

# Офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации как фактор риска прогрессирования миопии

**БАЛАЛИН С.В.**, д.м.н., заведующий научным отделом;

**ТРУФАНОВА Л.П.**, врач-офтальмолог детского отделения.

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Минздрава России, Волгоградский филиал, 400138, Российская Федерация, Волгоград, ул. им. Землячки, 80.

Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.  
Конфликт интересов: отсутствует.

**Для цитирования:** Балалин С.В., Труфанова Л.П. Офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации как фактор риска прогрессирования миопии. *Национальный журнал глаукома*. 2019; 18(2):29-37.

## Резюме

**ЦЕЛЬ.** Разработать клинично-функциональные алгоритмы диагностики, мониторинга и лечения прогрессирующей миопии у детей на основании установления закономерностей между аккомодационными нарушениями, офтальмотонусом и изменением биомеханических свойств склеры.

**МЕТОДЫ.** Проведено исследование пациентов с миопией после склеропластики (153 глаза). Возраст пациентов от 5 до 17 лет (средний возраст — 13,4±2,5 года). Срок наблюдения 3 года. Максимальный стабилизирующий эффект склеропластики отмечался через 1 год после операции.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Через 3 года после склеропластики прогрессирование миопии выявлено на 36 (23,5%) глазах. Сочетание слабости аккомодации, привычно-избыточного напряжения аккомодации и значений истинного

внутриглазного давления (ВГД) в диапазоне от 18 до 23 мм рт.ст. указывало на наличие офтальмогипертензионного синдрома перенапряжения аккомодации и сопровождалось прогрессированием миопии.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Применение в инстилляциях 0,005% раствора латанопроста (Пролатана) в комплексном лечении пациентов с прогрессирующей миопией приводит к нормализации ВГД, повышению корнеального гистерезиса и показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза, а также к улучшению состояния аккомодации: увеличению коэффициента аккомодационного ответа и снижению коэффициента микрофлюктуаций цилиарного тела, что в итоге способствует стабилизации миопии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** миопия, слабость аккомодации, ПИНА, внутриглазное давление, латанопрост.

## ENGLISH

# Ophthalmogypertensive syndrome of over-extension accommodation as a factor of risk of progression of myopia

**BALALIN S.V.**, Med.Sc.D., Head of Research Department;

**TRUFANOVA L.P.**, ophthalmologist of the Pediatric Department.

The Volgograd branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, 80 Zemlyachki str., Volgograd, Russian Federation, 400138.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

**For citations:** Balalin S.V., Trufanova L.P. Ophthalmogypertensive syndrome of over-extension accommodation as a factor of risk of progression of myopia. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2019; 18(2):29-37.

## Для контактов:

**Балалин Сергей Викторович**, e-mail: s.v.balalin@gmail.com

## Abstract

**PURPOSE:** Develop clinical and functional algorithms for the diagnosis, monitoring and treatment of progressive myopia in children based on the establishment of patterns between accommodative disorders, intraocular pressure (IOP) and changes in the biomechanical properties of the sclera.

**METHODS:** There was performed a study of 153 patients with myopia after scleroplasty (153 eyes). The patients' age is from 5 to 17 years old (average age is  $13.4 \pm 2.5$  years). The observation period was 3 years. The maximum stabilizing effect of scleroplasty was observed one year after surgery.

**RESULTS:** 3 years after scleroplasty, the progression of myopia was detected in 36 eyes (23.5%). The combination of accommodation weakness, constantly redundant

tension of accommodation (CRTA) and IOP values in the range of 18 to 23 mm Hg indicates the presence of ophthalmic-hypertensive syndrome of overstretching accommodation and the progression of myopia.

**CONCLUSION:** The use of 0.005% Latanoprost solution (Prolatan) in the complex treatment of patients with myopia leads to IOP level normalization, increase of corneal hysteresis and rigidity index of corneoscleral tunic, as well as increase in the coefficient of accommodative response and decrease in the coefficient of the ciliary body microfluctuations.

**KEYWORDS:** myopia, accommodation weakness, CRTA, intraocular pressure, Latanoprost.

Прогрессирующая близорукость является одной из основных причин инвалидности по зрению, ограничения профессионального выбора и слепоты: от 23 до 45% всех инвалидов по зрению — инвалиды вследствие осложненной миопии, ретмагенной отслойки сетчатки, макулопатии. По данным авторов, частота близорукости в развитых странах мира составляет 19-42%, достигая в некоторых странах Востока 70%. У школьников младших классов частота близорукости составляет 6-8%, у старших школьников увеличивается до 25-30%. Наряду с частотой миопии увеличивается и ее степень, достигая 6,0 дптр и более у 10-12% пациентов [1-5].

Основными факторами возникновения и прогрессирования близорукости служат ослабленная аккомодация, привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА), наследственная предрасположенность и ослабление прочностных свойств склеры. В патогенезе прогрессирующей миопии ведущая роль принадлежит изменениям структурных, биохимических, биомеханических свойств склеры, что приводит к ее растяжению как в сагитальном, так и во фронтальном направлениях [6-10].

Роль внутриглазного давления (ВГД) в прогрессировании миопии отмечали многие исследователи. Прогрессирование миопии может протекать на фоне верхнего диапазона значений нормы истинного ВГД (18-21 мм рт.ст. — 31% случаев), средней нормы (14-17 мм рт.ст. — 49% случаев) и низкой нормы ВГД (8-13 мм рт.ст. — 20%) [11, 12]. Необходимо отметить, что диапазон высокой нормы ВГД (от 18 до 21 мм рт.ст.) у здоровых лиц старше 40 лет составляет всего 5-6% [13, 14]. Известно, что уровень ВГД оказывает влияние на напряжение корнеосклеральной оболочки глазного яблока и наряду со структурными, биохимическими и биомеханическими изменениями свойств склеры может способствовать ее растяжению как в сагитальном, так и во фронтальном направлениях [15, 16].

С целью стабилизации прогрессировать близорукости авторы рекомендуют проводить различные виды гипотензивного лечения: медикаментозную терапию, лазерную трабекулопластику по Wise и S. Witter [17, 18].

Среди разновидностей нарушений аккомодации при миопии выделяют три формы: слабость аккомодации, неустойчивую аккомодацию при ПИНА и гиперактивную аккомодацию при спазматической аккомодационной астенопии [19].

Однако остаются неизученными вопросы о взаимосвязи между уровнем ВГД, биомеханическими свойствами склеры и состоянием аккомодации в патогенезе прогрессирования миопии.

Цель настоящей работы — разработать клинико-функциональные алгоритмы диагностики, мониторинга и лечения прогрессирующей миопии у детей на основании установления закономерностей между аккомодационными нарушениями, офтальмотонусом и изменением биомеханических свойств склеры.

## Материалы и методы

В клинике Волгоградского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» были обследованы пациенты с миопией до и после склеропластики (153 глаза): с миопией средней степени (98 глаз) и с миопией высокой степени (55 глаз). Возраст пациентов — от 5 до 17 лет (средний возраст —  $13,4 \pm 2,5$  года). Мужчин — 44, женщин — 109. Срок наблюдения — от 1 года до 3 лет.

Для проведения сравнительного анализа с основной группой были выделены 2 контрольные группы.

1-я контрольная группа — 113 пациентов (в возрасте от 6 до 17 лет, 113 глаз) со стационарной миопией. Средний возраст —  $12,4 \pm 0,6$  года. Среднее значение клинической рефракции было равно  $-2,2 \pm 0,3$  дптр. Среднее значение переднезадней оси (ПЗО) глаза  $24,4 \pm 0,1$  мм. Данная группа была выделена для проведения сравнительного анализа с основной группой (153 глаза).

2-я контрольная группа — 46 пациентов с эметропией (46 глаз). Возраст пациентов — от 10 до 17 лет (средний возраст  $13,4 \pm 0,07$  года). Эта контрольная группа была выделена для проведения сравнительного анализа биомеханических свойств склеры, аккомодации и ВГД при миопии и эметропии.

Таблица 1. Характеристика основной группы до склеропластики,  $M \pm \sigma$  (n=153 глаза)  
 Table 1. Characteristics of the main group to scleroplasty,  $M \pm \sigma$  (n=153 eyes)

Показатели Indicators	Миопия средней степени Moderate myopia (n=98)	Миопия высокой степени High myopia (n=55)	Итого Total (n=153)
Возраст, лет / Age, years	12,9±2,14	14,7±2,2	13,4±2,5
НКОЗ / UCVA	0,11±0,09	0,055±0,026	0,1±0,014
МКОЗ / MCVA	0,8±0,09	0,61±0,3	0,71±0,23
СЭ рефракции, дптр / SR, D	-4,7±1,5	-8,1±2,38	-5,9±2,65
ПЗО глаза, мм / APS eye, mm	25,0±1,1	26,3±1,76	25,3±2,0
ЦТР, мкм / CT, micron	549,7±37,0	547±41,8	549±56,7
ТС <sub>1</sub> , мм / ST <sub>1</sub> , mm	0,42±0,041	0,4±0,033	0,41±0,056
ТС <sub>2</sub> , мм / ST <sub>2</sub> , mm	0,37±0,045	0,36±0,04	0,37±0,063

У всех обследуемых проводилось стандартное офтальмологическое обследование: визометрия, рефрактометрия, ультразвуковая биометрия, пахиметрия, тонометрия, измерение ригидности корнеосклеральной оболочки по данным компьютерной дифференциальной тонометрии по Фриденвальду.

Для оценки вязкоэластических свойств корнеосклеральной оболочки применяли анализатор биомеханических свойств глаза (ORA, Ocular Response Analyzer, «Reichert», США), с помощью которого определяли корнеальный гистерезис (СН, мм рт.ст.), роговично-компенсированное ВГД (P<sub>0</sub> сс, мм рт.ст.) и давление, соответствующее ВГД по Гольдманну (P<sub>0</sub>, мм рт.ст.).

Функциональное состояние цилиарной мышцы определяли при проведении аккомодографии на аппарате Righton Speedy-K (США), который сочетает функции авторефрактометра и аккомодографа и позволяет определить: величину коэффициента аккомодационного ответа (КАО) и коэффициент аккомодативных микрофлюктуаций (КМФ, частота сокращений цилиарной мышцы в 1 минуту). Во время исследования в непрерывном режиме с частотой 600 Гц измеряется рефракция глаза на фоне предъявляемой зрительной нагрузки (в пошаговом режиме -0,5 дптр). При недостаточной величине КАО (КАО<0,5) диагностировали слабость аккомодации. По величине КМФ оценивали качественное состояние цилиарной мышцы. Диапазон КМФ от 50 до 62 микрофлюктуаций в минуту является физиологичным, более высокая частота (от 63 и выше) — показатель патологического функционирования цилиарной мышцы [19].

Ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) глазного яблока проводилась на приборе Sonomed Vu Max (США) с датчиком 35 МГц. Измерение толщины склеры выполняли в проекции ресничной части цилиарного тела (ТС<sub>1</sub>) и на границе перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею (ТС<sub>2</sub>).

Показаниями для выполнения склеропластики в основных группах были следующие критерии: прогрессирующая близорукость с годовым градиентом прогрессирования 1,0 дптр и выше в год; величина переднезаднего размера глаза 25,0 мм и выше; возраст пациента 8 лет и старше, а также возникновение и прогрессирование патологии глазного дна. Данные критерии были использованы на основании Федеральных клинических рекомендаций «Диагностика и лечение близорукости у детей», принятых и утвержденных в Российской Федерации (2014).

Полученные в результате исследований цифровые данные обрабатывались методом вариационной статистики с помощью компьютерной программы Statistica 10.0 фирмы StatSoft, Inc.

## Результаты и обсуждение

Характеристика основной группы до проведения склеропластики представлена в табл. 1.

С целью изучения влияния основных факторов риска, снижающих стабилизирующий эффект склеропластики, исследована взаимосвязь между биомеханическими свойствами склеры, уровнем ВГД и состоянием аккомодации глаза. Средние значения рефракции, офтальмотонуса, биометрических и биомеханических показателей глаз у пациентов

Таблица 2. Средние значения рефракции, офтальмотонуса, биометрических и биомеханических показателей глаз у пациентов с миопией после склеропластики и у пациентов с эметропией (контрольная группа),  $M \pm \sigma$

Table 2. The average values of refraction, intraocular pressure, biometric and biomechanical indicators of the eyes in patients with myopia after scleroplasty and in patients with emmetropia (control group),  $M \pm \sigma$

Показатели Indicators	Эметропия Emmetropic 46 глаз/eyes	Миопия (153 глаза) / Myopia (153 eyes)	
		средняя степень average degree 98 глаз/eyes	высокая степень high degree 55 глаз/eyes
Rf, дптр / Rf, D	- 0,1±0,17*	-4,8±1,3**	-8,28±2,5***
ПЗО, мм / APS eye, mm	22,6±0,9*	25,2±1,0**	26,2±1,77***
ЦТР, мкм / CT, micron	552±37,2*	549,8±37,1*	547,7±42*
ТС <sub>1</sub> , мм / ST <sub>1</sub> , mm	0,43±0,027*	0,42±0,041*	0,4±0,03**
ТС <sub>2</sub> , мм / ST <sub>2</sub> , mm	0,41±0,027*	0,38±0,043**	0,36±0,04***
P <sub>0</sub> , мм рт.ст. / IOP, mmHg	13,9±2,4*	12,4±2,9*	10,6±1,7**
E <sub>0</sub> , <sup>1</sup> /мм <sup>3</sup> / Rigidity coefficient, <sup>1</sup> /mm <sup>3</sup>	0,0164±0,003*	0,012±0,0027**	0,01±0,0022**
P <sub>0E</sub> , мм рт.ст. / IOP <sub>E</sub> , mmHg	17,1±2,4*	17,4±3,4*	16,6±2,9*
δ, мм рт.ст. / δ, mmHg	237,2±36,2*	294,7±62,7**	313±86,8**

Примечание: различия между средними значениями, отмеченные значками \* и \*\*, \*\* и \*\*\*, статистически достоверны ( $t > 2,0$ ;  $p < 0,05$ ).

с миопией (153 глаза) после склеропластики, а также у пациентов с эметропией (контрольная группа) представлены в табл. 2.

Прогрессирование миопии сопровождалось не только увеличением переднезаднего размера глазного яблока, но и достоверным уменьшением толщины склеры, особенно при измерении ее толщины в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею (ТС<sub>2</sub>). Достоверные изменения по показателю ТС<sub>2</sub> отмечаются при средней степени миопии в сравнении с контрольной группой ( $t > 2,0$ ;  $p < 0,05$ ). Достоверное уменьшение толщины склеры в проекции ресничной части цилиарного тела (ТС<sub>1</sub>) по сравнению с контрольной группой отмечалось только у пациентов с миопией высокой степени.

Учитывая более высокую информативность показателя ТС<sub>2</sub> в оценке степени миопии, данный показатель был выбран для определения напряжения в склеральной оболочке глаза, которую определяли по формуле Лапласа:

$$\delta = P_{0E} \times \text{ПЗО} / (4 \times \text{ТС}_2),$$

где P<sub>0E</sub> — уровень ВГД (мм рт.ст.), измеренный с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза;

ПЗО — переднезадний размер глазного яблока (мм);

ТС<sub>2</sub> — толщина склеры, измеренная в проекции перехода плоской части цилиарного тела в хориоидею (мм).

Из табл. 2 видно, что при прогрессировании миопии увеличение ПЗО глаза и уменьшение толщины склеры сопровождаются достоверным снижением показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза (E<sub>0</sub>) и достоверным повышением показателя напряжения склеры (δ). Взаимосвязь между размером ПЗО глаза и показателем E<sub>0</sub> характеризовалась формулой: E<sub>0</sub> = 0,324 - 0,0008 × ПЗО, коэффициент корреляции (гх/у) был равен -0,4, при  $p = 0,00002$ .

Увеличение ПЗО глаза приводило также к достоверному увеличению напряжения склеры:  $\delta = 15,35 \times \text{ПЗО} - 93,56$ , коэффициент корреляции (гх/у) равен 0,46, при  $p = 0,004$ .

При измерении офтальмотонуса с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза у пациентов с миопией были выявлены значения истинного ВГД (P<sub>0E</sub>) от 18 до 24,4 мм рт.ст. на 68 глазах — в 44,4% случаях. Из них на 18 (11,7%) глазах офтальмотонус был от 21,1 до 24,4 мм рт.ст., что свидетельствовало о наличии офтальмогипертензии. Известно, что диапазон верхней нормы у здоровых лиц встречается всего в 5-6% случаев [13].

Таблица 3. Средние и максимальные значения напряжения склеры при стационарной миопии (контрольная группа), (M±m)

Table 3. Mean and maximum values of sclera in stationary myopia (control group), (M±m)

Показатель Indicator	Слабая степень миопии Mild degree myopia 55 глаз/eyes		Средняя степень миопии Medium degree myopia 36 глаз/eyes		Высокая степень миопии High degree myopia 34 глаза/eyes	
	M±m	Max	M±m	Max	M±m	Max
δ, мм рт.ст. δ, mmHg	218,5±5,1	280,3	230±5,3	299,2	246,6±6,26	319,6

Таблица 4. Средние значения рефракции, офтальмотонуса, биометрических и биомеханических показателей глаз у пациентов с прогрессирующей миопией через 3 года после склеропластики и у лиц с эмметропией (контрольная группа), M±σ

Table 4. The average values of refraction, intraocular pressure, biometric and biomechanical indicators of the eyes in patients with progressive myopia (36 eyes) 3 years after scleroplasty and in patients with emmetropia (control group), M±σ

Показатели Indicators	Эмметропия Emmetropic 46 глаз/eyes	Прогрессирующая миопия после склеропластики Progressive myopia after scleroplasty 36 глаз/eyes
Rf, дптр / Rf, D	-0,1±0,17	-7,76±1,56
ПЗО, мм / APS eye, mm	22,6±0,9*	25,9±0,84*
ЦТР, мкм / CT, micron	552±37,2	529,7±25,6
ТС <sub>1</sub> , мм / ST <sub>1</sub> , mm	0,43±0,027*	0,4±0,03*
ТС <sub>2</sub> , мм / ST <sub>2</sub> , mm	0,41±0,027*	0,35±0,03**
P <sub>0</sub> , мм рт.ст. / IOP, mmHg	13,9±2,4*	12,3±1,8*
E <sub>0</sub> , <sup>1</sup> /мм <sup>3</sup> / Rigidity coefficient, <sup>1</sup> /mm <sup>3</sup>	0,0164±0,003*	0,0093±0,0018**
P <sub>0E</sub> , мм рт.ст. / IOP <sub>E</sub> , mmHg	17,1±2,4*	18,4±2,3**
δ, мм рт.ст. / δ, mmHg	237,2±36,2*	340,1±71,9**

**Примечание:** различия между средними значениями в группах, которые отмечены значками \* и \*\*, статистически достоверны (t >2,0; p <0,05).

Поэтому выявление офтальмотонуса в диапазоне значений верхней нормы и в диапазоне умеренно повышенных значений у пациентов с миопией в данном исследовании мы расценивали как проявление офтальмогипертензии. Повышение офтальмотонуса сопровождалось увеличением напряжения склеры. Зависимость между величиной офтальмотонуса и напряжением склеры характеризовалась формулой:  $\delta = 86,9 + 11,14 \times P_{0E}$ , коэффициент корреляции (гх/у) между данными показателями был равен 0,59, при  $p=0,0001$ .

В табл. 3 представлены средние и максимальные значения напряжения склеры у пациентов со стационарной миопией (125 глаз). На основании

полученных результатов исследования биомеханических свойств склеры был разработан способ прогнозирования прогрессирования близорукости (патент РФ на изобретение № 2016139229 от 06.10.2016 г.), который основан на вычислении по формуле Лапласа напряжения склеры. Значение напряжения склеры у обследуемого сравнивают с контрольными показателями напряжения склеры, которые были получены у пациентов со стационарной миопией с учетом ее степени: 280 мм рт.ст. для миопии слабой степени, 300 мм рт.ст. для миопии средней степени, 320 мм рт.ст. для миопии высокой степени. При выявлении у обследуемого значений напряжения склеры выше контрольных

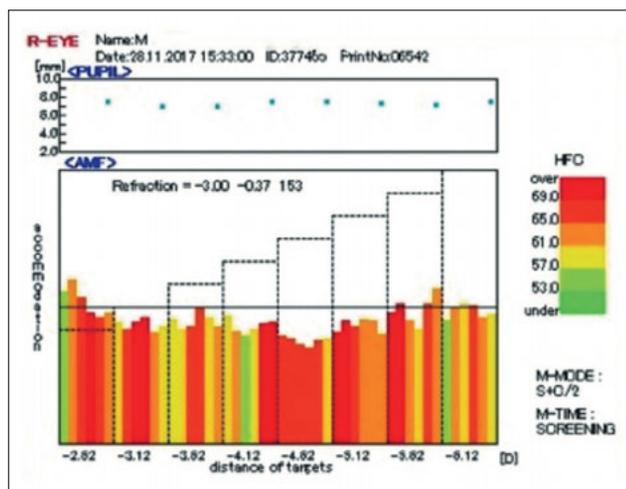


Рис. 1. Слабость аккомодации на фоне ПИНА

Fig. 1. The weakness of accommodation on the background of the CRTA

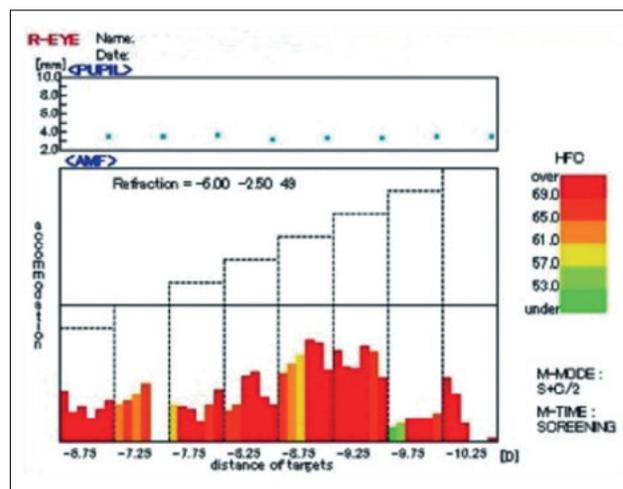


Рис. 2. Слабость аккомодации на фоне ПИНА и спазматической аккомодационной астенопии

Fig. 2. Accommodation weakness on the background of CRTA and spasmodic accommodative asthenopia

Таблица 5. Виды функционального нарушения аккомодации и значения ВГД у пациентов с прогрессирующей миопией после склеропластики (36 глаз)

Table 5. Types of functional disorders of accommodation and IOP values in patients with progressive myopia after scleroplasty (36 eyes)

Виды функционального нарушения аккомодации Types of functional disorders of accommodation	Частота встречаемости значений ВГД, n (%) глаз The frequency of occurrence of IOP, n (%) eyes	
	диапазон верхней нормы values in the range of the upper norm 18-21 мм рт.ст./mmHg	диапазон нижней и средней нормы values in the range of the lower and average standards 11-17 мм рт.ст./mm Hg
ПИНА / CRTA	12 (33,3)	6 (16,7)
ПИНА и слабость аккомодации CRTA and accommodation weakness	5 (13,9)	4 (11,1)
ПИНА, слабость аккомодации и спазматическая аккомодационная астенопия CRTA, accommodation weakness and spasmodic accommodative asthenopia	8 (22,2)	1 (2,8)
Итого / Total	25 (69,4)	11 (30,6)

показателей с учетом степени миопии и при показателе ригидности корнеосклеральной оболочки менее  $0,01 \text{ }^1/\text{мм}^3$  — прогнозируют прогрессирование близорукости.

После склеропластики (153 глаза) при динамическом наблюдении через 1 год стационарная миопия была выявлена в 92% случаев (на 104 глазах), прогрессирующее течение — на 9 (8%) глазах. Через 3 года было выявлено прогрессирование миопии на 36 (31,9%) глазах.

В табл. 4 представлены средние значения рефракции, офтальмотонуса, биометрических и биоме-

ханических показателей 36 глаз пациентов с прогрессирующей миопией через 3 года после склеропластики. У пациентов с прогрессирующей миопией после склеропластики в отличие от пациентов с эметропией (контрольная группа) было выявлено достоверное уменьшение толщины склеры, повышение уровня ВГД ( $P_{\text{об}}$ ) и показателя напряжения склеры ( $\delta$ ).

Для прогнозирования перехода близорукости в прогрессирующую форму у пациентов с миопией после склеропластики были проведены исследования по выявлению функциональных нарушений

Таблица 6. Виды функционального нарушения аккомодации и значения истинного ВГД у пациентов со стационарной миопией (113 глаз)

Table 6. Types of functional disturbance of accommodation and the values of IOP in patients with stationary myopia (113 eyes)

Виды функционального нарушения аккомодации <i>Types of functional disorders of accommodation</i>	Частота встречаемости значений истинного ВГД в диапазоне нижней и средней нормы, n (%) глаз <i>The frequency of occurrence of true IOP values in the range of the lower and average standards, n (%) eyes</i>	Частота встречаемости значений истинного ВГД в диапазоне верхней нормы, n (%) глаз <i>The frequency of occurrence of true IOP values in the range of the upper norm, n (%) eyes</i>
ПИНА / CRTA	57 (50,4)	0
Слабость аккомодации <i>Accommodation weakness</i>	11 (9,7%)	0
ПИНА и слабость аккомодации <i>CRTA and accommodation weakness</i>	21 (18,6)	8 (7,1)
ПИНА, слабость аккомодации и спазматическая аккомодационная астиопия <i>CRTA, accommodation weakness and spasmodic accommodative asthenopia</i>	0	0
Итого / Total	89 (78,7)	8 (7,1)

аккомодации во взаимосвязи с уровнем офтальмотонуса. Необходимо отметить, что при исследовании аккомодационных нарушений у детей с прогрессирующей миопией после склеропластики (36 глаз) были выявлены дополнительно два вида нарушений: во-первых, сочетание ПИНА и слабости аккомодации, которое отмечалось на 9 (25%) глазах (рис. 1).

Во-вторых, отмечалась слабость аккомодации на фоне ПИНА и спазматической аккомодационной астиопии на 9 (25%) глазах (рис. 2). При этом только ПИНА отмечалась на 18 (50%) глазах.

Значения ВГД у пациентов с прогрессирующей миопией после склеропластики находились в диапазоне значений верхней нормы ( $P_{0E}$  или  $P_{0C}$  от 18 до 21 мм рт.ст.) и выше на 25 (69,4%) глазах. Из них на 10 (33,3%) глазах истинное ВГД находилось в диапазоне умеренно повышенных значений от 21 до 24,4 мм рт.ст. и свидетельствовало о наличии офтальмогипертензии. При сочетании слабости аккомодации, ПИНА и спазматической аккомодационной астиопии (на 9 глазах, в 25% случаев) повышение офтальмотонуса ( $P_{0E}$ ) у пациентов с прогрессирующей миопией наблюдалось в 88,9% случаев (на 8 глазах). Значения истинного ВГД в диапазоне от 11 до 17 мм рт.ст. были выявлены на 6 (13,9%) глазах у пациентов с прогрессирующей миопией на фоне ПИНА, на 4 (11,1%) глазах — при сочетании ПИНА и слабости аккомодации и на 1 (2,8%) глазу — при сочетании ПИНА, слабости аккомодации и спазматической аккомодационной астиопии (табл. 5).

У 113 пациентов (113 глаз) контрольной группы со стационарной миопией слабой степени повышение офтальмотонуса до верхних значений диапазона нормы встречалось только в 7,1% случаев (8 глаз) и отмечалось только при сочетании слабости аккомодации и ПИНА (табл. 6). Аккомодограмма в контрольной группе была не нарушена только на 16 (14,2%) глазах.

Таким образом, между нарушением аккомодации, повышением офтальмотонуса и прогрессированием миопии отмечалась взаимосвязь.

На способ прогнозирования прогрессирования миопии по функциональному состоянию аккомодации и уровню офтальмотонуса получено положительное решение на выдачу патента на изобретение РФ по заявке № 2018113409 от 13.04.2018 г. Способ основан на выявлении ПИНА и слабости аккомодации у пациентов с миопией с помощью компьютерной аккомодографии на аккомодографе (Righton Speedy-K, США). Для анализа аккомодограммы рассчитывают коэффициенты аккомодационного ответа и микрофлюктуаций. Дополнительно измеряют роговично-компенсированное ВГД на анализаторе глазного ответа (ORA) с учетом вязкоэластичных свойств роговицы. При значениях ВГД, соответствующих верхнему диапазону нормы от 18 до 21 мм рт.ст. или выше, а также при величинах полученных коэффициентов аккомодационного ответа менее 0,4 и значениях коэффициентов микрофлюктуаций более 65 диагностируют офтальмогипертензионный синдром перенапряжения аккомодации, с учетом которого прогнозируют прогрессирование миопии.

Таблица 7. Средние значения аккомодографии до и после инстилляций 0,005% раствора латанопроста (Пролатана) при прогрессирующей миопии после склеропластики,  $M \pm \sigma$  (36 пациентов)

Table 7. Average values of accommodation before and after instillation of a 0.005% solution of Latanoprost (Prolatan) with progressive myopia after scleroplasty,  $M \pm \sigma$  (36 patients)

Показатели Indicators	Исходно Initial	На фоне Латанопроста Against the background of Latanoprost	p
$P_{0E}$ , мм рт.ст. / IOP <sub>E</sub> , mmHg	19,9±1,5	15,0±1,6	<0,001
$E_0$ , $^1/\text{мм}^3$ / Rigidity coefficient, $^1/\text{мм}^3$	0,01±0,002	0,0121±0,0018	<0,05
$P_0$ сс, мм рт.ст. / IOP сс, mmHg	20,0±2,2	15,6±2,4	<0,001
CH, мм рт.ст. / CH, mmHg	10,5±1,5	11,6±1,2	<0,05
$\delta$ , мм рт.ст. / $\delta$ , mmHg	328,5±86,6*	259,8±48,6**	<0,001
КАО, дптр / ARR, D	0,30±0,2	0,46±0,28	<0,05
КМФ, частота сокращений в 1 мин MC, frequency of contractions in 1 min	64,5±4,0	60,9±4,5	<0,001

Учитывая, что при прогрессирующей миопии отмечалось повышение истинного ВГД от 18 до 24,4 мм рт.ст. на 25 (69,4%) глазах, а при стационарной миопии только в 7,1% случаев (8 глаз), данное различие мы расценивали как проявление офтальмогипертензии при прогрессирующей миопии на фоне нарушения аккомодации (ПИНА, ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации, ПИНА в сочетании со слабостью аккомодации и спазматической аккомодационной астенопией), что указывало на наличие офтальмогипертензионного синдрома перенапряжения аккомодации.

С целью нормализации офталмотонуса и улучшения состояния аккомодации в комплексном лечении прогрессирующей миопии применяли инстилляцию 0,005% раствора латанопроста (Пролатана). Пролатан разрешен Минздравом РФ к применению с 1 года жизни (регистрационный номер: ЛП-002748 от 10.12.2014 г.). Выбор данного препарата для лечения ПИНА на фоне слабости аккомодации и повышенного уровня ВГД был обусловлен, во-первых, возможностью назначения данного лекарственного препарата для лечения офтальмогипертензии, во-вторых, для улучшения работы аккомодационного аппарата глаза за счет расслабляющего действия простагландинов F2 на мышечный аппарат цилиарного тела [20], в-третьих, для улучшения процессов метаболизма в ресничном теле за счет улучшения увеосклерального пути оттока водянистой влаги [20-22], улучшения гемодинамики глаза [23]. Инстилляции 0,005% раствора латанопроста (Пролатан) назначали по 1 капле вечером в течение 1 месяца. Отрицательных побочных действий лекарственного препарата у детей не выявлено.

Из табл. 7 видно, что применение 0,005% раствора латанопроста (Пролатана) привело к достоверному снижению офталмотонуса до средних значений нормы и коэффициента микрофлюктуаций

цилиарного тела (КМФ), к достоверному повышению значения показателя ригидности корнеосклеральной оболочки глаза и коэффициента аккомодационного ответа.

В результате лечения достигнуть стабилизации миопии удалось на 30 (83,3%) глазах в течение последующих 2 лет наблюдений, а прогрессирующее течение сохранялось на 6 (16,7%) глазах. На способ применения 0,005% раствора латанопроста в лечении ПИНА на фоне слабости аккомодации с повышенным уровнем офталмотонуса у пациентов с миопией получено положительное решение на выдачу патента РФ на изобретение по заявке № 2018126653 от 19.07.2018 г.

## Заключение

Замедление темпа прогрессирования миопии после склероукрепляющих операций отмечается у большинства прооперированных пациентов — в 92% случаев. Максимальный стабилизирующий эффект склеропластики отмечается через 1 год после операции. Через 3 года стабилизирующий эффект склеропластических операций снижается до 76,5%.

Сочетание слабости аккомодации, ПИНА и значений роговично-компенсированного ВГД в диапазоне от 18 мм рт.ст. и выше указывает на наличие офтальмогипертензионного синдрома перенапряжения аккомодации, что способствует прогрессированию миопии.

Применение в инстилляциях 0,005% раствора латанопроста (Пролатана) в комплексном лечении приводит к стабилизации миопии вследствие достоверного снижения и нормализации ВГД, достоверного повышения значений показателей, отражающих биомеханические свойства корнеосклеральной оболочки, и улучшения состояния аккомодации глаза.

## Литература

1. Деев Л.А., Нивеницын Э.Л., Третьяков А.Н., Лопашин П.Н., Волосенкова М.В. Анатомические параметры глаз при эмметропии и различной степени миопической рефракции. *Вестник офтальмологии*. 2015; 5:32-36.
2. Vitale S., Sperduto R.D., Ferris F.L. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2009; 127(12):1632-1639.
3. Saw S.M., Katz J., Schein O.D., Chew S.J., Chan T.K. Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev*. 1996; 18:175-187.
4. Сомов Е.Е. Введение в клиническую офтальмологию. СПб.; 1993. 198 с.
5. Жабина О.А., Вудс Е.А., Плюхова А.А. Современный взгляд на миопическую макулопатию. *Вестник офтальмологии*. 2016; 1:85-90.
6. 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; 6:209-211.
7. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Тonus аккомодации при миопии и его возможное прогностическое значение. *Вестник офтальмологии*. 2012; 2:34-37.
8. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Состояние привычного тonusа и тonusа покоя аккомодации у детей и подростков на фоне аппаратного лечения близорукости. *Российский офтальмологический журнал*. 2012; 5(2):59-62.
9. Тарасова Н.А. Различные виды расстройств аккомодации при миопии и критерии их дифференциальной диагностики. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2012; 1:40-44.
10. Воронцова Т.Н., Бржеский В.В., Ефимова Е.Л. и др. Эффективность терапии привычно-избыточного напряжения аккомодации у детей. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2010; 2:17-19.
11. Страхов В.В., Гулидова Е.Г., Алексеев В.В. Особенности течения и мониторинг прогрессирующей миопии в зависимости от офтальмотонуса. *Российский офтальмологический журнал*. 2011; 4:66-70.
12. Страхов В.В., Гулидова Е.Г. Особенности прогрессирования миопии на фоне различного уровня ВГД. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2011; 1:15-19.
13. Алексеев В.Н., Егоров Е.А., Мартынова Е.Б. О распределении уровней внутриглазного давления в нормальной популяции. *Клиническая офтальмология*. 2001; 2(2):38-40.
14. Фокин В.П., Балалин С.В., Борискина Л.Н. Толерантность и интолерантность зрительного нерва при первичной открытоугольной глаукоме. Волгоград; 2016. 208 с.
15. Труфанова Л.П., Фокин В.П., Балалин С.В. Напряжение корнеосклеральной оболочки глаза при миопии. *Вестник Тамбовского университета*. 2016; 21(4):1698-1700.
16. Труфанова Л.П., Балалин С.В. Влияние различных факторов на напряжение склеры при аметропии. *Современные технологии в офтальмологии*. 2016; 5:198-201.
17. Гулидова Е.Г., Страхов В.В., Минеева Л.А. Гипотензивный эффект ирифрина. *Офтальмологические ведомости*. 2009; 1:47-50.
18. Косарев С.Н. Гипотензивное лазерное воздействие в системе массового лечения прогрессирующей миопии. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2011; 14(133):197-202.
19. Аккомодация: руководство для врачей. Под ред. Л.А. Катаргиной. М.; 2012. 136 с.
20. Alm A., Nilsson S.F. Uveoscleral outflow – a review. *Exper Eye Res*. 2009; 88(4):760-768. doi: 10.1016/j.exer.2008.12.012
21. Linden C., Nuija E., Alm A. Effects of intraocular pressure restoration and blood aqueous barrier after long-term treatment with latanoprost in POAG and ocular hypertension. *Br J Ophthalmol*. 1997; 81(5):370-372.
22. Harris A., Garzoyi Y.J., McCranor L., Rechtman E., Yung C.W., Siesky B. The effect of latanoprost on ocular blood flow. *Int Ophthalmol*. 2009; 29(1):19-26. doi: 10.1007/s10792-008-9190-x
23. Kiyoshi Ishii, Atsuo Tomidokoro, Miyuki Nagahara, Yasuhiro Tamaki, Mikiko Kanno, Yasuhiro Fukaya, Makoto Araie Effects of topical latanoprost on optic nerve head circulation in rabbits, monkeys, and humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2001; 42: 2957-2963.

## References

1. Deyev L.A., Nivenitsyn E.L., Tret'yakov A.N., Lopashin P.N., Volosenkova M.V. Anatomical parameters of the eyes with emmetropia and varying degrees of myopic refraction. *Vestn. oftalmol*. 2015; 5:32-36. (In Russ.).
2. Vitale S., Sperduto R.D., Ferris F.L. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2009; 127(12):1632-1639.
3. Saw S.M., Katz J., Schein O.D., Chew S.J., Chan T.K. Epidemiology of myopia. *Epidemiol Rev*. 1996; 18:175-187.
4. Somov E.E. Vvedeniye v klinicheskuyu oftal'mologiyu. [Introduction to Clinical Ophthalmology]. Saint-Petersburg; 1993. 198 p. (In Russ.).
5. Zhabina O.A., Vuds E.A., Plyukhova A.A. Modern view of myopic maculopathy. *Vestn oftalmol*. 2016; 1:85-90. (In Russ.).
6. Trufanova L.P., Balalin S.V. The effect of habitual excess tension of accommodation on intraocular pressure and biomechanical properties of the cornea in children with myopia. *Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii*. 2017; 6:209-211. (In Russ.).
7. Tarutta E.P., Tarasova N.A. Tonus of accommodation in myopia and its possible prognostic value. *Vestn. oftalmol*. 2012; 2:34-37. (In Russ.).
8. Tarutta E.P., Tarasova N.A. The state of habitual tone and rest tone of accommodation in children and adolescents on the background of the hardware treatment of myopia. *Rossiyskiy oftal'mologicheskii zhurnal*. 2012; 5(2): 59-62. (In Russ.).
9. Tarasova N.A. Different types of accommodation disorders in myopia and criteria for their differential diagnosis. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2012; 1:40-44. (In Russ.).
10. Vorontsova T.N., Brzheskiy V.V., Yefimova E.L. et al. Effectiveness of treatment of habitual excess voltage of accommodation in children. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2010; 2:17-19. (In Russ.).
11. Strakhov V.V., Gulidova E.G., Alekseyev V.V. Features of the course and monitoring of progressive myopia depending on the IOP. *Rossiyskiy oftal'mologicheskii zhurnal*. 2011; 4:66-70. (In Russ.).
12. Strakhov V.V., Gulidova E.G. Features of the progression of myopia on the background of different levels of IOP. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2011; 1:15-19. (In Russ.).
13. Alekseyev V.N., Egorov E.A., Martynova E.B. On the distribution of intraocular pressure levels in a normal population. *Klin oftalmol*. 2001; 2(2):38-40. (In Russ.).
14. Fokin V.P., Balalin S.V., Borisкина L.N. Tolerantnost' i intol'erantnost' zritel'nogo nerva pri pervichnoy otkrytougol'noy glaukome. [Tolerance and intolerance of the optic nerve in primary open-angle glaucoma]. Volgograd; 2016. 208 p. (In Russ.).
15. Trufanova L.P., Fokin V.P., Balalin S.V. The tension of the corneal scleral shell of the eye for myopia. *Vestn Tambovskogo universiteta*. 2016; 21(4):1698-1700. (In Russ.).
16. Trufanova L.P., Balalin S.V. The influence of various factors on sclera tension in ametropia. *Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii*. 2016; 5:198-201. (In Russ.).
17. Gulidova E.G., Strakhov V.V., Mineyeva L.A. Hypotensive effect of irifrin. *Oftal'mol vedomosti*. 2009;1:47-50. (In Russ.).
18. Kosarev S.N. Hypotensive laser exposure in the system of mass treatment of progressive myopia. *Vestn. Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011; 14(133):197-202. (In Russ.).
19. Akkomodatsiya: rukovodstvo dlya vrachey [Accommodation: a guide for doctors] Ed. by L.A. Katargina. Moscow; 2012. 136 p. (In Russ.).
20. Alm A., Nilsson S.F. Uveoscleral outflow – a review. *Exper Eye Res*. 2009; 88(4):760-768. doi: 10.1016/j.exer.2008.12.012
21. Linden C., Nuija E., Alm A. Effects of intraocular pressure restoration and blood aqueous barrier after long-term treatment with latanoprost in POAG and ocular hypertension. *Br J Ophthalmol*. 1997; 81(5):370-372.
22. Harris A., Garzoyi Y.J., McCranor L., Rechtman E., Yung C.W., Siesky B. The effect of latanoprost on ocular blood flow. *Int Ophthalmol*. 2009; 29(1):19-26. doi: 10.1007/s10792-008-9190-x
23. Kiyoshi Ishii, Atsuo Tomidokoro, Miyuki Nagahara, Yasuhiro Tamaki, Mikiko Kanno, Yasuhiro Fukaya, Makoto Araie Effects of topical latanoprost on optic nerve head circulation in rabbits, monkeys, and humans. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2001; 42: 2957-2963.

Поступила / Received / 21.02.2019