

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 617.742-073

Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Тарасова Н.А., Ханджян А.Т., Ходжабекян Н.В.

НОВЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЦИННОВЫХ СВЯЗОК ХРУСТАЛИКА

ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва, РФ

Цель. Сравнить аберрации волнового фронта и их изменения под действием циклоплегии в глазах с миопией и гиперметропией.

Материал и методы. Обследованы 46 пациентов. Из них 20 (39 глаз) с миопической (в среднем $-5,2 \pm 1,5$ дптр) и 26 (53 глаза) с гиперметропической рефракцией (средняя рефракция $+3,1 \pm 1,15$ дптр) в возрасте от 5 до 17 лет (в среднем $11,6 \pm 0,6$ лет). Всем пациентам проводили aberromетрию волнового фронта в затемненной комнате до и после медикаментозной циклоплегии (применяли 1% циклопентолат дегидрохлорид дважды, с интервалом 10 минут и aberromетрию через 40 минут после первого закапывания) на aberromетре OPD-ScanIII, Nidek.

Результаты. Выявлены достоверные различия: горизонтальный треfoil (С8) и горизонтальная кома (С7) в естественных условиях при миопии достоверно выше, а их изменения под циклоплегией достоверно ниже или отсутствуют. Такое различие указанных аберраций, связанных со смещением хрусталика, децентрацией оптических элементов глаза, свидетельствует о слабом натяжении цинновых связок в глазах с миопией. Разработан способ оценки связочного аппарата хрусталика по динамике полиномов С8 и С7 на фоне циклоплегии.

Заключение. Разработанный способ косвенной оценки состояния цинновых связок хрусталика по данным сравнительной aberromетрии до и после циклоплегии рекомендуется использовать для прогноза течения постнатального рефрактогенеза и оценки эффективности лечения прогрессирующей близорукости.

Ключевые слова: aberromетрия; миопия, гиперметропия, горизонтальный треfoil; горизонтальная кома; волновой фронт; цинновы связки, хрусталик.

Для цитирования: Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Тарасова Н.А., Ханджян А.Т., Ходжабекян Н.В. Новый способ оценки состояния цинновых связок хрусталика. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2018; 13(1): 38-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1993-1859-2018-13-1-38-41>

Для корреспонденции: Тарасова Наталья Алексеевна, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргоники ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва. E-mail: tar221@yandex.ru

Tarutta E.P., Harutunyan S.G., Tarasova N.A., Khandzhyan A.T., Khodzhabekeyan N.V.

A NEW METHOD OF ASSESSMENT ZONULAR LENS

The Helmholtz Moscow Research Institute of Eye Diseases, 105062, Russian Federation

Purpose. To compare the wave front aberrations and their changes under the action of cycloplegia in eyes with myopia and hyperopia.

Material and methods. We examined 46 patients: 20 (39 eyes) with myopic (average -5.2 ± 1.5 D) and 26 patients (53 eyes) with hyperopic refraction (mean refraction $+3.1 \pm 1.15$ D) aged 5 - 17 years (average 11.6 ± 0.6 years). All the patients underwent aberrometry in a darkened room before and after medical cycloplegia (instillations of 1% cyclopentolate dihydrochloride twice, with an interval of 10 minutes, aberrometry in 40 minutes after the first instillation) with the aberrometer device OPD-ScanIII, Nidek.

Result. Significant differences: horizontal trefoil (C8) and horizontal coma (C7) before cycloplegia in myopia was significantly higher, and their changes under cycloplegia significantly lower or absent. The difference of these aberrations, with are associated with the dislocation of the crystalline lens, decentration of the optical elements of the eye, provides the evidence of weak zonular tension in the eyes with myopia. The method of assessing zonular on the dynamics of the polynomials C8 and C7 in the background of cycloplegia was developed.

Conclusion. The developed method of indirect assessment of the condition of the zonular lens according to the comparative aberrometry before and after cycloplegia recommended for prognosis of postnatal refraktogenesis and evaluation of progressive myopia treatment effectiveness.

Keywords: aberrometry; myopia, hyperopia, horizontal trefoil; horizontal coma; wave front; zonule, lens.

For citation: Tarutta E. P., Harutunyan S. G., Tarasova N.A., Khandzhyan A.T., Khodzhabekeyan N.V. A new method of assessment zonular lens. *Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya (Russian pediatric ophthalmology)* 2018; 13(1): 38-41. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1993-1859-2018-13-1-38-41>

For correspondence: Tarasova Natalia Alexeevna, senior researcher of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics, The Helmholtz Moscow Research Institute of Eye Diseases, Moscow, 105062, Russian Federation. E-mail: tar221@yandex.ru

Contribution: Tarutta E.P. – 20%; Harutunyan S.G. – 20%; Tarasova N.A. – 20%; Khandzhyan A.T. – 20%; Khodzhabekeyan N.V. – 20%.

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received 17 Desember 2017

Accepted 25 Desember 2017

Введение. Ослабление аккомодации играет важную роль в зрительной работоспособности и в рефрактогенезе. Объем аккомодации у детей определяется сократительной способностью цилиарной мышцы и натяжением цинновых связок хрусталика.

Согласно теории Гельмгольца, при аккомодации происходит сокращение цилиарной мышцы, вследствие чего цилиарное тело смещается несколько вперед и к экватору хрусталика. Это приводит к расслаблению волокон цинновых связок и уменьшению натяжения ими капсулы хрусталика. В результате последний принимает более выпуклую форму. Напротив, при циклоплегии, то есть медикаментозном параличе цилиарной мышцы, происходит натяжение цинновых связок, хрусталик уплощается с соответствующим изменением радиусов кривизны его поверхностей и отодвигается кзади.

Циклоплегия оказывает влияние и на положение хрусталика, который в естественных, нециклоплегических условиях, при расслабленных цинновых связках, несколько опускается книзу и кнутри [1, 2]. Изменения положения хрусталика могут привести к изменению (рассогласованию) центрации оптических элементов глаза – оптических центров роговицы, хрусталика и фовеа. Подобные изменения могут отразиться на таких аберрациях, как tilt, coma, trefoil [3, 4].

Tilt – это аберрация первого порядка, характеризующая наклон волнового фронта (действие пирамиды). Трефойл – это аберрация третьего порядка, вызванная децентрацией преломляющих поверхностей относительно друг друга из-за различного линейного оптического увеличения на разных участках изображения (иррегулярность поверхностей). Кома - это сферическая аберрация косых пучков света, падающих под углом к оптической оси глаза. В их основе лежит асимметрия оптических элементов глаза, в результате которой центр роговицы не совпадает с центром хрусталика и фовеолы.

Таким образом, анатомические сдвиги, происходящие в процессе аккомодации, дезаккомодации и под воздействием циклоплегических средств, предрасполагают к изменениям волнового фронта. Изменения волнового фронта будут тем больше, чем больше наступившие под действием циклоплегии изменения формы и положения хрусталика. Под действием одного и того же медикамента различная реакция на циклоплегические средства может быть обусловлена индивидуальными особенностями внутренней оптики глаза и, в частности, аккомодационно-хрусталиковой системы. В процессе аккомодации имеют значение эласти-

ческие свойства хрусталика, связочный аппарат (зонулярные волокна) и цилиарная мышца. Изменения эластичности хрусталика наступают с возрастом и являются одной из причин пресбиопии. У детей состояние аккомодации определяется сократительной способностью цилиарной мышцы и натяжением (эластичностью) цинновых связок.

Так, при синдроме Марфана циннова связка ослабляется, что на первых этапах проявляется близорукостью у пациента, подвывихом хрусталика. У пациентов с данным синдромом изменяются аберрации: горизонтальный трефойл увеличивается на 167% (0,4 мкм вместо 0,15 в норме), а горизонтальная кома увеличивается на 333% (0,39 мкм вместо 0,09 в норме) [5, 6]. Таким образом, известную при синдроме Марфана слабость соединительной ткани и, в частности, связок хрусталика, дислокацию и подвывих последнего можно использовать как модель для изучения аберраций у детей с миопией.

Страхов В.В. и соавт. [2] исследовали связочный аппарат хрусталика с помощью ультразвуковой биомикроскопии («Humphrey Instruments, Inc», модель 840 с частотой колебания датчика 50 МГц). Этот способ позволяет определить ход связочного аппарата хрусталика в зонулярном пространстве. Однако данное исследование является сложным, контактным, достаточно длительным и, трудно выполнимым в детском возрасте.

Цель: сравнение аберраций волнового фронта и их изменений под действием циклоплегии в глазах с миопией и гиперметропией.

Материал и методы. Обследованы 46 пациентов. Из них 20 (39 глаз) с миопической (в среднем $-5,2 \pm 1,5$ дптр) и 26 (53 глаза) с гиперметропической рефракцией (средняя рефракция $+3,1 \pm 1,15$ дптр) в возрасте от 5 до 17 лет (в среднем $11,6 \pm 0,6$ лет). Всем пациентам проводили абберрометрию волнового фронта в затемненной комнате до и после медикаментозной циклоплегии (применяли 1% циклопентолат дегидрохлорид дважды, с интервалом 10 минут, абберрометрию через 40 минут после первого закапывания) на абберрометре OPD-ScanIII, Nidek. Поскольку действие циклоплегиков сопровождается и мидриазом, увеличивающим уровень многих аберраций, мы проводили анализ волнового фронта до и после инстилляций Циклопентолата при фиксированной ширине зрачка, чтобы оценить влияние на него только циклоплегии, а не мидриаза. Аберрации анализировали при ширине зрачка 3 мм как без циклоплегии, так и в условиях циклоплегии (в последнем случае - с помощью выбора 3 мм зоны). Исследовали горизонтальный трефойл (C8-trefoil 9) и горизонтальную кому (C7-coma8).

Аберрации волнового фронта при различной клинической рефракции до и после циклоплегии

Рефракция	Аберрации			
	coma 8		trefoil 9	
	до циклоплегии, мкм	после циклоплегии, мкм	до циклоплегии, мкм	после циклоплегии, мкм
Гиперметропия	0,005±0,004*•	-0,005 ± 0,003•	-0,02 ± 0,005*•	0,02 ± 0,01•
Миопия	-0,007 ± 0,002*	0,007 ± 0,002	-0,01 ± 0,01*	-0,01 ± 0,01*

Примечание. * – различия между показателями аберраций у пациентов в группах миопии и гиперметропии достоверны ($p < 0,05$); • – различия между показателями до и после циклоплегии достоверны ($p < 0,05$).

Результаты. Согласно полученным нами данным, до циклоплегии, то есть в естественных условиях, структура волнового фронта при миопии и гиперметропии существенно различается: горизонтальный трейfoil (C8-trefoil 9) и горизонтальная кома (C7-coma8) при миопии достоверно выше, чем при гиперметропии. После циклоплегии в глазах с миопией достоверных изменений указанных аберраций нет, в то время как в глазах с гиперметропией достоверно увеличивается горизонтальный трейfoil (на 200%, $p < 0,01$) и уменьшается с переходом в отрицательные значения горизонтальная кома (на 200%, $p < 0,05$) (см. таблицу; рис. 1,2, см. вклейку).

По нашему мнению, полученные различия связаны с состоянием связочного аппарата хрусталика и цилиарной мышцы. При миопии повышенный уровень аберраций, связанных с наклоном хрусталика, его смещением, децентрацией оптических элементов глаза, свидетельствует о слабом натяжении связок. Это подтверждается и при циклоплегии: изменение тонуса цилиарной мышцы, натяжения цинновых связок, формы и положения хрусталика недостаточны для существенных изменений волнового фронта. При гиперметропии в исходном состоянии хрусталик фиксирован более устойчиво, а его экскурсия под циклоплегией (изменение положения и формы) выражена более значительно, что проявляется в изменениях волнового фронта. Это согласуется и с нормальной работой аккомодации при гиперметропии, в отличие от миопии, где аккомодация снижена. Такие отличия глаз с миопией в сравнении с гиперметропией могут быть обусловлены известным гипертонусом цилиарной мышцы при близорукости, слабостью связочного аппарата или их сочетанием. Таким образом, оказалось, что слабость цинновых связок характеризуется повышением горизонтального трейfoйла менее чем на 150% и/или уменьшением горизонтальной комы менее чем на 150% после циклоплегии при определении показателей аберрометрии при одном и том же диаметре зрачка. Это легло в основу разработанного способа оценки состояния цинновых связок хрусталика [7].

Приводим несколько примеров.

Пример 1

Пациент М., возраст 12 лет. Диагноз «миопия средней степени» (OD -3,75 дптр, OS -3,5 дптр). Ребенку была проведена аберрометрия волнового фронта с помощью аберрометра OPD-ScanIII, Nidek. до и через 40 минут после медикаментозной циклоплегии 1% циклопентолом дегидрохлорида дважды, с интервалом 10 минут. Определяли аберрации - горизонтальный трейfoil и горизонтальную кому при диаметре зрачка 3 мм.

Горизонтальный трейfoil до циклоплегии был: OD -0,02 мкм, OS -0,018 мкм, после циклоплегии - OD -0,022 мкм (увеличение на 10%), OS -0,018 мкм, (увеличения не было).

Горизонтальная кома до циклоплегии составляла: OD -0,006 мкм, OS -0,009 мкм, после циклоплегии - OD -0,006 мкм (увеличения не было), OS -0,008 мкм (уменьшение на 11%).

Заключение. Величина аберраций горизонтальной комы и горизонтального трейfoйла после циклоплегии, то есть при максимальном натяжении цинновых связок, практически не изменилась, что свидетельствует о слабом их натяжении (слабость цинновых связок).

Данному пациенту были рекомендованы аппаратное и медикаментозное лечение, укрепляющее соединительную ткань, повышающее работоспособность и нормализующее тонус цилиарной мышцы.

Пример 2

Пациент М., возраст 9 лет. Диагноз «гиперметропия слабой степени» (OD +2,25 дптр, OS +2,75 дптр). Пациенту проводили аберрометрию волнового фронта с помощью аберрометра OPD-ScanIII, Nidek. до и через 40 минут после медикаментозной циклоплегии 1% циклопентолом дегидрохлорида дважды, с интервалом 10 минут. Определяли аберрации - горизонтальный трейfoil и горизонтальную кому при диаметре зрачка 3 мм.

Горизонтальный трейfoil до циклоплегии составлял: OD -0,01 мкм, OS -0,013 мкм, после циклоплегии OD 0,02 мкм, OS 0,025 мкм.

Горизонтальная кома до циклоплегии – OD 0,07, OS 0,06, после циклоплегии – OD -0,08 мкм, OS -0,09 мкм.

Заключение. После циклоплегии, при максимальном натяжении цинновых связок, величина горизонтального трейфола изменилась (увеличилась) на 300% на OD и на 292% на OS. Величина горизонтальной комы изменилась (уменьшилась) на 214% на OD и на 250% на OS. Это свидетельствует о достаточном натяжении цинновых связок, то есть благополучном, не ослабленном их состоянии. Лечение пациенту не требовалось.

Пример 3

Пациент Т., возраст 25 лет. Диагноз «миопия слабой степени» (OD -1,75 дптр, OS -1,5 дптр). Пациенту проводили аберрометрию волнового фронта с помощью аберрометра OPD-ScanIII, Nidek. до и через 40 минут после медикаментозной циклоплегии 1% циклопентолатом дегидрохлорида дважды, с интервалом 10 минут. Определяли аберрации - горизонтальный трейfoil и горизонтальную кому при диаметре зрачка 3 мм.

Горизонтальный трейfoil до циклоплегии составлял: OD -0,005 мкм, OS -0,01 мкм, после циклоплегии – OD 0,01 мкм, OS 0,015 мкм.

Горизонтальная кома до циклоплегии была: OD 0,06 мкм, OS 0,07 мкм, после циклоплегии OD -0,04 мкм, OS -0,04 мкм.

Заключение. После циклоплегии, при максимальном натяжении цинновых связок, величина горизонтального трейфола изменилась (увеличилась) на 300% на OD и на 250% на OS. Величина горизонтальной комы уменьшилась на 167% на OD и на 157% на OS, что свидетельствует о достаточном натяжении цинновых связок. Лечение пациенту не требовалось.

Таким образом, предложенный способ обеспечивает возможность более точной и простой оценки состояния цинновых связок для диагностики, прогнозирования и оценки клинического течения миопии и определения лечебной тактики.

Выводы

1. Разработан способ косвенной оценки состояния связочного аппарата хрусталика по данным сравнительной аберрометрии в естественных и циклоплегических условиях.

2. Данный способ рекомендуется использовать для прогноза возникновения и течения миопии и оценки эффективности лечебных мероприятий.

Долевое участие авторов: Тарутта Е.П. – 20%; Арутюнян С.Г. – 30%; Тарасова Н.А. – 30 %; Ханджян А.Т. – 20%; Ходжабебян Н.В. – 20%.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иомдина Е.Н., Бауер С.М., Котляр К.Е. *Биомеханика глаза: теоретические аспекты и клинические приложения*. М.: Реал Тайм; 2015.
2. Страхов В.В., Минеева Л.А., Бузыкин М.А. Инволюционные изменения аккомодационного аппарата глаза человека по данным ультразвуковой биометрии и биомикроскопии. *Вестн. офтальмол.* 2007; 23(4): 32-5.
3. Zernike F. Beugung stheorie des Schneiden verfahrens und seiner verbsserten from der phasen contrast mentode. *Physica*. 1934; (2): 670 -89.
4. Корниловский И.М., Диденко Т.Н., Годжаева А.М. Влияние медикаментозного спазма аккомодации на структуру аберраций оптического тракта глаза. *Рефракционная хирургия и офтальмология*. 2004; 4(2):8-11.
5. Bahar I., Kaiserman I., Rootman D. Cionni endocapsular ring implantation in Marfan's Syndrome. *Br. J. Ophthalmol.* 2007; 91(11): 1477–80.
6. Lteif Y. G.; Platkiewicz C.; Semai L.; Gatinel D. Internal and Total Optical Aberrations in Eyes With Ectopia Lentis Associated to Marfan Syndrome. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2008; (49): 988.
7. Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Тарасова Н.А. *Способ оценки состояния цинновых связок хрусталика*. Положительное решение от 12.01.2018 на патент РФ № 2017118081.

REFERENCES

1. Iomdina E. N., Bauer S. M., Kotliar K. E. *Biomechanics of the eye: theoretical aspects and clinical application*. M.: Real-Time; 2015. (in Russian)
2. Strakhov V.V., Mineeva L.A., Buzykin M.A. Involutional changes in the human eye a accommodative apparatus as evidenced by ultrasound biometry and biomicroscopy. *Vestn. Ophthalmol.* 2007; 23(4): 32–5. (in Russian)
3. Zernike F. Beugung stheorie des Schneiden verfahrens und seiner verbsserten from der phasen contrast mentode. *Physica*. 1934; (2): 670–89.
4. Kornilovskiy I. M., Didenko, T. N., Gojayev A. M. The effect of the medicament spasm of accommodation on the structure of the aberrations of the optical path of the eye. *Refraktsionnaya khirurgiya I oftal'mologiya*. 2004; 4(2): 8–11. (in Russian)
5. Bahar I., Kaiserman I., Rootman D. Cionni endocapsular ring implantation in Marfan's Syndrome. *Br. J. Ophthalmol.* 2007; 91(11): 1477–80.
6. Lteif Y. G.; Platkiewicz C.; Semai L.; Gatinel D. Internal and Total Optical Aberrations in Eyes With Ectopia Lentis Associated to Marfan Syndrome. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2008; (49): 988.
7. Tarutta E.P., Harutunayn S.G., Tarasova N.A. *A method of assessment zonular lens*. Positive decision от 12.01.2018 patent RF № 2017118081. (in Russian)

Поступила 17.12.2017
Принята к печати 25.12.17

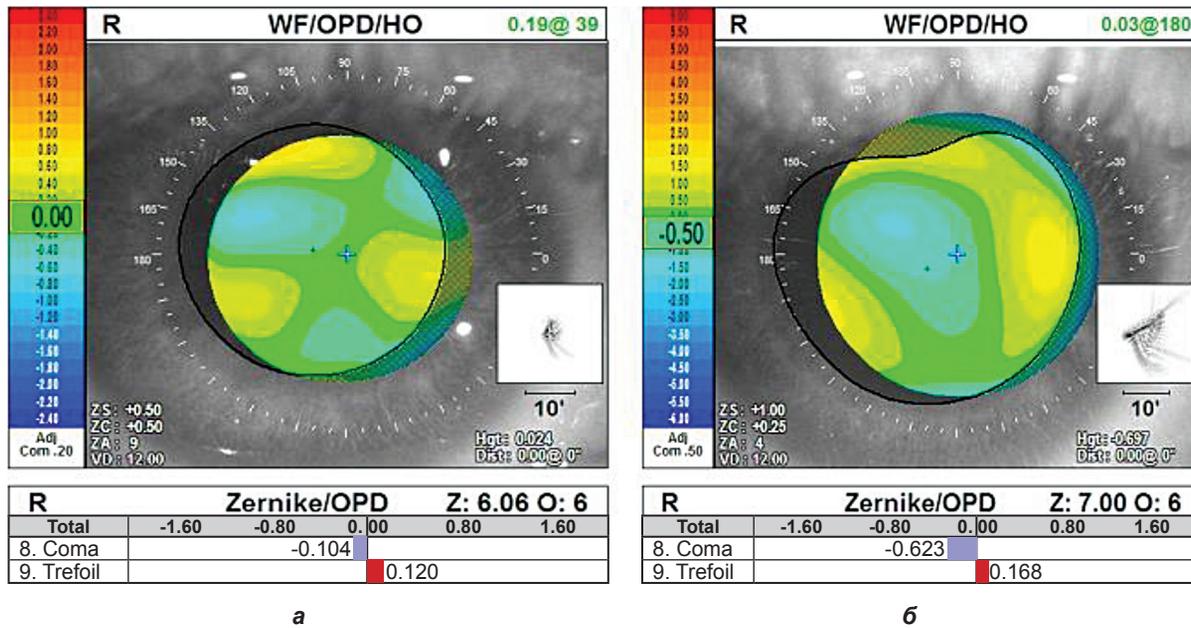


Рис. 1. Аберрометрия пациентки Р.А. Горизонтальный трейfoil (trefoil 9) и кома (coma 8) при гиперметропии.

a – до циклоплегии; *б* – после циклоплегии.

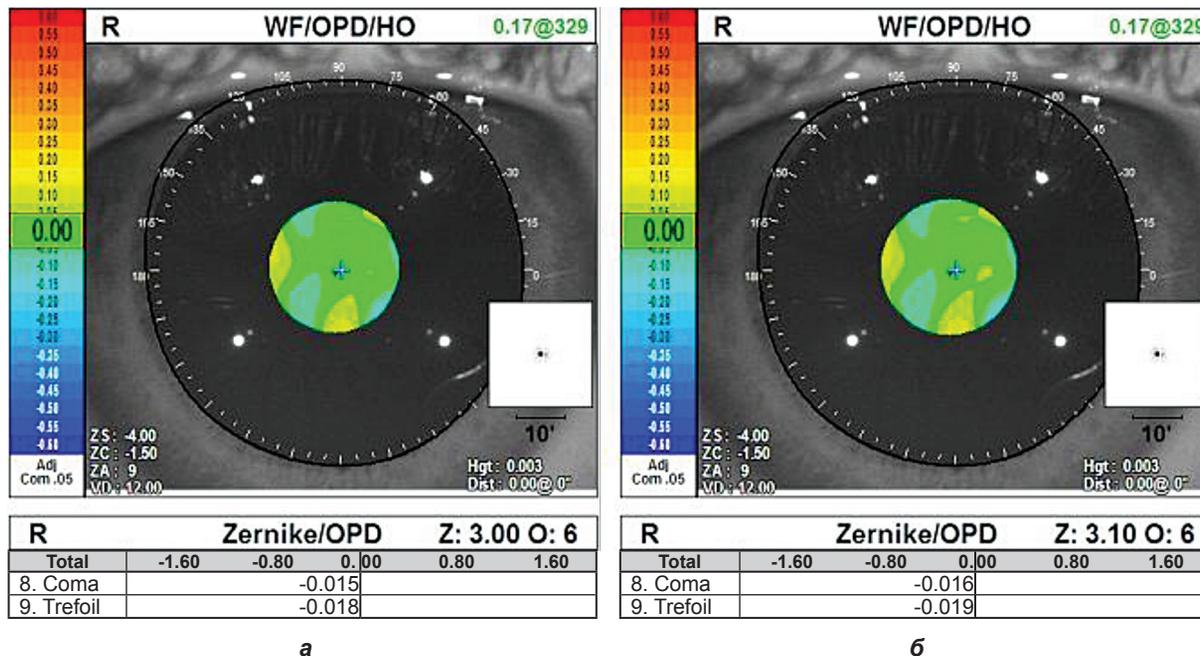


Рис. 2. Аберрометрия пациентки Т.А. Горизонтальный трейfoil (trefoil 9) и кома (coma 8) при миопии.

a – до циклоплегии; *б* – после циклоплегии.