

Shargorodska I. V.

doctor of medical science, professor

professor of ophthalmology department

Shupik National Medical Academy of Postgraduate Education

Litus V. I.

doctor of medical science, professor

head of the department of clinical laboratory immunology and allergology

Shupik National Medical Academy of Postgraduate Education

Danilenko O. S.

ophthalmologist

Kyiv Ophthalmology Clinic Eye Microsurgery Center

DETERMINATION OF BIOMECHANICAL PROPERTIES OF SCLERA AND ACCOMODATION IN CHILDREN WITH HYPERMETROPY

Шаргородська Ірина Василівна

доктор медичних наук, професор

професор кафедри офтальмології

Національна медична академія післядипломної освіти

імені П.Л.Шупика

Літус Віктор Іванович

доктор медичних наук, професор

завідувач кафедри клінічної, лабораторної імунології та алергології

Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика

Даниленко Олександр Сергійович

лікар офтальмолог

Київська міська клінічна офтальмологічна лікарня

«Центр мікрохірургії ока»

ВИЗНАЧЕННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛЕРИ ТА АКОМОДАЦІЇ У ДІТЕЙ З ГІПЕРМЕТРОПІЄЮ

Summary. The article is devoted to the problem to study the biomechanical properties of the cornea and accommodation in children with hypermetropia.

To calculate the biomechanical indices of the sclera, measurements were obtained using a known method and apparatus for assessing the rigidity of the sclera in vivo. Carried out the calculation of the ΔACD and the coefficient of scleral rigidity (K_{ES}). To determine the relative and absolute accommodation used "accommodation test". Studies of the reserves of absolute accommodation were carried out according to the Dashevsky method. The provision for distance accommodation and the positive part of relative accommodation were determined.

Certainly, that hypermetropic eye with different accommodation were found to have different sizes. Hypermetropic eyes, which had weaker accommodation, were larger in size than eyes that had better accommodation ($p < 0.05$). It was found that under conditions of artificially elevated intraocular pressure, the use of the method and the scleral rigidity assessment device revealed biomechanical disorders of the scleral eye of patients with hypermetropia and different accommodative ability compared to control emetropic eyes. The factor of rigidity of the sclera on eyes that had weaker accommodation was significantly higher compared to eyes that had better accommodation ($p < 0.05$).

This fact is evidence of a stretch of the capsule of the eyeball. However, the increase in axial length of the eye was not reflected in the degree of hypermetropia. Because the stretching of the eye was accompanied by an increase in the radius of curvature of the anterior surface of the cornea and the weakening of its refractive force.

Thus, the research results indicate that the accommodation function is related to the anatomical-optical and biomechanical features of the hypermetropic eyes and correlates with the size of their fibrous capsule and the sclera rigidity factor.

Анотація. Стаття присвячена проблемі визначення біомеханічних властивостей склери і акомодатції у дітей з гіперметропією.

З метою визначення біомеханічних показників склери проводили виміри, отримані з використанням відомого способу і приладу для оцінки ригідності фіброзної оболонки ока in vivo. Проводили розрахунок показника $\Delta PЗВ$ і коефіцієнта ригідності склери (K_{ES}). З метою визначення відносної і абсолютної акомодатції використовували «акомодотест». Резерви абсолютної акомодатції досліджували по методу А. І. Дашевського. Проводили визначення резерву акомодатції вдалину та позитивної частини відносної акомодатції.

Встановлено, що гіперметропічні очі з різною акомодатцією мали вірогідно різні розміри. Гіперметропічні очі, які мали слабкішу акомодатцію, відрізнялися більшим розміром в порівнянні з очима,

які мали кращу акомодативну здатність ($p < 0,05$). Встановлено, що в умовах штучно підвищеного внутрішньоочного тиску використання способу і приладу для оцінки ригідності склери дозволяло виявити наявність біомеханічних порушень склери очей пацієнтів з гіперметропією і різною акомодативною здатністю в порівнянні з контрольними еметропічними очима. Коефіцієнт ригідності склери на очах, які мали слабкішу акомодацию був вірогідно більший в порівнянні з очима, які мали кращу акомодативну здатність ($p < 0,05$).

Цей факт є свідченням розтягнення капсули очного яблука. Однак збільшення аксіальної довжини ока не відображалось на ступені гіперметропії. Оскільки розтягнення ока супроводжувалося збільшенням радіусу кривизни передньої поверхні рогівки і послабленням її заломлюючої сили.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що функція акомодативної пов'язана з анатомо-оптичними і біомеханічними особливостями гіперметропічних очей та корелює з розмірами їх фіброзної капсули та коефіцієнтом ригідності склери.

Key words: cornea, accommodation, biomechanical properties, rigidity, the coefficient of scleral rigidity, eyes tunica fibrosa, hypermetropia.

Ключові слова: рогівка, акомодация, біомеханічні властивості, ригідність, коефіцієнт ригідності склери, фіброзна оболонка очного яблука, гіперметропія.

Постанова проблеми. На сьогодні одне з перших місць серед причин сліпоти і інвалідності по зору у дітей розвинених країн світу, в тому числі і України, займають порушення рефракції та акомодативної [1, 4, 5, 6]. Діагностика розладів акомодативної у пацієнтів з гіперметропією є актуальним завданням сучасної офтальмології, і це пояснює прагнення офтальмологів до удосконалення відомих методів і розробки нових методик діагностики цього захворювання. Дотепер в літературі немає єдиної думки про механізми патогенезу цього захворювання, відсутні точні критерії його діагностики і диференційної діагностики. Відомі способи аналізу розладів акомодативної та біомеханічних властивостей фіброзної оболонки ока при різних клінічних формах гіперметропії мають як позитивні сторони, так і недоліки [2, 3, 7, 11, 10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Критичний аналіз джерел літератури показав, що залежність між функцією акомодативної та анатомо-оптичними параметрами переднього відділу фіброзної капсули гіперметропічних очей вивчені мало і потребують подальшого розгляду [2, 5, 8, 12, 16, 18]. Оцінюючи значення акомодативної функції при трьох видах клінічної рефракції стає очевидним, що при гіперметропії акомодация відіграє особливу важливу роль, оскільки вона забезпечує високу зорову здатність не тільки поблизу, а й вдалину [2]. Згасання акомодативної функції з віком вимагає гіперметропії використовувати постійну очкову або контактну корекцію вдалину [1, 4]. В дошкільному і шкільному віці гіперметропія стає причиною зниження гостроти зору вдалину в середньому у 19,5 – 31,4% випадків [8, 10].

На сьогодні факт ослаблення акомодативної здатності у дітей та його кореляція із змінами біомеханічних властивостей фіброзної капсули ока не знайшли достатньо переконливого пояснення [10, 13].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Таким чином, аналіз джерел літератури показав, що залежність між функцією акомодативної

анатомо-оптичними параметрами переднього відділу і біомеханічними властивостями фіброзної капсули гіперметропічних очей вивчені мало і потребують подальшого розгляду [4, 5, 7, 10, 13, 16, 18]. Актуальність проблеми і невирішені питання визначили ряд завдань, що були сплановані для вирішення: визначення топографо-анатомічних і функціональних показників очей у дітей з гіперметропією; виявлення особливостей співвідношення констант оптичної системи ока при гіперметропії залежно від функції акомодативної; аналіз анатомо-оптичних параметрів переднього відділу фіброзної капсули гіперметропічних очей з різною акомодативною здатністю; визначення біомеханічних властивостей фіброзної оболонки ока при гіперметропії; розробка критеріїв діагностики клінічних форм гіперметропії за акомодативною ознакою.

Мета роботи – визначити біомеханічні властивості склери і акомодативної у дітей з гіперметропією.

Виклад основного матеріалу. Протягом дослідження були обстежені 65 пацієнтів (130 очей), які пройшли комплексне офтальмологічне обстеження і були обізнані про характер дослідження. В кожному випадку було оформлено інформовану згоду на участь згідно затвердженого зразка (Протокол КЕ №9 від 06.11.2017 року рішення етичного комітету НМАПО імені П. Л. Шупика).

Всі пацієнти були розподілені на дві групи. В основну групу увійшли 46 пацієнтів (92 ока) з гіперметропією. В I підгрупу основної групи були включені пацієнти, які мали резерв акомодативної вдалину більший ніж 5,0 дптр і позитивну частину відносної акомодативної більшою ніж 2,5 дптр – 32 ока (34,8% випадків). В II підгрупу – 30 очей (32,6% випадків), які мали резерв акомодативної вдалину на рівні 2,5 – 5,0 дптр і позитивну частину відносної акомодативної в межах 1,5 – 2,5 дптр. В III підгрупу – 30 очей (32,6% випадків) – які мали резерв акомодативної вдалину на рівні меншим 2,0 дптр і позитивну частину відносної акомодативної меншою 1,5 дптр.

Групу порівняння склали 19 пацієнтів (38 очей) з еметропічною рефракцією. Обидві групи були порівнянні за віком і полом. Коригована гострота зору пацієнтів основної групи була в межах 0,7-1,0, групи порівняння – вища 0,7. Середній рівень ВОР у пацієнтів основної групи дорівнював $16,66 \pm 1,4$ мм рт.ст., а пацієнтів групи порівняння відповідав $14,63 \pm 1,5$ мм рт.ст. ($p < 0,05$).

При первинному скринінгу пацієнтів основної та групи порівняння особливу увагу звертали на відсутність супутньої патології.

Протягом комплексного офтальмологічне обстеження проводили визначення кератотопографічних показників в класичному варіанті з використанням Шемпфлюг камери Oculus Pentacam.

З метою визначення біомеханічних показників склери проводили виміри, отримані з використанням відомого способу і приладу для оцінки ригідності фіброзної оболонки ока *in vivo* [14, 15]. Спосіб оцінки ригідності фіброзної оболонки ока *in vivo* [15] виконували за допомогою біометра (Bio meter AL-1000-Tomey) і ехографа (Storz), використовуючи стандартні програми по роботі з приладами, в умовах без навантаження та штучного підвищення внутрішньоочного тиску (ВОТ), який реалізовували за допомогою приладу для визначення ригідності капсули ока *in vivo*

(патент України на винахід № 19835 від 15.01.2007) [14], що створював рівномірну дозовану компресію очного яблука. У кінці дослідження усі дані фіксували в статистичній карті обстеження пацієнта. При цьому проводили розрахунок показника ДПЗВ і коефіцієнта ригідності склери (K_{ES}). Для опису змін біомеханічних властивостей склери *in vivo* була використана формула, що оцінює коефіцієнт ригідності склери [17].

З метою визначення відносної і абсолютної акомодатії використовували «акомодотест». Резерви абсолютної акомодатії досліджували по методу А. І. Дашевського [9]. Для пацієнтів основної групи та групи порівняння визначали резерв акомодатії вдалину (РА) та позитивну частину відносної акомодатії (ПЧВА). Вимірювання внутрішньоочного тиску проводили за стандартною методикою шляхом використання безконтактного методу тричі для кожного ока, визначаючи усереднене значення.

Статистичний аналіз результатів клінічних досліджень проводили шляхом утворення бази пацієнтів з використанням програми Statistica 10 (StatSoft, Inc., USA). У всіх випадках проведення аналізу критичний рівень значущості був прийнятий рівним 0,05.

Отримані дані представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Зміни біомеханічних показників склери та акомодатії у пацієнтів основної групи і групи порівняння, n=130

Метод дослідження		Група			
		Група порівняння, еметропія, n=38	I підгрупа основної групи, n=32	II підгрупа основної групи, n=30	III підгрупа основної групи, n=30
Спосіб оцінки ригідності склери <i>in vivo</i> , (n=130)	ДПЗВ, мм	$0,06 \pm 0,01$	$+0,17 \pm 0,07$ 2,3*	$+0,22 \pm 0,02$ 2,3*	$+0,33 \pm 0,02$ 2,3*
	Коефіцієнт ригідності склери, K_{ES} , %	+0,23%	+0,55% 2,3*	+1,04% 2,3*	+1,31% 2,3*
Визначення акомодатії (n=130)	Резерв абсолютної акомодатії (РА), дптр, $M \pm m$	$7,42 \pm 0,94$	$6,33 \pm 0,87$ 2,3*	$2,42 \pm 0,43$ 2,3*	$1,31 \pm 0,10$ 2,3*
	Позитивна частина відносної акомодатії (ПЧВА), дптр, $M \pm m$	$4,14 \pm 0,13$	$3,71 \pm 0,26$ 2,3*	$1,82 \pm 0,14$ 2,3*	$1,17 \pm 0,05$ 2,3*
Кератотопографія, Oculus Pentacam (n=130)	Діаметр рогівки, мм, $M \pm m$	$9,26 \pm 0,02$	$9,41 \pm 0,03$ 2,3*	$10,54 \pm 0,05$ 2,3*	$11,93 \pm 0,04$ 2,3*
	Радіус кривизни рогівки, мм, $M \pm m$	$7,1 \pm 0,15$	$6,92 \pm 0,22$ 2,3*	$7,43 \pm 0,21$ 2,3*	$8,67 \pm 0,13$ 2,3*
	Заломлююча сила рогівки, дптр, $M \pm m$	$43,98 \pm 0,16$	$42,61 \pm 0,14$ 2,3*	$41,62 \pm 0,15$ 2,3*	$40,82 \pm 0,17$ 2,3*

	Товщина рогівки, мкн, $M \pm m$	$542 \pm 11,2$	$536 \pm 10,7^{2,3*}$	$551 \pm 11,4^{2,3*}$	$540 \pm 13,0^{2,3*}$
	Глибина передньої камери, мм, $M \pm m$	$3,51 \pm 0,05$	$3,13 \pm 0,03^{2,3*}$	$3,27 \pm 0,04^{2,3*}$	$3,48 \pm 0,06^{2,3*}$
	Елевації передньої поверхні рогівки, μm , $M \pm m$	$4,33 \pm 0,21$	$5,16 \pm 0,11^{2,3*}$	$5,62 \pm 0,08^{2,3*}$	$7,46 \pm 0,14^{2,3*}$
	Елевації задньої поверхні рогівки, μm , $M \pm m$	$9,15 \pm 0,19$	$10,61 \pm 0,06^{2,3*}$	$11,82 \pm 0,09^{2,3*}$	$14,27 \pm 0,13^{2,3*}$
Товщина кришталика, мм, $M \pm m$		$3,53 \pm 0,11$	$3,55 \pm 0,06^{2,3*}$	$3,36 \pm 0,09^{2,3*}$	$3,28 \pm 0,13^{2,3*}$
ВОТ, мм рт.ст., $M \pm m$		$14,63 \pm 1,5$	$15,12 \pm 1,5^{2,3*}$	$16,79 \pm 1,3^{2,3*}$	$18,08 \pm 1,4^{2,3*}$
Аксіальна довжина ока, мм, $M \pm m$		$23,43 \pm 0,07$	$20,92 \pm 0,07^{2,3*}$	$21,71 \pm 0,12^{2,3*}$	$22,84 \pm 0,09^{2,3*}$

Примітка:

1. – ² – параметричні методи оцінки вірогідності результатів статистичного дослідження (по Фішеру);
2. – ³ – непараметричні методи оцінки вірогідності результатів статистичного дослідження (критерій знаків);
3. – * – рівень значущості, $p < 0,05$.

Аналізуючи отримані результати (табл. 1) звертає на себе увагу велика різниця в стані акомодативної здатності у пацієнтів II та III підгрупи. Пацієнти II підгрупи мали середнє значення резерву акомодатії на рівні $2,42 \pm 0,43$ дптр, в той же час пацієнти III підгрупи – на рівні $1,31 \pm 0,10$ дптр ($p < 0,05$). Крім того, пацієнти зі слабкою акомодатією (III підгрупа) мали більшу довжину вісі ока – $22,84 \pm 0,09$ мм проти $21,71 \pm 0,12$ мм (II підгрупа) ($p < 0,05$), більший діаметр рогівки $11,93 \pm 0,04$ мм (III підгрупа) проти $10,54 \pm 0,05$ мм (II підгрупа) ($p < 0,05$), більший радіус кривизни рогівки – $8,67 \pm 0,13$ мм (III підгрупа) проти $7,43 \pm 0,21$ мм (II підгрупа) ($p < 0,05$), глибшу передню камеру – $3,48 \pm 0,06$ мм (III підгрупа) проти $3,27 \pm 0,04$ мм (II підгрупа) ($p < 0,05$), меншу товщину кришталика – $3,28 \pm 0,13$ мм (III підгрупа) проти $3,36 \pm 0,09$ мм (II підгрупа) ($p < 0,05$), більші елевації передньої та задньої поверхонь рогівки $7,46 \pm 0,14$ і $14,27 \pm 0,13$ μm (III підгрупа) проти $5,62 \pm 0,08$ і $11,82 \pm 0,09$ μm (II підгрупа) ($p < 0,05$).

Таким чином, гіперметропічні очі з різною акомодатією мали вірогідно різні розміри. Гіперметропічні очі, які мали слабкішу акомодатію, відрізнялися більшим розміром в порівнянні з очима, які мали кращу акомодативну здатність ($p < 0,05$) (табл. 1).

Завдяки застосуванню приладу і способу для вимірювання ригідності склери [14, 15] ми отримали можливість визначити біомеханічні властивості капсули ока очей з різною акомодатією. Результати дослідження показали, що в умовах штучно підвищеного

внутрішньоочного тиску використання способу і приладу для оцінки ригідності склери [16, 18] дозволяло нам виявити наявність біомеханічних порушень склери очей пацієнтів з гіперметропією і різною акомодативною здатністю в порівнянні з контрольними еметропічними очима.

Коефіцієнт ригідності склери на очах, які мали слабкішу акомодатію був вірогідно більший в порівнянні з очима, які мали кращу акомодативну здатність ($p < 0,05$). Цей факт є свідченням розтягнення капсули очного яблука. Однак збільшення аксіальної довжини ока не відображалось на ступені гіперметропії. Оскільки розтягнення ока супроводжувалося збільшенням радіуса кривизни передньої поверхні рогівки і послабленням її заломлюючої сили (табл. 1).

Висновки та пропозиції.

Результати наших досліджень свідчать, що функція акомодатії пов'язана з анатомо-оптичними і біомеханічними особливостями гіперметропічних очей та корелює з розмірами їх фіброзної капсули та коефіцієнтом ригідності склери. Встановлено, гіперметропічні очі, які характеризуються збільшенням кривизни їх заломлюючих середовищ, значним зменшенням аксіального розміру, низьким коефіцієнтом ригідності склери мають нормальна функція акомодатії. Зі збільшенням розмірів ока, особливо в передньому його відділі, збільшенням коефіцієнту ригідності склери, зменшується рефракція заломлюючих середовищ ока, що супроводжується зниженням акомодативної здібності.

Список литературы:

1. Аветисов Э. С. Близорукость / Э. С. Аветисов // М.: Медицина. – 2002. – 288 с.
2. Аветисов Э. С. Динамическая рефракция глаза и ее основные понятия / Э. С. Аветисов, Ю. З. Розенблюм // Динамическая рефракция глаза в норме и при патологии. – М. – 1981. – С.17-33.
3. Ананин В. Ф. Теоретические основы рефрактогенеза / В. Ф. Ананин // Офтальмол. журн. – 1990. – № 1. – С.42-46.
4. Бойчук И. М. Клинические особенности стереовосприятия у детей при эметропии, аметропии и содружественном косоглазии / И. М. Бойчук // Автореф. дис. ... канд.мед.наук. – Одесса. – 1990. – 16 с.
5. Бушуева Н. Н. Результаты одновременного хирургического лечения больных с прогрессирующей близорукостью, сочетающейся с косоглазием / Н. Н. Бушуева // Офтальмол. журн. – 2003. – № 3. – С.11-14.
6. Венгер Л. В. Методы лечения амблиопии и их эффективность / Л. В. Венгер // Офтальмол. журн. – 2000. – № 4. – С.74-79.
7. Волков В. В. Биомеханические особенности взаимодействия аккомодационной и дренажной регуляторных систем глаза в норме и при контузионном подвывихе хрусталика / В. В. Волков, К. Е. Котляр, И. Н. Кошиц, О. В. Светлова, Б. А. Смольников // Вестн. офтальмол. – 1997. – Т.113. – № 3. – С.5-7.
8. Волков В. В. Об аккомодации вдаль и очках, сберегающих возможность ее активного использования близоруким глазом в области дальнего видения / В. В. Волков, В. В. Страхов // Вестн. офтальмол. – 2007. – Т.123 № 2. – С.32-37.
9. Дашевский А. И. О корреляциях основных элементов анатомо-оптической системы глаз / А. И. Дашевский // Офтальмол. журн. – 1983. – № 4. – С.209-213.
10. Иомдина Е. Н. Связь состояния аккомодации с временной контрастной чувствительностью глаза / Е. Н. Иомдина, Т. С. Егорова, К. В. Голубцов, И. В. Егорова // В сб.: Биомеханика глаза 2005. МНИИ ГБ им. Гельмгольца. – М., 2005. – С. 48-51.
11. Кондратенко Ю. Н. Лечение и профилактика прогрессирующей близорукости на основании гипотезы рефрактогенеза человеческого глаза / Ю. Н. Кондратенко // Автореф. дис. ...д-ра мед. наук. – Одесса, 1990. – 23с.
12. Кондратенко Ю. Н. Офтальмотонус и гониоскопическая картина при различных видах клинической рефракции / Ю. Н. Кондратенко, Н. М. Сергиенко // Офтальмол. журн. – 1988. - № 8. – С. 478-481.
13. Кошиц И. Н. Современные представления о биомеханизмах аккомодации и теории Гельмгольца / И. Н. Кошиц, А. И. Горбань, О. В. Светлова // Издат. Дом. СПб., МАПО. – 2007. – 88 с.
14. Патент на корисну модель 19835 Україна, МПК (2006) А61 В 3/00. Пристрій визначення ригідності капсули ока / М. М. Сергієнко, І. В. Шаргородська, І. С. Світла, Б. Б. Карпинець; заявник і патентовласник Сергієнко М. М., Шаргородська І. В., Світла І. С., Карпинець Б. Б. – №а2005 02181; заявл. 10.03.2005; опубл.15.01.2007, Бюл.№1, С.1.19.
15. Патент на корисну модель 19853 Україна, МПК (2006) А61 В 8/10. Спосіб оцінки ригідності тканин ока. / М. М. Сергієнко, І. В. Шаргородська, І. С. Світла; заявник і патентовласник Сергієнко М. М., Шаргородська І. В., Світла І. С. – № u 2005 01350; заявл. 14.02.2005; опубл. 15.01.2007, Бюл. №1, С.1.20.
16. Шаргородская И. В. Сравнительный анализ измерения биомеханических показателей заднего отрезка склеры при использовании различных методов / И. В. Шаргородская // Вісник проблем біології і медицини. – 2016. – Полтава. – Випуск 3, Т.2 (132). – С.82-88.
17. Шаргородська І. В. Роль біомеханічних властивостей фіброзної капсули ока при аномаліях рефракції та кератоконусі / І. В. Шаргородська // (2017) Дис... док. мед. наук: 14.01.18. Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика. – К., 2017. – 403с.
18. Sergienko N. M. The scleral rigidity of the eyes with different refractions / N. M. Sergienko, I. Shargorodska // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2012. – Vol. 250. – N7. – P. 1009-1012. DOI 10.1007/s00417-012-1973-0.