

Сердюк В.Н., Устименко С.Б., Баландина Е.В., Коломиец И.О.
Днепропетровская областная клиническая офтальмологическая больница, Днепр, Украина

Serdiuk V., Ustymenko S., Balandina K., Kolomiets I.
Dnipropetrovsk Regional Clinical Ophthalmological Hospital, Dnipro, Ukraine

Наш первый опыт использования интраоперационной оптической когерентной томографии при проведении глубокой передней послойной кератопластики с использованием фемтосекундного лазера VICTUS

Our First Experience of Using Intraoperative Optical Coherence
Tomography in Deep Anterior Lamellar Keratoplasty with
Femtosecond Laser VICTUS

Резюме

Цель. Повысить эффективность проведения глубокой передней послойной кератопластики (DALK) с использованием интраоперационной оптической когерентной томографии (iOCT) и фемтосекундного лазера VICTUS.

Методы. Ретроспективный анализ 6 случаев (6 глаз) проведения DALK при кератоконусах, стромальных дистрофиях роговицы. Все операции были проведены с использованием фемтосекундного лазера VICTUS и микроскопа Haag-Streit Hi-R NEO 900A NIR. Основополагающими интраоперационными моментами были: видимость хирургических этапов, особенно интраоперационный контроль введения воздушной канюли Fogla 27G по методике Big Bubble, контролируемое прецизионное удаление стромы до десцеметовой мембраны и прилегание донорского графта к трепанационному ложу реципиента.

Результаты. Использование фемтосекундного лазера позволяет хирургу контролировать прецизионность выполнения процедуры кератопластики. Интраоперационная визуализация слоев при помощи iOCT позволяет хирургу лучше ориентироваться и контролировать процедуру, особенно при оценке: введения воздушной канюли Fogla 27G по методике Big Bubble, полной диссекции стромы до десцеметовой мембраны (ДМ), пространства в интерфейсе трансплантат – донор, прилегания ДМ в конце операции.

Заключение. Использование фемтосекундного лазера позволяет в разы повысить прецизионность выполнения каждого из этапов процедуры DALK, исключая человеческий фактор, а достижение конгруэнтности поверхности краев трансплантата и трепанационного ложа позволяет минимизировать эффект «волны», что в будущем обеспечивает полное их прилегание. Интраоперационное сопровождение OCT при проведении глубокой передней послойной кератопластики является эффективным и перспективным методом, позволяет уменьшить коли-

чество интраоперационных осложнений, повлиять на скорость послеоперационной реабилитации пациентов и качества зрения.

Ключевые слова: глубокая передняя послойная кератопластика (DALK), интраоперационная оптическая когерентная томография (iOCT), фемтосекундный лазер, кератопластика.

Abstract

Purpose. To improve the efficiency of deep anterior lamellar keratoplasty (DALK) using Intraoperative Optical Coherence Tomography (iOCT) and femtosecond laser system.

Methods. Retrospective analysis of 6 cases (6 eyes) of planned DALK using on patients with keratoconuses, stromal corneal dystrophy. All operations were performed using VICTUS femtosecond laser and Haag-Streit Hi-R NEO 900A NIR microscope. The main intraoperative moments were: the visualisation of the surgical steps, especially, intraoperative control of Fogla 27G air cannula insertion by Big Bubble technique, controlled complete stromal removal with baring of the DM and donor – recipient fit.

Results. Femtosecond laser allows the surgeon to improve the precision of the keratoplasty procedure. iOCT visualization of layers allows surgeon to better navigate and control operation steps, such as: Fogla 27G air cannula insertion by Big Bubble technique, complete stromal removal with baring of the DM, interface fluid drainage and donor – recipient fit.

Conclusion. Using a femtosecond laser can significantly increase the precision of DALK steps, excluding the human factor, and achieving the donor – recipient surface edges congruance allows to minimize "wave" effect and ensures their full fit in future. iOCT during deep anterior lamellar keratoplasty is an effective method that can improve the technique of the surgeon, reduce the number of intraoperative complications, and increase the speed of postoperative rehabilitation of patients and their quality of vision.

Keywords: intraoperative optical coherence tomography (iOCT), deep anterior lamellar keratoplasty (DALK), femtosecond laser, keratoplasty.

■ ВВЕДЕНИЕ

Трансплантация роговицы является методом выбора при многих заболеваниях стромы и передней части роговицы (кератоконус, рубцевание роговицы, стромальные дистрофии роговицы и др.). До недавнего времени методом выбора была сквозная кератопластика (СКП), однако наличие недостатков, таких как длительный реабилитационный период, разгерметизация глаза (условия «открытое небо»), эндотелиальное отторжение, длительная стероидная терапия, риск развития синдрома Уретс – Завалия, привели к развитию методики глубокой передней послойной кератопластики (DALK). Преимуществом последней является изолированная замена стромального слоя с сохранением собственной десцеметовой оболочки и эндотелия пациента, что приводит к снижению риска эндотелиального отторжения, сохранению структуры переднего сегмента глаза, снижению срока зрительной реабилитации, уменьшению частоты осложнений, связанных с воспалительными процессами в послеоперационном периоде [1–3].

Широкое клиническое применение DALK ограничено технической сложностью его выполнения. Частота перехода на сквозную кератопла-

стику в связи с нарушением целостности десцеметовой мембраны, по данным различных исследователей, колеблется в пределах 2,9–23% [1, 4].

Прецизионность формирования краев роговичного лоскута у донора и трепанационного отверстия у реципиента непосредственно влияет на скорость реабилитации, позволяет избежать в послеоперационном периоде индуцированного астигматизма.

Использование фемтосекундных лазеров позволяет стандартизировать процесс проведения операций и снизить риск перфорации десцеметовой мембраны (ДМ) в ходе операции [5, 6].

Интраоперационная визуализация слоев позволяет хирургу лучше ориентироваться и контролировать этапы операции кератопластики с высокой точностью, особенно при оценке: глубины введения воздушной канюли Fogla 27G по методике Big Bubble, полного удаления стромы до ДМ, щелевидного пространства между стромой и десцеметовой мембраной после завершения процедуры, наложения двойного непрерывного шва, конгруэнтности сопоставления поверхностей донорской роговицы и трепанационного отверстия.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повысить эффективность проведения глубокой передней послойной кератопластики (DALK) с использованием интраоперационной оптической когерентной томографии (iOCT) и фемтосекундного лазера VICTUS.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для интраоперационной онлайн-оценки OCT использовался микроскоп (Haag-Streit Hi-R NEO 900A NIR), использующий центральную длину волны 840 нм, с установкой iOCT, выполняющей 10 000 А-сканов/с. Изображение OCT отображалось на отдельном сенсорном экране перед полем зрения хирурга, чтобы обеспечить легкий обмен между микроскопическими и OCT-изображениями. Сканирование iOCT проводилось в двух режимах: live view и cross section. Снимки iOCT включали запись видео высокого разрешения и изображений.

Пациенты. Для оценки эффективности проводились следующие исследования в сроки – 3-й и 7-й дни после операции – визометрия, рефрактометрия, офтальмометрия, тонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия, компьютерная кератотопография, кератопахиметрия, оптическая когерентная томография роговой оболочки, электронная микроскопия роговицы с определением плотности эндотелиальных клеток.

Интраоперационную оптическую когерентную томографию использовали у шести пациентов мужского пола в возрасте 25–64 лет, страдающих кератоконусом (3 случая), стромальной дистрофией роговицы (3 случая). В одном случае произошла перфорация десцеметовой оболочки в процессе удаления остатков глубоких слоев роговицы, что потребовало перехода на сквозную кератопластику.

Параметры оценки включали iOCT-визуализацию глубины введения интрастромальной иглы, полного удаления стромы до ДМ, пространства между стромой и десцеметовой мембраной после завершения процедуры, наложения двойного непрерывного шва, точного сопоставления интерфейса трансплантат – донор.

Процедура. Проводилась разметка будущего трепанационного отверстия точно в центре зрачка роговицы реципиента. Роговицу реципиента трепанировали до 95% минимальной толщины роговицы, которую предварительно оценивали с помощью кератопахиметрической карты (Pentacam) и интраоперационной пахиметрии до и после дезэпителизации, и формировали индивидуальные параметры для лазерной дисрапции. В роговице реципиента с помощью фемтосекундного лазера Victus Vaush+Lomb формировали кольцевидный разрез путем лазерной дисрапции, передний диаметр разреза которого составил $8,0 \pm 0,8$ мм, задний диаметр – $7,8 \pm 0,8$ под углом реза 90° . Использовали следующие энергетические параметры фемтосекундного лазера: расстояние между импульсами 2 мкм, энергия 1,8 нДж. Остаточная толщина роговицы после проникающего реза в самом тонком месте составила от 80 м до 65 м. Воздушная канюля Fogla 27G была помещена в глубокие ткани непосредственно над ДМ, и положение ее кончика наблюдали с помощью iOCT. Затем вводили воздух до тех пор, пока граница отделения не расширилась в направлении наружной границы лоскута. Для полной диссекции стромы от ДМ были использованы техники Big Bubble, Divide and Conquer под контролем iOCT.

В донорском материале формировали сквозной кольцевидный разрез с помощью лазерной дисрапции. Передний диаметр разреза составил $8,4 \pm 0,6$ мм, задний диаметр – $8,0 \pm 0,2$ мм. Угол реза составил $92-97^\circ$. При расчете размеров трансплантата учитывались эффект от дисрапции и естественная его констрикция. Использовали следующие энергетические параметры фемтосекундного лазера: расстояние между импульсами 2 мкм, энергия 1,9 нДж. Затем в донорском материале вручную удаляли ДМ с роговицы с помощью пинцета AE-4210.

Кератобиоимплант переносили на роговицу реципиента и фиксировали с помощью двух непрерывных швов, а оставшееся щелевидное пространство с жидкостью между десцеметовой мембраной и стромой дренировали легким массажем поверхности роговицы и открытием данного пространства с помощью тупого шпателя. В конце операции в переднюю камеру вводили 10%-ю газовую смесь S3F8 для четкого сопоставления поверхностей донорского материала и трепанационного отверстия.

Донорский материал. Полученные 6/6 кератобиоимплантатов были готовы к использованию. Количество эндотелиальных клеток варьировало в пределах от 2641 до 3112.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Некорректируемая острота зрения в группе исследования до операции составляла в среднем $0,02 \pm 0,04$, корригируемая острота зрения $0,1 \pm 0,02$. По данным компьютерной кератотопометрии толщина роговицы в тончайшем месте составила 453 ± 12 м. Плотность эндотелиальных клеток 2300 ± 137 кл/мм².

В срок 3 дня после операции некорректируемая острота зрения составила $0,06 \pm 0,05$, корригируемая острота зрения – $0,08 \pm 0,06$, 7 дней – некорректируемая острота зрения составила $0,1 \pm 0,02$, корригируемая острота зрения – $0,16 \pm 0,06$.

Интраоперационная оптическая когерентная томография (iOCT) позволяет контролировать все хирургические этапы DALK у всех проанализированных пациентов (6/6: 100%).

Индивидуально рассчитывалась глубина трепанационного ложа (рис. 1а), и введение канюли можно было надежно контролировать в непосредственной близости от ДМ (рис. 1б). Наблюдалось нагнетание воздуха в заднюю строму, что приводило к белесоватому окрашиванию OCT-изображения за счет увеличения рассеяния ткани воздушными пузырьками. В двух из шести случаев в глубоком стромальном расположении было видно большое пузырчатое образование (рис. 1с). Подготовка поверхностных и глубоких слоев стромы (рис. 1d, e) достоверно контролировалась до получения чистой ДМ (рис. 1е). Контроль за

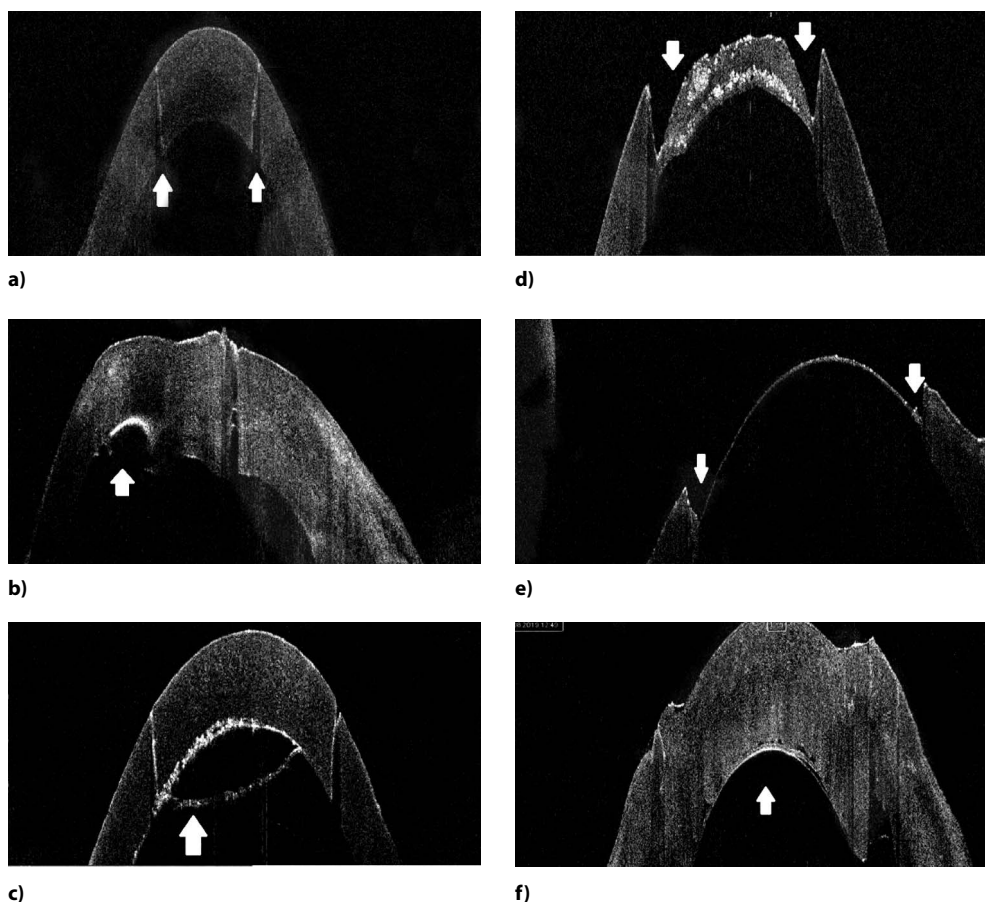


Рис. 1. Визуализация этапов DALK с помощью iOCT, где: а) четкая глубина лазерной дисрапции роговицы реципиента, б) введение канюли в толщу стромы, с) техника Big Bubble, d) подготовка поверхностных и глубоких слоев стромы, е) визуализация угла между ДМ и краем трепанационного отверстия, f) сопоставление поверхностей донорской роговицы и трепанационного отверстия

введением трансплантата и наложением швов, а также контроль сопоставления поверхностей донорской роговицы и трепанационного отверстия осуществляли с помощью iOCT (рис. 1f). Эти этапы достоверно контролировались у 6/6 пациентов, однако в одном случае разрыв DM во время диссекции глубоких слоев стромы привел к переходу в сквозную кератопластику (СКП).

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интраоперационная оптическая когерентная томография обеспечила полный визуальный контроль хирургических этапов, особенно интраоперационный контроль введения воздушной канюли Fogla 27G по методике Big Bubble, контролируемое прецизионное удаление стромы до десцеметовой мембраны и прилегание поверхностей донорского графта и трепанационного ложа реципиента.

Использование фемтосекундного лазера за счет индивидуально рассчитанной точной глубины лазерной дисрапции обеспечивает плотное прецизионное прилегание трансплантата к краю трепанационного отверстия реципиента, минимальное отклонение в зоне наложения швов, что обеспечивает в дальнейшем плотное прилегание ДМ. Также это позволяет в разы повысить прецизионность выполнения каждого из этапов процедуры DALK, исключая человеческий фактор, а достижение конгруэнтности поверхности краев трансплантата и трепанационного ложа позволяет минимизировать эффект «волны».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

■ ЛИТЕРАТУРА

1. Feizi S., Javadi M.A., Jamali H., Mirbabae F. (2010) Deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus: big-bubble technique. *Cornea*, pp. 177–182.
2. Krumeich J.H., Knulle A., Krumeich B.M. (2008) Deep anterior lamellar (DALK) vs. penetrating keratoplasty (PKP): a clinical and statistical analysis. *Klin Monbl Augenheilkd*, pp. 637–648.
3. Borderie V., Sandali O., Bullet J. (2012) Long-term Results of Deep Anterior Lamellar versus Penetrating Keratoplasty. *Ophthalmology*, pp. 249–255.
4. Sari E.S., Kubaloglu A., Unal M. (2012) Deep Anterior Lamellar Keratoplasty versus Penetrating Keratoplasty for Macular Corneal Dystrophy: A Randomized Trial. *Am J Ophthalmology*, pp. 35–40.
5. Buzzonetti L., Laborante A., Petrocelli G. (2011) Refractive outcome of keratoconus treated by combined femtosecond laser and big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty. *J. Refract. Surg.*, pp. 189–194.
6. Buzzonetti L., Laborante A., Petrocelli G. (2010) Standardized big-bubble technique in deep anterior lamellar keratoplasty assisted by the femtosecond laser. *J. Cataract Refract. Surg.*, pp. 1631–1636.

Поступила/Received: 30.09.2019
Контакты/Contacts: ivanjobua@gmail.com