

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-58-63>



Влияние коррекции кератоконуса склеральными контактными линзами на параметры волнового фронта и аккомодации

Е.П. Тарутта, А.Т. Ханджян, Н.А. Тарасова, С.Г. Арутюнян, О.В. Гурьянова✉, А.В. Иванова

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Цель работы — оценить изменения волнового фронта и аккомодации у пациентов с кератоконусом (КК) различных стадий на фоне коррекции склеральными контактными линзами (СКЛ). **Материал и методы.** Обследовано 20 пациентов (39 глаз) в возрасте 18–37 лет с КК различных стадий, носящих СКЛ OneFit и OneFitMed. Всем пациентам определяли рефракцию до и после циклоплегии, остроту зрения без коррекции и с оптимальной коррекцией, запасы относительной аккомодации (ЗОА), бинокулярный (БАО) и монокулярный (МАО) аккомодационный ответ (Grand Seiko Binocular Open Field Autorefractometer WR-5100K, Япония) в полной очковой коррекции и в СКЛ. У 17 пациентов (34 глаза) исследовали роговичные aberrации (абберометр OPD Scan III, Nidek) без коррекции и в СКЛ. **Результаты.** У пациентов с КК манифестная рефракция по сферэквиваленту составила в среднем $-5,26 \pm 0,45$ дптр, циклоплегическая $-4,75 \pm 0,33$ дптр. Острота зрения без коррекции составила в среднем $0,26 \pm 0,05$, с оптимальной очковой коррекцией — $0,54 \pm 0,07$, с коррекцией СКЛ — $0,95 \pm 0,08$. У пациентов с КК БАО с полной очковой коррекцией в среднем составил $-1,43 \pm 0,34$ дптр (от $+4,5$ до $-6,12$ дптр), в СКЛ — $-2,83 \pm 0,23$ дптр (от $-0,5$ до $-8,13$ дптр), $p \leq 0,01$. У 3 пациентов с КК III стадии БАО не удалось измерить. МАО с полной очковой коррекцией в среднем составил $-0,98 \pm 0,33$ дптр (от $+6,0$ до $-5,0$ дптр), в СКЛ $-2,41 \pm 0,27$ дптр (от $+1,25$ до $-5,5$ дптр), $p \leq 0,02$. У 4 пациентов с КК III стадии МАО не удалось измерить. ЗОА с очковой коррекцией в среднем составил $1,50 \pm 0,35$ дптр, в СКЛ — $2,25 \pm 0,29$ дптр, $p \leq 0,01$. Уровень всех aberrаций, как низших, так и высших порядков, при КК значительно повышен. В СКЛ, корригирующих форму передней поверхности роговицы, уровень всех роговичных aberrаций снижался практически до нормальных значений, коэффициент асферичности упал ниже нормальных значений, а качество изображения (PSF) возросло в 15 раз (до 0,06). **Заключение.** У пациентов с КК объективный аккомодационный ответ ниже нормы, но в СКЛ повышается до нормальных значений. СКЛ нормализуют роговичные aberrации и повышают качество изображения. В связи с этим СКЛ рекомендуются для коррекции КК с целью повышения остроты зрения, улучшения аккомодации и зрительного комфорта, в том числе при нагрузках вблизи.

Ключевые слова: роговица; кератоконус; аккомодация; абберометрия; склеральные линзы

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Тарутта Е.П., Ханджян А.Т., Тарасова Н.А., Арутюнян С.Г., Гурьянова О.В., Иванова А.В. Влияние коррекции кератоконуса склеральными контактными линзами на параметры волнового фронта и аккомодации. Российский офтальмологический журнал. 2022; 15 (1): 58-63. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-58-63>

The impact of scleral contact lenses correction of keratoconus on wave-front and accommodation parameters

Elena P. Tarutta, Anush T. Khandzhyan, Natalya A. Tarasova, Sona G. Harutyunyan, Olga V. Guryanova✉, Anastasia V. Ivanova

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
dolphin2086@yandex.ru

Purpose: to evaluate the wave-front and accommodation changes in various stages of keratoconus corrected by scleral contact lenses. **Material and methods.** 20 patients (39 eyes) aged 18–37 with keratoconus of various stages (8 eyes with stage I, 3 eyes with stage II, 12 eyes stage II/III and 16 eyes with stage III) wore OneFit or OneFitMed scleral lenses, made of hard gas-permeable material Contamac (Great Britain) with Dk 100 and mean thickness of 200–220 μm . All patients were examined using refractometry before and after cycloplegia, tested for uncorrected and best corrected visual acuity, relative accommodation reserve (RAR), binocular and monocular accommodation response (with Grand Seiko Binocular Open Field Autorefractometer WR-5100K, Japan) for full spectacle correction and scleral contact lens correction. 17 patients (34 eyes) were tested for corneal aberrations with OPD Scan III aberrometer (Nidek) without correction and with scleral contact lenses. **Results.** Patients with keratoconus demonstrated a manifest form of refraction -5.26 ± 0.45 D (by sphere equivalent) and a cycloplegic refraction of -4.75 ± 0.33 D. Uncorrected visual acuity averaged 0.26 ± 0.05 , increasing with full spectacle correction to 0.54 ± 0.07 and with scleral contact lenses correction to 0.95 ± 0.08 . Keratoconus patients demonstrated binocular accommodative response (BAR) of $+4.5$ to -6.12 D averaging -1.43 ± 0.34 D with full spectacle correction diopters and of -0.5 to -8.13 D averaging -2.83 ± 0.23 D with scleral contact lenses, $p \leq 0.01$. We could not measure the BAR in 3 patients with keratoconus stage III. Monocular accommodative response (MAR) with a full correction with glasses averaged -0.98 ± 0.33 D (from $+6.0$ to -5.0 D) with full spectacle correction and -2.41 ± 0.27 D (from $+1.25$ to -5.5 D) with scleral contact lenses, $p \leq 0.02$. At the same time monocular accommodative response of 4 patients with keratoconus of the third stage of disease was not available to assess. So, accommodative response significant increased with scleral contact lenses. Positive relative accommodation with a full correction with glasses averaged 1.50 ± 0.35 D, with scleral contact lenses -2.25 ± 0.29 D, $p \leq 0.01$. The level of all aberrations, from lower to higher orders was significantly increased. With scleral contact lenses that correct the shape of the anterior surface of the cornea, the level of all corneal aberrations dropped to nearly normal values, while the coefficient of asphericity dropped below normal values, and the point spread function parameter (PSF) increased by fifteen times (to reach 0.06). **Conclusions.** Patients with keratoconus demonstrated a generally lower objective accommodative response as compared to normal values, but with the scleral lenses it increases to the normal level. Scleral contact lenses normalize corneal aberrations and increase the quality of vision. All of the above justifies the recommendation to use scleral contact lenses for optical correction of keratoconus to increase the vision, the accommodation response and visual comfort, including that of near-visual work.

Keywords: cornea; keratoconus; accommodation; aberrometry; scleral lenses

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Tarutta E.P., Khandzhyan A.T., Tarasova N.A., Harutyunyan S.G., Guryanova O.V., Ivanova A.V. The impact of scleral contact lenses correction of keratoconus on wave-front and accommodation parameters. Russian ophthalmological journal. 2022; 15 (1): 58-63 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2022-15-1-58-63>

Кератоконус (КК) является наиболее распространенной формой дистрофии роговицы, для которой характерна тенденция к прогрессированию. Морфологические нарушения, возникающие во всех слоях роговицы, приводят к ее истончению и нарушению прозрачности. Вследствие данных процессов значительно изменяется топография роговицы, формируется миопическая рефракция глаза и неправильный астигматизм [1, 2].

Иррегулярность передней поверхности роговицы при КК приводит к возникновению большого количества aberrаций как низших (миопия, астигматизм, наклон волнового фронта), так и высших порядков. Aberrации высших порядков (НОА) могут быть ответственны за зрительные расстройства, такие как туман, гало, двоение. Эти симптомы особенно усиливаются при пониженной

освещенности и расширенном зрачке. В норме около 90 % НОА обусловлены роговицей, и у молодых при диаметре зрачка в 6 мм составляют порядка 0,35 мкм. Наиболее частые симптоматические НОА — это трейлоид, сферические aberrации (СА) и кома. НОА, такие как трейлоид, кома, квадрафоид, обусловленные иррегулярным астигматизмом, не могут быть скорректированы обычной оптикой. Это особенно касается КК. Как роговичные, так и жесткие склеральные контактные линзы (СКЛ) могут нейтрализовать иррегулярность передней поверхности роговицы. СКЛ ввиду их ротационной и поступательной стабильности лучше устраняют НОА. С этой целью описано успешное применение корнеосклеральных линз после рефракционной хирургии и СКЛ с управляемым волновым фронтом при КК [3–8].

Существует связь аберраций оптики глаза с его аккомодационной способностью. Так, J. He и соавт. [9] изучали связь между аберрациями глаза и точностью аккомодации у лиц с миопией и обнаружили, что суммарные (RMS) аберрации волнового фронта коррелируют с величиной отставания (lag) аккомодации. Авторы заключили, что деградация ретинального изображения вследствие аберраций ответственна за снижение аккомодационного ответа.

E. Gamba и соавт. [10] исследовали влияние ретинального затуманивания, индуцированного аберрациями высших порядков, на объективный аккомодационный ответ (ОАО). ОАО резко снижался при наведении аберраций порядка 1 мкм, таких как кома, трейлол, СА или дефокус. Обнаружена высокая корреляция между отставанием ОАО и деградацией контраста изображения.

Особенности аккомодационного ответа у пациентов с КК изучались в различных исследованиях. В 1990 г. G. Ohmi и соавт. [11] исследовали аккомодационный ответ у 10 неоперированных пациентов с КК (средний возраст — 28,3 года) и 10 сопоставимых по возрасту здоровых людей. Используя инфракрасный ультраскоростной оптометр и диафрагму, одновременно измеряли квазистатическую аккомодацию и сопутствующий зрачковый ответ. Амплитуда ОАО оказалась заметно сниженной в группе пациентов с КК ($2,8 \pm 1,4$ D) по сравнению с контрольной группой ($4,7 \pm 1,3$ D; $p < 0,005$). Максимальные изменения диаметра зрачка при перефокусировке с дальнего зрения на ближнее были также значимо снижены в группе КК ($0,25 \pm 0,24$) по сравнению с контрольной ($0,56 \pm 0,15$; $p < 0,001$), несмотря на то, что не было обнаружено статистически значимой разницы между двумя группами в диаметре зрачка при взгляде вдаль. Изменение этих параметров не коррелировало с тяжестью КК. Авторы предположили, что в радужке и цилиарном теле пациентов с КК могут существовать некоторые предрасполагающие аномалии, ответственные за случающийся время от времени паралич аккомодации после пересадки роговицы у данной категории пациентов [11].

A. Miyakoshi и соавт. [12] исследовали флюктуации динамической рефракции (аккомодационного ответа) на аккомодографе Speedy-I (RIGHT GROUP, Japan) у пациентов с начальным КК. Во всех глазах с КК и в половине глаз группы контроля отмечены аномальные флюктуации аккомодации. При этом корреляции с остротой зрения, рефракцией и астигматизмом в глазах с КК не отмечено. Авторы предположили, что аномальные флюктуации аккомодации при КК, не связанные с параметрами рефракции, могут быть обусловлены аномальными флюктуациями цилиарного тела [12].

Еще одно исследование, проведенное S. Dandapani и соавт. [13], имело целью оценить различные составляющие бинокулярного зрения (моторную функцию, параметры аккомодации, фузионные резервы) у пациентов с КК и определить влияющие на них факторы. По результатам исследования 66 (78,6 %) из 84 пациентов с КК имели различные комбинации патологически измененных составляющих бинокулярного зрения: 48,8 % — ослабленное стереоскопическое зрение, 44 % — аномальные фузионные резервы, у 39,3 % наблюдалось ослабление аккомодации. Все параметры, за исключением амплитуды аккомодации и отрицательных фузионных резервов в покое аккомодации, показали статистически значимое снижение по сравнению с группой контроля ($p < 0,001$).

T. Buehren и соавт. [14] поставили цель исследовать, существуют ли значимые изменения в топографии роговицы в процессе аккомодации у лиц с нормальной и патологически измененной вследствие КК роговицей. Авторы считают

маловероятными изменения центральной формы роговицы при напряжении аккомодации вплоть до 9 дптр как в норме, так и при КК. Небольшие эксциклоторсионные движения глаз в процессе аккомодации могут быть связаны с изменением ориентации первоначальной топографической карты роговицы, что, по мнению авторов, может иметь большое значение в изменении оптических характеристик глаз в процессе зрительных нагрузок вблизи.

Наиболее современным способом оптической коррекции КК являются жесткие газопроницаемые контактные линзы (ЖКЛ). Они могут быть роговичными, гибридными или склеральными. СКЛ предпочтительнее при продвинутых стадиях заболевания, так как не касаются роговицы и за счет подлинзового слоя слезы обеспечивают «сглаживание» поверхности роговицы и нивелирование неправильного астигматизма, что в совокупности с самой линзой создает единую оптическую систему, значительно повышающую остроту и качество зрения пациента с КК.

E. Yildiz и соавт. [5] изучали ОАО на аккомодационные стимулы в 2,5 и 5,0 дптр с помощью аберрометра Hartmann — Shack у пациентов с КК, скорректированных мини-склеральными линзами Misa Scleral Lens-Microlens и ЖКЛ (rigid gas permeable lenses), одновременно оценивая динамику волнового фронта при аккомодации на те же стимулы. Авторы получили следующие результаты: ОАО на стимулы от 0,5 до 2,5 дптр не различались в обеих группах, а на стимулы 3,0–5,0 дптр ОАО был достоверно ниже в группе, скорректированной мини-склеральными линзами. Кома, СА, трейлол и суммарные аберрации высших порядков (RMS НОА) без аккомодации и при аккомодации на 3 и 5 дптр достоверно не различались между группами. Однако изменения этих аберраций при аккомодации были достоверны только в группе ЖКЛ. Был сделан вывод: аккомодационный ответ снижен при коррекции мини-склеральными линзами.

ЦЕЛЬ исследования — оценить изменения волнового фронта и аккомодации у пациентов с КК различных стадий на фоне коррекции СКЛ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследовано 20 пациентов (39 глаз) в возрасте от 18 до 37 лет с КК различных стадий (8 глаз с I стадией, 3 глаза со II стадией, 20 глаз со II–III стадией, 21 глаз с III стадией), носящих СКЛ OneFit и OneFitMed.

Данные линзы изготовлены из жесткого газопроницаемого материала Contamac (Великобритания) с DK 100 и средней толщиной линзы 200–220 мкм.

Большинству пациентов с I и II стадией КК подобраны линзы OneFit диаметром 14,9 и 15,2 мм, пациентам со II–III и III стадиями в основном подобраны линзы OneFitMed диаметром 15,6 мм, поскольку данный тип линз обеспечивает лучшее покрытие роговиц с выраженными эктазиями (за счет большего диаметра, увеличения сагиттальной глубины линзы).

Всем пациентам определяли рефракцию до и после циклоплегии, остроту зрения без коррекции, с оптимальной очковой коррекцией и в СКЛ. Определяли запасы относительной аккомодации (ЗОА). Измерение ОАО проводили на аппарате Grand Seiko Binocular Open Field Autorefractometer WR-5100K (Япония) по методике, описанной ранее [15]. Измеряли бинокулярный (БАО) и монокулярный (МАО) аккомодационный ответ в полной очковой коррекции и в СКЛ. Роговичные аберрации измеряли на аберрометре OPD-Scan III (Nidek) при диаметре зрачковой зоны 4,0 мм. Данное исследование проведено 17 пациентам (34 глаза)

без коррекции и в СКЛ. Измеряли вертикальные и горизонтальные тилт (Tilt 1; Tilt 2), трефойл (Trefoil 6, Trefoil 9), кому (Coma 7, Coma 8), а также СА (SA), суммарный астигматизм (Astigmatism), дефокус (Defocus), RMS НОА, коэффициент асферичности (Q) и качество изображения (point spread function — PSF).

РЕЗУЛЬТАТЫ

У пациентов с КК манифестная рефракция составила в среднем $-5,26 \pm 0,45$ дптр, циклоплегическая $-4,75 \pm 0,33$ дптр. Острота зрения без коррекции составила в среднем $0,26 \pm 0,05$, с оптимальной очковой коррекцией — $0,54 \pm 0,07$, с коррекцией СКЛ — $0,95 \pm 0,08$.

Как видно из таблицы 1, уровень всех aberrаций, как низших, так и высших порядков, при КК значительно повышен. Среднее значение RMS НОА составило $3,14 \pm 1,75$ мкм, в то время как в глазах без КК оно колеблется от 0,231 мкм при слабой гиперметропии до 0,229 мкм при миопии средней степени, существенно не различаясь между группами с разной рефракцией [16]. По другим данным, этот показатель колеблется от 0,32 мкм при слабой до 0,47–0,6 мкм при средней миопии [17, 18].

Столь же резко увеличен Tilt, особенно вертикальный ($-3,41 \pm 1,97$ мкм против $0,03$ – $0,13$ мкм в норме) [19]. Горизонтальный Tilt равнялся в нашей группе $-0,49 \pm 1,67$ мкм, в то время как в норме его значения составляют порядка $-0,09$ — $-0,1$ мкм [19]. Увеличены вертикальный Trefoil ($0,37 \pm 0,40$ мкм вместо $-0,21$ – $-0,63$ мкм), вертикальная кома ($-1,32 \pm 0,72$ мкм вместо $0,013$ – $0,28$ мкм) и СА ($-1,1 \pm 0,7$ мкм вместо $0,126$ – $0,180$ мкм) [16–18].

Перечисленные изменения роговичных aberrаций полностью соответствуют характерным изменениям топографии и формы роговицы при КК — ее выпячиванию книзу от центра и потере сферичности. Соответственно, на порядок увеличился коэффициент асферичности ($-2,11 \pm 2,20$ вместо $-0,23$ — $-0,47$ в норме) [16–19]. Все перечисленное закономерно привело к снижению качества зрительного образа: PSF составил $0,004 \pm 0,010$ вместо 0,4 при миопии такой же степени [17, 18].

В СКЛ, корректирующих форму передней поверхности роговицы, уровень всех роговичных aberrаций снижался практически до нормальных значений (табл. 1). При этом СА стала положительной ($0,31 \pm 0,05$), что не характерно для нормальной роговицы, но согласуется с изменением топографических данных при надетой СКЛ. Соответственно, и коэффициент асферичности упал ниже нормальных значений, а качество изображения (PSF) возросло в 15 раз (до $0,06 \pm 0,03$).

Изменения аккомодационной способности у обследованных пациентов происходили синхронно с изменениями волнового фронта (табл. 2). Так, БАО с полной очковой коррекцией был несколько снижен и составил в среднем $-1,43 \pm 0,34$ дптр (от $+4,5$ до $-6,12$ дптр) при норме для расстояния в 33 см $-2,5$ — $-3,0$ дптр. В 9 случаях пациенты не видели предъявляемый текст № 4, и им предлагали для фиксации более крупный объект (шрифт № 7). В СКЛ БАО достоверно повысился до нормы и в среднем составил $-2,83 \pm 0,23$ дптр (от $-0,5$ до $-8,13$ дптр), $p \leq 0,01$. При этом у 7 пациентов с КК III стадии не удалось измерить БАО с очковой коррекцией и у од-

Таблица 1. Роговичные aberrации (мкм) у пациентов с кератоконусом без коррекции и в склеральных контактных линзах ($M \pm m$)
Table 1. Corneal aberrations (μm) of patients with keratoconus without correction and in scleral contact lenses ($M \pm m$)

Условия Conditions	RMS	Tilt 1	Tilt 2	Defocus	Astigmatism	Trefoil 6	Trefoil 9	Coma 7	Coma 8	SA	Q	PSF
Без коррекции Without correction n = 34	$3,14 \pm 1,75$	$-3,41 \pm 1,97$	$-0,49 \pm 1,67$	$-1,97 \pm 2,50$	$4,6 \pm 2,3$	$0,37 \pm 0,40$	$-0,03 \pm 0,24$	$-1,32 \pm 0,72$	$-0,18 \pm 0,60$	$-1,1 \pm 0,7$	$-2,11 \pm 2,20$	$0,004 \pm 0,010$
В склеральных линзах In scleral lenses n = 34	$1,06 \pm 0,90$	$0,04 \pm 0,10$	$0,02 \pm 0,10$	$0,21 \pm 0,13$	$0,62 \pm 0,35$	$-0,01 \pm 0,03$	$-0,001 \pm 0,030$	$0,01 \pm 0,03$	$0,007 \pm 0,030$	$0,31 \pm 0,05$	$-0,02 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,03$

Примечание. n — число глаз.

Note. n — number of eyes.

Таблица 2. Результаты аккомодометрии у пациентов с кератоконусом без коррекции и в склеральных контактных линзах ($M \pm m$), дптр
Table 2. The results of accommodation of patients with keratoconus without correction and in scleral contact lenses ($M \pm m$), D

Показатель Parameter	МАО с очковой коррекцией MAR in spectacles n = 34	МАО в склеральных линзах MAR in scleral lenses n = 38	БАО с очковой коррекцией BAR in spectacles n = 33	БАО в склеральных линзах BAR in scleral lenses n = 39	ЗОО с очковой коррекцией RAR in spectacles n = 20	ЗОО в склеральных линзах PRA in scleral lenses n = 20
Среднее значение Average value	$-0,98 \pm 0,33$	$-2,41 \pm 0,27^*$	$-1,43 \pm 0,34$	$-2,83 \pm 0,23^*$	$1,50 \pm 0,35$	$2,25 \pm 0,29$

Примечание. МАО — монокулярный аккомодационный ответ, БАО — бикулярный аккомодационный ответ, ЗОО — запас относительной аккомодации, * — $p \leq 0,01$ — различие с аккомодационным ответом без склеральных линз достоверно, n — число глаз.

Note. MAR — Monocular Accommodative Response, BAR — Binocular Accommodative Response, PRA — Positive Relative Accommodation, * — $p \leq 0,01$ — difference with accommodation onset without scleral lens is significant, n — number of eyes.

ного пациента с КК III стадии не удалось измерить БАО в СКЛ.

МАО с полной очковой коррекцией в среднем составил $-0,98 \pm 0,33$ дптр (от $+6,0$ до $-5,0$ дптр) при норме $-2,5$ — $-3,0$ дптр [19]. В 6 случаях пациенты не видели предъявляемый текст № 4, и им предлагали для фиксации более крупный объект (шрифт № 7). В СКЛ МАО также достоверно повысился и составил $-2,41 \pm 0,27$ дптр (от $+1,25$ до $-5,5$ дптр), $p \leq 0,02$. При этом у 6 пациентов с КК III стадии не удалось измерить МАО с очковой коррекцией и у 2 пациентов не удалось измерить МАО в СКЛ.

ЗОО с очковой коррекцией в среднем составил $1,50 \pm 0,35$ дптр, в СКЛ $-2,25 \pm 0,29$ дптр.

Таким образом, и субъективные, и объективные параметры аккомодации у пациентов с КК при коррекции СКЛ повышались до нормальных или близких к норме значений. Полученные нами результаты позволяют связать выявленные при КК нарушения аккомодации с повышенным уровнем аберраций, снижающих точность аккомодационной задачи. Устранение погрешностей волнового фронта с помощью жестких СКЛ приводит к повышению как субъективных, так и объективных параметров аккомодации, что свидетельствует о сохранности аккомодационного аппарата при КК.

Все вышеперечисленное позволяет рекомендовать СКЛ для коррекции КК с целью улучшения аккомодации и повышения комфорта при зрительных нагрузках вблизи.

ВЫВОДЫ

1. У пациентов с КК значительно повышен уровень роговичных аберраций как низших (дефокус, астигматизм, тилт), так и высших (вертикальные трейлоид и кома, СА) порядков.

2. Субъективные и объективные параметры аккомодации у пациентов с КК в условиях очковой коррекции снижены, в СКЛ достоверно повышаются до нормальных значений.

3. СКЛ нормализуют роговичные аберрации и повышают качество изображения.

4. Повышение показателей аккомодации в СКЛ, устраняющих патологические роговичные аберрации, подтверждает роль последних в снижении аккомодационного ответа и сохранность самого аккомодационного аппарата при КК.

Литература/References

1. Мороз З.И. Диагностика кератоконуса. Российская офтальмология онлайн № 4. Заболевания роговицы. Доступно на: eyepress.ru: article9689. [Moroz Z.I. Diagnostics of keratoconus. Rossijskaya oftal'mologiya on-line № 4. Diseases of cornea (in Russian)]. Available at: eyepress.ru: article9689.

2. Егорова Г.Б., Рогова А.А. Кератоконус. Методы диагностики и мониторинга. Вестник офтальмологии. 2013; 129 (1): 61–6. [Egorova G.B., Rogova A.A. Keratoconus. Methods of diagnostics and monitoring. Vestnik oftal'mologii. 2013; 129 (1): 61–6 (in Russian)].
3. Lass I.H., Lembach R.G., Park S.B., et al. Clinical management of keratoconus. A multicenter analysis. Ophthalmology. 1990; 97 (4): 433–45. doi: 10.1016/s0161-6420(90)32569-1
4. Zadnik K., Barr J.T., Gordon M.O., Edrington T.B. Biomicroscopic signs and disease severity in keratoconus. Cornea. 1996; 15 (2): 139–46. doi: 10.1097/00003226-199603000-00006
5. Yildiz E., Toklu M.T., Vural E.T. Change in accommodation and ocular aberrations in keratoconus patients fitted with scleral lenses. Eye Contact Lens. 2018; 44 (Suppl. 1): 50–3. doi:10.1097/ICL.0000000000000317
6. Sabesan R., Johns L., Tomashevskaya O., et al. Wavefront-guided scleral lens prosthetic device for keratoconus. Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry. 2013; 90 (4): 314–23. doi: 10.1097/OPX.0b013e318288d19c
7. Gumus K., Gire A., Pflugfelder S.C. The impact of the Boston ocular surface prosthesis on wavefront higher-order aberrations. Am. J. Ophthalmol. 2011; 151: 682–90. doi: 10.1016/j.ajo.2010.10.027
8. Radhakrishnan H., Jinabhai A., O'Donnell C. Dynamics of ocular aberrations in keratoconus. Clin. Exp. Optom. 2010; 93 (3): 164–74. doi: 10.1111/j.1444-0938.2010.00471.x
9. He J.C., Gwiazda J., Thorn F., Held R., Vera-Piaz F.A. The association of wavefront aberration and accommodative lag in myopes. Vision Res. 2005; (45): 285–90. doi: 10.1016/j.visres.2004.08.027
10. Gamba E., Wang Y., Yuan J., Kruger P.B., et al. Dynamic accommodation with simulated targets blurred with high order aberrations. Vision Res. 2010; 50 (19): 1922–7. doi: 10.1016/j.visres.2010.06.015
11. Ohmi G., Kinoshita S., Matsuda M., Maeda N. Insufficient accommodation in patient with keratoconus. Nippon Ganka Gakkai Zasshi. 1990; 94 (2): 186–9.
12. Miyakoshi A., Nakamura T., Tojo N., Hayashi A. Abnormal fluctuations of the accommodation in patients with mild keratoconus. ARVO; 2014 May 4–8; Orlando. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2014; 55: 3774.
13. Dandapani S.A., Padmanabhan P., Hussaindeen J.R. Spectrum of binocular vision anomalies in keratoconus subjects. Optom. Vis. Sci. 2020; 97 (6): 424–8. doi: 10.1097/OPX.0000000000001517
14. Buehren T., Collins M.J., Loughridge J., Carney L.G., Iskander D.R. Corneal topography and accommodation. Cornea 2003; 22 (4): 311–6. doi: 10.1097/00003226-200305000-00007
15. Тарутта Е.П., Филинова О.Б., Тарасова Н.А. Новые методы объективной аккомодометрии. Российская педиатрическая офтальмология. 2012; 1: 45–8. [Tarutta E.P., Filinova O.B., Tarasova N.A. New methods of objective accommodation. Rossijskaya pediatricheskaya oftal'mologiya. 2012; 1: 45–8 (in Russian)].
16. Philip K., Martinez A., Ho A., et al. Total ocular, anterior corneal and lenticular higher order aberrations in hyperopic, myopic and emmetropic eyes. Vision Research. 2012; 52 (1): 31–7. doi: 10.1016/j.visres.2011.10.018
17. Gebril R.A., Ellakwa A., Zaky M. Corneal wavefront-guided versus aberration-free transepithelial photorefractive keratectomy in patients with myopia with high pre-existing corneal higher order aberrations. Menoufia Medical Journal. 2019; 32 (2): 683–9. doi:10.4103/mmj.mmj_49_18
18. Agarwal S., Thornell E., Hodge C., et al. Visual outcomes and higher order aberrations following LASIK on eyes with low myopia and astigmatism. The Open Ophthalmology Journal. 2018; 12: 84–93. doi: 10.2174/1874364101812010084
19. William J. B. Borish's Clinical Refraction, 2e edition. Butterworth-Heinemann; 2006.

Вклад авторов в работу: Е.П. Тарутта — дизайн исследования, концепция исследования, научное редактирование, обработка материала, написание текста, формулировка выводов; А.Т. Ханджян — концепция и дизайн исследования; Н.А. Тарасова — концепция исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, статистическая обработка, подготовка статьи к публикации; С.Г. Арутюнян — сбор данных, статистическая обработка, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи к публикации; О.В. Гурьянова — обзор литературы, сбор данных, статистический анализ, написание текста; А.В. Иванова — обзор литературы, сбор данных.

Authors contribution: E.P. Tarutta — research concept and design, data analysis, formulation of conclusions, editing and final approval of the article for publication; A.T. Khandzhyan — research concept and design; N.A. Tarasova — research concept, data collection, processing and interpretation, preparation of the article for publication; S.G. Harutyunyan — data collection, processing and interpretation, preparation of the article for publication; O.V. Guryanova — literature review, data collection and processing, writing of the article; A.V. Ivanova — literature review, data collection.

Поступила: 29.03.2021. Переработана: 01.05.2021. Принята к печати: 03.05.2021

Originally received: 29.03.2021. Final revision: 01.05.2021. Accepted: 03.05.2021

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр НМИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногызская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Елена Петровна Тарутта — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмо-эргономики

Ануш Тиграновна Ханджян — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Наталья Алексеевна Тарасова — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Сона Гришаевна Арутюнян — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмо-эргономики

Ольга Владимировна Гурьянова — аспирант отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Анастасия Владимировна Иванова — канд. мед. наук, врач-офтальмолог, научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Для контактов: Ольга Владимировна Гурьянова,
dolphin2086@yandex.ru

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya st., Moscow, 105062, Russia

Elena P. Tarutta — Dr. of Med. Sci., professor, head of the department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Anush T. Khandzhyan — Cand. of Med. Sci., senior researcher of the department of pathology of the retina and optic nerve

Natalya A. Tarasova — Cand. of Med. Sci., senior researcher of the department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Sona G. Harutyunyan — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist of the department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Olga V. Guryanova — PhD student of the department of pathology of the retina and optic nerve

Anastasia V. Ivanova — Cand. of Med. Sci., researcher of the department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Contact information: Olga V. Guryanova,
dolphin2086@yandex.ru