

Т. Е. Цыбульская<sup>1,3</sup>, Т. С. Завгородняя<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Запорожский государственный медицинский университет

<sup>2</sup> ГЗ «Запорожская медицинская академия последипломного образования МЗ Украины»

<sup>3</sup> Клиника современной офтальмологии «ВІЗУС»

## ОСОБЕННОСТИ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ И БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОРНЕОСКЛЕРАЛЬНОЙ КАПСУЛЫ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА У ДЕТЕЙ С МИОПИЕЙ

Обследование биомеханических показателей корнеосклеральной капсулы глаза на анализаторе биомеханических свойств глаза (ORA) и аксиальной длины глазного яблока (на аппарат IOL Master (Carl Zeiss, Germany) проведено у 71 ребенка с миопией слабой и средней степени, а также у 15 условно-здоровых детей. Выявлено, что на глазах с аксиальной длиной более 24 мм происходит снижение корнеального гистерезиса и фактора резистентности роговицы, а также отмечается увеличение показателей внутриглазного давления. Выявленные особенности могут свидетельствовать о снижении прочностных свойств фиброзной капсулы глаза и обуславливать прогрессирования миопического процесса.

**Ключевые слова:** аксиальная длина глазного яблока, биомеханика глаза, внутриглазное давление, дети, миопия.

Возникновение и развитие миопии, по многочисленным данным, связывают с нарушениями биомеханических свойств фиброзной оболочки глазного яблока, увеличением его аксиальной длины [1, 2, 4, 6]. Большинство исследователей склоняются к тому, что в основе растяжения глазного яблока лежит повышение внутриглазного давления, возникающее при зрительной нагрузке [1, 5, 7]. Однако до настоящего времени вопрос взаимоотношения между биомеханическими свойствами корнеосклеральной капсулы, внутриглазным давлением и биометрическими показателями глазного яблока, а в частности его аксиальной длиной, в прогрессировании миопического процесса, остается дискуссионным и требует дальнейших исследований в этом направлении.

Долгое время показателем биомеханических свойств корнеосклеральной капсулы глаза являлся коэффициент ригидности глаза, получаемый на основе дифференциальной тонометрии двумя грузами разной массы и вычисляемый затем по специальным номограммам [1]. Однако на результаты этой методики оказывает влияние целый ряд факторов: ригидность, толщина и радиус кривизны роговицы, объем глазного яблока. В конце прошлого тысячелетия был предложен метод определения коэффициента деформации склеры, основанный на ультразвуковом измерении относительного укорочения передне-заднего отрезка глаза в ответ на его дозированную компрессию в сагиттальном направлении [1]. Су-

щественным недостатком этого исследования являлась значительная величина компрессии, делавшая его проведение некомфортным и затруднительным в детской практике. Известны также способ определения акустической плотности склеры по амплитуде затухания эхосигнала, отраженного от склеральной капсулы глаза, методика офтальмомеханографии, позволяющая получить непрерывную зависимость «напряжение-деформация» при локальной дозированной нагрузке на исследуемый участок корнеосклеральной капсулы [4, 7].

Новые возможности исследования фиброзной оболочки глаза появились с внедрением в клинику-диагностическую практику прибора анализатора биомеханических свойств глаза (Ocular Response Analyzer, ORA, Reichert). В литературе приведены данные об изменении биомеханических параметров корнеосклеральной оболочки глаза у взрослых пациентов после кераторефракционных операций, при глаукоме в сочетании с близорукостью [3, 10]. Сообщения о биомеханических свойствах корнеосклеральной оболочки у детей с миопией и гиперметропией, исследованных на ORA, носят единичный характер [6, 9]. Мы не встретили в доступной литературе данных о детальном анализе биомеханических свойств корнеосклеральной капсулы, показателей внутриглазного давления и биометрических параметров глаза, в частности его аксиальной длины, как факторов, ассоциированных между собой и определяющих развитие миопического

процесса в детском возрасте.

Цель данного исследования – изучить свойства корнеосклеральной капсулы глаза и состояние внутриглазного давления у детей с миопией по данным ORA, а также взаимоотношение данных параметров с аксиальной длиной глазного яблока и определить влияние этих факторов на течение миопического процесса.

### Материал и методы

Обследован 71 ребенок (142 глаза) с миопией слабой и средней степени. Миопия слабой степени определялась на 95 глазах (в 71% случаев), средней степени на 47 глазах (в 29% случаев). Группу контроля составили 15 условно-здоровых детей без офтальмологической патологии (30 глаз). Острота зрения у детей с миопией составляла 1,0 с коррекцией. Проведено стандартное офтальмологическое обследование, включающее визометрию, авторефрактокератометрию, скиаскопию, биомикроскопию, офтальмоскопию. Для определения аксиальной длины глазного яблока применялся биометрический аппарат IOL Master (Carl Zeiss, Germany). Биомеханические показатели корнеосклеральной капсулы глазного яблока определялись на анализаторе биомеханических свойств роговицы (Ocular Response Analyzer, ORA, Reichert, США), принцип работы которого основан на двунаправленной ап-

планаии роговицы струей воздуха и позволяет получить несколько показателей при одном измерении: внутриглазное давление (ВГД), приравненное к тонометрии Гольдмана – IOPg (мм рт. ст.); роговично-компенсированное ВГД – IOPcc (мм рт. ст.); корнеальный гистерезис СН (мм рт. ст.); фактор резистентности роговицы – CRF (мм рт. ст.). Обработка полученных данных проведена с помощью программы Statistica 6.0 и пакета программ Excel.

### Результаты и их обсуждение

Биомеханические показатели корнеосклеральной капсулы глаза и внутриглазного давления у детей в зависимости от степени миопии представлены в таблице 1.

Из представленных в таблице 1 данных видно, что у пациентов с миопией средней степени отмечается некоторое снижение показателей СН и CRF ( $p < 0,05$ ) в сравнении с контрольной группой (что согласуется с данными Кварацхелия Н. Г.) [6]. Показатель IOPcc, хотя и не выходит за пределы физиологических значений, однако увеличивается у детей с миопией слабой и средней степени в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Сравнительный анализ показателей ВГД и биомеханических параметров корнеосклеральной капсулы глаза не выявил достоверных различий в зависимости от степени миопии,

Таблица 1

Показатели внутриглазного давления и биомеханических параметров корнео-склеральной капсулы у детей с миопией и контрольной группой

Показатели ORA (мм рт. ст.)	Миопия слабой степени (n=95)	Миопия средней степени (n=47)	Контрольная группа (n=30)
IOPg	15,1±0,6	15,5±1,1	15,7±0,8
IOPcc	16,4±0,6*	16,2±1,3*	13±0,5
CRF	12,2±0,2*	11,2±0,5*	13,8±0,4
СН	12,3±0,2*	11,1±0,3*	14,2±0,3

Примечание: \* статистически значимые различия в сравнении с контрольной группой

Таблица 2

Показатели внутриглазного давления и корнео-склеральной капсулы глаза у детей с миопией слабой степени в зависимости от аксиальной длины глазного яблока

Показатель	Миопия слабой степени		Контрольная группа (n=30)
	1 подгруппа (n=31)	2 подгруппа (n=64)	
Аксиальная длина глаза, мм	23,5±0,08	24,7±0,05	22,8±0,08
IOPg, мм рт. ст.	16±0,6	16,5±0,5	15,7±0,8
IOPcc, мм рт. ст.	14,7±0,5	16,8±0,5*	13±0,5
CRF, мм рт. ст.	12,8±0,2	12±0,3*	13,8±0,4
СН, мм рт. ст.	13±0,2	11,8±0,1*	14,2±0,3

Примечание: \* статистически значимые различия в сравнении с контрольной группой

Таблиця 3

**Показатели внутриглазного давления и корнео-склеральной капсулы  
глаза у детей с миопией средней степени в зависимости  
от аксиальной длины глазного яблока**

Показатель	Миопия средней степени		Контрольная группа (n=30)
	1 подгруппа (n=9)	2 подгруппа (n=39)	
Аксиальная длина глаза, мм	23,8±0,02	25,2±0,1	22,8±0,08
ІОРg, мм рт. ст.	15±0,2	16,5±0,6	15,7±0,8
ІОРсс, мм рт. ст.	13,8±0,6**	17±0,5*	13±0,5
CRF, мм рт. ст.	11,7±0,2*	11,5±0,3*	13,8±0,4
СН, мм рт. ст.	12,2±0,3*	11,6±0,2*	14,2±0,3

**Примечание:** \* статистически значимые различия с контрольной группой;  
\*\* статистически значимые различия между 1 и 2 подгруппами

однако показал значительную вариабельность данных, особенно у пациентов с миопией слабой степени. При анализе полученных данных мы обратили внимание, что в 68% случаев на глазах с миопией слабой степени аксиальная длина глазного яблока превышает показатели детей контрольной группы на 1,8 мм и составляет в среднем 24,6±0,05 мм. А у пациентов с миопией средней степени аксиальная длина глазного яблока в 87% случаев составила 25±0,1 мм, и только в 13% случаев – 23,8±0,02 мм. Поэтому дальнейший анализ биомеханических показателей корнео-склеральной капсулы глаза проводился с его учетом аксиальной длины.

Результаты представлены в таблице 2 и 3. Пациенты каждой группы были разделены на подгруппы, в зависимости от аксиальной длины глаза. В 1 подгруппу вошли пациенты с показателями аксиальной длины глазного яблока менее 24 мм, во вторую подгруппу – пациенты с аксиальным размером глаза более 24 мм.

Из представленных в таблице 2 данных следует, что на глазах с осевой длиной 24,7±0,05 мм у пациентов с миопией слабой степени снижаются показатели CRF и СН до 12±0,3 и 11,8±0,1 мм рт. ст. соответственно (p<0,05). Также на этих глазах наблюдается увеличение ІОРсс до 16,8±0,5 мм рт. ст. (p<0,05).

Из данных таблицы 3 видно, что у пациентов с миопией средней степени и аксиальной длиной глазного яблока 25,2±0,1 мм наблюдается повышение ІОРсс до 17±0,5 мм рт. ст., а также снижение CRF и СН до 11,5±0,3 и 11,6±0,2 мм рт. ст. соответственно.

В дальнейшем нас интересовало, а какой степени увеличение аксиальной длины глазного яблока соотносится с показателями ВГД, корнеального гистерезиса и фактора резистентности роговицы. Для выяснения этого был проведен корреляционный анализ, который показал, что СН имеет обратную зависимость от аксиальной длины глазного яблока,

коэффициент корреляции – (r=-0,48, p<0,05), а показатель ІОРсс – прямую корреляционную зависимость с аксиальной длиной глазного яблока (r=0,42, p<0,05).

Полученные результаты позволяют предположить, что одним из информативных признаков прогрессирования миопии в детском возрасте могут являться показатели ІОРсс, СН, CRF, особенно для детей с миопией слабой степени, когда риск перехода заболевания в прогрессирующую форму особенно высок. Снижение корнеального гистерезиса у детей с миопией, в сравнении с контрольной группой здоровых детей, а также выявленная корреляционная связь этого параметра с аксиальной длиной глазного яблока при миопии в детской практике может свидетельствовать об изменении прочностных свойств фиброзной капсулы глаза в целом.

### Выводы

1. Нарушения степени рефракции при миопии не всегда зависят от аксиальной длины глазного яблока.

2. Биомеханические свойства корнеосклеральной капсулы глаза изменяются при увеличении аксиальной длины глазного яблока. Так, у пациентов с миопией слабой и средней степени отмечается снижение корнеального гистерезиса в 36% и 74% случаев, а также определяется повышение роговично-компенсированного давления в 53% и 62% случаев соответственно в сравнении с нормой. Это может свидетельствовать о снижении прочностных свойств фиброзной капсулы глаза и обуславливать прогрессирование миопического процесса.

3. В алгоритм наблюдения детей с миопией целесообразно включать обследование состояния роговично-компенсированного давления и корнеального гистерезиса, как показателей, характеризующих течение миопического рефрактогенеза.

## Список литературы

1. Аветисов Э. С. Близорукость / Э. С. Аветисов. – М.: Медицина, 2002. – 288 с.
2. Бушуева Н. Н. Критерии прогрессирования близорукости у детей и подростков и хирургические методы лечения с использованием: биоинертного синтетического материала: автореф. дисс. д-ра мед. наук: 14.01.17 / Институт глазных болезней и тканевой терапии им. акад. В. П. Филатова. – Одесса, 1995. – 32 с.
3. Дравица Л. В. Роль биомеханических параметров глазного яблока в течении открытоугольной глаукомы, миопии и при их сочетании / Л. В. Дравица, Е. В. Конопляник // Офтальмология в Беларуси. – 2009. – № 3. – С. 75–80.
4. Иомдина Е. Н. Биомеханика склеральной оболочки глаза при миопии: диагностика нарушений и их экспериментальная коррекция: автореф. дис. д-ра биол. наук: 01.02.08 / Московский научно-исследовательский институт глазных болезней имени Гельмгольца. – М., 2000. – 48 с.
5. Завгородняя Н. Г. Изменение гидродинамики миопического глаза под влиянием зрительной нагрузки и ее роль в прогрессировании заболевания / Н. Г. Завгородняя, Т. Н. Барковская // Офтальмолог. журнал, 1998. – № 1. – С. 31–34.
6. Кварацхелия Н. Г. Сравнительное изучение анатомо-функциональных особенностей глаз с гиперметропией и миопией у детей: автореф. дис.к.мед.н.: 14.01.07, 01.02.08 / Московский научно-исследовательский институт глазных болезней имени Гельмгольца Росмедтехнологий. – М., 2010. – с. 7–12.
7. Страхов В. В. Особенности прогрессирования миопии в зависимости от офтальмотонуса / В. В. Страхов, Е. Г. Гулидова // Рос. педиатр. офтальмология – 2011. – № 1. – С. 15–19.
8. Толорая Р. Р. Исследование эффективности и безопасности ночных ортокератологических контактных линз в лечении прогрессирующей близорукости: автореф. дис. к.мед.н.: 14.01.07 / Московский научно-исследовательский институт глазных болезней имени Гельмгольца Росмедтехнологий – М., 2010. – 25 с.
9. Lim L. Cornea Biomechanical Characteristics and Their Correlates with Refractive Error in Singaporean Children / L. Lim, G. Gazzard, Y-H Chan et al. // Invest. Ophthalmol. Vis Sci. – 2008. – P. 3852–3857.
10. Luce D.A. Reichert Ocular Response Analyzer Measures Corneal Biomedical Properties and IOP. Provides New Indicators for Corneal Specialties and Glaucoma Management / D. A. Luce, D. Taylor // Reichert Ophthalmic Instruments. – 2005. – P. 12.

Стаття надійшла до редакції: 01.10.2013 р.

**Т. Є. Цибульська<sup>1,3</sup>, Т. С. Завгородня<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Запорізький державний медичний університет

<sup>2</sup> ДЗ «Запорізька медична академія післядипломної освіти МОЗ України»

<sup>3</sup> Клініка сучасної офтальмології «ВІЗУС»

## ОСОБЛИВОСТІ БІОМЕХАНІЧНИХ ТА БІОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРНЕОСКЛЕРАЛЬНОЇ КАПСУЛИ ОЧНОГО ЯБЛУКА У ДІТЕЙ З МІОПІЄЮ

Проведене обстеження біомеханічних показників корнеосклеральної капсули ока на аналізаторі біомеханічних властивостей ока (ORA) та аксиальної довжини очного яблука (на апараті IOL Master (Carl Zeiss, Germany) у 71 дитини з міопією слабкого та середнього ступеня, а також у 15 умовно-здорових дитини. Виявлено, що на очах з аксіальною довжиною більше 24 мм відбувається зниження корнеального гістерезиса та фактора резистентності рогівки, а також відзначається підвищення показників внутрішньоочного тиску. Виявлені особливості можуть свідчити про зниження міцних властивостей фіброзної капсули ока та обумовлювати прогресування міопічного процесу.

**Ключові слова:** аксиальна довжина очного яблука, біомеханіка ока, внутрішньоочний тиск, діти, міопія.

**Т. Y. Thybulskaya<sup>1,3</sup>, T. S. Zavgorodnyaya<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Zaporizhzhia State Medical University

<sup>2</sup> SI “Zaporizhzhia Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health of Ukraine”

<sup>3</sup> Modern ophthalmology clinic “VIZUS”

## FEATURES BIOMECHANICAL AND BIOMETRICS CORNEOSCLERAL CAPSULE OF THE EYEBALL IN CHILDREN WITH MYOPIA

**Background.** However, until now the question the relationship between the biomechanical parameters corneoscleral capsule, intraocular pressure and axial length of the eyeball in the progression of myopic process remains debatable.

**Material and methods.** The study included 71 children (142 eyes). To determine the axial length of the eyeball applied IOL Master (Carl Zeiss, Germany). Biomechanical performance corneoscleral capsule of the eyeball and intraocular pressure were determined on the analyzer biomechanical properties of the cornea (the Ocular Response Analyzer, ORA, Reichert, USA).

**Results.** In eyes with an axial length of  $24,7 \pm 0,05$  mm in patients with mild myopia and reduced CRF and CH to  $12 \pm 0,3$  and  $11,8 \pm 0,1$  mm Hg respectively ( $p < 0.05$ ). Also at those eyes there is an increase IOPcc to  $16,8 \pm 0,5$  mm Hg ( $p < 0.05$ ). Patients with moderate myopia and axial length of the eyeball  $25,2 \pm 0,1$  mm IOPcc observed increase to  $17 \pm 0,5$  mm Hg, and reduced to CH and CRF –  $11,5 \pm 0,3$  and  $11,6 \pm 0,2$  mm Hg respectively. Correlation analysis, which showed that the CH is inversely related to the axial length of the eyeball, the correlation coefficient – ( $r = -0,48$ ,  $P < 0,05$ ) and IOPcc – direct correlation with the axial length of the eyeball ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ ).

**Conclusions.** Violations of the degree of refraction for myopia does not always depend on the axial length of the eyeball. Biomechanical properties of the corneoscleral capsule eyes change with an increase in axial length of the eyeball. Thus, patients with myopia of mild to moderate corneal hysteresis, a decline of 36% and 74% of cases, and also determines the increase of corneal-compensated pressure in 53% and 62%, respectively, suggesting a decrease in strength properties of the fibrous capsule of the eye and condition the myopic progression process.

**Keywords:** axial length of the eyeball, eye biomechanics, intraocular pressure, children, myopia.