



<sup>1</sup> Первый  
Московский  
государственный  
медицинский  
университет  
им. И.М. Сеченова

<sup>2</sup> Московский  
областной научно-  
исследовательский  
клинический  
институт  
им. М.Ф. Владимирского

<sup>3</sup> Тамбовский  
государственный  
университет  
им. Г.Р. Державина

# Анализ аккомодационных изменений переднего сегмента глаза в разных рефракционных группах

Э. Хмеди<sup>1</sup>, С.А. Абакаров, к.м.н.<sup>2</sup>, А. Шебби<sup>3</sup>, В. Хамза<sup>1</sup>

Адрес для переписки: Эмин Хмеди, hmaidi96@yandex.com

Для цитирования: Хмеди Э., Абакаров С.А., Шебби А., Хамза В. Анализ аккомодационных изменений переднего сегмента глаза в разных рефракционных группах. Эффективная фармакотерапия. 2026; 22 (21): 40–43.

DOI 10.33978/2307-3586-2026-22-21-40-43

*Изучены параметры аккомодационного аппарата глаза с использованием томографа CASIA2 у лиц с эмметропией, гиперметропией и миопией. Исследование проводилось в трех функциональных состояниях (покой, напряжение и расслабление аккомодации), которые создавались с помощью оптической коррекции. Установлено, что метод CASIA2 позволяет зафиксировать детальные изменения аккомодационного аппарата в зависимости от аккомодационного стимула.*

*Во всех рефракционных группах выявлена зависимость кривизны поверхности хрусталика от аккомодационной задачи: радиус кривизны как передней, так и задней поверхности хрусталика уменьшается при напряжении аккомодации и увеличивается при ее расслаблении. При этом глубина передней камеры остается неизменной независимо от аккомодационной нагрузки. Представленные результаты могут служить теоретической основой для дальнейших исследований параметров аккомодационного аппарата в более крупных выборках пациентов с разными видами клинической рефракции.*

**Ключевые слова:** аккомодация, аккомодационный аппарат, рефракция, миопия, гиперметропия, эмметропия, оптическая когерентная томография, CASIA2

## Введение

Для ранней диагностики заболеваний зрительного анализатора и своевременного подбора лечебной стратегии крайне важен подробный анализ изменений тканей глаза на ультраструктурном уровне. Кроме того, в целях разработки потенциально перспективных методов восстановления способности глаза к аккомодации и выявления индикаторов прогнозирования нарушений необходимо изучение биомеханики аккомодационного аппарата (биометрических параметров) [1].

Таким образом, для клинической и исследовательской практики значение имеют объективные, неинвазивные и удобные для рутинного использования способы динамического наблюдения за состоянием глазного аппарата, в частности хрусталика и роговицы [2, 3]. В качестве такого способа предложена оптическая когерентная томография переднего сегмента второго поколения с помощью устройства визуализации CASIA2, которая показала высокие

результаты повторяемости и воспроизводимости [4–6]. CASIA2 демонстрирует достаточно высокую скорость и приемлемую глубину сканирования и позволяет регистрировать параметры передней камеры, например CCT (central corneal thickness – центральная толщина роговицы) и ACD (anterior chamber depth – глубина передней камеры), а также CLR (crystalline lens rise – высота хрусталика), ARL (anterior radius of lens – передний радиус хрусталика) и PRL (posterior radius of lens – задний радиус хрусталика). При этом на результаты не влияет расширение зрачка: как в условиях мидриаза, так и без него устройство демонстрирует хорошую повторяемость [7, 8]. CASIA2 считается более простой и доступной альтернативой оценке цифровых изображений с помощью щелевой лампы [9]. В настоящее время отмечается дефицит исследовательских работ, направленных на изучение изменений аккомодационного аппарата в различных рефракционных группах в зависимости от аккомодационного стимула.



**Цель** – оценить динамику показателей аккомодационного аппарата зрительного анализатора в различных рефракционных группах в состоянии покоя, напряжения и расслабления аккомодации с помощью оптического когерентного томографа CASIA2.

**Материал и методы**

В проспективное одноцентровое когортное исследование были включено 16 студентов (семь мужчин и девять женщин) 5–6-го курсов медицинского вуза с повышенными зрительными нагрузками (постоянное использование учебно-методических пособий). Средний возраст участников исследования составил 24,5 года.

Критерием включения в исследование было наличие у студента любой клинической рефракции с астигматизмом силой не более 1,0 дптр.

Критерии исключения:

- астигматизм силой более 1,0 дптр;
- косоглазие;
- острое воспаление поверхности глаза;
- перенесенные офтальмохирургические операции и травмы глаза;
- прием атропина в анамнезе;
- ношение ортокератологических линз в анамнезе;
- амблиопия.

Все пациенты прошли офтальмологическое обследование, включавшее оценку некорригированной и скорректированной остроты зрения вдаль по стандартной методике, измерение передне-задней оси глаза, а также кератометрию с использованием Pentacam (Oculus Pentacam AXL). На основании полученных результатов участники исследования были разделены на три группы в зависимости от сферического эквивалента: 11 участников с миопией (22 глаза), 3 участника с гиперметропией (4 глаза), 2 участника с эметропией (4 глаза).

С помощью оптического когерентного томографа CASIA2 (Tomey Corporation, Нагоя, Япония) обследовали передний отрезок глаза, в частности изменения хрусталика в состоянии покоя, напряжения аккомодации и расслабления (дезаккомодации). Имитацию зрительного стимула к аккомодации обеспечивали с помощью оптического флиппера (пробной оправы) -5,0 дптр; расслабление аккомодации – с помощью оптического флиппера +6,0 дптр. В группах до коррекции флиппером и после коррекции анализировали следующие параметры аккомодационных структур глаза:  $R_{front}$  (radius of the anterior lens surface – радиус кривизны передней поверхности хрусталика),  $R_{back}$  (radius of the posterior lens surface – радиус

**Таблица 1. Параметры аккомодационного аппарата глаз в состоянии покоя, напряжения и расслабления**

Параметр	Группа	Без коррекции	-5,0 дптр	+6,0 дптр	p*
$R_{front}$ , мм	Миопия	12,2	8,59	14,1	0,46 0,72
	Гиперметропия	9,69	7,38	14,785	0,81 0,96
	Эметропия	11,2	7,7	16,9	0,09 0,3
$R_{back}$ , мм	Миопия	5,97	4,56	7,73	0,50 0,71
	Гиперметропия	5,935	4,03	8,07	0,75 0,22
	Эметропия	5,805	3,66	7,03	0,34 0,28
Tilt, °	Миопия	-0,1	0,6	-1,25	0,392 0,112
	Гиперметропия	4,75	7,95	3,3	0,482 0,86
	Эметропия	0,55	-0,5	-0,2	0,188 0,33
Decent, мм	Миопия	0,02	0,03	0,04	0,16
	Гиперметропия	0,02	0,18	0,09	0,828 0,924
	Эметропия	0,26	-0,005	-0,015	0,7
LT, °	Миопия	3,715	3,74	3,75	1,00
	Гиперметропия	3,64	3,74	3,69	1,00
	Эметропия	3,74	3,865	3,755	1,00
ACD, мм	Миопия	3,035	2,99	2,998	0,365
	Гиперметропия	3,129	2,9145	3,3075	0,772 0,809
	Эметропия	2,97	2,905	3	1,00

\* Использован t-критерий Стьюдента.



кривизны задней поверхности хрусталика), Tilt (lens tilt – наклон хрусталика), Decent (lens decentration – отклонение хрусталика), LT (lens thickness – толщина хрусталика), ACD (линейный размер).

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы IBM SPSS Statistics. Применяли традиционные показатели описательной статистики – число наблюдений (n) и среднее арифметическое (M). Для сравнения данных до и после коррекции с помощью пробной оправы применяли критерий знаковых рангов Уилкоксона и t-критерий Стьюдента. Различия между показателями выборок считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ . Количественные показатели представлены в абсолютных величинах.

### Результаты

При сравнении  $R_{front}$  в естественных условиях и в состоянии напряжения у миопов показатель изменился в среднем на -3,3 мм; при расслаблении аккомодации показатель увеличился на 3,2 мм, однако различия были статистически недостоверны. Этот же показатель в гиперметропических глазах при напряжении аккомодации с помощью пробной оправы -5,0 дптр изменился на 2,4 мм, при расслаблении увеличился на 4,9 мм (различия недостоверны) (табл. 1–3). В эметропических глазах средние значения в покое, напряжении и расслаблении

составили 11,2, 7,7 и 16,9 мм соответственно (без достоверной разницы).

$R_{back}$  в группе миопов в покое составил 5,97 мм, при напряжении снизился до 4,56 мм ( $p = 0,71$ ), при расслаблении составил 7,73 мм ( $p = 0,50$ ), в группе гиперметропии в покое – 5,935 мм, при напряжении снизился до 4,03 мм ( $p = 0,75$ ), при расслаблении увеличился до 8,07 мм ( $p = 0,22$ ). В группе эметропической рефракции средние значения составили 5,805 мм в покое, 3,66 мм при напряжении ( $p = 0,34$ ) и 7,03 мм при расслаблении ( $p = 0,28$ ) (табл. 1–3).

Оценка Tilt в группе миопов показала, что при напряжении наклон изменился в среднем на  $0,1^\circ$ , при расслаблении разница составила  $-0,2^\circ$ . В группе гиперметропии разница соответствовала  $1,8$  и  $-0,4^\circ$ . В группе эметропии получены значения  $-0,67$  и  $-0,47^\circ$ . Статистически достоверной разницы не установлено (табл. 1–3).

Анализ Decent показал следующие изменения при напряжении и расслаблении: у миопов  $-0,031$  и  $+0,036$  мм, у гиперметропов  $+0,8$  и  $+0,1$  мм, у эметропов  $-0,13$  и  $-0,1$  мм ( $p > 0,05$  во всех группах) (табл. 1–3).

При коррекции с помощью пробной оправы  $-5,0$  и  $+6,0$  дптр в группе миопии LT изменилась незначительно ( $3,715$  мм в покое,  $3,74$  мм при напряжении,  $3,75$  мм при расслаблении). LT в группах гиперметропии и эметропии также изменилась незначительно.

Таблица 2. Оценка разницы параметров переднего сегмента глаз до и после оптической коррекции с помощью пробной оправы -5,0 дптр в рефракционных группах (средние значения)\*

Параметр	Миопия (n = 22)	Гиперметропия (n = 4)	Эметропия (n = 4)
$R_{front}$ , мм	-3,3	-2,4	-3,5
$R_{back}$ , мм	-1,7	-1,9	-2,08
Tilt, °	0,1	1,8	-0,67
Decent, мм	-0,031	0,8	-0,13
LT, °	0,030	0,1	0,11
ACD, мм	0,01	-0,2	-0,08

\* Использован критерий Уилкоксона.

Таблица 3. Оценка разницы параметров переднего сегмента глаз до и после оптической коррекции с помощью пробной оправы +6,0 дптр в рефракционных группах (средние значения)\*

Параметр	Миопия (n = 22)	Гиперметропия (n = 4)	Эметропия (n = 4)
$R_{front}$ , мм	3,2	4,9	5,7
$R_{back}$ , мм	1,6	1,9	1,78
Tilt, °	-0,2	-0,4	-0,47
Decent, мм	0,036	0,1	-0,1
LT, °	0,01	0,1	3,75
ACD, мм	0,0026	4,8	0,01

\* Использован критерий Уилкоксона.



Аналогичные показатели с несущественной разницей получены при измерении АСД в естественных условиях, при напряжении и расслаблении аккомодационного аппарата во всех рефракционных группах ( $p > 0,05$  во всех случаях) (табл. 1–3).

### Выводы

В ходе исследования устройство визуализации CASIA2 позволило выявить детальные изменения аккомодационного аппарата в различных рефракционных группах в состоянии покоя, напряжения и расслабления при оптической коррекции.

Во всех рефракционных группах зафиксированы изменения кривизны поверхности хрусталика в зависимости от аккомодационного стимула. Несмотря на отсутствие статистически достоверных различий (в силу небольшой выборки), установлено, что радиус кривизны передней и задней поверхности хрусталика ( $R_{\text{front}}$  и  $R_{\text{back}}$ ) при напряжении аккомодации уменьшается, а при расслаблении увеличивается. При этом линейный размер глубины передней камеры остается неизменным независимо от аккомодационной задачи. ●

### Литература

- Куликова И.Л., Александрова К.А. Мониторинг состояния аккомодационного аппарата глаза у детей с гиперметропической анизометропией и амблиопией с помощью оптической когерентной томографии. *Современные технологии в медицине*. 2023; 15 (5): 24–32.
- Cheng S.M., Zhang J.S., Li T.T., et al. Repeatability and agreement of two swept-source optical coherence tomographers for anterior segment parameter measurements. *J. Glaucoma*. 2022; 31 (7): 602–608.
- Bu Q., Hu D., Zhu H., et al. Swept-source optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy study of anterior segment parameters in primary angle-closure glaucoma. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol*. 2023; 261 (6): 1651–1658.
- Shoji T., Kato N., Ishikawa S., et al. In vivo crystalline lens measurements with novel swept-source optical coherent tomography: an investigation on variability of measurement. *BMJ Open Ophthalmol*. 2017; 1 (1): e000058.
- Fukuda S., Ueno Y., Fujita A., et al. Comparison of anterior segment and lens biometric measurements in patients with cataract. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol*. 2020; 258 (1): 137–146.
- Espinoza G., Iglesias K., Parra J.C., et al. Agreement and reproducibility of anterior chamber angle measurements between CASIA2 built-in software and human graders. *J. Clin. Med*. 2023; 12 (19): 6381.
- Lin F., Wang Y., Liu Y., et al. The influence of 0.5% tropicamide on anterior segment parameters with CASIA2 in emmetropic, myopic, and hyperopic eyes. *Front. Physiol*. 2022; 13: 957097.
- Алхарки Л., Юсеф Ю.Н., Будзинская М.В. и др. Современные возможности оптической когерентной томографии переднего сегмента глаза. *Вестник офтальмологии*. 2024; 140 (2–2): 190–195.
- Yang B., Lai C., Qin Y., et al. Pilot study on postoperative toric intraocular lens alignment: comparing Casia2 and photoshop imaging techniques. *J. Ophthalmol*. 2024; 2024: 1053914.

### Analysis of Accommodative Changes in the Anterior Segment of the Eye in Different Refractive Groups

E. Khmedi<sup>1</sup>, S.A. Abakarov, PhD<sup>2</sup>, A. Shebbi<sup>3</sup>, V. Khamza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

<sup>2</sup> Moscow Regional Research and Clinical Institute

<sup>3</sup> Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Contact person: Emin Khmedi, hmaidi96@yandex.com

*The parameters of the accommodative apparatus of the eye were studied using the CASIA2 tomographer in individuals with emmetropia, hypermetropia, and myopia. The study was conducted under three functional states (accommodation at rest, under tension, and during relaxation), which were induced using optical correction. It was found that the CASIA2 method allows for the detection of detailed changes in the accommodative apparatus depending on the accommodative stimulus. In all refractive groups, a dependence of lens surface curvature on the accommodative task was revealed: the radius of curvature of both the anterior and posterior lens surfaces decreases during accommodation tension and increases during its relaxation. Meanwhile, the anterior chamber depth remains unchanged regardless of the accommodative load. The presented results may serve as a theoretical basis for further studies of accommodative apparatus parameters in larger cohorts of patients with different types of clinical refraction.*

**Keywords:** accommodation, accommodative apparatus, refraction, myopia, hypermetropia, emmetropia, optical coherence tomography, CASIA2