляр, Е. Н. Иомдина, И. Н. Кошиц // Биомеханика глаза. – М., 2004. – С. 3–8.
3. Нероев В. В. Новые возможности в оценке биомеханических свойств роговицы и измерении внутриглазного давления / В. В. Нероев, А. Т. Ханджян, О. В. Зайцева // Глаукома. – 2006. – № 1. – С. 51–58.
4. Обрубов С. А. Акустическая биомеханика глаза и ее значение для клиники / С. А. Обрубов, Е. И. Сидоренко, В. Н. Федорова [и др.] // М.: Медицина. – 2001. – 128 с.
5. Сергиенко Н. М. Влияние внутриглазного давления на измерение роговичного гистерезиса / Н. М. Сергиенко, И. В. Шаргородская // Офтальмологический журнал. – 2011. Одесса. – № 3 (440). – С. 13–15.
6. Сергиенко Н. М. Оценка точности исследования биомеханических свойств роговицы с использованием ОРА / Н. М. Сергиенко, И. В. Шаргородская // Тезисы докл. XII съезда офтальмологов Украины. Ин-т глазных болезней и тканевой терапии имени В. П. Филатова: – Одесса, 2010. – С. 45.
7. Патент 85810 Украина, МПК А61В 3/00. Прибор для оценки ригидности роговой оболочки глаза / Н. М. Сергиенко, И. В. Шаргородская; № а 2008 07919; опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4. – С. 4.41.
8. Патент 39262 Украина, МПК А61В 8/10. Способ оценки ригидности роговой оболочки глаза / Н. М. Сергиенко, И. В. Шаргородская; № а 2008 02125; опубл. 25.02.2009, Бюл. № 4. – С. 4.20.
9. Страхов В. В. К вопросу исследования ригидности глаза / В. В. Страхов, В. В. Алексеев, М. С. Ремизов // Вестник офтальмологии. – 1994. – № 3. – С. 26–27.
10. Dupps W. J. Biomechanical modeling of corneal ectasia / W. J. Dupps // J Refract Surg. – 2005. – Vol. 21. – P. 186–190.
11. Edmund C. Corneal elasticity and ocular rigidity in normal and keratoconic eyes / C. Edmund // Acta Ophthalmol. (Copenh.). – 1988. – Vol. 66 (Suppl.). – P. 134–140.
12. Edmund C. Corneal topography and elasticity in normal and keratoconic eyes / C. Edmund // Acta Ophthalmol. (Copenh.). – 1989. – Vol. 193 (Suppl.). – P. 1–36.
13. Kerautret J. Biomechanical characteristics of the ectatic cornea / J. Kerautret, J. Collin, D. Touboul, C. Roberts // J Cataract. Refract. Surg. – 2008. – Vol. 34. – P. 510–513.
14. Kukumen R. B. Corneal biomechanical properties and intraocular pressure changes after phacoemulsification and intraocular lens implantation / R. B. Kukumen, N. M. Yenerel, E. Corgun [et al.] // J Cataract. Refract. Surg. – 2008. – Vol. 34 (12). – P. 2096–2098.
15. Lichtinger A. Intraocular lenses for presbyopia correction: past, present and future / A. Lichtinger, D. S. Rootman // Curr. Opin. Ophthalmol. – 2012. – Vol. 23 (1). – P. 40–46.
16. Luce D. A. Determining *in vivo* biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer / D. A. Luce // J Cataract. Refract. Surg. – 2005. – Vol. 31. – P. 156–162.
17. McMonnies C. W. The possible significance of the baropathic nature of keratectasias / Charles W. McMonnies // Clin Exp Optom. – 2013. – Vol. 96. – P. 197–200.
18. Sergienko N. M. Depth of focus in pseudophakic eyes / N. M. Sergienko, Y. N. Kondratenko, N. N. Tutchenko // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2007. – Vol. 246, №11. – P. 1623–1627.
19. Sergienko N. M. Determining corneal hysteresis and preexisting intraocular pressure / N. M. Sergienko, I. V. Shargorodska // J Cataract Refract Surg. – 2009. – Vol. 35. – P. 2033–2034.
20. Dynamic mechanical spectroscopy of the cornea for measurement of its viscoelastic properties *in vitro* / F. Soergel, B. Jean, T. Seiler [et al.] // German J. Ophthalmol. – 1995. – Vol. 4. – P. 151–156.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИМІРЮВАННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОГІВКИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ РІЗНИХ МЕТОДІВ

І. В. Шаргородська

Важливим фактором порушення опорних властивостей рогівки при міопії виступає зниження рівня її стабільності. У статті представлений порівняльний аналіз вимірювання біомеханічних показників рогівки при використанні різних методів. Обстежено 50 пацієнтів (100 очей) з міопічною та еметропічною рефракцією. Відзначено значні переваги використання розроблених нового способу і приладу для оцінки ригідності рогівки *in vivo* в порівнянні із загальновідомим методом оцінки – аналізатором біомеханічних властивостей очей

(ORA), які дозволяють не лише виявити наявність біомеханічних порушень рогівки, а й диференціювати їхній характер. Розроблено коефіцієнт ригідності рогівки (K_{ER}). Підвищення цього показника вище (+) 5,4% може служити критерієм початку прогресування міопії.

Ключові слова: рогівка, біомеханічні показники, ригідність, ORA, коефіцієнт ригідності рогівки, міопія.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CORNEAL BIOMECHANICS CHARACTERISTICS MEASUREMENT WITH USING DIFFERENT METHODS

I. V. Shargorodska

National Medical Academy of Postgraduate Education named after P. L. Shupuk
of the Ministry of Public Health of Ukraine
Kyiv, Ukraine

Summary. The problem of the clinical studies of biomechanical properties and structures of the eye tissue has a long history, but still far from being solved. Reduce of cornea stability is important factor which demonstrates worsen of the cornea supporting properties in the myopia patients. Measurement of corneal hysteresis (CH) using the analyzer cornea biochemical properties ORA became the world standard in the evaluation of the cornea biomechanical properties.

Aim: to carry out a comparative analysis of the measurements of corneal biomechanical parameters by using different methods.

Materials and methods. The 50 patients (100 eyes) with myopic and emmetropic refraction were included in investigation. In the control group there were included 20 patients (40 eyes) with emmetropic refraction. The basic group consisted of 30 patients (60 eyes) with myopia refraction, who had seen a persistent progression of myopia for the past five years. The corneal biomechanical parameters were carried out in the same patients by using the comparative analysis between the measurements obtained of a well-known method in the evaluation ORA and measurements obtained through the using of our proposed method and device evaluation cornea rigidity in vivo. A method of estimating the cornea rigidity in vivo performed using Shempflyug camera «Oculus Pentacam» or «Allegro Oculyzer» under artificial increase of intraocular pressure (IOP). Such conditions were implemented with the help of the device for evaluating the cornea rigidity in vivo (patent of Ukraine number 85 810 from 25.02.2009), due to uniform dosage two-minute compression of the eyeball in 30 grams. Secondary measurement of the keratotopographical indicators, spherical equivalent and other corneal biomechanical data were carried out on the devices Scheimpflug camera «Oculus Pentacam» or «Allegro Oculyzer» using standard programs in the conditions of an artificial increase of IOP.

The results showed that load conditions could detect a significant difference between the cornea biomechanical properties of the eye emmetropic and the eye patients who had marked the progression of persistent dynamics of pathological process – myopia. This variation expressed the weakening of the strength of the cornea properties, increasing ΔSE . There was sufficient strain variability, as well as a direct strong correlation between the degree of myopia and the level of deformation (the higher degree of myopia, the bigger deformation). It was observed increase in the cornea refraction by an average of 2.21 dptr., 2.37 dptr., 2.45 dptr. and 2.61 dptr. In the patients with myopia low, medium and high degree respectively ($r = 0,72$; $p < 0,05$).

The study has allowed determining the coefficient of corneal rigidity (K_{ER}), which is correlated with the degree of myopia. In the patients with low myopia it was equal to (+) 5.41%, in patients with moderate myopia, its value was (+) 5.49% and myopia highly consistent – (+) and 5.61 (+) 5.75%, respectively. In the control group with emmetropia its value was equal to (–) 1.21% ($p < 0,05$). At the same time, the study of corneal parameters in these same patients' by analyzer biomechanical properties of the eye (ORA) showed only a tendency to change the value of hysteresis (CH) to decrease and the factor of corneal resistance (FCR) to increase in the myopia patients compared with values of these indicators on emmetropic eyes.

The significant advantages of the developed method and device for evaluating the cornea rigidity in vivo was compared to the well-known method of assessment, the biomechanical eye properties analyzer (ORA). New method allows to detect the presence of biomechanical cornea disorders and to differentiate their character. Increase of coefficient of corneal rigidity (K_{ER}) above (+) 5.4% may serve as a criterion for progression of myopia.

Key words: corneal biomechanical performance, rigidity, ORA, the coefficient of corneal rigidity, myopia.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2016 р.