

Возможности межслойной кератопластики в реабилитации пациентов с кератоконусом



Г.А. Осипян



X. Храйстин

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

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(2):169–173

Одной из актуальных проблем офтальмологии нашего времени является кератоконус (КК). В настоящее время межслойная кератопластика с использованием как алломатериала, так и гомотрансплантата является одним из основных способов лечения этого заболевания. Операция имеет очевидные преимущества перед сквозной и передней глубокой послойной кератопластикой. Отсутствует риск развития реакции тканевой несовместимости, короче реабилитационный период и нет необходимости в длительном использовании кортикостероидов. В последние годы с развитием высоких технологий применение фемтосекундного лазера становится стандартной процедурой при различных хирургических вмешательствах на роговице, в частности для создания интрастромальных тоннелей и роговичных карманов. В данной работе проанализированы современные данные литературы о различных способах межслойной кератопластики для лечения кератоконуса. Представленные методики отражают ее огромные возможности для использования в широкой клинической практике, особенно это касается варианта интрастромальной кератопластики с имплантацией биологических тканей. Одна из таких методик была разработана и применена в 2014 году группой авторов из НИИ ГБ. Суть операции сводится к восстановлению толщины роговицы в эктатической зоне путем интерламеллярной пересадки соответствующего ей по размерам послойного трансплантата, играющего роль бандажа. Данная операция одновременно влияет на стабилизацию процесса, корректирует рефракционные нарушения и устраняет структурные изменения и в связи с этим получила название бандажной лечебно-оптической кератопластики (БЛОК). Показанием к ее применению при КК является прогрессирование заболевания при II–III стадии. Описана остановка прогрессирования кератоконуса при длительном сроке наблюдения, повышение как некорригированной, так и корригированной остроты зрения. Аналогом операции БЛОК является Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments (CAIRS). 20 пациентам с кератоконусом от I до IV стадии первым этапом был выполнен роговичный кросслинкинг, затем CAIRS имплантировали в интрастромальные тоннели, подготовленные с помощью фемтосекундного лазера. Как и после БЛОК, отмечено после операции повышение как некорригированной, так и корригированной остроты зрения. Ни у одного пациента за весь срок наблюдения не было отмечено дислокации имплантов и прогрессирования кератоконуса.

Ключевые слова: кератоконус, интерламеллярная кератопластика, бандажная лечебно-оптическая кератопластика, имплантация интрастромальных роговичных сегментов

Для цитирования: Осипян Г.А., Храйстин X. Возможности межслойной кератопластики в реабилитации пациентов с кератоконусом. *Офтальмология*. 2019;16(2):169–173. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-2-169-173>

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

Конфликт интересов отсутствует



Possibilities of Intralamellar Keratoplasty in Rehabilitation of Keratoconus Patients

G.A. Osipyan, Kh. Khraystin
Research Institute of Eye Diseases
Rossolimo St. 11A, B, Moscow, 119021, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(2):169–173

Keratoconus is one of the topical problems in modern ophthalmology. Among the currently used treatment methods is intralamellar keratoplasty that utilizes allomaterials or homotransplants. The surgery technique has obvious advantages over penetrating and deep anterior lamellar keratoplasty. There is no risk of tissue incompatibility, the recovery period is shorter, and prolonged use of corticosteroids is not necessary. In recent years, technological development has made the application of femtosecond laser a standard procedure for various surgical interventions on the cornea, particularly for creation of intrastromal tunnels and corneal bags. This article presents an analysis of the modern literature data about different intralamellar keratoplasty techniques for treatment of keratoconus. The described techniques show its great clinical possibilities, especially the intrastromal keratoplasty variant with implantation of biological tissues. One of such techniques was developed and tried by a group of specialists at Research Institute of Eye Diseases in 2014. It involves recovery of corneal thickness in the ectatic area by intralamellar transplantation of a layered transplant of adequate size, which acts as a bandage. The surgery simultaneously affects the stabilization action, corrects refractive errors and eliminates the structural changes; it was accordingly named bandage therapeutic-optical keratoplasty (BTOH). The indication for its usage is progressing keratoconus in stage II–III patients. Among the described outcomes are cease of the disease progression in long-term follow-up, improvement of corrected and uncorrected visual acuity. The foreign analogue of the technique is Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments (CAIRS) by Jacob S. et al. His study included 20 patients with stages I to IV keratoconus; all patients undergone corneal cross-linking as the first stage, then they had CAIRS implanted into the intrastromal tunnels prepared with femtosecond laser. In both methods, the authors point at the improvement of corrected and uncorrected visual acuity. None of the patients had implant dislocation or keratoconus progression during the follow-up period.

Keywords: keratoconus, intralamellar keratoplasty, bandage therapeutic-optical keratoplasty, implantation of corneal intrastromal ring segments

For citation: Osipyan G.A., Khraystin Kh. Possibilities of Intralamellar Keratoplasty in Rehabilitation of Keratoconus Patients. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(2):169–173. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-2-169-173>

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

There is no conflict of interests

Межслойная (интрастромальная, интерламеллярная) кератопластика заключается в несквозном расслаивании роговицы и введении в образованный «карман» трансплантата или импланта. Особенностью этого метода является то, что трансплантат, находясь в слоях роговицы, полностью изолирован от окружающей среды (слеза, воздух, движение век, влага передней камеры), что создает благоприятные условия для его приживления. Известно, что строма роговицы имеет свойство сохранять свою прозрачность при ее расслаивании параллельно коллагеновым волокнам, рубцовая ткань при этом не образуется.

Большое значение в развитии межслойной кератопластики имели экспериментальные труды отечественных ученых В.В. Войно-Ясенецкого, В.С. Беляева, И.В. Морхата [1, 2]. Авторы этих работ показали, что процент прозрачного приживления межслойных имплантатов значительно превосходит таковой, получаемый при традиционных методах пересадки (сквозной и послойной), при этом крайне низка частота возникновения тканевой несовместимости.

В настоящее время для лечения пациентов с кератоконусом (КК) и коррекции аметропий, вызванных этой патологией, применяют следующие два варианта интрастромальной кератопластики: с имплантацией или по-

лимерных, или гидрогелевых материалов и введением биологических тканей.

История развития межслойной кератопластики берет начало с серии исследований Е.Д. Блаватской, В.С. Беляева и Х. Барракера (1957–1968), в которых впервые была доказана возможность «уплощения» роговицы в центральной зоне (и, как следствие, ослабления рефракции) при имплантации изготовленных из донорской роговицы биолинз в парацентральные и периферические участки роговицы, при этом выраженность эффекта зависела от толщины и зоны расположения имплантата [3–5]. А.П. Гончар разработал и внедрил в практику метод межслойной рефракционной меридиональной кератопластики (тоннельная кератопластика) [6].

Большой вклад в развитие интрастромальной кераторефракционной хирургии внес М.А. Фролов, который предложил методику межслойной секторальной кератопластики. Операция заключалась в формировании несквозных межслойных тоннелей в строме роговицы и введении в них лентовидных имплантатов из донорской роговицы с нанесением послабляющих надрезов с целью коррекции простого миопического и смешанного астигматизма [7]. По мнению авторов, эти методы имеют высокую эффективность для коррекции миопии

и гиперметропии. Тогда противопоказанием к таким операциям был кератоконус (КК) [4].

Немного позднее были опубликованы работы по применению оптических линз из прозрачной пластмассы. Первые эксперименты по разработке роговичных колец начались в 1985 году, а уже на следующий год Р. Ferrara предложил имплантат кольцевой формы (Ferrara Ring), выполненный из полиметилметакрилата (ПММА), который использовали в кераторефракционных операциях. И только с 1996 года роговичные кольца начали имплантировать пациентам с КК. Таким путем происходило внедрение метода интрастромальной имплантации роговичных сегментов (ИРС). Импланты, которые применяют в настоящее время, имеют вариации размера и формы поперечного сечения: импланты Intacs имеют шестиугольную форму, кольца Ferrara — треугольную и Bisantis-сегменты — овальную форму поперечного сечения. Основной целью использования сегментов и колец, в том числе и при КК, является обеспечение центрального и периферического уплощения роговицы и, как следствие, исправление миопического и астигматического компонента рефракции с достижением высокой остроты зрения без коррекции или с переносимой очковой коррекцией [8–11].

Операция заключается в создании роговичных туннелей на глубине около 70–80 % толщины роговицы. В настоящее время это выполняют не только механическим способом, но и с помощью фемтосекундного лазера (ФСЛ). В туннели вводят роговичные сегменты (РС), которые должны отстоять друг от друга примерно на 2,0 мм. Метод применяют при КК II и III стадии [12–17].

Противопоказаниями к ИРС являются: стойкое помутнение роговицы в оптической зоне, среднее значение кератометрии более 75 дптр, отек роговицы, местная или системная активная инфекция, толщина центральной зоны роговицы до 425 микрон [17–20].

Клинические исследования, проведенные ретроспективно многими авторами у пациентов с КК, показали высокую эффективность данного метода. Через 6 месяцев после операции показатель некорригированной остроты зрения (НКОЗ) в среднем повышается с $0,07 \pm 0,08$ до $0,3 \pm 0,21$, средняя острота зрения с коррекцией (КОЗ) в те же сроки увеличивается с $0,37 \pm 0,25$ до $0,6 \pm 0,17$ [21–27].

Несмотря на высокие функциональные результаты и короткий реабилитационный период, для имплантации ИРС свойственны осложнения различной степени тяжести. К самому часто встречающемуся осложнению можно отнести дислокацию имплантов. По данным различных исследователей, протрузия сегмента наблюдается в среднем в 19 % (12,0–25,7 %) случаев [28–30]. Возможной причиной авторы называют поверхностную имплантацию. В литературе также описаны случаи перфорации, неоваскуляризации, расплавления роговицы, появление депозитов вокруг колец, инфекционный кератит, хейз, «гало» эффекты [31–34].

Следует упомянуть, что данная операция не оказывает непосредственного патогенетического воздействия

на строму роговицы и не способна восстановить полностью ее биомеханическую и структурную целостность, тем более затормозить прогрессию эктазии.

Следующим вариантом интрастромальной кератопластики, которую применяют в настоящее время, является имплантация биологических тканей. В качестве трансплантата используют, в частности, боуменову мембрану (БМ). Показанием к проведению данной операции является прогрессирующий КК III–IV стадии. Основная цель при этом — отсрочить выполнение радикальных видов кератопластики [35]. Техника операции заключается в следующем: БМ отделяют от донорского трансплантата, подвергают КРК, затем высекателем формируют трансплантат диаметром 8,5 мм и имплантируют в интраламеллярный карман, сформированный на 2/3 глубины роговицы в пределах лимбального кольца. Данный метод, по мнению авторов, способен затормозить развитие КК [35, 36].

В качестве трансплантата используют также роговичный диск целиком, который пересаживают в толщу расслаиваемой стромы роговицы. Впервые операция предложена Н.В. Душиным, В.С. Беляевым и соавт. в 1990 году. Этот вид кератопластики применяют у пациентов с КК I–II стадии, т. к. при значительном истончении роговицы выполнение данного вида операции становится невозможным. Противопоказанием является наличие помутнений и рубцов на вершине КК. В качестве результата авторы описывали повышение КОЗ и НКОЗ, а также отмечали стабилизацию процесса при относительно длительном сроке наблюдения. Из осложнений были отмечены кератопатия, лизис трансплантата, высокая степень астигматизма и перфорация роговицы во время операции, с течением времени появление фиброза в зоне интерфейса и, как следствие, снижение зрения [37, 38].

В качестве трансплантата используют также сегмент стромы роговичного диска.

В 2014 году В.Р. Мамиконяном и соавт. была разработана и применена операция, суть которой сводится к восстановлению толщины роговицы в эктатической зоне путем интерламеллярной пересадки соответствующего ей по размерам послойного трансплантата, играющего роль бандажа. В результате одновременно имеет место стабилизация процесса, коррекция рефракционных нарушений и устранение структурных изменений. Операция получила название бандажной лечебно-оптической кератопластики (БЛОК). Показанием к ее применению при КК является прогрессирование заболевания при II–III стадии. Технически метод заключается в следующем: предварительно на кератотопограмме, в соответствии с локализацией и площадью кератэктазии (КЭ), определяют и отмечают предполагаемое расположение и размеры трансплантата. С помощью ФСЛ из донорской роговицы по введенным в программу параметрам, полученным при кератотопографии, изготавливают послойную кольцевидную ленту, из которой впоследствии высекают соответствующий по размерам

сегмент, представляющий собственно трансплантат. В соответствии с шириной ленты с помощью того же лазера в роговице реципиента на заданной максимальной глубине формируют кольцевидный интерламеллярный карман. Через небольшой радиальный надрез передней стенки кармана трансплантат вводят в интерламеллярное ложе и размещают в намеченном секторе. В качестве результата авторы описывают остановку прогрессирования КК при длительном сроке наблюдения, повышение КОЗ и НКОЗ [39].

В последнее время за рубежом опубликованы единичные сообщения об интраламеллярной имплантации трансплантатов, выкроенных из стромы донорской роговицы. Принцип операции остается таким же, как при БЛОК, отличие — в форме импланта и в наличии комбинации с кросслинkinгом. Так, L. Mastropasqua и соавт. имплантировали лентикулярные трансплантаты в форме мениска у пациентов с КК III–IV ст. [40].

S. Jacob и соавт. опубликовали результаты применения корнеальных сегментов, выполненных из донорской роговицы — Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments (CAIRS). В исследование вошли 20 пациентов с КК от I до IV стадии. Первым этапом был выполнен КРК. Затем

CAIRS имплантировали в интрастромальные тоннели, подготовленные с помощью ФСЛ. Авторы указывают на повышение после операции НКОЗ, КОЗ, как и после БЛОК. Ни у одного пациента за период наблюдения не было отмечено дислокации имплантов и прогрессирования КК [41].

В заключение следует сказать, что в последнее время возрастает интерес к интраламеллярной кератопластике с имплантацией биологических тканей в лечении разного вида кератэктазий. Этот факт можно объяснить тем, что операция имеет очевидные преимущества перед сквозной и передней глубокой послойной кератопластикой. При этом отсутствует риск развития реакции тканевой несовместимости, короче реабилитационный период и нет необходимости в длительном применении кортикостероидов, а применение ФСЛ минимизирует риск интраоперационных осложнений. Полученные предварительные результаты обнадеживают, однако требуется дальнейшее изучение возможностей метода с последующим внедрением его в хирургическую практику.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Осипян Г.А. — научное редактирование и написание текста;
Храйстин Х. — техническое редактирование, оформление библиографии.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Беляев В.С., Кравчинина В.В., Душин Н.В. Межслойная пересадка роговицы (современное состояние, перспективы). *Офтальмологический журнал*. 1983;2:94–98. [Belyaev V.S., Kravchinina V.V., Dushin N.V. Interlayer Cornea Transplantation (Current State, Prospects). *Journal of Ophthalmology (Ukraine) = Ovtal'mologitschekij zhurnal* 1983;2:94–98 (In Russ.).]
- Морхат И.В., Медведская Л.Е. Методика расчетов изменения рефракции при рефракционной интраламеллярной кератопластике твердым аллопластическим материалом. *Проблемы офтальмологии*. Киев, 1976:54–55. [Morhat I.V., Medvedskaya L.E. Methods for calculating changes in refraction in refractive intralamellar keratoplasty with solid alloplastic material. *Problemy oftal'mologii*. Kiev, 1976:54–55 (In Russ.).]
- Блаватская Е.Д. Применение интраламеллярной гомопластики с целью ослабления рефракции глаза. *Офтальмологический журнал*. 1966;7:530–537. [Blavatsky E.D. The use of intralamellar homoplasty in order to weaken the refraction of the eye. *Journal of Ophthalmology (Ukraine) = Ovtal'mologitschekij zhurnal*. 1966;7:530–537 (In Russ.).]
- Беляев В.С. Межслойная пересадка роговицы с оптической целью. *Вестник офтальмологии*. 1973;4:45–48. [Belyaev V.S. Interlayer Cornea Transplant with an Optical Target. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 1973;4:45–48 (In Russ.).]
- Barraquer J.I. Lamellar keratoplasty. Special techniques. *Ann. Ophthalmol*. 1972;4:437–469.
- Гончар П.А., Беляев В.С., Кравчинина В.В. Межслойная рефракционная тоннельная кератопластика в коррекции близорукости и астигматизма. *Вестник офтальмологии*. 1988;104(4):25–30. [Gonchar P.A., Belyaev V.S., Kravchinina V.V. Interlayer refraction tunnel keratoplasty in the correction of myopia and astigmatism. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 1988;104(4):25–30 (In Russ.).]
- Фролов М.А., Беляев В.С., Душин Н.В. Интраламеллярная секторальная кератопластика в хирургической коррекции астигматизма. *Вестник офтальмологии*. 1996;4–6;112(2):15–18. [Frolov M.A., Belyaev V.S., Dushin N.V. Intralamellar sectoral keratoplasty in the surgical correction of astigmatism. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 1996 4–6;112(2):15–18 (In Russ.).]
- Alió J.L., Vega-Estrada A., Esperanza S. Intrastromal corneal ring segments: how successful is the surgical treatment of keratoconus? Review article. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2014 Jan-Mar;21(1):3–9. DOI: 10.4103/0974-9233.124076
- Colin J., Cochener B., Savary G., Malet F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. *J. Cataract. Refract. Surg*. 2000;26(8):1117–1122. DOI: 10.1016/s0886-3350(00)00451-x
- Rabinowitz Y.S. Intacs for keratoconus. *Curr. Opin. Ophthalmol*. 2007, Jul;18(4): 279–283. DOI: 10.1097/ICU.0b013e3281fc94a5
- Beniz L.A.F., Queiroz G.H., Queiroz C.F., Lopes W.L., Beniz L.F.M.J. Intrastromal corneal ring segments delay corneal grafting in patients with keratoconus. *Arq Bras Oftalmol*. 2016 Feb;79(1):30–32. DOI: 10.5935/0004-2749.20160009
- Burris T.E. Intrastromal corneal ring technology: results and indications. *Curr Opin Ophthalmol*. 1998;9(4):9–14. DOI: 10.1097/00055735-199808000-00003
- Boxer Wachler B.S., Christie J.P., Chandra N.S., Chou B., Korn T., Nepomuceno R. Intacs for keratoconus. *Ophthalmology*. 2003;110(5):1031–1040. DOI: 10.5005/jp/books/10533
- Ertan A., Colin J. Intracorneal rings for keratoconus and keratectasia. *J. Cataract. Refract. Surg*. 2007;33(7):1303–1314. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.02.048
- Jabbarvand M., Salamatrada A., Hashemian H., Mazloumi M., Khodaparast M.J. Continuous intracorneal ring implantation for keratoconus using a femtosecond laser. *Cataract. Refract. Surg*. 2013;39(7):1081–1087. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.02.054
- Siganos C.S., Kymionis G.D., Kartakis N., Theodorakis M.A., Astyrakakis N., Pallikaris I.G. Management of keratoconus with Intacs. *Am. J. Ophthalmol*. 2003;135(1):64–70. DOI: 10.1016/s0002-9394(02)01824-x
- Ganesh S., Shetty R. Intrastromal corneal ring segments for management of keratoconus. *Indian J Ophthalmol*. 2013 Aug;61(8):451–455. DOI: 10.4103/0301-4738.116065
- Kymionis G.D., Siganos C.S. Long-term follow-up of Intacs in keratoconus. *Am. J. Ophthalmol*. 2007;143:236–244. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.10.041
- Giacomin N.T., Mello G.R., Medeiros C.S. Intracorneal Ring Segments Implantation for Corneal Ectasia. Review article. *J Refract Surg*. 2016 Dec 1;32(12):829–839. DOI: 10.3928/1081597X-20160822-01
- Kanellopoulos A.J., Pe L.H., Perry H.D., Donnenfeld E.D. Modified intracorneal ring segment implantations (INTACS) for the management of moderate to advanced keratoconus: efficacy and complications. *Cornea*. 2006;25(1):29–33. DOI: 10.1097/01.icc.0000167883.63266.60
- Ferrara G., Torquetti L., Ferrara P. Intrastromal corneal ring segments: visual outcomes from a large case series. *Clin Exp Ophthalmol*. 2012 Jul;40(5):433–439. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2011.02698.x
- Alió J.L., Shabayek M.H., Belda J.L., Correas P., Feijoo E.D. Analysis of results related to good and bad outcomes of Intacs implantation for keratoconus correction. *J. Cataract. Refract. Surg*. 2006;32(5):756–761. DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.02.012
- Poulsen D.M., Kang J.J. Recent advances in the treatment of corneal ectasia with intrastromal corneal ring segments. Review article. *Curr Opin Ophthalmol*. 2015 Jul;26(4):273–277. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000163
- Piñero D.P., Alió J.L., El Kady B., Coskunseven E., Morbelli H., Uceda-Montanes A., Maldonado M.J., Cuevas D., Pascual I. Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures. *Ophthalmology* 2009;116(9):1675–1687. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.05.016
- Torquetti L., Ferrara G., Almeida F. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10-year follow-up. *J Refract Surg*. 2014 Jan;30(1):22–26. DOI: 10.5005/jp-journals-10025-1005
- Vega-Estrada A.I., Alió J.L., Brenner L.F. Outcomes of intrastromal corneal ring segments for treatment of keratoconus: five-year follow-up analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Aug;39(8):1234–1240. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.03.019
- Alió M.H., Shabayek A. Artola Intracorneal ring segments for keratoconus correction: longterm follow-up. *J. Cataract. Refract. Surg*. 2006;32(6):978–985. DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.02.044
- Chan K., Hersh P.S. Removal and Repositioning of Intracorneal Ring Segments: Improving Corneal Topography and Clinical Outcomes in Keratoconus and Ectasia. *Cornea*. 2017 Feb;36(2):244–248. DOI: 10.1097/ico.0000000000001075

Г.А. Осипян, Х. Храйстин

29. Chan K., Hersh P.S. Intrastromal Corneal Ring Segment Explantation in Patients With Keratoconus: Causes, Technique, and Outcomes. *J Refract Surg.* 2015 Jun;31(6):392–397. DOI: 10.3928/1081597X-20150521-05
30. Torquetti L., Ferrara P. Reasons for intrastromal corneal ring segment explantation. *J Cataract Refract. Surg.* 2010;36(11):2014–2015. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.08.025
31. Chaudhry L.A., Al-Ghamdi A.A. Bilateral infectious keratitis after implantation of intrastromal corneal ring segments. *Cornea.* 2010,Mar.;29(3):339–341. DOI: 10.1097/ico.0b013e3181a87b35
32. Coskunseven E.I., Kymionis G.D., Tsiklis N.S., Atun S., Arslan E., Siganos CS, Jankov M, Pallikaris IG. Complications of intrastromal corneal ring segment implantation using a femtosecond laser for channel creation: a survey of 850 eyes with keratoconus. *Acta ophthalmologica.* 2011;89(1):54–57. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2009.01605.x
33. Kugler L.J.I., Hill S., Sztipanovits D., Boerman H. Corneal melt of incisions overlying corneal ring segments: case series and literature review. Review article. *Cornea.* 2011 Sep;30(9):968–971. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3182031ca0
34. Galvis V., Tello A., Delgado J., Valencia F., Gómez A.J., Diaz L.A. Late bacterial keratitis after intracorneal ring segments (Ferrara ring) insertion for keratoconus. *Cornea.* 2007;26(10):1282–1284. DOI: 10.1097/ico.0b013e3181506142
35. Sharma B., Dubey A. Bowman's layer transplantation: evidence to date. *Clin Ophthalmol.* 2018 Mar 5;12:433–437. DOI: 10.2147/OPHTH.S141127
36. Гетадарян В.Р., Оганесян О.Г. Кросслинкинг боуменовской мембраны с последующей ее трансплантацией (предварительное сообщение). Современные технологии в офтальмологии. 2018;(4):57–59. [Getadaryan V.R., Oganesyanyan O.G. Crossing of the Bowman membrane with subsequent transplantation (preliminary communication). Modern technologies in ophthalmology = *Sovremennyye tekhnologii v oftalmologii.* 2018;(4):57–59 (In Russ.)].
37. Душин Н.В. Хирургическое лечение кератоконуса методом межслойной кератопластики. *Офтальмологический журнал.* 1990;5:283–285. [Dushin N.V. Surgical treatment of keratoconus by the method of interlayer keratoplasty. *Journal of Ophthalmology (Ukraine) = Oftalmologitschekij zhurnal.* 1990;5:283–285 (In Russ.)].
38. Душин Н.В., Беляев В.С., Гончар П.А., Фролов М.А. Клинические возможности межслойной кератопластики. *Российский медицинский журнал. Клиническая офтальмология.* 2000;1(3):72–77. [Dushin N.V., Belyaev V.S., Gonchar P.A., Frolov M.A. Clinical possibilities of interlayer keratoplasty. *Russian Medical Journal. Clinical Ophthalmology = Rossijskij medicinskij zhurnal.* 2000;1(3):72–77 (In Russ.)].
39. Мамиконян В.Р., Аветисов С.Э., Осипян Г.А., Егорова Г.Б., Догузов В.А., Митичкина Т.С. Интерламеллярная бандажная кератопластика для лечения прогрессирующего кератоконуса (предварительное сообщение). *Вестник офтальмологии.* 2015;1:18–23. [Mamikonyan V.R., Avetisov S.E., Osipyanyan G.A., Egorova G.B., Doguzov V.A., Mitichkina T.S. Interlamellar bandage keratoplasty for the treatment of progressive keratoconus (preliminary report). *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2015;1:18–23 (In Russ.)]. DOI: 10.17116/oftalma2015131118-23
40. Mastropasqua L., Nubile M. Femtosecond Laser-Assisted Stromal Lenticule Addition Keratoplasty for the Treatment of Advanced Keratoconus: A Preliminary Study Niccolò Salgari. *J Refract Surg.* 2018;34(1):36–44. DOI: 10.3928/1081597x-20171004-04
41. Jacob S., Patel S.R. Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments (CAIRS) Combined With Corneal Cross-linking for Keratoconus. *J Refract Surg.* 2018 May 1;34(5):296–303. DOI: 10.3928/1081597x-20180223-01

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Осипян Григорий Альбертович
кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела патологии роговицы
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
Храйстин Хусам
аспирант
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases
Osipyanyan Grigoriy A.
PhD, Senior Researcher at Corneal Pathology Department
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia

Research Institute of Eye Diseases
Khraystyn Khusam
postgraduate
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russia