

# МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АККОМОДАЦИОННОГО АППАРАТА ГЛАЗА У ДЕТЕЙ С ГИПЕРМЕТРОПИЧЕСКОЙ АНИЗОМЕТРОПИЕЙ И АМБЛИОПИЕЙ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

DOI: 10.17691/stm2023.15.5.03

УДК 617.751.6–053.2–073.756.8

Поступила 13.03.2023 г.

И.Л. Куликова, д.м.н., зам. директора по лечебной работе<sup>1</sup>; профессор курса офтальмологии<sup>2</sup>;К.А. Александрова, врач-офтальмолог лечебно-диагностического отделения<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России, Чебоксарский филиал, ул. Тракторостроителей, 10, Чебоксары, Чувашская Республика, 428000;

<sup>2</sup>Институт усовершенствования врачей Минздрава Чувашской Республики, ул. Михаила Сеспеля, 27, Чебоксары, Чувашская Республика, 428018

**Цель исследования** — с помощью метода оптической когерентной томографии (ОКТ) изучить состояние аккомодационного аппарата глаза при гиперметропической анизометропии и амблиопии у детей после фемтосекундного лазерного интрастромального кератомилеза *in situ* (ФемтоЛАЗИК) и у детей с очковой коррекцией.

**Материалы и методы.** В настоящее исследование вошли дети с гиперметропией и анизометропией более 3 дптр, высокой и средней степенью амблиопии. Пациенты были разделены на две группы (n=30 в каждой): в 1-ю группу вошли дети после ФемтоЛАЗИК; во 2-ю группу — с очковой коррекцией. Оценивали височную часть цилиарной мышцы на оптическом когерентном томографе CASIA2 (Tomey, Япония). Исследование проводили с узким зрачком при фиксации взгляда на мишени и на расстоянии 33 см, а также в условиях циклоплегии. Толщину цилиарной мышцы (ciliary muscle thickness, CMT) определяли на четырех различных уровнях: CMT<sub>max</sub> — максимальная толщина цилиарной мышцы, CMT<sub>1</sub>, CMT<sub>2</sub> и CMT<sub>3</sub> — 1, 2 и 3 мм от склеральной шпоры. Оценивали также амплитуду колебания толщины цилиарной мышцы (ΔCMT) — отношение показателей с узким и широким зрачком.

**Результаты.** Толщина цилиарной мышцы амблиопичного глаза в 1-й группе на уровне CMT<sub>max</sub> составила 808±38 мкм, CMT<sub>1</sub> — 724±54 мкм, CMT<sub>2</sub> — 446±44 мкм, CMT<sub>3</sub> — 223±37 мкм. Во 2-й группе данные показатели составили 812±33, 735±33, 432±35 и 229±29 мкм соответственно.

Было выявлено повышение ΔCMT амблиопичного глаза у детей 1-й группы. Значение ΔCMT<sub>max</sub> увеличилось с 21±6 до 30±4 мкм, ΔCMT<sub>1</sub> — с 19±6 до 29±5 мкм, ΔCMT<sub>2</sub> — с 12±4 до 16±4 мкм, ΔCMT<sub>3</sub> — с 11±4 до 16±4 мкм, что связано с повышением остроты зрения и снижением рефракционного компонента. Все изменения внутри группы были статистически значимыми (p≤0,01).

**Заключение.** ОКТ является достаточно информативным методом исследования аккомодационных структур глаза у детей, позволяющим объективно оценить амплитуду колебаний толщины цилиарной мышцы на фоне проводимого лечения. Установлено, что после рефракционной операции значительно улучшается работа цилиарной мышцы амблиопичного глаза, что выражается в увеличении показателей ΔCMT, CMT<sub>2</sub> и CMT<sub>3</sub> и приближает данные параметры к лучшему парному ведущему глазу.

**Ключевые слова:** оптическая когерентная томография; цилиарная мышца; анизометропия; амблиопия; аккомодация.

**Как цитировать:** Kulikova I.L., Aleksandrova K.A. Optic coherence tomography for accommodation control in children with hyperopic anisometropia and amblyopia. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2023; 15(5): 24, <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.5.03>

## English

## Optic Coherence Tomography for Accommodation Control in Children with Hyperopic Anisometropia and Amblyopia

I.L. Kulikova, MD, DSc, Deputy Director for Clinical Work<sup>1</sup>;Professor of the Ophthalmology Course<sup>2</sup>;K.A. Aleksandrova, Ophthalmologist, Diagnostic and Treatment Department<sup>1</sup>

Для контактов: Александрова Ксения Андреевна, e-mail: a-ksusha93@mail.ru

<sup>1</sup>Cheboksary Branch of S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution of the Ministry of Health of Russia, 10 Traktorstroiteley St., Cheboksary, 428000, Chuvash Republic, Russia;

<sup>2</sup>Institute for Advanced Training of Doctors of the Ministry of Health of the Chuvash Republic, 27 Mikhail Sespel St., Cheboksary, 428018, Chuvash Republic, Russia

**The aim** is to evaluate the ocular accommodation system in hyperopic anisometropia and amblyopia in children after femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK) and in children with spectacle correction using optical coherence tomography (OCT).

**Materials and Methods.** The present study included children with hyperopia and anisometropia of more than 3 D, high and medium degree of amblyopia. Patients were divided into two groups: group 1 consisted of 30 children after FS-LASIK, group 2 was comprised of 30 children with spectacle correction. The temporal part of the ciliary muscle was assessed using the CASIA2 optical coherence tomography system (Tomey, Japan). The study was carried out with a narrow pupil fixing the gaze on the target at a distance of 33 cm and under cycloplegic conditions. The ciliary muscle thickness (CMT) was analyzed at four different levels: the maximum thickness of the ciliary muscle (CMT<sub>max</sub>), and at a distance of 1, 2, and 3 mm from the scleral spur (CMT<sub>1</sub>, CMT<sub>2</sub>, and CMT<sub>3</sub>, respectively). The fluctuation amplitude in the thickness of the ciliary muscle ( $\Delta$ CMT), i.e. the ratio of indicators with a narrow and wide pupil, was also evaluated.

**Results.** The ciliary muscle thickness of the amblyopic eye in group 1 was 808±38  $\mu$ m for CMT<sub>max</sub>, 724±54  $\mu$ m for CMT<sub>1</sub>, 446±44  $\mu$ m for CMT<sub>2</sub>, and 223±37  $\mu$ m for CMT<sub>3</sub>, these indicators in group 2 were 812±33, 735±33, 432±35, and 229±29  $\mu$ m, respectively.

Children of group 1 have been found to have an increase in  $\Delta$ CMT of the amblyopic eye. The value of  $\Delta$ CMT<sub>max</sub> increased from 21±6 to 30±4  $\mu$ m,  $\Delta$ CMT<sub>1</sub> from 19±6 to 29±5  $\mu$ m,  $\Delta$ CMT<sub>2</sub> from 12±4 to 16±4  $\mu$ m,  $\Delta$ CMT<sub>3</sub> from 11±4 to 16±4  $\mu$ m, which is associated with an increase in visual acuity and a decrease in the refractive component. All changes within the group were statistically significant ( $p \leq 0.01$ ).

**Conclusion.** OCT is a fairly informative method for studying the accommodative structures of the eye in children, providing the opportunity to objectively assess the amplitude of fluctuations in the thickness of the ciliary muscle during the treatment. It has been established that after refraction operation, the work of the ciliary muscle of the amblyopic eye was significantly improved, which is reflected in the increased values of  $\Delta$ CMT, CMT<sub>2</sub>, and CMT<sub>3</sub> and brings these parameters closer to those of the better paired leading eye.

**Key words:** optical coherence tomography; ciliary muscle; anisometropia; amblyopia; accommodation.

## Введение

Изучение биомеханики аккомодационного аппарата необходимо для разработки новых подходов, направленных на восстановление способности глаза к аккомодации [1]. Одной из особых проблем является сложность визуализации цилиарной мышцы и понимание ее взаимодействия с хрусталиком во время аккомодации *in vivo* [2].

Первая информация о физиологических особенностях работы цилиарной мышцы была получена в результате *post mortem* гистологических исследований макак-резусов, аккомодационная структура глаз которых схожа со структурой глаз человека [3]. Ранее сообщалось о различиях в морфологии цилиарной мышцы молодых и взрослых глаз [4–6], хотя не было показано, что эти различия влияют на работу данной мышцы. Изображения хрусталика и/или цилиарной мышцы в статических состояниях аккомодации получены с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), ультразвука, Шеймпфлюг-камеры, ультразвуковой биомикроскопии (УБМ) [4] и оптической когерентной томографии (ОКТ) во временной области (time-domain OCT) на длинах волн около 1300 нм [5, 6]. МРТ позволяет выполнять снимки глаза без искажений, однако низкая скорость получения изображений ограничивает ее применение для изучения динамической аккомодации. Применение УБМ ограничено из-за контакта датчика с глазной поверхностью и использования во время исследования анестетиков. Данные манипуляции могут вызывать психологический дискомфорт, а в некоторых случаях и аллергические ре-

акции [7]. Кроме того, МРТ и УБМ проводятся в положении лежа, что снижает достоверность полученных результатов. В диагностике аккомодации у детей предпочтительны быстрые, неинвазивные процедуры с сохранением исходного положения, поэтому наиболее оптимальным вариантом представляется метод ОКТ.

Общеизвестно участие цилиарной мышцы в аккомодации и возможное ее влияние на эметропизацию, однако наблюдается относительная малочисленность исследований цилиарной мышцы *in vivo*.

**Цель настоящего исследования** — изучить с помощью ОКТ состояние аккомодационного аппарата глаза у детей с гиперметропической анизометропией и амблиопией в динамике.

## Материалы и методы

В исследование вошло 60 пациентов в возрасте от 6 до 15 лет с анизометропией более 3 дптр, высокой и средней степенью амблиопии и со сферическим эквивалентом рефракции (СЭ) от +3,5 до +7,25 дптр на амблиопичном глазу. Исследования проводили в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2013 г.) и Федеральным законом Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. №323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». Исследование одобрено этическим комитетом Чебоксарского филиала Национального медицинского исследовательского центра «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России. От родителей

Таблица 1

Характеристика пациентов, n/%

Показатели	Дети после ФемтоЛАЗИК (1-я группа)	Дети, носящие очки (2-я группа)
Пол:		
женский	13/43,3	14/46,7
мужской	17/56,7	16/53,3
Амблиопичный глаз:		
правый	9/30,0	10/33,3
левый	21/70,0	20/66,7
Гиперметропия средней степени	5/16,7	16/53,3
Гиперметропия высокой степени	25/83,3	14/46,7
Амблиопия средней степени	9/30,0	13/43,3
Амблиопия высокой степени	21/70,0	17/56,7

детей получено добровольное письменное информированное согласие на проведение офтальмологического обследования, лечения и использование данных в научных целях.

Пациенты были разделены на две группы (n=30 в каждой). В 1-ю группу вошли дети, которым по медицинским показаниям [8, 9] был выполнен фемтосекундный лазерный интрастромальный кератомилез *in situ* (ФемтоЛАЗИК) на амблиопичном глазу. Во 2-ю группу вошли дети с сопоставимым исходным статусом, носящие очки. Все пациенты в течение 2 лет получали аппаратное лечение амблиопии (лазер-, магнито-, свето- и электростимуляция) 2 раза в год. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1. В данном исследовании амблиопия чаще встречалась на левом глазу, преобладала гиперметропия высокой степени (83,3% в 1-й группе и 46,7% во 2-й группе) и амблиопия высокой степени (70,0% в 1-й группе и 56,7% во 2-й группе).

Проведена стандартная офтальмологическая диагностика — рефрактометрия до и после циклоплегии, проверка остроты зрения без коррекции (НКОЗ) и с максимальной коррекцией (МКОЗ) вдаль в десятичных единицах и при помощи единиц LogMAR по правилу J. T. Holladay [10] на 5 м и на 50 см.

Дополнительно оценивали параметры аккомодационных структур глаза на оптическом когерентном томографе CASIA2 (Tomey, Япония) при естественной аккомодации с узким зрачком — с предварительно установленной контактной линзой оптической силы, соответствующей максимальной остроте зрения, и при медикаментозно выключенной аккомодации после удаления контактной линзы. Оценивали височную часть цилиарной мышцы, так как она легче доступна для визуализации и анализа.

При съемке височной части цилиарной мышцы в качестве мишени использовали снежинку черного цвета на белом фоне размером, соответствующим остроте зрения 0,1 на расстоянии 33 см. Взгляд был смещен в сторону носа на 40°. Такой угол позволял зафиксировать мишень при минимальном повороте глаза, когда оптическая ось томографа проходит через склеру, а не через роговицу, что снижает оптические искажения. Анализ толщины цилиарной мышцы (ciliary muscle thickness, CMT) проводили на четырех различных уровнях по отношению к склеральной шпоре: CMT<sub>max</sub> — максимальная толщина цилиарной мышцы, CMT<sub>1</sub>, CMT<sub>2</sub> и CMT<sub>3</sub> — 1, 2 и 3 мм от склеральной шпоры (рис. 1).

Измерение переднезаднего размера передней камеры и хрусталика (рис. 2) аналогично исследованию цилиарной мышцы вначале выполняли с узким зрачком (пациент фиксировал свой взгляд пря-

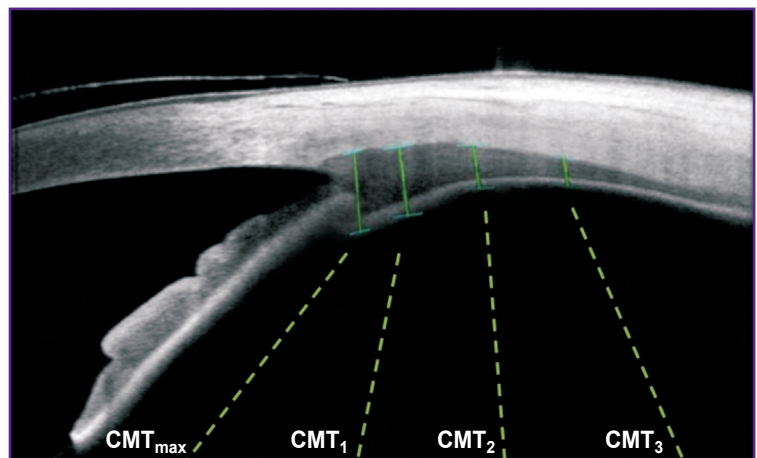


Рис. 1. Исследование височной стороны цилиарной мышцы на оптическом когерентном томографе CASIA2

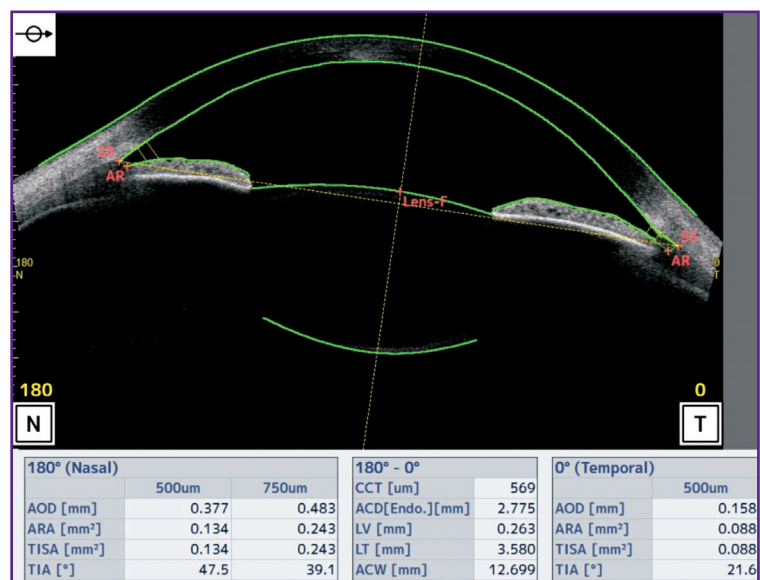


Рис. 2. Исследование переднезаднего размера хрусталика и передней камеры на оптическом когерентном томографе CASIA2

мо на мишени), а затем — в условиях циклоплегии. Проводили по три измерения и рассчитывали средние значения.

**Статистическую обработку** данных выполняли с использованием компьютерных программ Statistica 10.0 (StatSoft, США) и Microsoft Office Excel (Microsoft, США). Переменные были проверены на нормальность распределения по критерию Колмогорова–Смирнова. Использовали традиционные показатели описательной статистики — число наблюдений ( $n$ ), среднее арифметическое ( $M$ ), стандартное отклонение ( $SD$ ) и категориальные данные (в процентах). Для сравнения данных до и после операции пользовались  $t$ -критерием Стьюдента для зависимых и независимых выборок. Различия между показателями выборок считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ . Равенство дисперсий проверяли по  $F$ -критерию Фишера.

## Результаты

До лечения амблиопичного глаза СЭ при измерении с широким зрачком у детей 1-й группы составил  $+6,77 \pm 1,80$  дптр, анизометропия —  $+4,25 \pm 1,40$  дптр. Во 2-й группе данные значения были в пределах  $+5,9 \pm 2,5$  и  $4,4 \pm 1,9$  дптр соответственно. Рефракция лучше видящего глаза была близка к эмметропии. Значения МКОЗ на 5 м до проводимого лечения были сопоставимы между группами и составили  $0,12 \pm 0,08$  (LogMAR —  $+0,90 \pm 0,31$ ) в 1-й группе и  $0,19 \pm 0,17$  (LogMAR —  $+0,72 \pm 0,42$ ) — во 2-й группе.

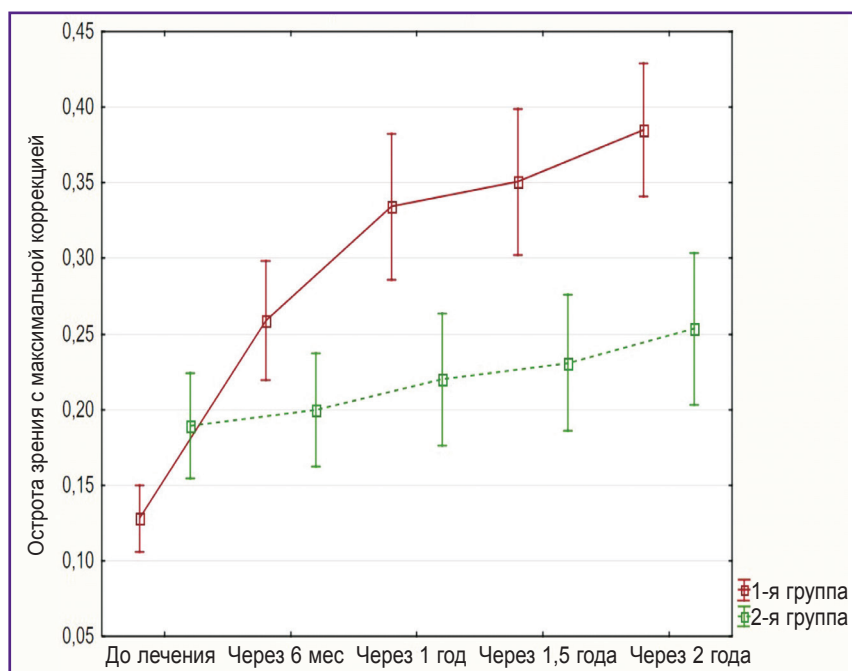
Через 2 года на фоне проводимого лечения сред-

нее значение МКОЗ на расстоянии 5 м составило  $0,40 \pm 0,09$  (LogMAR —  $+0,40 \pm 0,16$ ) в 1-й группе и  $0,25 \pm 0,10$  (LogMAR —  $+0,60 \pm 0,13$ ) — во 2-й группе ( $p=0,01$ ) (рис. 3).

Сферический эквивалент рефракции оперированного амблиопичного глаза в 1-й группе в конце наблюдаемого периода снизился до  $+1,31 \pm 0,16$  дптр ( $p < 0,001$  при сравнении с показателем до лечения), а степень анизометропии уменьшилась до  $+1,29 \pm 1,10$  дптр ( $p < 0,001$ ). Данные показатели во 2-й группе сохранились на первоначальном уровне. К концу наблюдения различия между двумя группами были статистически значимы ( $p < 0,001$ ).

Отмечено повышение значения МКОЗ на расстоянии 50 см в обеих группах наблюдения после проведенного лечения. В 1-й группе оно увеличилось на  $0,21 \pm 0,09$  и составило  $0,32 \pm 0,12$ , во 2-й группе — на  $0,05 \pm 0,05$  и составило  $0,16 \pm 0,12$ ; данные между группами были статистически значимы ( $p=0,02$ ).

В течение всего наблюдаемого периода отмечался прирост толщины цилиарной мышцы (табл. 2 и 3). Во 2-й группе в начальных отделах цилиарной мышцы амблиопичного глаза увеличение толщины было более выраженным. К концу лечения различия между группами на уровне  $SMT_{max}$  и  $SMT_1$  были статистически значимы ( $p=0,04$  и  $p=0,05$  соответственно). В задних отделах, наоборот, больший прирост отмечался в 1-й группе. Через 2 года различия между группами на уровне  $SMT_2$  были статистически значимы ( $p=0,04$ ). В парном ведущем глазу различия между группами в конце наблюдения были статистически значимы на уровне  $SMT_{max}$  ( $p=0,04$ ).



**Рис. 3.** Изменение остроты зрения с максимальной коррекцией на фоне проводимого лечения в группах

Таблица 2

**Уровень прироста толщины цилиарной мышцы амблиопичного глаза по данным ОКТ, мкм (M±SD)**

Показатели	До лечения	Через 6 мес	Через 1 год	Через 1,5 года	Через 2 года	p*
<b>СМТ<sub>max</sub>:</b>						
1-я группа	808±38	813±38	821±34	824±33	829±33	0,07
2-я группа	812±33	818±38	830±38	836±37	840±36	<b>0,02</b>
p <sub>1-2</sub>	0,11					<b>0,04</b>
<b>СМТ<sub>1</sub>:</b>						
1-я группа	724±54	729±54	733±53	740±53	744±52	<b>0,05</b>
2-я группа	735±33	746±34	752±33	759±24	761±29	<b>0,03</b>
p <sub>1-2</sub>	0,07					<b>0,05</b>
<b>СМТ<sub>2</sub>:</b>						
1-я группа	446±44	451±31	458±30	461±31	465±30	<b>0,03</b>
2-я группа	432±35	435±38	436±39	439±38	441±36	0,13
p <sub>1-2</sub>	0,06					<b>0,04</b>
<b>СМТ<sub>3</sub>:</b>						
1-я группа	223±37	229±33	234±31	237±32	241±17	<b>0,05</b>
2-я группа	229±29	231±26	233±28	234±29	236±25	0,25
p <sub>1-2</sub>	0,23					0,09

\* уровень значимости при сравнении результатов до лечения и через 2 года после.

Таблица 3

**Уровень прироста толщины цилиарной мышцы ведущего глаза по данным ОКТ, мкм (M±SD)**

Показатели	До лечения	Через 6 мес	Через 1 год	Через 1,5 года	Через 2 года	p*
<b>СМТ<sub>max</sub>:</b>						
1-я группа	787±38	790±37	794±41	798±38	803±39	0,12
2-я группа	797±39	802±40	812±38	819±42	823±43	0,07
p <sub>1-2</sub>	0,16					<b>0,04</b>
<b>СМТ<sub>1</sub>:</b>						
1-я группа	694±46	699±45	705±45	708±44	712±45	0,08
2-я группа	701±46	710±51	718±49	722±50	727±48	0,06
p <sub>1-2</sub>	0,25					0,06
<b>СМТ<sub>2</sub>:</b>						
1-я группа	459±30	462±31	465±29	469±30	472±31	0,07
2-я группа	453±31	456±30	460±29	462±28	463±26	0,10
p <sub>1-2</sub>	0,21					0,1
<b>СМТ<sub>3</sub>:</b>						
1-я группа	248±38	251±40	253±35	253±38	255±40	0,09
2-я группа	242±31	243±30	245±28	247±25	247±30	0,18
p <sub>1-2</sub>	0,33					0,12

\* уровень значимости при сравнении результатов до лечения и через 2 года после.

Для анализа функциональных изменений аккомодации оценивали амплитуду колебания толщины цилиарной мышцы (ΔСМТ), представляющую собой отношение толщины цилиарной мышцы, снятой при медикаментозно выключенной аккомодации, к толщине цилиарной мышцы, снятой до закапывания

ней камеры амблиопичного глаза с узким и широким зрачком статистически значимых изменений до и после лечения не установлено. Толщина хрусталика с узким зрачком до лечения в 1-й группе составила 3,40±0,25 мм, с широким зрачком — 3,30±0,20 мм; во 2-й группе — 3,30±0,15 и 3,30±0,22 мм соответст-

циклоплегики при фиксации мишени.

В 1-й группе в конце наблюдаемого периода значение показателя ΔСМТ<sub>max</sub> амблиопичного глаза увеличилось с 21±6 до 30±4 мкм, ΔСМТ<sub>1</sub> — с 19±6 до 29±5 мкм, ΔСМТ<sub>2</sub> — с 12±4 до 16±4 мкм, ΔСМТ<sub>3</sub> — с 11±4 до 16±4 мкм (рис. 4). Все изменения внутри группы были статистически значимы (p≤0,01).

Во 2-й группе также отмечено повышение ΔСМТ. Значение показателя ΔСМТ<sub>max</sub> до лечения составляло 23±5 мкм, ΔСМТ<sub>1</sub> — 22±6 мкм, ΔСМТ<sub>2</sub> — 14±5 мкм, ΔСМТ<sub>3</sub> — 12±5 мкм. Через 2 года значение показателя ΔСМТ<sub>max</sub> составило 27±4 мкм (p=0,005 по сравнению с показателем до лечения), ΔСМТ<sub>1</sub> — 25±5 мкм (p=0,003), ΔСМТ<sub>2</sub> — 15±4 мкм (p=0,13), ΔСМТ<sub>3</sub> — 14±5 мкм (p=0,02) (рис. 5). Изменения внутри 2-й группы были статистически значимы, но менее выражены, чем в 1-й группе.

В обеих группах в парном ведущем глазу, как и в амблиопичном, отмечалось повышение ΔСМТ на всех уровнях. В 1-й группе значение показателя ΔСМТ<sub>max</sub> увеличилось с 29±5 до 32±4 мкм (p=0,005), ΔСМТ<sub>1</sub> — с 27±4 до 31±4 мкм (p=0,001), ΔСМТ<sub>2</sub> — с 16±4 до 18±3 мкм (p<0,001), ΔСМТ<sub>3</sub> — с 16±3 до 17±3 мкм (p=0,05) (рис. 6). Во 2-й группе значение показателя ΔСМТ<sub>max</sub> увеличилось с 27±5 до 31±5 мкм (p=0,01), ΔСМТ<sub>1</sub> — с 26±6 до 29±5 мкм (p<0,001), ΔСМТ<sub>2</sub> — с 15±4 до 16±3 мкм (p=0,06), ΔСМТ<sub>3</sub> — с 13±4 до 15±3 мкм (p=0,02) (рис. 7). Через 2 года после лечения различия показателя ΔСМТ<sub>1</sub> между группами были статистически значимы (p=0,05).

При исследовании толщины хрусталика и глубины перед-

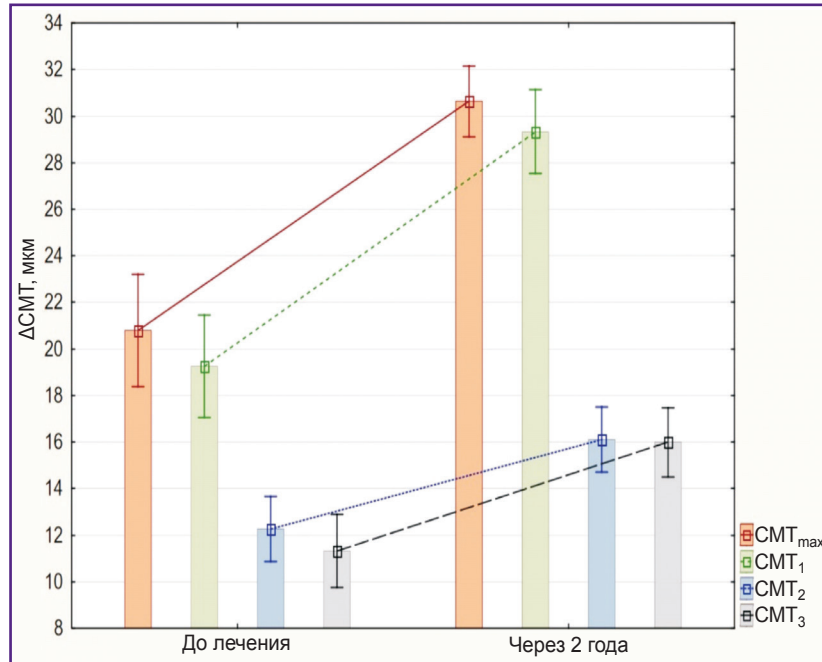


Рис. 4. Изменение ΔCMT амблиопичного глаза на фоне проводимого лечения в группе детей после ФемтоЛАЗИК (M±SD)

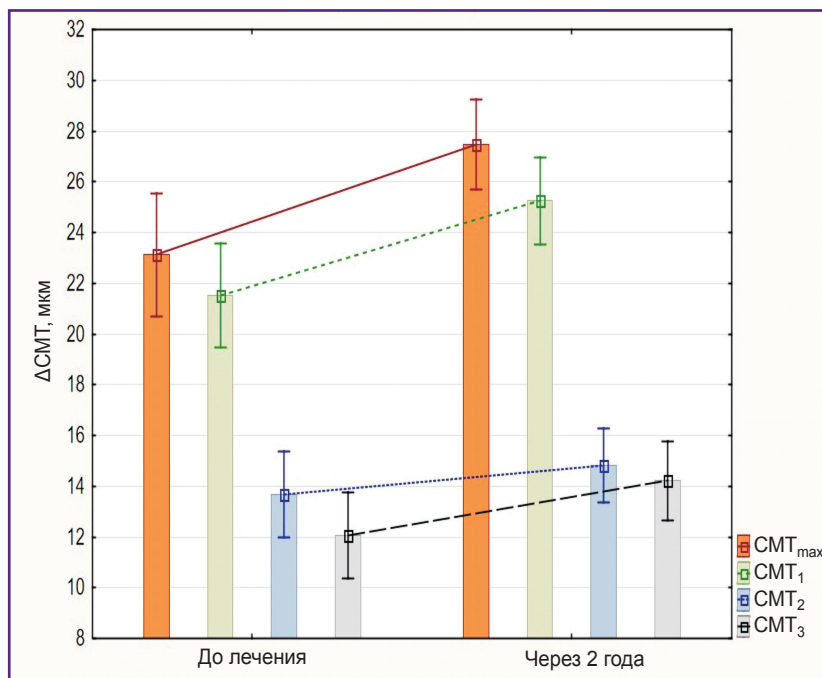


Рис. 5. Изменение ΔCMT амблиопичного глаза на фоне проводимого лечения в группе детей с очковой коррекцией (M±SD)

венно. Через 2 года показатели между группами были также близки. Так, в 1-й группе толщина хрусталика при включенной аккомодации составила  $3,40 \pm 0,16$ , при выключенной аккомодации —  $3,20 \pm 0,18$ ; во 2-й группе —  $3,40 \pm 0,19$  мм ( $p=0,21$  при сравнении с 1-й группой) и  $3,30 \pm 0,15$  ( $p=0,43$ ) соответственно. Глубина передней камеры у детей после ФемтоЛАЗИК при

включенной аккомодации в начале исследования составила  $2,96 \pm 0,17$  мм, при выключенной аккомодации —  $3,10 \pm 0,20$  мм; в группе детей с очковой коррекцией —  $3,01 \pm 0,18$  и  $3,11 \pm 0,23$  мм соответственно. После проведенного лечения данные показатели в 1-й группе были на уровне  $3,09 \pm 0,20$  и  $3,14 \pm 0,16$  мм; во 2-й группе —  $3,10 \pm 0,21$  мм ( $p=0,18$  при сравнении

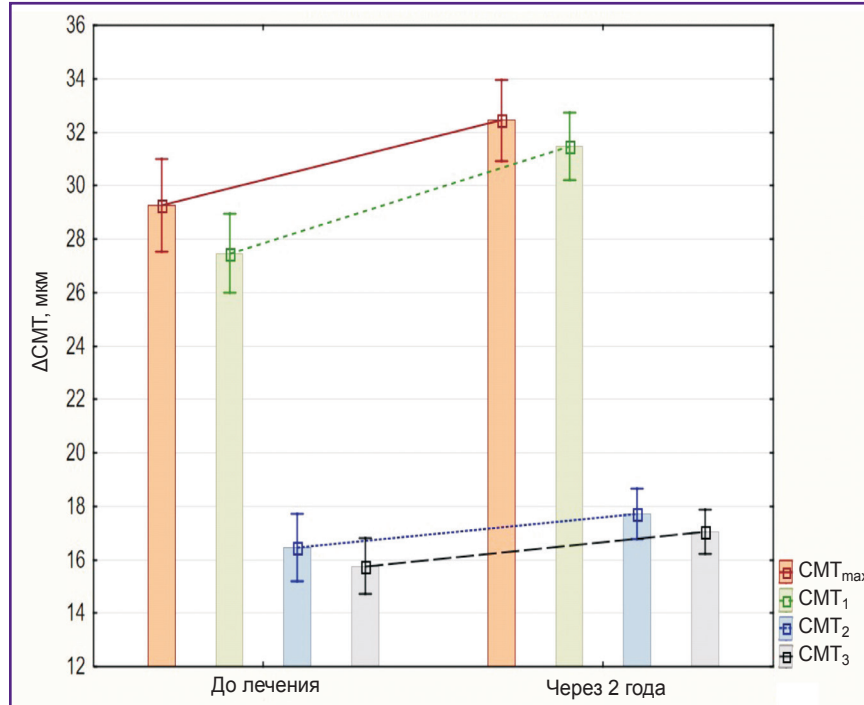


Рис. 6. Изменение ΔCMT ведущего глаза на фоне проводимого лечения в группе детей после ФемтоЛАЗИК (M±SD)

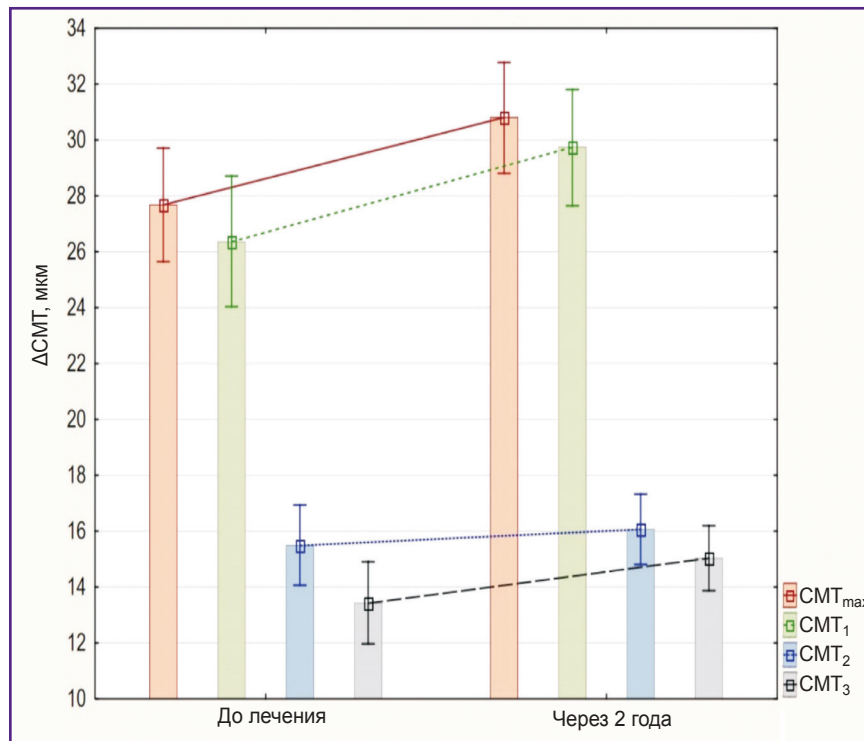


Рис. 7. Изменение ΔCMT ведущего глаза на фоне проводимого лечения в группе детей с очковой коррекцией (M±SD)

с 1-й группой) и  $3,12 \pm 0,22$  мм ( $p=0,34$ ) соответственно. Показатели толщины хрусталика и передней камеры парного ведущего глаза были аналогичны амблиопичному глазу.

### Обсуждение

Амблиопия является причиной рефракционной инвалидности. Анизометропия встречается у 35–45% па-

циентов с гиперметропией. При гиперметропической амблиопии анизометропия встречается в 89,3–96,3% случаев [11]. Поздняя диагностика данной проблемы затрудняет восстановление зрительных функций. При анализе различной степени выраженности амблиопии у детей с тяжелыми рефракционными нарушениями установлено, что аккомодация является ведущей функцией, участвующей в развитии остроты зрения [12]. Таким образом, эффективность лечения амблиопии зависит от тяжести аккомодационных нарушений.

При сравнении средних показателей амблиопичного и парного глаза обеих групп установлено, что до лечения цилиарная мышца ведущего глаза в передних отделах была тоньше на 19 мкм на уровне  $СМТ_{max}$  и на 32 мкм на уровне  $СМТ_1$ ; толще в задних отделах — на 17 мкм на уровне  $СМТ_2$  и на 19 мкм на уровне  $СМТ_3$ . Прирост в задних отделах был выше у детей после ФемтоЛАЗИК — на 19 мкм на уровне  $СМТ_2$  и на 18 мкм на уровне  $СМТ_3$ ; у детей с очковой коррекцией данные показатели повысились на 9 и 7 мкм соответственно. Больше увеличение толщины передних отделов цилиарной мышцы наблюдалась, наоборот, у детей 2-й группы — на 28 мкм на уровне  $СМТ_{max}$  и на 26 мкм на уровне  $СМТ_1$ . В 1-й группе данные показатели повысились на 21 и 20 мкм соответственно.

Диагностическое исследование детей с анизометропией с помощью ОКТ было проведено Н.А. Lewis с соавт. [13]. Согласно данным авторов, толщина цилиарной мышцы составила 756,7 мкм на уровне  $СМТ_{max}$ , 730 мкм на уровне  $СМТ_1$ , 525 мкм на уровне  $СМТ_2$  и 315 мкм на уровне  $СМТ_3$ . Данные настоящего исследования приближены к этим показателям, однако нами были зарегистрированы более высокие параметры (806 и 724 мкм) в передних отделах цилиарной мышцы, что, вероятно, обусловлено наличием амблиопии и более высокой степенью гиперметропии у исследуемых детей.

В нашем исследовании было выявлено повышение амплитуды колебания толщины цилиарной мышцы ( $\Delta СМТ$ ) амблиопичного глаза у детей после ФемтоЛАЗИК, которое, по всей видимости, связано с улучшением остроты зрения и значимым снижением рефракционного компонента.

Биометрические данные глаза без циклоплегии и на ее фоне изучены в работе Е.П. Тарутты с соавт. [14]. Показано, что при среднем рефракционном компоненте  $+3,5 \pm 1,2$  дптр по данным ОКТ глубина передней камеры без циклоплегии составила  $3,49 \pm 0,02$  мм, с циклоплегией —  $3,63 \pm 0,02$  мм; толщина хрусталика без циклоплегии —  $3,60 \pm 0,03$  мм, с циклоплегией —  $3,50 \pm 0,03$  мм, что согласуется с полученными нами результатами.

## Заключение

Оптическая когерентная томография является достаточно информативным методом исследования

аккомодационных структур глаза у детей, обеспечивающим объективную оценку амплитуды колебаний толщины цилиарной мышцы на фоне проводимого лечения. Мониторинг аккомодационных структур показал, что после рефракционной операции на фоне снижения рефракционного нарушения и повышения зрительных функций значительно улучшается работа цилиарной мышцы амблиопичного глаза, что выражается в увеличении показателей  $\Delta СМТ$ ,  $СМТ_2$  и  $СМТ_3$  и приближает данные параметры к лучшему парному ведущему глазу.

**Финансирование исследования и конфликт интересов.** Исследование не финансировалось какими-либо источниками, и конфликты интересов, связанные с данным исследованием, отсутствуют.

## Литература/References

1. Charman W.N. Developments in the correction of presbyopia II: surgical approaches. *Ophthalmic Physiol Opt* 2014; 34(4): 397–426, <https://doi.org/10.1111/opo.12129>.
2. Кошиц И.Н., Светлова О.В., Эгембердиев М.Б., Гусева М.Г. Традиционные и новые механизмы аккомодации и их классификация. *Российская детская офтальмология* 2018; 3: 20–36.
3. Koshitz I.N., Svetlova O.V., Egemberdiev M.B., Guseva M.G. Traditional and new mechanisms of accommodation and their classification. *Rossijskaa detskaa oftal'mologiya* 2018; 3: 20–36.
4. Neider M.W., Crawford K., Kaufman P.L., Bito L.Z. In vivo videography of the rhesus monkey accommodative apparatus: age-related loss of ciliary muscle response to central stimulation. *Arch Ophthalmol* 1990; 108(1): 69–74, <https://doi.org/10.1001/archophth.1990.01070030075032>.
5. Страхов В.В., Климова О.Н., Корчагин Н.В. Клиника активной аккомодации вдаль. *Российский офтальмологический журнал* 2018; 11(1): 42–51, <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-1-42-51>.
6. Strakhov V.V., Klimova O.N., Korchagin N.V. The clinical picture of active accommodation for far vision. *Rossijskij oftal'mologiceskij zurnal* 2018; 11(1): 42–51, <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-1-42-51>.
7. Monsálvarez-Romín D., Domínguez-Vicent A., Esteve-Taboada J.J., Montés-Micó R., Ferrer-Blasco T. Multisectorial changes in the ciliary muscle during accommodation measured with high-resolution optical coherence tomography. *Arq Bras Oftalmol* 2019; 82(3): 207–213, <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20190041>.
8. Laughton D.S., Coldrick B.J., Sheppard A.L., Davies L.N. A program to analyse optical coherence tomography images of the ciliary muscle. *Cont Lens Anterior Eye* 2015; 38(6): 402–408, <https://doi.org/10.1016/j.clae.2015.05.007>.
9. Kao C.Y., Richdale K., Sinnott L.T., Grillott L.E., Bailey M.D. Semiautomatic extraction algorithm for images of the ciliary muscle. *Optom Vis Sci* 2011; 88(2): 275–289, <https://doi.org/10.1097/oxp.0b013e3182044b94>.
10. Alió J.L., Wolter N.V., Piñero D.P., Amparo F., Sari E.S., Cankaya C., Laria C. Pediatric refractive surgery and its role in the treatment of amblyopia: meta-analysis of the peer-reviewed literature. *J Refract Surg* 2011; 27(5): 364–374, <https://doi.org/10.3928/1081597x-20100831-01>.



9. Paysse E.A., Tychsen L., Stahl E. Pediatric refractive surgery: corneal and intraocular techniques and beyond. *J AAPOS* 2012; 16(3): 291–297, <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2012.01.012>.
10. Holladay J.T. Proper method for calculating average visual acuity. *J Refract Surg* 1997; 13(4): 388–391, <https://doi.org/10.3928/1081-597x-19970701-16>.
11. Апаев А.В., Тарутта Е.П. Сравнительная оценка параметров зрительной фиксации при амблиопии различного генеза. *Вестник офтальмологии* 2020; 136(2): 26–31, <https://doi.org/10.17116/oftalma202013602126>.
- Апаев А.В., Тарутта Е.П. Comparative assessment of the parameters of visual fixation in amblyopia of different origin. *Vestnik oftal'mologii* 2020; 136(2): 26–31, <https://doi.org/10.17116/oftalma202013602126>.
12. Toor S., Horwood A.M., Riddell P. Asymmetrical accommodation in hyperopic anisometropic amblyopia. *Br J Ophthalmol* 2018; 102(6): 772–778, <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2017-310282>.
13. Lewis H.A., Kao C.Y., Sinnott L.T., Bailey M.D. Changes in ciliary muscle thickness during accommodation in children. *Optom Vis Sci* 2012; 89(5): 727–737, <https://doi.org/10.1097/oxp.0b013e318253de7e>.
14. Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Милаш С.В., Ханджян А.Т., Ходжабекян Н.В., Проскурина О.В. Изменение офтальмобиометрических параметров при миопии и гиперметропии под действием циклоплегии. *Офтальмология* 2018; 15(1): 58–63, <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-1-58-63>.
- Tarutta E.P., Harutyunyan S.G., Milash S.V., Khandzhyan A.T., Khodzhabekyan N.V., Proskurina O.V. Change in the ophthalmobiometric parameters in myopia and hyperopia under the influence of cycloplegia. *Oftal'mologia* 2018; 15(1): 58–63, <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-1-58-63>.