Ситник Г.В.

Белорусская медицинская академия последипломного образования, Минск, Беларусь

Sitnik H.

Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education, Minsk, Belarus

Глубокая передняя послойная кератопластика: варианты хирургической техники и результаты

Deep Anterior Lamellar Keratoplasty: Options for Surgical Technique and Results

Резюме

Глубокая передняя послойная кератопластика (ГППК) представляет собой метод выбора при трансплантации роговицы у пациентов с эктазиями, дегенерациями, помутнениями роговицы, когда десцеметова мембрана и эндотелий остаются интактными.

Цель работы. Проанализировать особенности хирургической техники и эффективность глубокой передней послойной кератопластики при эктазиях и дегенерациях роговицы.

Материал и методы. В исследование были включены 89 пациентов (91 глаз) с эктазиями и дегенерациями роговицы, которым была выполнена ГППК. Средний возраст составил $37,7 \pm 15,6$ года (от 20 до 87 лет). Пациенты были разделены на 2 группы. В 1-ю группу вошли 44 пациента (46 глаз) с кератоконусом и пеллюцидной маргинальной дегенерацией. Во 2-ю группу – 45 пациентов (45 глаз) с вторичными эктазиями после воспалительных заболеваний, последствиями травм и дегенерациями роговицы. Частота осложнений до операции (рубец, десцеметоцеле, перфорации, неоваскуляризация) была более значимой во 2-й группе. Период наблюдения составил от 1 года до 6 лет.

Результаты. В 1-й группе в 19 случаях (подгруппа 1А) была выполнена фемтоассистированная ГППК с применением хирургической техники М. Аппвар, частота формирования «большого пузыря» составила 89,5%. В 19 случаях (подгруппа 1Б) трепанация роговицы была мануальной, классический «большой пузырь» достаточных размеров был получен в 73,7% случаев. В осложненных случаях (8 глаз в 1-й группе и 14 глаз 2-й группы) применяли модифицированную технику операции. Итоговая рефракция в обеих группах была миопической, а острота зрения наилучшей в 1-й группе: она составила 0,4 [0,2; 0,9] без коррекции и 0,7 [0,4; 1,0] с коррекцией. Во 2-й группе острота зрения без коррекции и с коррекцией составила соответственно 0,3 [0,1; 0,7] и 0,6 [0,2; 0,9]. Плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) в 1-й группе на момент завершения исследования была 2295 кл/мм², во 2-й группе 1993 кл/мм².

Выводы. Выполнение ГППК с фемтолазерным сопровождением в 1А подгруппе пациентов позволило улучшить результаты и облегчить хирургический этап: эффективная отслойка десцеметовой мембраны во время операции с применением техники «большого пузыря» получена в 89,5% случаев, в то время как в подгруппе 1Б – 73,7%, а во 2-й группе – 54,5%. Выполнение ГППК в нестандартных случаях требует комбинирования хирургических методов, использования интраоперационной ОКТ, а модифицированная техника дает возможность эффективно выполнить операцию даже при наличии рубца, десцеметоцеле или перфорации роговицы.

Ключевые слова: глубокая передняя послойная кератопластика, кератоконус, пеллюцидная маргинальная дегенерация, эктазия роговицы, фемтоассистированная пересадка роговицы, отслойка десцеметовой мембраны.

Abstract

Deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) is the method of choice for corneal transplantation in patients with ectasias, degenerations, and opacities of the cornea, when Descemet's membrane and endothelium remain intact.

Purpose. To analyze the options for surgical technique and the effectiveness of DALK in cases of corneal ectasias and degenerations.

Material and methods. The study included 89 patients (91 eyes) with corneal ectasias and degenerations who underwent DALK. The mean age was 37.7 ± 15.6 years (from 20 to 87 years). The patients were divided into 2 groups. Group 1 included 44 patients (46 eyes) with keratoconus and pellucid marginal degeneration. Group 2 included 45 patients (45 eyes) with secondary ectasias after inflammatory diseases, the consequences of trauma and corneal degenerations. The incidence of complications before surgery (scar, descemetocoele, perforation, neovascularization) was more significant in group 2. The follow-up period ranged from 1 to 6 years.

Results. 19 cases of group 1 (subgroup 1A) underwent femtoassisted DALK using the surgical technique described by M. Anwar, the rate of "big bubble" formation was 89.5%. In 19 cases (subgroup 1B), corneal trepanation was manual, a classic "big bubble" of sufficient size was obtained in 73.7%. In complicated cases (8 eyes in group 1 and 14 eyes in group 2), a modified surgical technique was used. The final refraction in both groups was myopic, the visual acuity (VA) was the best in group 1: 0.4 [0.2; 0.9] without correction, BCVA was 0.7 [0.4; 1.0]. In group 2, VA without correction and BCVA was 0.3 [0.1; 0.7] and 0.6 [0.2; 0.9] respectively. The density of endothelial cells in group 1 at the end of the study was 2295 cells/mm², in group 2 – 1993 cells/mm².

Conclusions. The use of femtosecond laser in subgroup 1A allowed to improve the results and facilitate the surgery: effective detachment of Descemet's membrane during the surgery using the "big bubble" technique was obtained in 89.5%, while in subgroup 1B – 73.7%, and in the 2nd group – 54.5%. DALK in atypical cases requires a combination of surgical methods and the use of intraoperative OCT. The modified technique of DALK promotes successful operation even in the presence of a scar, descemetocoele, or corneal perforation.

Keywords: deep anterior lamellar keratoplasty, keratoconus, pellucid marginal degeneration, corneal ectasias, femto-assisted corneal transplantation, Descemet membrane detachment.

■ ВВЕДЕНИЕ

Глубокая передняя послойная кератопластика (ГППК) представляет собой метод выбора при трансплантации роговицы у пациентов с эктазиями, дегенерациями, помутнениями роговицы, когда десцеметова мембрана и эндотелий остаются интактными. В настоящее время предложены различные варианты хирургических техник операции, среди которых наиболее известна техника «большого пузыря», описанная в 2002 г. М. Anwar и К. Teichmann и являющаяся «золотым стандартом» лечения пациентов с первичными эктазиями роговицы [1–3].

К первичным эктазиям роговицы относят кератоконус, кератоглобус и пеллюцидную маргинальную дегенерацию (ПМД). Для этих заболеваний характерна наследственная предрасположенность,

прогрессирующая деформация роговицы, которая влечет за собой появление роговичного астигматизма и снижение зрения. Вторичные эктазии развиваются в результате перенесенных воспалительных заболеваний и травм, которые приводят к значимому снижению толщины роговицы, также могут возникать в результате растяжения и истончения роговичных рубцов или при дегенерациях роговицы (кератиты и язвы, ранения, хирургические вмешательства на переднем отрезке глаза, ожоги, дегенерация Терриена) [1–5].

При критическом истончении показана трансплантация роговицы, которая является единственно возможным методом восстановления анатомии и зрения.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать особенности хирургической техники и эффективность глубокой передней послойной кератопластики при эктазиях и дегенерациях роговицы.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 89 пациентов (91 глаз) с эктазиями и дегенерациями роговицы, которым была выполнена ГППК (рис. 1, 2). Средний возраст составил $37,7 \pm 15,6$ года (от 20 до 87 лет). Пациенты были разделены на 2 группы. Характеристики групп представлены в табл. 1. Как следует из таблицы, исходное состояние роговицы пациентов второй группы в целом было сопряжено с большим числом осложнений ($p=0,02$). Десцеметоцеле и перфорации роговицы у пациентов первой группы развились после перенесенного кератоконъюнктивита. В 4 случаях выявлено затяжное торпидное течение острого гидропса у

Таблица 1
Характеристики групп пациентов

Table 1
Characteristics of groups

Параметр	Группа 1	Группа 2
Количество пациентов / глаз	44/46	45/45
Возраст	37,5 года (20–56)	39,8 года (20–87)
Пол (м/ж)	25/19	21/24
Основной диагноз до операции	– кератоконус – 37 – ПМД – 6 – острый гидропс роговицы – 3	– вторичные эктазии после воспалительных заболеваний – 34 – вторичные эктазии после операций на переднем отрезке глаза – 3 – дегенерации роговицы – 4 – последствия травм – 4
Наличие осложнений до операции	– критическое истончение менее 150 мкм – 2 – десцеметоцеле – 1 – перфорация роговицы – 2 – неоваскуляризация роговицы – 3	– критическое истончение менее 150 мкм – 6 – десцеметоцеле – 3 – перфорация роговицы – 2 – неоваскуляризация роговицы – 6
Период наблюдения	1–6 лет	1–6 лет

Рис. 1. Передний отрезок глаза пациентов первой группы: А – кератоконус IV ст.; В – оптическая когерентная томография при частичном остром гидропсе роговицы при ПМД, стрелкой показан разрыв десцеметовой мембраны; С – ПМД, стрелкой показана область истончения роговицы, расположенная в 2 мм от лимба

Fig. 1. Anterior eye segment in patients of first group: A – advanced keratoconus; B – optical coherence tomography in partial acute corneal hydrops in PMD, Descemet membrane rupture is shown by an arrow; C – PMD, area of corneal thinning 2 mm from the limbus shown by an arrow

пациентов с синдромом Дауна (2 глаза) и при вторичном инфицировании (2 глаза).

Пациенты были прооперированы в отделениях микрохирургии глаза № 1 и № 2, далее наблюдались в офтальмологическом консультативно-диагностическом отделении УЗ «10-я городская клиническая больница» г. Минска в период с 2015 по 2020 г. До операции и в течение периода наблюдения проводили полное офтальмологическое обследование, включая выполнение ОКТ переднего отрезка глаза (Visante OCT, Carl Zeiss Meditec; SOCT Copernicus REVO, Optopol Technology), кератотопографии (Торсон SP-3000Р, Япония), эндотелиальной биомикроскопии с оценкой плотности эндотелиальных клеток (Торсон SP-1Р, Япония).

Рис. 2. Передний отрезок глаза пациентов второй группы: А – вторичная эктазия роговицы в исходе периферического кератита; В – вторичная эктазия роговицы в исходе герпетического кератита; С – эктазия в области посттравматического рубца роговицы; D – дегенерация Терриена

Fig. 2. Anterior eye segment in patients of second group: A – secondary ectasia due to peripheral keratitis; B – secondary ectasia due to herpetic keratitis; C – ectasia in the area of post-traumatic corneal scar; D – Terrien's cornea degeneration

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием статистических пакетов «Statistica 10» (StatSoft Inc., США) и Microsoft Excel 2016 для Windows 10, AtteStat 8.0. При нормальном распределении признака использовали методы параметрической статистики. Оценку достоверности разности сравниваемых величин проводили на основании величины критерия Стьюдента (t). При распределении, отличном от нормального, данные представляли в виде медианы (Me) и интервала между 25-м и 75-м процентиллями Me (25; 75), использовали методы непараметрической статистики. Результаты исследования считали достоверными, различия между показателями – значимыми при вероятности безошибочного прогноза не менее 95% ($p < 0,05$).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во всех случаях был использован нативный донорский материал, операции выполняли под эндотрахеальным наркозом. При относительно равномерном истончении роговицы и толщине не менее 250 мкм использовали ранее описанную M. Anwar и K.D. Teichmann (2002) технику «большого пузыря». На рис. 3 представлены этапы операции. Сначала выполняли роговичную насечку на глубину до 70–80% толщины роговицы, затем при помощи шприца и иглы 27G вводили стерильный воздух в глубокие слои стромы роговицы, чтобы добиться формирования «большого пузыря», отслаивающего десцеметову мембрану. Поверхностный роговичный лоскут удаляли при помощи ножа-расслаивателя (рис. 3А). Затем лезвием рассекали оставшуюся строму над пузырем воздуха и удаляли ее, оставляя открытой десцеметову мембрану пациента (рис. 3В, 3С). С донорского роговичного трансплантата удаляли эндотелий и десцеметову мембрану, укладывали его в подготовленное роговичное ложе и фиксировали четырьмя провизорными швами (нейлон 10-0). Затем накладывали множественные узловые швы, комбинируемый или двойной непрерывный шов до полной адаптации раны (рис. 3D). У 19 пациентов первой группы (подгруппа 1А) трепанирование роговицы и формирование роговичного трансплантата выполняли с использованием фемтосекундного лазера (IntraLase 60 kHz, IntraLase iFS (Johnson & Johnson)), что позволило получить роговичное ложе заданных параметров, облегчило введение воздуха на необходимую глубину (по дну роговичной борозды), в результате чего был образован «большой пузырь», отслаивающий десцеметову мембрану в пределах роговичной насечки в 17 случаях (89,5%).

У 19 пациентов 1-й группы (подгруппа 1Б) выполняли мануальное формирование роговичной насечки, при этом классический «большой пузырь» достаточных размеров был получен в 14 случаях (73,7%). Наблюдалась также варианты атипичных «больших пузырей», которые представлены на рис. 4. В таких ситуациях дополнительно использовали метод введения вискоэластика внутрь воздушного пузыря для увеличения площади отслойки десцеметовой мембраны и технику послойного удаления стромы роговицы по G.R. Melles et al. [2, 6–13].

У 8 пациентов 1-й группы до операции были выявлены осложнения в виде истончения роговицы менее 150 мкм (4 глаза), наличие периферических рубцовых изменений стромы при ПМД (1 глаз), перфорации

Рис. 3. Этапы ГППК с фемтосопровождением у пациента первой группы: А – поверхностный лоскут удален, в оставшемся слое стромы видны пузырьки воздуха; В – остаточная строма рассечена лезвием; С – десцеметова мембрана обнажена, мелкие пузырьки воздуха в передней камере; D – роговичный трансплантат фиксирован комбинированным швом

Fig. 3. Surgical steps of femtosecond laser-assisted DALK in 1st group: A – the superficial flap is removed, air bubbles are visible in the remaining stroma layer; B – the residual stroma is dissected with a blade; C – Descemet's membrane is bared, small air bubbles in the anterior chamber; D – the corneal graft is fixed with a combined suture

роговицы (2 глаза) и десцеметоцеле (1 глаз), возникшие во время острого гидропса, кератоконъюнктивита у пациентов с терминальным кератоконусом и ПМД. Предпочтение ГППК было отдано в связи с потенциально меньшим числом возможных осложнений по сравнению со сквозной пересадкой роговицы. В таких случаях была использована модифицированная техника операции, описанная ниже.

Диаметр послойного роговичного трансплантата не различался, в 1-й группе составил 7,75 мм (7,0–9,0 мм), во 2-й группе – 7,5 мм (6,5–8,5 мм) ($p>0,05$). В 2 случаях 1-й группы и 9 случаях 2-й группы была выполнена частичная ГППК при крайне периферической локализации

Рис. 4. Атипичные варианты отслойки десцеметовой мембраны при использовании техники «большого пузыря»: А – формирование «большого пузыря» при прозрачной роговице при фемтоассистированной ГППК, граница показана стрелкой; В – локальный пузырь в области наиболее тонкой роговицы (верхушка конуса), показан стрелкой; С – комбинированная техника сепарации десцеметовой мембраны, внутри пузыря стрелкой показана граница вискоэластика и воздуха

Fig. 4. Atypical variants of Descemet's membrane detachment when using the "big bubble" technique: A – formation of a "big bubble" with a transparent cornea in femtoassisted DALK, the edge is shown by an arrow; B – a local bubble in the area of the thinnest cornea (apex of the cone), shown by an arrow; C – combined technique of separation of Descemet's membrane, the border between viscoelastic and air inside the bubble is shown by an arrow

истончения роговицы. Были использованы трансплантаты в форме сегмента, подковообразные, полулунные (рис. 5).

Во 2-й группе в 22 случаях операцию начинали по методу М. Anwar и К.Д. Teichmann, но формирования классического «большого пузыря», отслаивающего десцеметову мембрану на достаточном протяжении, удалось добиться в 12 из них (54,5%), что достоверно отличается от результата в 1-й группе ($\chi^2=2,4$, $p\leq 0,05$). Для завершения операции дополнительно применяли вискодиссекцию и послойное удаление стромы.

В 14 случаях 2-й группы, когда до операции были выявлены выраженное истончение, наличие рубцов, десцеметоцеле и перфораций роговицы, которые могли стать причиной интраоперационного разрыва десцеметовой мембраны, исходно применяли модифицированную хирургическую технику, которая заключалась в следующем. Выполняли частичную трепанацию роговицы на глубину 50–80% (с учетом минимальной толщины в этой зоне по данным ОКТ до и во время операции), через парацентез вводили вискоэластик в переднюю камеру глаза, преимущественно в области расположения истончения или дефекта роговицы. В случае десцеметоцеле или перфорации роговицы на поверхность в этой области наносили вискоэластик и прижимали ее смоделированным по размеру микротупфером. Затем вводили стерильный воздух в строму роговицы с помощью иглы 27 или 30G, повернутой в сторону передней камеры, продвигая ее так, чтобы избежать непосредственного приближения к области дефекта роговицы, создать пузырь воздуха между стромой и десцеметовой оболочкой, который вызовет ее отслоение на необходимом протяжении. При наличии технической возможности использовали интраоперационную ОКТ для верификации наличия отслойки десцеметовой мембраны и ее протяженности после введения воздуха.

В случаях десцеметоцеле/перфорации роговицы образование полноценного «большого пузыря» было затруднительным, поскольку воздух, отслоив десцеметову мембрану, свободно выходил через края стромального дефекта. В таких ситуациях дополнительно вводили вискоэластик в строму в области ее дефекта. После этого выполняли частичную поверхностную кератэктомия, оставляя кольцо стромальной ткани для предотвращения дальнейшего разрыва десцеметовой оболочки.

При необходимости через прокол вводили вискоэластик внутрь пузыря для расширения зоны отслойки и защиты десцеметовой мембраны. После этого глубокие слои стромы над пузырем вскрывали лезвием, удаляли лоскуты на всем протяжении, исключая область стромального кольца (в зоне рубца, десцеметоцеле, перфорации), которое удаляли в последнюю очередь или частично оставляли. На завершающем этапе в подготовленную ложе помещали трансплантат с предварительно удаленными десцеметовой оболочкой и эндотелием и фиксировали швами. В большинстве случаев в переднюю камеру глаза вводили небольшое количество 10% газовоздушной смеси перфторпропана (C3F8) или сульфогексафторида (SF6) для улучшения адгезии десцеметовой оболочки к роговичному стромальному трансплантату.

Важным компонентом местного медикаментозного лечения после пересадки роговицы является антибактериальная терапия (АБТ).

Рис. 5. Частичная ГППК при периферической локализации области эктазии роговицы: А – передний отрезок глаза до операции; В – конъюнктивa отсепарована, в строму роговицы введен воздух; С – слои стромы роговицы удалены до десцеметовой мембраны; D – послойный роговичный трансплантат фиксирован швами

Fig. 5. Partial DALK in peripheral corneal ectasia: A – anterior segment of the eye before surgery; B – the conjunctiva is separated, air is injected into the corneal stroma; C – the layers of the corneal stroma removed to the Descemet's membrane; D – the lamellar corneal graft fixed with sutures

Предпочтение отдавали препаратам без консервантов, назначали офтаквикс через 2–3 часа в 1–2-е сутки, затем 4 раза в сутки в течение 10 дней. Крайне важным представляется соблюдение оптимальной кратности и сроков местной АБТ. Использование местного препарата более 12 суток является нежелательным, так как это может приводить к усилению побочных эффектов, развитию антибиотикорезистентности. Клиническая эффективность местного препарата становится очевидной уже через 2–4 суток от старта использования. При отсутствии таковой требуется смена препарата или назначение дополнительного антибактериального средства. У наблюдаемых пациентов во всех случаях необходимая эффективность была достигнута, смена препарата не потребовалась.

Глюкокортикостероидные (ГКС) противовоспалительные препараты местно (офан дексаметазон 0,1%) назначали 4 раза в сутки в течение 1 месяца, затем 3 раза в сутки 2 месяца, далее 2 раза в сутки – 1 месяц, затем 1 раз в сутки – 1–2 месяца (продолжительность курса варьировала в зависимости от индивидуальных симптомов). При наличии показаний назначали симптоматическую гипотензивную терапию (косопт 2 раза в сутки) на период использования ГКС. С первых суток после операции рекомендовали 5%-ный глазной гель с декспантенолом – не менее 4 раз в сутки в течение 2 месяцев, далее 1 раз перед сном, длительно. Начиная с 3-х суток после операции всем пациентам назначали инстилляцию увлажняющих препаратов без консервантов (окутиарз, катионорм), кратность – не менее 4–5 раз днем, длительно, не менее 18–24 месяцев.

В послеоперационном периоде осложнения в целом не были тяжелыми, но во 2-й группе осложнения были выявлены значительно чаще, что, вероятнее всего, объясняется исходно большим их наличием (табл. 2).

Итоговая рефракция в обеих группах была миопической, а острота зрения наилучшей – в 1-й группе: она составила 0,4 [0,2; 0,9] без коррекции и 0,7 [0,4; 1,0] с коррекцией. Во 2-й группе острота зрения без коррекции и с коррекцией составила соответственно 0,3 [0,1; 0,7] и 0,6 [0,2;

Таблица 2
Послеоперационные осложнения

Table 2
Postoperative complications

Параметр	Группа 1 (n=46)	Группа 2 (n=45)
Отслойка десцеметовой мембраны (n)	подгруппа 1А – 0 подгруппа 1Б – 1	3
Персистирующая эрозия роговичного трансплантата (n/%)	не наблюдалась	4/8,9%
Офтальмогипертензия / вторичная глаукома (n/%)	3/6,5%	6/13,3%
Катаракта	не наблюдалась	2/4,4%
Неоваскуляризация	3/6,5%	7/15,6%
Отторжение трансплантата (стромальное отторжение, увеит)	не наблюдалось	3/6,7%
Помутнение роговичного трансплантата	не наблюдалось	2 периферических и 1 суб-тотальный трансплантат

0,9]. Плотность эндотелиальных клеток (ПЭК) в 1-й группе на момент завершения исследования была 2295 кл/мм², во 2-й группе – 1993 кл/мм². Потеря ПЭК по сравнению с исходным значением была более весомой во 2-й группе – 30,1%, в то время как в 1-й группе только 21,8%, но в то же время эти показатели были значительно лучше по сравнению с потерей ПЭК через 5 лет после сквозной кератопластики (СКП), которая составляет до 50% по данным литературы [2, 14, 15].

Пересадка роговицы при терминальном кератоконусе и ПМД является единственно возможным вариантом лечения. С учетом юношеского и молодого возраста большинства из этих пациентов особую актуальность имеет выбор типа операции и хирургической техники, в том числе использование фемтолазерной технологии, для обеспечения наилучшего функционального результата. Преимущества ГППК в первую очередь связаны с относительно более низкой частотой интра- и послеоперационных осложнений по сравнению с СКП, а также более длительным сроком выживания роговичного трансплантата. По результатам математического моделирования, основанного на скорости потери плотности эндотелиальных клеток, он составляет 49 лет после ГППК и только 17,3 года после СКП [2, 15–18].

Выполнение ГППК с фемтолазерным сопровождением в подгруппе пациентов 1А позволило улучшить результаты и облегчить хирургический этап: эффективная отслойка десцеметовой мембраны во время операции с применением техники «большого пузыря» получена в 89,5% случаев, в то время как в подгруппе 1Б – в 73,7%, а во 2-й группе – в 54,5%. Дополнительные преимущества предоставляет использование интраоперационной ОКТ, которая позволяет верифицировать толщину роговицы в целевой зоне и выбрать оптимальную хирургическую технику в сложных случаях.

Как показали результаты лечения пациентов, выполнение ГППК в относительно нестандартных случаях зачастую требует комбинирования ранее описанных хирургических методов, а модифицированная

техника дает возможность эффективно выполнить операцию даже при наличии рубца, десцеметоцеле или перфорации роговицы. Введение небольшого объема 10% газозвушной смеси перфторпропана (C3F8) или сульфогексафторида (SF6) обеспечивает профилактику нежелательного осложнения после операции – отслойки десцеметовой мембраны, которая влечет за собой отек трансплантата, замедление эпителизации и потенциально ухудшает функциональный результат.

Использование частичной ГППК при периферических эктазиях роговицы дает возможность сохранить интактной оптическую зону, собственный эндотелий роговицы и анатомию угла передней камеры, что обеспечивает снижение частоты осложнений, в том числе офтальмогипертензии и глаукомы, которая составляет, по данным литературы, от 5,5 до 68% [19].

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Anwar M., Teichmann K.D. (2002) Deep lamellar keratoplasty: surgical techniques for anterior lamellar keratoplasty with and without baring of Descemet's membrane. *Cornea*, no 21 (4), pp. 374–83.
2. Hjortdal J. (2016) *Corneal transplantation*. Springer, 224 p.
3. Gomes J.A.P., Tan D., Rapuano C.J., Belin M.W., Ambrósio R. (2015) Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. *Cornea*, vol. 34, no 4, pp. 359–369.
4. Maharana P.K., Dubey A., Jhanji V., Sharma N., Das S., Vajpayee R.B. (2016) Management of advanced corneal ectasias. *Br J Ophthalmol*, no 100 (1), pp. 34–40. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-307059.
5. Garcia-Ferrer F.J., Akpek E.K., Amescua G., Farid M., Lin A., Rhee M.K., Varu D.M., Musch D.C., Mah F.S., Dunn S.P.; American Academy of Ophthalmology Preferred Practice Pattern Cornea and External Disease Panel (2019) Corneal Ectasia Preferred Practice Pattern. *Ophthalmology*, no 126 (1), pp. 170–215. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.10.021.
6. Melles G.R., Lander F., Rietveld F.J., Remeijer L., Beekhuis W.H., Binder P.S. (1999) A new surgical technique for deep stromal, anterior lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol*, no 83 (3), pp. 327–333. Available at: <http://doi.org/10.1136/bjo.83.3.327>.
7. Melles G.R., Remeijer L., Geerds A.J. (2000) A quick surgical technique for deep, anterior lamellar keratoplasty using visco-dissection. *Cornea*, no 19, pp. 427–432.
8. Sarnicola V., Toro P. (2011) Blunt cannula for descemetec deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea*, no 30 (8), pp. 895–8. doi: 10.1097/ICO.0b013e3181e848c3.
9. Riss S., Heindl L.M., Bachmann B.O., Kruse F.E., Cursiefen C. (2013) Microbubble incision as a new rescue technique for big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty with failed bubble formation. *Cornea*, no 32 (2), pp. 125–9. doi: 10.1097/ICO.0b013e31824a226f.
10. Muftuoglu O., Toro P., Hogan R.N. (2013) Sarnicola air-visco bubble technique in deep anterior lamellar keratoplasty. *Cornea*, no 32 (4).
11. Banerjee S., Li H.J., Tsaousis K.T., Tabin G.C. (2016) Salvaging deep anterior lamellar keratoplasty with microbubble incision technique in failed "big bubble" cases: an update study. *Eur J Ophthalmol*, no 26 (6), pp. 643–645. doi: 10.5301/ejo.5000816.
12. Manche E.E., Holland G.N., Maloney R.K. (1999) Deep lamellar keratoplasty using viscoelastic dissection. *Arch Ophthalmol*, no 117 (11).
13. Malyugin B.E., Moroz Z.I., Golovin A.V. (2010) *Anterior deep lamellar keratoplasty using the method of air-viscose separation of the descemet membrane*. Proceedings of the IX S'ezd oftal'mologov Rossii, Moscow, June 16–18, 2010.
14. Armitage W.J., Dick A.D., Bourne W.M. (2003) Predicting endothelial cell loss and long-term corneal graft survival. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, no 44 (8), pp. 3326–31. doi: 10.1167/iovs.02-1255.
15. Borderie V.M., Sandali O., Bullet J., Gaujoux T., Touzeau O., Laroche L. (2012) Long-term results of deep anterior lamellar versus penetrating keratoplasty. *Ophthalmology*, no 119 (2), pp. 249–55. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.07.057.
16. Malyugin B.E., Pashtaev A.N., Elakov Yu.N., Kustova K.I., Ajba E.E. (2012) Deep anterior lamellar keratoplasty using femtosecond laser Intralase 60 kHz: first experience. *Prakticheskaya medicina*, no 59 (4), pp. 100–103.
17. Dem'yanchenko S.K., Tereshchenko A.V., Trifanenkova I.G., Panamareva S.V. (2017) Optimized technology for deep anterior lamellar keratoplasty with femtosecond support - standardized approach. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*, no 5, pp. 5–9.
18. Seitz B., Langenbacher A., Hager T., Janunts E., El-Husseiny M., Szentmáry N. (2017) Penetrating Keratoplasty for Keratoconus – Excimer Versus Femtosecond Laser Trephination. *Open Ophthalmol J*, no 11, pp. 225–240. doi:10.2174/1874364101711010225.
19. Liesenborghs I., Schouten J.S.A.G., Berendschot T.T.J.M., Beckers H.J.M., Nuijts R.M.M.A., Visser N., Webers C.A.B. (2020) Risk Factors for the Development of Ocular Hypertension After Keratoplasty: A Systematic Review. *Cornea*, no 39 (3), pp. 394–402. doi: 10.1097/ICO.0000000000002209.

Подана/Submitted: 04.11.2021

Принята/Accepted: 30.11.2021

Контакты/Contacts: drhalinasitnik@gmail.com