

Оптическая коррекция кератоконуса с помощью склеральных газопроницаемых контактных линз

А.В. Мягков¹Ю.Б. Слонимский²Е.В. Белоусова¹Т.С. Митичкина³Л.П. Бунятова⁴

¹ НОЧУ ДПО «Академия медицинской оптики и оптометрии»
ул. Михалковская, 63б, стр. 4, Москва, 125438, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Барринадная, 2, Москва, 123242, Российская Федерация

³ ФГБНУ Научно-исследовательский институт глазных болезней
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

⁴ Кафедра глазных болезней ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет)
ул. Трубецкая, 8, Москва, 119991, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(2):218–224

Оптические свойства роговицы как преломляющей среды оптической системы глаза определяются ее способностью к светопреломлению и светопропусканию. При кератоконусе изменяется ее форма, поверхность роговицы становится нерегулярной, что приводит к нарушению светопреломления и возникновению оптических аберраций. Прогрессирующее течение заболевания и его несвоевременное выявление приводят к запоздалому началу лечебных мероприятий, что сказывается на прогнозе развития болезни и снижает качество жизни пациента. С техническим совершенствованием медицинской аппаратуры, применяющейся для проведения топографического картирования и измерения роговицы, офтальмологам стало значительно легче диагностировать кератоконус и выбирать более эффективные методы лечения: кросслиннинг или хирургическое лечение. Последнее позволяет стабилизировать кератоконус, но не обеспечивает высокой остроты зрения вследствие индуцирования оптических аберраций, в том числе и высших порядков. Контактная коррекция зрения является основным способом исправления возникающей вследствие кератоконуса рефракционной ошибки. **Пациенты и методы.** Коррекцию склеральными линзами проводили у 46 пациентов (70 глаз), из них 37 мужчин и 9 женщин. Все пациенты имели кератоконус различной стадии. На 5 глазах ранее была проведена сквозная кератопластика (СКП). Всем пациентам были подобраны мини-склеральные газопроницаемые контактные линзы (СГКЛ) OKVision@Onefit™ с общим диаметром от 14,6 до 15,2 мм. **Результаты.** Склеральные газопроницаемые контактные линзы являются наиболее эффективным оптическим методом коррекции кератоконуса независимо от стадии заболевания и возраста пациента. Мини-склеральные линзы, применяемые нами, не вызвали манипуляционных трудностей за счет малого диаметра (близкого к диаметру мягких контактных линз) и индивидуального дизайна. Удобный on-line расчет параметров линз и возможность изготовления их в России в кратчайшие сроки делает их также доступными для жителей удаленных регионов, что значительно повышает социальную адаптацию пациентов с этим тяжелым заболеванием.

Ключевые слова: кератоконус, аберрации, кросслиннинг, пересадка роговицы, склеральные контактные линзы, оптическая коррекция

Для цитирования: Мягков А.В., Слонимский Ю.Б., Белоусова Е.В., Митичкина Т.С., Бунятова Л.П. Оптическая коррекция кератоконуса с помощью склеральных газопроницаемых контактных линз. *Офтальмология*. 2019;16(2):218–224. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-2-218-224>

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

Конфликт интересов отсутствует



Optical Correction of Keratoconus with a Scleral Gas-Permeable Lenses

A.V. Myagkov¹, Yu.B. Slonimskiy², E.V. Belousova¹, T.S. Mitichkina³, L.R. Bunyatova⁴

¹ Academy of Medical Optics and Optometry
Mikhalkovskaya str., 63/4, Moscow, 125438, Russia

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education
Barricadnaya str., 2, Moscow, 123242, Russia

³ Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
Trubetskaya str., 8/2, Moscow, 119991, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(2):218–224

The optical properties of the cornea are determined by its ability to refract and transmit light. Keratoconus changes cornea's shape, the surface of the cornea becomes irregular, which leads to a violation of light refraction and the occurrence of optical aberrations. The progressing course of the disease and its late detection lead to a delayed start of therapeutic measures, which affects the prognosis of the disease progression and reduces the patient's quality of life. The quality of visual functions depends on the stage of the process. There are 4 stages of keratoconus (according to M. Asler), each of which corresponds to certain changes in refraction and degree of deformation of the cornea. Early biomicroscopic signs are: "dilution" of the stroma (inhomogeneity of the cornea and a grayish tint in the zone of the developing apex), change in the shape of endothelial cells and clearly visible nerve endings due to longitudinal thickening. In the second stage of keratoconus, the biomicroscopic picture is complemented by the appearance of keratoconus lines (Vogt's striae). The opacities of the Bowman's membrane indicate the beginning of the scarring process and the transition of the disease to its third stage. The fourth stage of the disease is characterized by further development of stromal opacities and the occurrence of gross changes of the Descemet's membrane. Advanced medical equipment for topographic mapping and measuring the cornea makes it much easier for ophthalmologists to diagnose keratoconus and choose more effective treatment methods: crosslinking or surgical treatment. Later it allows to stabilize keratoconus, but does not provide high visual acuity due to the induction of optical aberrations, including high order optical aberrations. Contact lens vision correction is the main way to correct the refractive error resulting from keratoconus. However, the use of corneal gas permeable or soft contact lenses cannot provide high quality vision, additionally causing discomfort associated with their excessive mobility. The use of scleral gas permeable contact lenses is the most effective method of optical correction of all stages of keratoconus and after keratoplasty.

Keywords: keratoconus, aberrations, crosslinking, corneal transplantation, scleral contact lenses, optical correction

For citation: Myagkov A.V., Slonimskiy Yu.B., Belousova E.V., Mitichkina T.S., Bunyatova L.R. Optical Correction of Keratoconus with a Scleral Gas-Permeable Lenses. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(2):218–224. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-2-218-224>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

Кератоконус — это наиболее распространенная форма первичной дистрофии роговицы, характерной особенностью которой является тенденция к прогрессированию. При данной патологии морфологические нарушения затрагивают все слои роговицы, что приводит к ее истончению, конической деформации и нарушению прозрачности. В результате возникают значительные изменения топографии роговицы, формируется миопическая рефракция глаза и неправильный астигматизм.

Рефракционные нарушения при данном заболевании являются причиной снижения остроты и качества зрения. По мнению разных авторов, в 85–96 % случаев кератоконус является двусторонним [1, 2]. В большинстве случаев первые признаки заболевания возникают в молодом или в подростковом возрасте, манифестация болезни приходится на 11–29 лет. Однако в последнее время некоторые авторы указывают средний возраст появления кератоконуса в пределах 21–37 лет [1]. Независимо от возраста манифестации процесс прогрес-

сирования и развития кератоконуса происходит в том возрастном периоде, когда человеку необходимо учиться и приобретать профессиональные навыки. Прогрессирующее снижение остроты и качества зрения ограничивает молодых людей в выборе профессии и может быть причиной возникновения психологических проблем и снижения качества жизни.

Частота встречаемости кератоконуса среди населения варьирует от 1 на 500 до 1 на 2000 человек [1]. Такая разница в распространенности обусловлена влиянием многих факторов, в том числе экологических и климатических (географических факторов): заболеваемость кератоконусом выше в местностях с горным климатом (Армения, Швейцария, Япония), в странах Азии чаще болеют кератоконусом (в 4,4 раза), чем в странах Европы [3].

Предложенные теории развития кератоконуса: наследственная, механическая, эндокринная, обменная, иммунная, аллергическая и другие — не дают однозначного понимания этиопатогенеза заболевания,

причин возникновения и прогрессирования кератоконуса, вследствие этого возникают трудности при выборе тактики лечения. Поэтому ранняя диагностика кератоконуса имеет большое значение для стабилизации кератоконуса на доклинической либо начальной стадии заболевания [4–7]. Этому способствует использование методов с применением современного диагностического оборудования: видео-кератотопографии, Шаймпфлюгкератотопографии, оптической когерентной томографии, конфокальной микроскопии и других, что позволяет не только качественно, но и количественно оценивать состояние роговицы на различных стадиях заболевания и выбирать оптимальную тактику ведения пациента в зависимости от стадии процесса.

Существующие методы лечения (оптические и хирургические) направлены на исправление индуцированной аметропии и замедление прогресса в формировании кератэктазии (кросслинкинг роговичного коллагена (КРК)) [8, 9]. Из хирургических методов в настоящее время активно применяются фоторефракционная кератэктомия (ФРК) с фототерапевтической кератэктомией (ФТК), имплантация интрастромальных роговичных сегментов (ИРС), различные варианты пересадки роговицы. Но важно понимать, что эти методы не влияют на стабилизацию процесса и по своей сути являются методами оптической коррекции, в отличие от кроссликинга роговичного коллагена (КРК), который может замедлить прогрессирование данного заболевания [10–13].

В последние годы достаточно широко используется метод перекрестного связывания молекул коллагена (“cross-linking”) с использованием рибофлавина в сочетании с воздействием лучей ультрафиолетовой части спектра. Данный метод повышает прочность и улучшает биомеханические свойства роговицы. Доказано стабилизирующее действие кроссликинга при прогрессирующем кератоконусе. У более 70 % пациентов отмечается регресс заболевания с уменьшением максимальных значений кератометрических показателей и незначительное улучшение остроты зрения.

При выраженном истончении, деформации и нарушении прозрачности роговицы проводят сквозную кератопластику, функциональные результаты которой зависят от многих причин: техники операции, особенностей заживления, возникновения осложнений и т. д. [14–17]. Сквозная кератопластика становится необходимой у 10–20 % пациентов при прогрессировании заболевания, снижении зрения из-за выраженных дистрофических и рубцовых изменений роговицы и непереносимости на этом фоне жестких газопроницаемых контактных линз. Результатом сквозной пересадки роговицы является устранение ее конусовидной деформации, выравнивание центра оптической зоны. При прозрачном приживлении трансплантата уровень аберраций по сравнению с дооперационным снижается. Прозрачное приживление трансплантата у пациентов с кератоконусом достигается более чем в 90 % случаев. Сквозная кератопласти-

ка не всегда обеспечивает сферичность и регулярность поверхности трансплантата. Астигматизм различной степени после сквозной кератопластики отмечается практически в 100 % случаев. После сквозной пересадки роговицы даже при невысоких степенях астигматизма уровень аберраций высших порядков остается достаточно высоким, что может оказывать значительное влияние на качество и остроту зрения.

При любой выбранной тактике ведения пациента оптическая коррекция не исключается, а порой является неотъемлемой частью хирургического вмешательства. Из существующих методов оптической коррекции до недавнего времени применялись мягкие корнеосклеральные или газопроницаемые роговичные линзы различных дизайнов [6]. Скомпенсировать оптические погрешности при кератоконусе возможно с помощью жестких контактных линз, которые могут в значительной степени компенсировать оптические аберрации, обусловленные нерегулярностью роговицы, и обеспечить высокую остроту зрения [18–21]. Несмотря на то что роговичные газопроницаемые контактные линзы являются основным методом коррекции рефракционных нарушений при кератоконусе, в ряде случаев возникает необходимость применения лечебно-реабилитационных методов. Основным конструктивным недостатком этих линз является наличие контакта задней поверхности линзы с передней поверхностью роговицы. Мягкие контактные линзы, «облегая» профиль эктазированной роговицы, повторяют иррегулярность ее поверхности, снижая корригирующие возможности линзы. Роговичные газопроницаемые линзы при выраженной эктазии (кератоконус II–IV стадии по классификации Amsler) не дают стабильной посадки, смещаются, вызывают повреждение роговичного эпителия и дискомфорт при их ношении. Появление в последние годы склеральных газопроницаемых контактных линз (СГКЛ) резко сократило использование мягких и роговичных линз при нерегулярной роговице. Применение СГКЛ является наиболее эффективным оптическим методом коррекции всех стадий кератоконуса и состояния после сквозной кератопластики [21]. Это обусловлено особой конструкцией склеральной линзы, зоной опоры (контакта) которой является только бульбарная конъюнктура, в то время как роговица и зона лимба остаются интактными (рис. 1). Сагиттальная глубина СГКЛ регулируется соответственно элевации роговицы, что позволяет успешно подбирать данные линзы при любой стадии кератоконуса. В настоящее время СГКЛ применяются для коррекции первичных и вторичных эктазий, при индуцированных аметропиях, после пересадки роговицы и имплантации ИРС и миоринга [22]. СГКЛ по диаметру могут быть склеральными (диаметр 16 мм и более) и мини-склеральными (диаметр менее 16 мм), последние более удобны в использовании (рис. 2). Подбор СГКЛ осуществляется по алгоритму, представленному производителем, и не вызывает трудностей у офтальмолога.

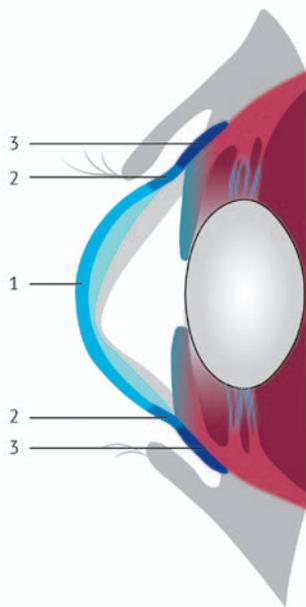


Рис. 1. Конструкция склеральной газопроницаемой контактной линзы: апикальная (1), лимбальная (2) и гаптическая (3) зоны

Fig. 1. The design of the scleral gas-permeable contact lens: apical (1), limbal (2) and haptic (3) zones

Существует принцип пяти шагов подбора склеральных линз: общий диаметр линзы и диаметр оптической зоны рассматривают в первую очередь (шаг 1), затем определяют центральный и лимбальный клиренс (шаг 2), выравнивание соответствующей зоны посадки (шаг 3), адекватный подъем края линзы (шаг 4) и ротационно-симметричный дизайн линзы (шаг 5).

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Коррекцию склеральными линзами проводили у 46 пациентов (70 глаз), из них 37 мужчин и 9 женщин. Все пациенты имели кератоконус различной стадии. На 5 глазах ранее была проведена сквозная кератопластика (СКП). Пациентам выполняли полное офтальмологическое обследование, включая видеокератотопографию для оценки элевации кератэктазии. Кератоконус I стадии был на 14 глазах, II стадии — на 20 глазах, III стадии — на 21 глазу, IV стадии — на 10 глазах.

Всем пациентам были подобраны мини-склеральные газопроницаемые контактные линзы (СГКЛ) OKVision®Onefit™ с общим диаметром от 14,6 до 15,2 мм (рис. 3.) Дизайн линзы и оптическая сила рассчитывались индивидуально в программе Onefit Tool, разработанной компанией «Окей Вижен Ритейл» (Россия) совместно с компанией «Бланшард» (Канада). Все линзы были произведены в России («Окей Вижен Ритейл», Москва) из высокогазопроницаемого материала с $Dk = 100$ ед (Contamac, Великобритания).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Была выявлена неблагоприятная тенденция по возрастному аспекту. Средний возраст пациентов при кератоконусе III стадии составил $29,09 \pm 8,17$, в то время

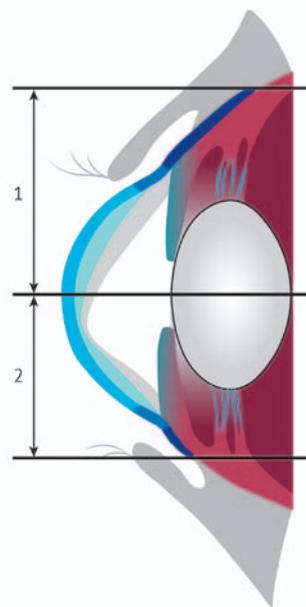


Рис. 2. Склеральная (1) и минисклеральная (2) линзы

Fig. 2. Scleral (1) and miniscleral (2) lenses

как у пациентов на I стадии он равнялся $40,14 \pm 10,23$ года (табл. 1). Некорригированная острота зрения снижалась ожидаемо пропорционально стадии прогрессирования кератоконуса: при I стадии — $0,38 \pm 0,11$, а при IV стадии — $0,078 \pm 0,04$. У всех пациентов отмечался роговичный астигматизм различной степени, обусловленный кератэктазией.

В зависимости от выраженности кератэктазии пациенты пользовались очками или контактными линзами. Пациенты с кератоконусом III и IV стадии не могли применять средства оптической коррекции, что было обусловлено иррегулярным астигматизмом, степень выраженности которого также зависела от стадии кератоконуса.

Коррекцию СГКЛ проводили у 9 пациентов (14 глаз) с кератоконусом I стадии. Средняя рефракционная ошибка по сферозквиваленту (СЭ) составила $3,42 \pm 2,44$, а максимальная острота зрения с очковой коррекцией была достаточно высокой — $0,76 \pm 0,14$. Подбор СГКЛ осуществлялся исходя из показаний и желания пациента. В СГКЛ максимальная острота зрения составляла почти 100 % ($VIS = 0,98 \pm 0,06$), что в 2,5 раза больше некорригированной остроты зрения и на 30 % выше остроты зрения в очках.

У пациентов с кератоконусом II стадии (20 глаз) острота зрения в СГКЛ значительно повысилась в отношении как корригированной (в 2 раза), так и некорригированной (в 4 раза) остроты зрения. Только 4 пациента (6 глаз) этой группы пользовались очками и 2 пациента (2 глаза) — сферическими МКЛ. Следует отметить, что 100 % остроты зрения не удалось добиться в этой группе из-за наличия у 3 пациентов миопии высокой

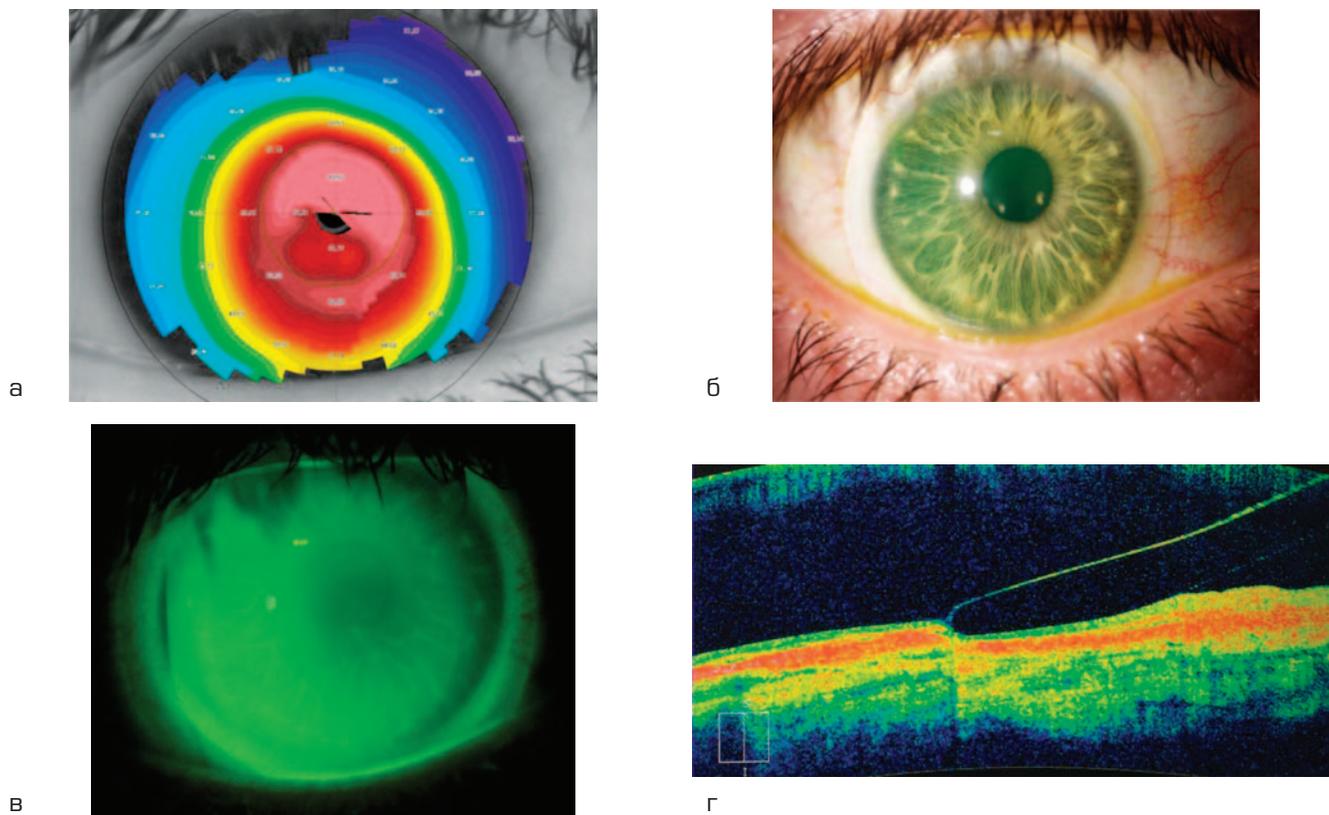


Рис. 3. Пример подбора склеральных газопроницаемых контактных линз OHVision@Onefit™ при кератоконусе: а) исходная кератотопограмма; б) положение линзы на глазу; в) флюоресцеиновый паттерн, указывающий на отсутствие контакта линзы и роговицы; г) ОКТ правильного положения гаптической части линзы по отношению к конъюнктиве

Fig. 3. An example of the selection of OHVision@Onefit™ scleral gas permeable contact lenses for keratoconus: a) the original keratotopography image; б) the position of the lens on the eye; в) the fluorescein pattern indicating the absence of contact between the lens and the cornea; г) OCT of the correct position of the lens's haptic part with respect to the conjunctiva

Таблица 1. Средний возраст пациентов, острота зрения с коррекцией и без на разных стадиях кератоконуса и после сквозной кератопластики

Table 1. The average age of patients, visual acuity with and without correction at different stages of keratoconus and after penetrating keratoplasty

Стадия кератоконуса / stage	Кол-во глаз, n	Средний возраст / Age	VISUS без корр. / VISUS without correct.	Значение SE в диоптриях / SE D	VISUS с очковой корр. / VISUS with correct.	VISUS в СКЛ / VISUS at sclera-contact lens
I	14	40,14 ± 10,23	0,38 ± 0,11	-3,42 ± 2,44	0,76 ± 0,14	0,98 ± 0,06
II	20	31,95 ± 7,54	0,22 ± 0,09	-6,43 ± 3,16	0,41 ± 0,23	0,9 ± 0,04
III	21	29,09 ± 8,17	0,145 ± 0,04	-10,98 ± 4,25	0,152 ± 0,12	0,82 ± 0,04
IV	10	35,1 ± 8,74	0,078 ± 0,04	-8,3 ± 2,54	0,099 ± 0,09	0,516 ± 0,07
СКП	5	42,2 ± 3,45	0,106 ± 0,04	-6,15 ± 1,75	0,44 ± 0,17	0,92 ± 0,11

степени, сопровождающейся ПВХРД, у 2 пациентов была амблиопия различной степени, у 2 пациентов были имплантированы ИСК, а в 4 случаях было состояние после проведенного кросслинкинга.

С прогрессированием кератоконуса наблюдалось и снижение остроты зрения параллельно увеличению СЭ. У пациентов 3 группы (кератоконус III стадии, 21 глаз) максимально возможная скорректированная очками острота зрения составила всего лишь $0,152 \pm 0,12$,

при этом СЭ был равен $-10,98 \pm 4,25$ D. Подобранные СКЛ повысили не только остроту зрения в среднем до $0,82 \pm 0,04$, но и улучшили качество жизни этих пациентов, так как до подбора СКЛ они не могли пользоваться ни очками, ни контактными линзами других типов. Некоторым из них до подбора линз было проведено хирургическое лечение: послойная кератопластика (1 глаз), имплантация ИСК (1 глаз), а также кросслиндинг (6 глаз).

Наибольший корригирующий эффект при подборе СГКЛ наблюдали у пациентов с IV стадией кератоконуса, у которых острота зрения без коррекции и с максимальной очковой коррекцией была $0,099 \pm 0,09$. Как было сказано выше, эта группа пациентов оказалась самой молодой (средний возраст $35,1 \pm 8,74$), и, следовательно, острота зрения для них имела важный социальный аспект. Подбор СГКЛ сопровождался сложностью расчета их параметров из-за высокого подъема в области эктазии. Этим пациентам требовались одновременно линзы с крутой базовой кривизной и большим диаметром (15,2 мм). У части пациентов применялась дополнительная опция XLC (экстралимбальный клиренс), которая позволила увеличить клиренс в области лимба при сохранении требуемой кривизны. Острота зрения в СГКЛ составила в среднем на 10 глазах $0,516 \pm 0,07$, что позволило пациентам этой группы вести активный образ жизни.

Пациенты после сквозной кератопластики, несмотря на прозрачный трансплантат, имели низкую остроту зрения: без коррекции $0,106 \pm 0,04$, с максимальной очковой коррекцией — $0,44 \pm 0,17$. Использование СГКЛ позволило повысить зрительные функции

до $0,92 \pm 0,11$, т.е. практически до 100%-ной оптической реабилитации.

Анализируя полученные данные, можно сделать однозначный вывод, что склеральные газопроницаемые контактные линзы являются наиболее эффективным оптическим методом коррекции кератоконуса независимо от стадии заболевания и возраста пациента. Минисклеральные линзы, применяемые нами, не вызывали манипуляционных трудностей за счет малого диаметра (близкого к диаметру мягких контактных линз) и индивидуального дизайна. Удобный on-line расчет параметров линз и возможность изготовления их в России в кратчайшие сроки делает их также доступными для жителей удаленных регионов, что значительно повышает социальную адаптацию пациентов с этим тяжелым заболеванием.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Мягков А.В. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;
Слонимский Ю.Б. — сбор данных, анализ и интерпретация данных;
Белоусова Е.В. — сбор данных, анализ и интерпретация данных;
Митичкина Т.С. — подготовка статьи, анализ и интерпретация данных, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;
Бунятова Л.Р. — подготовка статьи.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Слонимский Ю.Б., Слонимский А.Ю. Заболевания роговицы и склеры. *Офтальмология: национальное руководство*. Под ред. Аветисова С.Э. и др. ГЭОТАР-Медиа; 2018:462–489. [Slonimskiy Yu.B., Slonimskii A.Yu. Cornea and sclera diseases. *Ophthalmology: national handbook*. GEOTAR-Media; 2018:462–489 (In Russ.).]
- Слонимский А.Ю. Возможности сквозной пересадки роговицы при различной патологии переднего отрезка глаза. *Российский медицинский журнал. Клиническая офтальмология*. 2001;3:102. [Slonimskii A.Yu. Possibilities of transparent transplantation of cornea under different pathology of the anterior part of the eye. *Russian Medical Journal. Clinical Ophthalmology = Rossijskij medicinskij zhurnal*. 2001;3:102 (In Russ.).]
- Абдулалиева Ф.И. Эпидемиология кератоконуса в разных странах. *Вестник офтальмологии*. 2018;134(1):104–106. [Abdulalieva F.I. Epidemiology of keratoconus in different countries. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2018;134(1):104–106 (In Russ.).] DOI: 10.17116/oftalma20181341104-106
- Комаровских Е.Н., Подтынных Е.В. Кератоконус: некоторые вопросы патогенеза. *Medicus*. 2016;2(8):71–73. [Komarovskikh E.N., Podtynnykh E.V. Keratoconus: some issues of aetiopathogenesis. *Medicus*. 2016;2(8):71–73 (In Russ.).]
- De Sanctis U., Loiacono S., Richiardi L., Turco D., Mutani B., Grignolo F.M. Sensitivity and specificity of posterior corneal elevation measures by Pentacam in discriminating keratoconus/subclinical keratoconus. *Ophthalmology*. 2008;115:1534–1539. DOI: 10.1016/j.ophtha.2008.02.020
- Pinero D., Alio J.L., Aleson A., Escaf M., Miranda M. Pentacam posterior and anterior corneal aberration in normal and keratoconic eyes. *Clin. Exp. Optom*. 2009;92:297–303. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2009.00357
- Wang M., ed. Keratoconus and Keratoectasia: Prevention, Diagnosis and Treatment. SLACK Incorporated. 2010:191.
- Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr. Opin. Ophthalmol*. 2006;17(4):356–360. DOI: 10.1097/01.icu.0000233954.86723.25
- Spörl E., Raiskup-Wolf F., Pillunat L.E. Biophysical principles of collagen cross-linking. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd*. 2008;225(2):131–137. DOI: 10.1055/s-2008-1027221
- Гамидов Г.А., Мушкова И.А., Костенев С.В. Модификация кросслинкинга роговичного коллагена в лечении кератоконуса. Обзор литературы. *Практическая медицина*. 2018;3(114):52–56. [Gamidov G.A., Mushkova I.A., Kostenev S.V. Modifications of corneal collagen cross-linking in keratoconus treatment. Literature review. *Practical medicine = Prakticheskaya meditsina*. 2018;3(114):52–56 (In Russ.).]
- Kourenkov V.V., Kasparov A.A., Sheludchenko V.M., Kasparova E.A. Excimer laser surgery for treating keratoconus. *J. Refract. Surg*. 2000;16:287–288.
- Ertan A., Kamburoglu G. Analysis of centration of Intact segments implanted with a femtosecond laser. *J. Cataract. Refract. Surg*. 2007;33:484–487.
- Ertan A., Kamburoglu G. Intact implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J. Cataract. Refract. Surg*. 2008;34:1521–1526. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.05.028
- Troutman R.C., Swinger C.A., Belmont S. Selective positioning of the donor cornea in penetrating keratoplasty for keratoconus: postoperative astigmatism. *Cornea*. 1984;3(2):135–139.
- Olson R.J., Pingree M., Ridges R., Lundergan M.L., Alldredge C. Jr, Clinch T.E. Penetrating keratoplasty for keratoconus: a long-term review of results and complications. *J. Cataract Refract Surg*. 2000 Jul;26(7):987–991.
- Каспаров А.А., Каспарова Е.А. Принципы эксимерлазерного и хирургического лечения кератоконуса. *Рефракционная хирургия и офтальмология*. 2002;3(2):52–62. [Kasparov A.A., Kasparova E.A. Principles of excimer laser and surgical treatment of keratoconus. *Refractive surgery and ophthalmology = Refraktionnaya khirurgiya i oftalmologiya*. 2002;3(2):52–62 (In Russ.).]
- Слонимский Ю.Б., Слонимский А.Ю., Корчуганова Е.А. К вопросу о рациональном ведении пациентов с острым кератоконусом. *Офтальмология*. 2014;11(4):17–25. [Slonimskiy Yu.B., Slonimskiy A.Yu., Korchuganova E.A. Rational management of acute keratoconus. *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya*. 2014;11(4):17–25 (In Russ.).] DOI: 10.18008/1816-5095-2014-4-17-25
- Абугова Т.Д. Кератоконус: клиническая лекция для врачей и оптометристов. СПб.: ООО РА «Веко»; 2015:94 [Abugova T.D. Keratoconus: clinical lecture for doctors and optometrists. Saint Peterborg: ООО RA “Eyelid”; 2015:94 (In Russ.).]
- Аветисов С.Э. Кератоконус: современные подходы к изучению патогенеза, диагностике, коррекции и лечению. *Вестник офтальмологии*. 2014;130(6):37–43. [Avetisov S.E. Keratoconus: modern approaches to pathogenetic studies, diagnosis, optical correction and treatment. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2014;130(6):37–43 (In Russ.).]
- Bennett E.S., Sonsino J., Eiden B. The continuum of care for keratoconus. *Contact Lens Spectrum*. 2018;33(2):20–23, 25–29.
- Мягков А.В. Руководство по медицинской оптике. Часть 2. Контактная коррекция зрения. М.: Апрель; 2018:206–217, 244–253. [Myagkov A.V. Medical optics manual. Part 2. Contact vision correction. Moscow: “April”; 2018:206–217, 244–253 (In Russ.).]
- Мягков А.В., Игнатова Н.В. Наш опыт оптической коррекции последствий радиальной кератотомии с помощью склеральных линз. *Клинические случаи. Российский офтальмологический журнал*. 2017;10(2):92–96. [Myagkov A.V., Ignatova N.V. Our experience in optical correction of radial keratotomy consequence by scleral lenses. *Clinical Cases. Russian ophthalmological journal = Rossijskij oftalmologicheskij zhurnal*. 2017;10(2):92–96 (In Russ.).] DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-2-92-96

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

НОЧУ ДПО «Академия медицинской оптики и оптометрии»
Мягков Александр Владимирович
доктор медицинских наук, профессор, директор
ул. Михалковская, 63б, стр. 4, Москва, 125438, Российская Федерация

ФГБОУ ДПО «Российская Медицинская академия Непрерывного Профессио-
нального Образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Слонимский Юрий Борисович
доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии
ул. Баррикадная, 2, Москва, 123242, Российская Федерация

НОЧУ ДПО «Академия медицинской оптики и оптометрии»
Белоусова Елена Владимировна
кандидат медицинских наук, врач офтальмолог
ул. Михалковская, 63б, стр. 4, Москва, 125438, Российская Федерация

ФГБНУ Научно-исследовательский институт глазных болезней
Митичкина Татьяна Сергеевна
кандидат медицинских наук, врач офтальмолог
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ГБОУ ВПО «Первый МГМУ им. И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (Сеченовский университет)
Бунятова Л.Р.
аспирант
ул. Трубцкая, 8, Москва, 119991, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS:

Academy of Medical Optics and Optometry
Myagkov Aleksandr V.
MD, professor, director
Mikhalkovskaya str., 63/4, Moscow, 125438, Russia

Russian Medical Academy of Continuous Professional Education
Slonimskii Yury.B.
MD, professor, Department of Ophthalmology
Barricadnaya str., 2, Moscow, 123242, Russia

Academy of Medical Optics and Optometry
Belousova Elena.V.
PhD, ophthalmologist
Mikhalkovskaya str., 63/4, Moscow, 125438, Russia

Research Institute of Eye Diseases
Mitichkina Tatiana.S.
PhD, ophthalmologist
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Department of Ophthalmology)
Bunyatova L.R.
Postgraduate
8-2 Malaya Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russian Federation