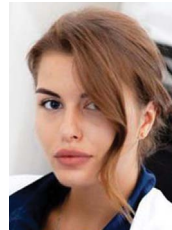


Клинико-функциональные результаты этапного комбинированного хирургического лечения пеллюцидной дегенерации роговицы

Ю.Ю. Калинин¹Д.В. Невров¹С.Ю. Калинникова²И.С. Ткаченко²

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Делегатская, 20, стр. 1, Москва, 127486, Российская Федерация

² ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(1):54-60

Цель: оценить отдаленные клинико-функциональные результаты комбинированного хирургического лечения пеллюцидной краевой дегенерации, включающего одномоментное проведение фемтолазерной кератотомии, ламеллярной кератопластики с имплантацией интрастромальных роговичных сегментов и последующий локальный кросслинкинг роговицы. **Пациенты и методы.** Анализ результатов хирургического лечения был проведен на 20 глазах 15 пациентов в возрасте от 36 до 57 лет с диагнозом «пеллюцидная краевая дегенерация роговицы обоих глаз». На первом этапе лечения пациентам была выполнена фемтолазерная кератотомия в области сильного меридиана и ламеллярная кератопластика в области истончения роговицы с одномоментной имплантацией двух интрастромальных роговичных сегментов толщиной от 150 до 350 мкм и длиной дуги от 80 до 160 градусов. В качестве донорского материала для ламеллярной кератопластики были использованы рефракционные лентиклы, полученные у пациентов во время коррекции миопии по технологии ReLEx® SMILE. На втором этапе лечения всем пациентам проводили локальный кросслинкинг роговицы. **Результаты.** Через 12 месяцев после комбинированного хирургического лечения отмечалось повышение НКОЗ с $0,1 \pm 0,07$ до $0,33 \pm 0,23$ и МКОЗ с $0,4 \pm 0,25$ до $0,7 \pm 0,28$ ($p < 0,05$). На кератотопограммах было определено уменьшение максимальных значений SimK с $49,28 \pm 2,57$ до $46,15 \pm 1,73$ дптр и уменьшение значений роговичного астигматизма с $7,4 \pm 3,9$ до $2,1 \pm 0,53$. Толщина роговицы в области истончения по данным кератопахиметрии увеличилась с $508,0 \pm 31,0$ до $606,0 \pm 36,0$ мкм. **Заключение.** Анализ клинических результатов показал высокую эффективность этапного комбинированного метода лечения пеллюцидной краевой дегенерации: была осуществлена коррекция рефракционных нарушений, восстановлен объем стромы роговицы в зоне истончения и обеспечена стабилизация эктатического процесса.

Ключевые слова: пеллюцидная краевая дегенерация, периферические кератэктазии, ламеллярная кератопластика, интрастромальные роговичные сегменты, рефракционная лентикла, SMILE, фемтосекундный лазер

Для цитирования: Калинин Ю.Ю., Невров Д.В., Калинникова С.Ю., Ткаченко И.С. Клинико-функциональные результаты этапного комбинированного хирургического лечения пеллюцидной краевой дегенерации роговицы. *Офтальмология*. 2021;18(1):54-60. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-1-54-60>

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

Конфликт интересов отсутствует



Clinical and Functional Results of a Combined Surgical Treatment of Pellucid Marginal Degeneration

Yu.Yu. Kalinnikov¹, D.V. Nevrov¹, S.Yu. Kalinnikova², I.S. Tkachenko²

¹ A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry
Delegatskaya str., 20, p. 1, Moscow, 127473, Russian Federation

² The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2021;18(1):54–60

Purpose: To evaluate the clinical results of a combined approach to the treatment of pellucid marginal degeneration, that includes femtolaser-assisted keratotomy, intrastromal lamellar keratoplasty with a use of refractive lenticule and a simultaneous intracorneal ring segment implantation, followed by a local collagen cross-linking. **Patients and methods.** An analysis of the outcomes of the surgical treatment performed in 20 eyes of 15 patients from 36 to 57 years old who were diagnosed with pellucid marginal degeneration in both of their eyes. During the first stage of the treatment patients underwent a femtolaser-assisted keratotomy in a steep meridian, intrastromal lamellar keratoplasty in the zone of corneal thinning and a simultaneous implantation of intracorneal ring segments with an arc-length of 80 to 160 degrees, followed by a local corneal cross-linking during the second stage. Refractive lenticules obtained during the ReLex® SMILE procedure were used as a lamellar graft. **Results.** By the end of the follow-up period of 12 months the UCVA had improved from 0.1 ± 0.07 to 0.33 ± 0.23 and the BCVA from 0.4 ± 0.25 to 0.7 ± 0.28 ($p < 0.05$). The corneal topography demonstrated a decrease in maximum simulated keratometry values from 49.28 ± 2.57 D to 46.15 ± 1.73 D and an astigmatism reduction from 7.4 ± 3.9 D to 2.1 ± 0.53 D. The corneal thickness increased from 508.0 ± 31.0 μ m to 606.0 ± 36.0 μ m in the zone of the thinning. **Conclusions.** The analysis of the clinical outcomes has demonstrated the high efficacy of the combined approach to the treatment of pellucid marginal degeneration. The ICRS implantation allowed for a significant cylinder reduction and an improvement of visual acuity. The lamellar keratoplasty allowed for a reinforcement of the thinned cornea, and the subsequent local collagen cross-linking ensured corneal stability.

Keywords: pellucid marginal degeneration, peripheral corneal ectasia, lamellar keratoplasty, intrastromal corneal ring segment, refractive lenticule, SMILE, femtosecond-laser

For citation: Kalinnikov Yu.Yu., Nevrov D.V., Kalinnikova S.Yu., Tkachenko I.S. Clinical and Functional Results of a Combined Surgical Treatment of Pellucid Marginal Degeneration. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(1):54–60. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-1-54-60>

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

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Пеллюцидная краевая дегенерация (ПКД) — редкое идиопатическое заболевание роговицы из группы первичных кератэктазий, характеризующееся периферическим истончением узкой полосы стромы в нижнем сегменте роговицы и эктазией над областью истончения. Несмотря на то что пораженная часть роговицы, как правило, остается прозрачной, пациенты с ПКД отмечают значительное снижение остроты зрения. На ранних стадиях заболевания возможно использование очковой и контактной коррекции, однако по мере прогрессирования патологического процесса переносимость очков и контактных линз снижается ввиду измененного профиля роговицы, и появляется необходимость хирургического лечения [1, 2].

Современные методы хирургического лечения кератэктазий направлены на стабилизацию эктатического процесса и коррекцию оптических нарушений. Кросслинкинг роговичного коллагена обеспечивает повышение биомеханической прочности роговицы за счет увеличения числа связей между молекулами коллагена и показал свою эффективность в лечении как кератоконуса, так и ПКД [3–5]. Интрастромальная кератопластика с имплантацией роговичных сегментов (ИРС), широко используемая в лечении кератоконуса, при ПКД

продемонстрировала существенное снижение значений сферического и цилиндрического компонентов рефракции и обеспечила повышение остроты зрения как с коррекцией, так и без нее [6–8]. Тем не менее сохраняющееся истончение стромы может спровоцировать дальнейшее прогрессирование заболевания с повторными рефракционными нарушениями, смещением интрастромальных сегментов и механическим повреждением роговицы.

С целью коррекции оптических нарушений и обеспечения стабилизации эктатического процесса нами был разработан комбинированный хирургический подход к лечению ПКД, включающий одномоментное проведение фемтолазерной кератомии в области сильного меридиана, ламеллярной кератопластики и имплантации интрастромальных роговичных сегментов с последующим локальным кроссликингом роговичного коллагена. В качестве ламеллярного трансплантата были использованы рефракционные лентикулы, полученные от пациентов при проведении процедуры ReLex® SMILE по поводу миопии¹.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Хирургическое лечение проведено на 20 глазах 15 пациентов в возрасте от 36 до 57 лет с установленным

¹ Патент RU 2727042 C1, 17.07.2020.

на основании анамнеза, биомикроскопии глаза, данных кератотопографии, пахиметрии и оптической когерентной томографии (ОКТ) переднего отрезка диагнозом: пеллюцидная краевая дегенерация обоих глаз. Срок наблюдения составил 12 месяцев. По данным предоперационного обследования средняя острота зрения без коррекции (НКОЗ) составила $0,1 \pm 0,07$; средняя острота зрения с максимальной коррекцией (МКОЗ) — $0,4 \pm 0,25$, цилиндрический компонент субъективной рефракции — $-6,5 \pm 2,6$ со средним значением астигматизма на кератотопограммах $7,4 \pm 3,9$ дптр. По данным ОКТ переднего отрезка глаза у всех пациентов отмечалось истончение роговицы в нижнем сегменте со средним значением кератопахиметрии равным $508,0 \pm 31,0$ мкм.

На первом этапе лечения всем пациентам под местной анестезией (проксиметакаина гидрохлорид 0,5 %) была выполнена ламеллярная кератопластика с одномоментной имплантацией интрастромальных роговичных сегментов (рис. 1), для этого в роговице пациента с помощью фемтосекундного лазера VisuMax® (Carl

Zeiss Meditec, Jena, Germany) на глубине равной 70–80 % от минимальной толщины роговицы формировали интрастромальный кольцевидный туннель 360° с наружным диаметром 9,0 мм и внутренним диаметром 3,0 мм. Формирование туннеля завершали выполнением двух радиальных кератотомических разрезов роговицы по сильному меридиану для обеспечения хирургического доступа и усиления рефракционного эффекта операции. При помощи механического расщепителя туннель расширяли в сторону лимба в зоне истончения роговицы. В созданный карман имплантировали рефракционную донорскую лентиккулу, полученную в тот же день от другого пациента во время процедуры ReLEx® SMILE по поводу миопии. Лентиккулы различной толщины предварительно окрашивали для улучшения визуализации ткани и обрезали трепаном у полюсов с целью придания формы, соответствующей зоне истончения роговицы реципиента. Время между получением рефракционной лентиккулы и ее имплантацией не превышало 2 часов. После расположения лентиккулы в интрастромальном туннеле

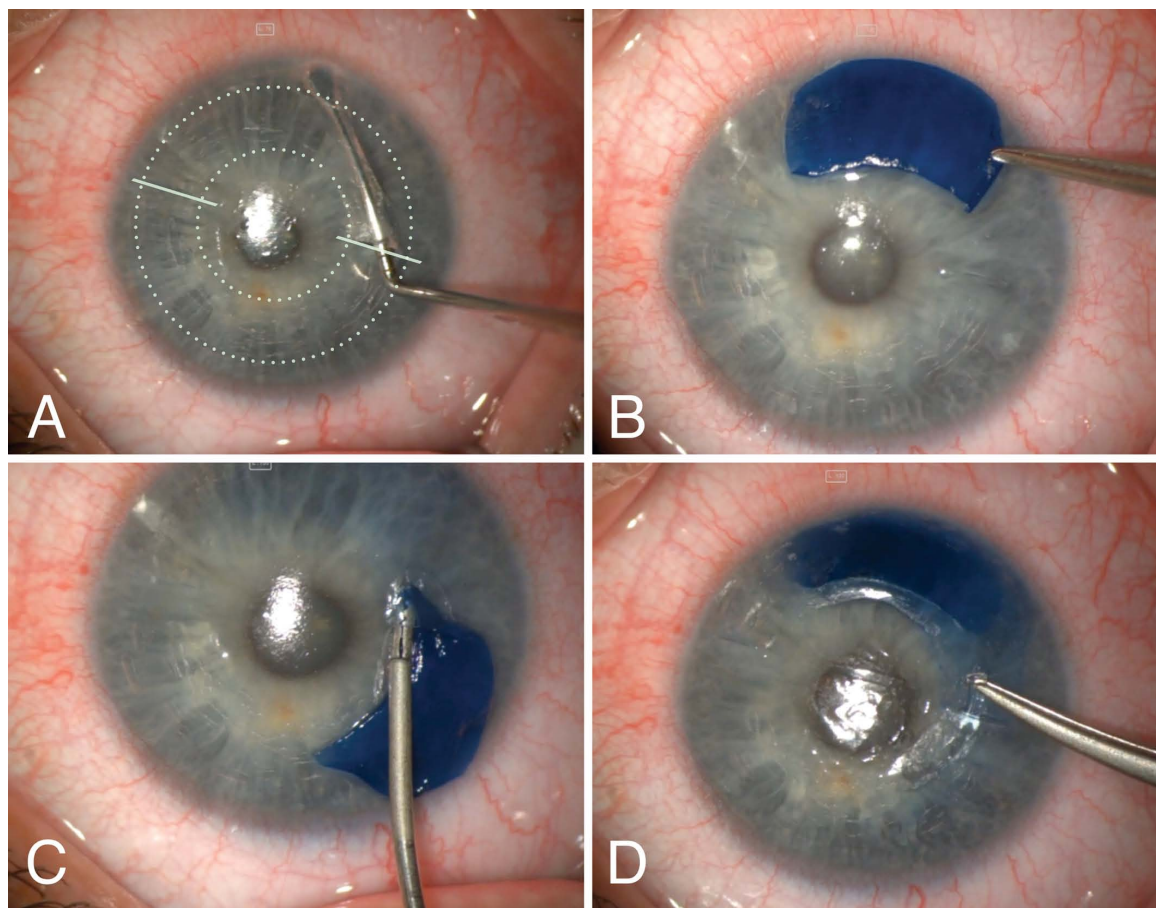


Рис. 1. Интраоперационные фотографии. А — формирование интрастромального кармана в зоне истончения роговицы (интрастромальный туннель обозначен пунктиром, радиальные разрезы обозначены прямыми линиями); В — выкраенная рефракционная лентиккула, расположенная над зоной истончения; С — имплантация лентиккулы через радиальный разрез; D — имплантация роговичных сегментов в интрастромальный туннель

Fig. 1. Intraoperative photographs. A — intrastromal pocket creation in the zone of thinned cornea [intrastromal tunnel marked with dotted line, radial incisions represented by straight lines]; B — tailored refractive lenticule placed above the zone of corneal thinning; C — lenticule implantation through the corneal incision; D — implantation of the intracorneal ring segments into the intrastromal tunnel

имплантировали интрастромальные роговичные сегменты (ИРС) толщиной от 150 до 350 мкм и длиной дуги от 80 до 160 градусов с внутренним диаметром 5 мм (НЭП МГ, МНТК). С целью усиления рефракционного эффекта операция завершалась без наложения роговичных швов.

Всем пациентам проводили инстилляцию моксифлоксацина, дексаметазона и декспантенола. В раннем послеоперационном периоде у всех пациентов отмечался умеренный отек роговицы в области туннеля, который исчезал к 1-му месяцу после операции; в трех случаях были отмечены складки десцеметовой мембраны, разгладившиеся в течение нескольких суток. У всех пациентов интрастромальные сегменты находились в правильном положении, а ламеллярный трансплантат располагался в интрастромальном кармане.

На втором этапе лечения, через 3 месяца после ламеллярной кератопластики с имплантацией ИРС, всем пациентам под местной анестезией проводили деэпителизацию роговицы с последующим локальным кросслинкингом («Локолинк», Россия) в нижнем сегменте (от 3 до 9 часов) с использованием диафрагмы, защищающей оптическую зону роговицы (рис. 2). Послеоперационный период протекал без особенностей, все пациенты получали местную антибактериальную, противовоспалительную терапию и декспантенол.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все пациенты проходили полное послеоперационное обследование, включавшее визометрию, биомикроскопию глаза на фотощелевой лампе (Haag-Streit, Швейцария), кератотопографию (Zeiss Atlas 995, Германия), пахиметрию и оптическую когерентную томографию (ОКТ) переднего отрезка (Zeiss Visante OCT, Германия, и Optovue Avanti RTVue XR, США) на 3-е сутки после первого этапа лечения. Повторные обследования в таком же объеме проводили через 1 месяц, перед проведением локального кросслинкинга (3 месяца), а затем на 6-й и 12-й месяц от начала лечения.

Уже на третьи сутки после первого этапа лечения отмечалось существенное повышение НКОЗ и МКОЗ, уменьшение средних значений роговичного астигматизма и симулированной кератометрии (SimK), а также наблюдалось увеличение толщины роговицы до нормальных значений в зоне имплантации рефракционной линтики (рис. 3). Указанные параметры оставались стабильными на протяжении всего периода наблюдения и практически не изменялись после проведения локального роговичного кросслинкинга.

К 12-му месяцу наблюдения (табл.) средняя острота зрения без коррекции составляла $0,33 \pm 0,23$, средняя острота

зрения с максимальной коррекцией — $0,7 \pm 0,28$. На кератотопограммах отмечено снижение максимальных значений SimK в среднем с $49,28 \pm 2,57$ до $46,15 \pm 1,73$ дптр и средних значений роговичного астигматизма — с $7,4 \pm 3,9$ до $2,1 \pm 0,53$. Толщина роговицы в области истончения по данным кератопахиметрии увеличилась с $508 \pm 31,0$ до $606 \pm 36,0$ мкм.

ОБСУЖДЕНИЕ

В далеко зашедших стадиях пеллюцидной краевой дегенерации сфероцилиндрическая коррекция оказывается либо недостаточной, либо невозможной в силу существенного изменения профиля роговицы. В таких случаях показано хирургическое лечение [1, 2].

Имплантация роговичных сегментов получила повсеместное распространение в лечении кератоконуса и в настоящее время рассматривается рядом авторов в качестве эффективного способа коррекции аметропии при ПКД [6–8]. Несмотря на это, имплантация ИРС не обеспечивает стабилизацию кератоконического процесса, и дальнейшее постепенное прогрессирование заболевания может привести к появлению повторных рефракционных нарушений, а сохраняющееся истончение стромы — спровоцировать дислокацию ИРС и механическое повреждение роговицы.

С целью коррекции рефракционных нарушений, для восполнения объема стромальной ткани в зоне истончения и биомеханической стабилизации роговицы нами был разработан комбинированный метод хирургического лечения ПКД, включающий одномоментное проведение фемтолазерной кератотомии по сильному меридиану, кератопластики с имплантацией рефракционной линтики и интрастромальных роговичных сегментов с последующим локальным кросслинкингом роговицы.

Рефракционный эффект обеспечивался за счет ослабления горизонтального (сильного) меридиана и усиления вертикального (слабого) меридиана, что достигалось

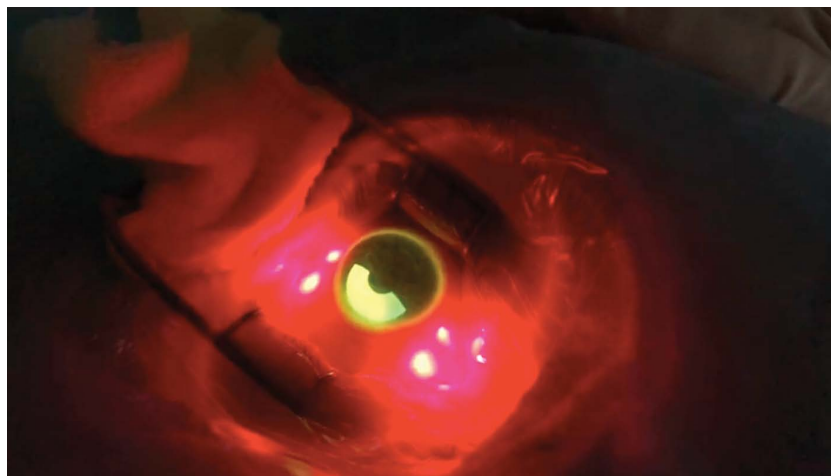


Рис. 2. Локальный кросслиндинг в нижнем сегменте роговицы («Локолинк», Россия)

Fig. 2. Local collagen cross-linking in the lower peripheral part of the cornea (Lokolink, Russia)

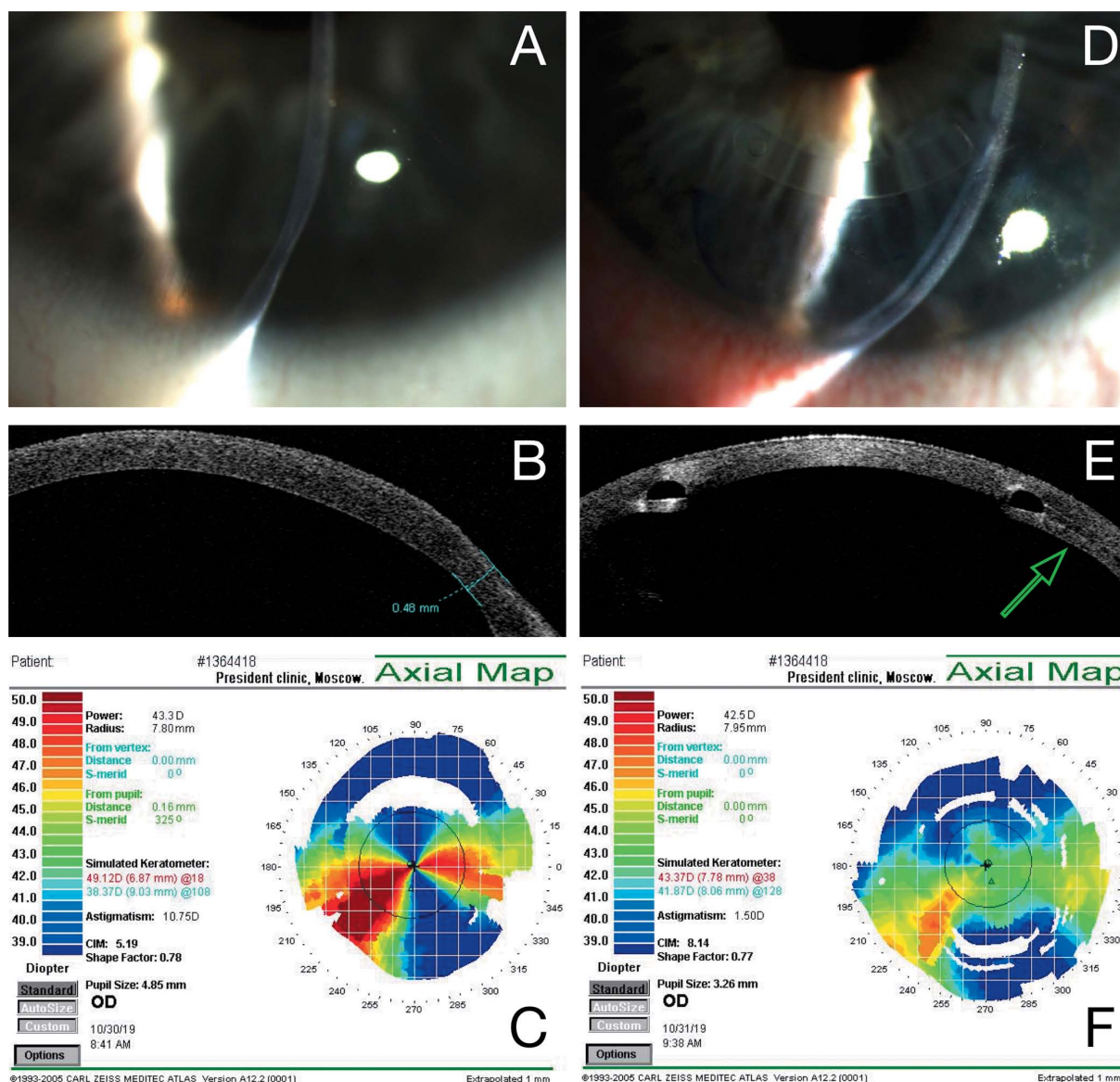


Рис. 3. Изображения с фото-щелевой лампы, ОКТ переднего отрезка глаза (Zeiss Visante OCT, Германия) и кератотопография (Zeiss Atlas 996, Германия) перед операцией (A–C) и после проведения ламеллярной кератопластики с радиальной кератотомией и одноментной имплантацией ИРС (D–F). A — зона истончения в периферическом отделе роговицы; B — зона истончения на ОКТ переднего отрезка; C — кератотопография с показателями симулированной кератометрии (SimK) 49,12 дптр в сильном меридиане, 38,37 дптр в слабом меридиане и астигматизмом 10,75 дптр; D и E — роговица с отчетливо видимыми ИРС и ламеллярным трансплантатом на фотоснимке и на ОКТ переднего отрезка (стрелка); F — уменьшение роговичного астигматизма на 9,25 дптр с уменьшением SimK в сильном меридиане и увеличением SimK в слабом меридиане по данным кератотопографии

Fig. 3. Slit-lamp photographs, anterior segment optical coherence tomography (Zeiss Visante OCT, Germany), and corneal topography images (Zeiss Atlas 996, Germany) preoperatively (A–C) and after lamellar keratoplasty with radial keratotomy and simultaneous implantation of intracorneal ring segments (D–F). A — zone of thinning in the peripheral cornea; B — zone of thinning captured with AS-OCT; C — corneal topography demonstrating SimK readings of 49,12 D in the steep meridian and 38,37 D in the flat meridian with 10.75 D of astigmatism; D and E — cornea with clearly visible intracorneal ring segments and lamellar graft on the slit-lamp photograph and AS-OCT (arrow); F — corneal topography demonstrating a decrease in corneal astigmatism by 9.25 D, decrease of SimK value in the steep meridian and increase of SimK value in the flat meridian

за счет проведения фемтолазерной кератотомии по сильному меридиану и имплантации ИРС с длиной дуги от 80 до 160 градусов перпендикулярно слабому меридиану. На рисунках 4 и 5 показано расположение ИРС и рефракционной линикулы в роговице. При степени роговичного астигматизма более 7 дптр операцию завершали

без наложения швов на радиальные разрезы в области интрастромального туннеля, что способствовало большему ослаблению сильного меридиана.

Проведение ламеллярной кератопластики в области истончения обеспечивало восстановление нормального профиля и толщины роговицы. В качестве донорского

Таблица. Функциональные и рефракционные результаты комбинированного лечения пеллюцидной краевой дегенерации**Table.** Visual and refractive outcomes of a combined approach to the treatment of pellucid marginal degeneration

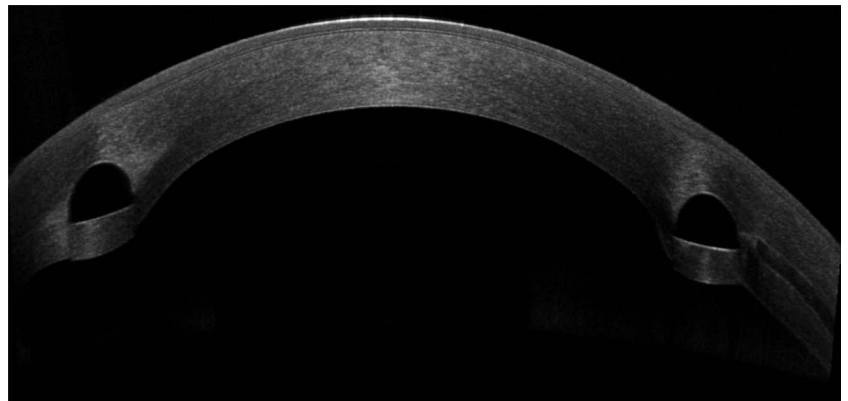
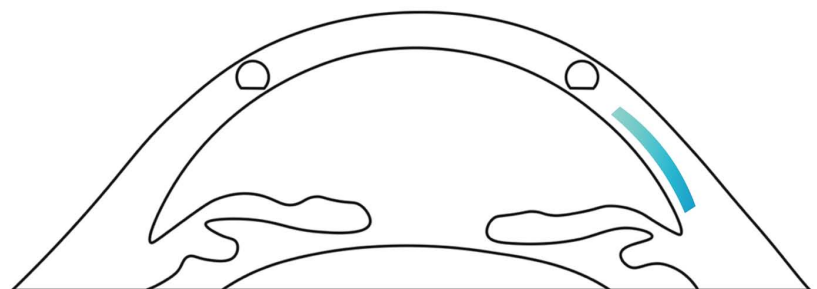
Показатели / Parameters	До лечения / Preoperatively	Перед проведением кросс-линкинга / Before collagen crosslinking	Через 6 месяцев от начала лечения / 6 months post-operatively	Через 12 месяцев от начала лечения / 12 months post-operatively
Острота зрения без коррекции / Uncorrected visual acuity	0,10 ± 0,07	0,35 ± 0,19 ($p < 0,05$)	0,33 ± 0,23 ($p < 0,05$)	0,33 ± 0,23 ($p < 0,05$)
Острота зрения с максимальной коррекцией / Best corrected visual acuity	0,40 ± 0,25	0,68 ± 0,25 ($p < 0,05$)	0,64 ± 0,31 ($p < 0,05$)	0,7 ± 0,28 ($p < 0,05$)
Цилиндрический компонент субъективной рефракции, дптр / Cylindrical component of the subjective refraction, D	6,5 ± 2,6	1,82 ± 0,45 ($p < 0,05$)	1,76 ± 0,55 ($p < 0,05$)	1,77 ± 0,53 ($p < 0,05$)
Роговичный астигматизм, дптр / Corneal astigmatism, D	7,4 ± 3,9	2,21 ± 0,41 ($p < 0,05$)	2,15 ± 0,47 ($p < 0,05$)	2,1 ± 0,53 ($p < 0,05$)
Максимальное значение SimK, дптр / SimK max, D	49,28 ± 2,57	46,55 ± 2,08	46,62 ± 1,83	46,15 ± 1,73
Толщина роговицы в зоне наибольшего истончения, мкм / Corneal thickness at the thinnest point, µm	508,0 ± 31,0	612 ± 33,6 ($p < 0,05$)	609 ± 37,1 ($p < 0,05$)	606 ± 36,0 ($p < 0,05$)

материала для имплантации в зону истончения были использованы рефракционные лентиклы, полученные при лечении миопии разной степени по технологии ReLEx® SMILE. Выбор параметров имплантируемой лентиклы зависел от исходной толщины и площади поражения роговицы реципиента; при этом лентиклу выкраивали таким образом, чтобы полностью восполнить потерю ткани в зоне истончения. Забор и имплантацию лентикл осуществляли только после проведения серологического тестирования и получения добровольного информированного согласия от донора и реципиента. Исследования последних лет показали, что лентиклы, получаемые при проведении процедуры SMILE, могут быть безопасно реимплантированы для лечения различных видов аметропий, а также кератоконуса [9, 10]. Рефракционные лентиклы могут быть законсервированы или заморожены, что делает технологию SMILE практически неиссякаемым источником донорского материала [9].

Использование фемтосекундного лазера VisuMax® (Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) позволило сформировать кольцевидный туннель необходимого размера на заданной глубине с учетом локализации истонченного участка роговицы, а также выполнить точные радиальные разрезы по сильному меридиану. Создание интрастромального кармана в области истончения роговицы проводили вручную от туннеля в сторону лимба в одном слое стромы, что минимизировало риск перфорации роговицы.

На завершающем этапе комбинированного лечения всем пациентам был проведен локальный кросслинкинг роговицы с целью стабилизации эктатического процесса. Кросслинкинг роговичного коллагена показал свою эффективность в лечении кератэктазий

различного генеза и особенно активно применяется во всем мире в лечении кератоконуса [3]. Проведение кросслинкинга роговицы возможно как до имплантации ИРС, так и после, однако по данным сравнительных исследований рефракционный эффект при проведении кросслинкинга после имплантации ИРС более выражен [11, 12]. При этом процедура имплантации ИРС с последующим кросслинкингом может быть проведена одномоментно или поэтапно с сопоставимыми клинико-функциональными результатами [13]. В данном исследовании кросслинкинг проводили через 3 месяца после

**Рис. 4.** ОНТ переднего отрезка (Optovue RTVue XR Avanti, США) после первого этапа хирургического лечения**Fig. 4.** Anterior chamber OCT (Optovue RTVue XR Avanti, USA) after the first stage of surgical treatment**Рис. 5.** Схема расположения ИРС и ламеллярного трансплантата в роговице**Fig. 5.** Position of the intracorneal ring segments and the lamellar graft in the cornea

ламельлярной кератопластики с имплантацией рефракционной лентиклы и ИРС, что обеспечивало лучшее приживание ламеллярного трансплантата. Эффективность и безопасность кроссликинга в лечении ПКД были продемонстрированы рядом авторов [3–5]. Применение локального кроссликинга [14] позволило осуществить местное ультрафиолетовое воздействие в нижнем сегменте без вовлечения оптического центра роговицы, а также сократить сроки эпителизации роговицы в послеоперационном периоде.

Описанная в данном исследовании методика показала высокую эффективность, обеспечив статистически достоверное повышение НКОЗ и МКОЗ, снижение значений роговичного астигматизма и увеличение толщины роговицы. Комбинированная процедура

фемтолазерной кератотомии в сильном меридиане с интрастромальной ламеллярной кератопластикой с использованием рефракционной лентиклы в качестве донорского материала и имплантация интрастромальных роговичных сегментов с последующим проведением локального кроссликинга роговичного коллагена позволила осуществить коррекцию рефракционных нарушений, восстановить объем стромы роговицы в зоне истончения и обеспечить стабилизацию эктатического процесса.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Калинников Ю.Ю. — идея и концепция публикации, редактирование текста;
Невров Д.В. — сбор и обработка материала, подготовка иллюстраций, написание текста;
Калинникова С.Ю. — обработка материала, редактирование текста;
Ткаченко И.С. — обработка материала, редактирование текста.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Jinabhai A., Radhakrishnan H., O'Donnell C. Pellucid corneal marginal degeneration: A review. *Cont Lens Anterior Eye*. 2011 Apr;34(2):56–63. DOI: 10.1016/j.clae.2010.11.007
- Moshirfar M., Edmonds J.N., Behunin N.L., Christiansen S.M. Current options in the management of pellucid marginal degeneration. *J Refract Surg*. 2014 Jul;30(7):474–485. DOI: 10.3928/1081597X-20140429-02
- Lim L., Lim E.W.L. A Review of Corneal Collagen Cross-linking — Current Trends in Practice Applications. *Open Ophthalmol J*. 2018; 12: 181–213. DOI: 10.2174/1874364101812010181
- Spadea L. Corneal collagen cross-linking with riboflavin and UVA irradiation in pellucid-marginal degeneration. *J Refract Surg*. 2010 May; 26(5):375–377. DOI: 10.3928/1081597X-20100114
- Pircher N., Lammer J., Holzer S., Gschließer A., Schmidinger G. Corneal cross-linking for pellucid marginal degeneration. *J Cataract Refract Surg*. 2019 Aug;45(8):1163–1167. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.03.018
- Малюгин Б.Э., Измайлова С.Б., Авраменко С.А., Мерзлов Д.Е. Лечение парацентральных кератэктазий различного генеза методом интрастромальной кератопластики с имплантацией роговичного сегмента в зону наибольшей эктазии. *Офтальмохирургия*. 2011;4:16–22. [Malyugin B.E., Izmaylova S.B., Avramenko S.A., Merzlov D.E. Treatment of paracentral keratectasia of various genesis by method of intrastromal keratoplasty with corneal segment implantation into the area of maximal corneal ectasia. *Fyodorov Journal of Ophthalmic Surgery = Oftal'mokhirurgiya*. 2011;4:16–22 (In Russ.)].
- Mularoni A., Torreggiani A., di Biase A., Laffi G.L., Tassinari G. Conservative treatment of early and moderate pellucid marginal degeneration: a new refractive approach with intracorneal rings. *Ophthalmology*. 2005 Apr;112(4):660–666. DOI: 10.1016/j.ophtha.2004.10.050
- Piñero D.P., Alio J.L., Morbelli H., Uceda-Montanes A., El Kady B., Coskunseven E., Pascual I. Refractive and corneal aberrometric changes after intracorneal ring implantation in corneas with pellucid marginal degeneration. *Ophthalmology*. 2009 Sep;116(9):1656–1664. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.06.002
- Lazaridis A., Messerschmidt-Roth A., Sekundo W., Schulze S. Refractive Lenticule Implantation for Correction of Ametropia: Case Reports and Literature Review. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2017 Jan;234(1):77–89. DOI: 10.1055/s-0042-117280
- Mastropasqua L., Nubile M., Salgari N., Mastropasqua R. Femtosecond Laser-Assisted Stromal Lenticule Addition Keratoplasty for the Treatment of Advanced Keratoconus: A Preliminary Study. *J Refract Surg*. 2018 Jan 1;34(1):36–44. DOI: 10.3928/1081597X-20171004-04
- Coskunseven E., Jankov M.R. 2nd, Hafezi F., Atun S., Arslan E., Kymionis G.D. Effect of treatment sequence in combined intrastromal corneal rings and corneal collagen crosslinking for keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2009 Dec;35(12):2084–2091. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.07.008
- Zhu A.Y., Jun A.S., Soiberman U.S. Combined Protocols for Corneal Collagen Cross-Linking with Photorefractive Surgery for Refractive Management of Keratoconus: Update on Techniques and Review of Literature. *Ophthalmol Ther*. 2019 Oct;8(Suppl 1):15–31. DOI: 10.1007/s40123-019-00210-3
- Hersh P.S., Issa R., Greenstein S.A. Corneal crosslinking and intracorneal ring segments for keratoconus: A randomized study of concurrent versus sequential surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2019 Jun;45(6):830–839. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.01.020
- Анисимов С.И., Анисимова С.Ю., Мистрюков А.С. Персонализированный (локальный) УФ-кроссликинг в лечении кератоконуса и эктазий роговицы. *Офтальмология*. 2017;14(3):195–199. [Anisimov S.I., Anisimova S.Yu., Mistryukov A.S. Personalized (Local) UV-crosslinking as a Treatment of Keratoconus and Corneal Ectasia. *Ophthalmology in Russia = Oftal'mologiya*. 2017;14(3):195–199 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2017-3-195-199

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Калинников Юрий Юрьевич
доктор медицинских наук, профессор кафедры глазных болезней
ул. Делегатская, 20, стр. 1, Москва, 127473, Российская Федерация

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Невров Денис Владимирович
аспирант
ул. Делегатская, 20, стр. 1, Москва, 127473, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-7731-7194>

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Калинникова Светлана Юрьевна
ординатор
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Ткаченко Иван Сергеевич
аспирант
Бескудниковский бульвар, 59а, Москва, 127486, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry
Kalinnikov Yuriy Yu.
MD, Professor
Delegatskaya str., 20, p. 1, Moscow, 127473, Russian Federation

A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry
Nevrov Denis V.
postgraduate
Delegatskaya str., 20, p. 1, Moscow, 127473, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-7731-7194>

The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Kalinnikova Svetlana Yu.
postgraduate
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation

The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
Tkachenko Ivan S.
postgraduate
Beskudnikovskiy blvd, 59A, Moscow, 127486, Russian Federation