

# Метод абразивной шлифовки боуеновой мембраны алмазным бором. Экспериментально-морфологическое исследование



С.В. Труфанов



А.А. Федоров



В.Р. Мамиконян



С.А. Маложен



А.А. Карамян

Л.Ю. Текеева

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

## РЕЗЮМЕ

**Офтальмология. 2018;15(2):176–181**

**Цель.** Разработать в эксперименте оптимальную (безопасную и эффективную) методику абразивной шлифовки боуеновой мембраны алмазным бором в качестве важного этапа в патогенетическом лечении синдрома рецидивирующей эрозии роговицы. **Материалы и методы.** Анатомический эксперимент проводили на 19 кадаверных глазах. Абразивную шлифовку боуеновой мембраны в разных модификациях осуществляли алмазным бором после предварительной дезэпителизации (16 глаз), а также для сравнения производили простую механическую дезэпителизацию с помощью скребца — 3 глаза. При выполнении абразивной шлифовки была использована система Ophtho-Burr, включающая наконечник и офтальмологические боры диаметром 1; 2.5; 5 мм с размером частиц алмазного напыления 130 и 170 мкм. Для получения оптимальных результатов шлифовки меняли диаметр бора с разным напылением, скорость его вращения и направление плоскостей движения бора по поверхности роговицы. Гистологическое исследование роговицы после вмешательства проводили методом полутонких срезов, окрашенных полихромным красителем. **Результаты.** Полученные результаты гистологического исследования после проведения абразивной шлифовки боуеновой мембраны алмазным бором в разных модификациях на кадаверной роговице позволили выбрать оптимальный вариант для клинического применения — бор диаметром 1 мм, размер алмазной крошки 130 мкм, скорость вращения 4 тыс. об./мин. и движения бора в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Такая техника проведения вмешательства позволяла полностью удалить эпителий роговицы вместе с базальной мембраной и максимально сохранить гладкую и равномерную по толщине переднюю пограничную пластинку. **Заключение.** Абразивная шлифовка боуеновой мембраны с помощью алмазного бора в нашей модификации позволяет полностью удалить эпителиальный слой роговицы с минимальной травматизацией передней пограничной пластинки. Удаление функционально несостоятельной базальной мембраны при синдроме рецидивирующей эрозии роговицы является необходимым патогенетически целесообразным условием формирования новой неизменной мембраны с полноценным адгезивным комплексом, обеспечивающим надежную фиксацию эпителия к строме. Сохранение интактной боуеновой мембраны при выполнении вмешательства по предлагаемой методике позволит избежать таких осложнений, как хейз и индуцированные нарушения рефракции.

**Ключевые слова:** эпителий, роговица, рецидивирующая эрозия роговицы, поверхностная кератэктомия, шлифовка боуеновой мембраны алмазным бором, кадаверные глаза

**Для цитирования:** Труфанов С.В., Федоров А.А., Мамиконян В.Р., Текеева Л.Ю., Маложен С.А., Карамян А.А. Метод абразивной шлифовки боуеновой мембраны алмазным бором. Экспериментально-морфологическое исследование. *Офтальмология*. 2018;15(2):176–181. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-2-176-181>

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

**Конфликт интересов отсутствует**



# Experimental Study of Diamond Burr Polishing Methods of Bowman's Membrane

S.V. Trufanov, A.A. Fedorov, V.R. Mamikonyan, L.Yu. Tekeeva, S.A. Malozhen, A.A. Karamyan

Research Institute of Eye Diseases  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2018;15(2):176–181

**Purpose:** to develop the optimal (safe and effective) method of diamond burr polishing of Bowman's membrane (DBPBM) for the possible use it in the treatment of the recurrent corneal erosion syndrome (RCES) in the experiment. **Material and methods.** DBPBM in different modifications of the method and the mechanical deepithelization were performed in experiment on 19 human cadaver eyes. We use system Ophtho-Burr for DBPBM that includes a tip and ophthalmic burrs with diameter 1mm, 2.5 mm, 5 mm, varying the speed of rotation of burr. For 3 eyes — polishing with the application of burr with a diameter of 5 mm, the rotation frequency of 4000 rpm using 2 passes over the surface of the cornea. For 3 eyes — burr with a diameter of 2.5 mm, rotation frequency of 4000 rpm in 2 perpendicular passes. For 3 eyes — diameter burr 1 mm at speed of 8000 rpm in 2 perpendicular passes. For 3 eyes — diameter burr 1 mm at speed 4000 rpm with 4 passes along the surface of the cornea. For 4 eyes — diameter was 1 mm at speed of 4000 rpm in 2 perpendicular passes. For 3 the eyes was conducted mechanical deepithelization. Subsequent histopathological investigation of the cornea was performed by method of semi-thin section, with polychrome staining. **Results.** The obtained results of histological studies of DBPBM in different versions on cadaver cornea is allowed to choose the optimal variant of surgical intervention for use in clinical conditions. It consisted in a selection of burr with a diameter of 1 mm, the rotation frequency of the 4000 rpm and 2 perpendicular passes with a moderate compression of the cornea. The abovementioned technique of intervention allows removing completely the corneal epithelium with a basal membrane and save uniform in thickness, fully deepithelized Bowman's membrane. **Conclusion.** Careful and accurate removal of dysplastic corneal epithelium in cases of the recurrent corneal erosion syndrome using proposed method in clinical conditions should contribute to the creation optimal environments for adequate reepithelization with steady epithelial-stromal adhesion. The remaining nearly intact Bowman's membrane after procedure can prevent some postoperative complications such as haze and induced refractive disorders.

**Keywords:** epithelium, cornea, recurrent corneal erosion, diamond burr polishing of Bowman's membrane, human cadaver eyes

**For citation:** Trufanov S.V., Fedorov A.A., Mamikonyan V.R., Tekeeva L.Yu., Malozhen S.A., Karamyan A.A. Experimental Study of Diamond Burr Polishing Methods of Bowman's Membrane. *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(2):176–181. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2018-2-176-181>

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

**There is no conflict of interests**

## ВВЕДЕНИЕ

Эпителий роговицы является неороговевающим многослойным плоским и составляет около 10 % всей толщины роговицы. Клетки эпителия роговицы расположены в 5–7 слоев: 2–3 слоя плоских клеток (поверхностный слой), 2–3 слоя крыловидных клеток (средний слой) и один глубокий слой базальных клеток.

Базальная мембрана (базальная пластинка) — тонкий слой, секретлируемый базальными клетками, являющийся узкоспециализированной внеклеточной матрицей, образованной коллагеновыми волокнами IV типа, обеспечивающей адгезию эпителия с подлежащей тканью. Базальная мембрана служит не только для интеграции эпителиальных клеток, она играет существенную роль в их пролиферации, дифференциации и миграции в процессе регенерации. Базальная мембрана способна регулировать клеточные функции путем связывания и модулирования локальных факторов роста и цитокинов, влияет на полярность клеток, может воздействовать на цитоскелет.

Эрозия роговицы — это дефект ее эпителиального слоя вплоть до боуеновой мембраны, возникающий вследствие различных этиологических факторов. В зави-

симости от количества эпизодов эрозии роговицы можно разделить на нерезидивирующие и рецидивирующие. К первым относятся травматические эрозии различного генеза (механического, химического, термического) и инфекционные (нерезидивирующий кератит). К рецидивирующим эрозиям роговицы (РЭР) в зависимости от этиологии можно отнести инфекционные (рецидивирующий кератит); трофические; послеожоговые (на фоне лимбальной недостаточности); дистрофические; дегенеративные; связанные с системными заболеваниями.

Синдром рецидивирующей эрозии роговицы проявляется характерным симптомокомплексом, который развивается на фоне периодически повторяющихся эпизодов эрозии роговицы. Основные клинические проявления синдрома — резкая боль, покраснение, светобоязнь, эпифора, как правило, возникают ночью и могут быть связаны с быстрыми движениями глаз во время сна, или появляться при пробуждении в момент быстрого открытия век [1]. Считается, что риск отслоения эпителиального пласта наиболее высок в ночное время, в том числе из-за поверхностного отека эпителия на фоне относительной гипоксии при закрытых веках и прямого контакта с веками в силу нарушения поверх-

ностного натяжения слезы. Поэтому быстрое открытие глаз при пробуждении провоцирует смещение и отрыв пораженного участка эпителиального слоя, отличающегося более слабой эпителиально-стромальной адгезией.

Причиной возникновения этой формы эрозии являются структурные нарушения базальной мембраны эпителия роговицы в результате дистрофических и дегенеративных изменений [2, 3]. Провоцирующими факторами могут служить микротравмы, дисфункция мейбомиевых желез [4, 5], сухой кератоконъюнктивит [5–7], сахарный диабет [8].

Известно, что состояние базальной мембраны в момент возникновения эрозии существенно влияет на результаты эпителиального заживления. Исследования на животных показали, что при эпителиальных повреждениях, при которых поражается базальная мембрана, миграция эпителиальных клеток замедляется. Для полноценной адгезии со стромой после такой эрозии требуется несколько недель. Если при травме базальная пластинка остается интактной, то пролиферирующие эпителиальные клетки мигрируют вдоль нее и образуют «комплексы адгезии» с последующим стабильным прикреплением к ней и подлежащей строме в течение нескольких дней. При синдроме рецидивирующей эрозии роговицы полноценной регенерации базальной мембраны не происходит. Имеют место такие ее изменения, как многослойность, утолщение, редупликация. Между слоями патологической мембраны могут присутствовать десквамированные эпителиоциты, накапливаться тканевой детрит, формируются микрокисты [9, 10]. Ультроструктурные изменения, обнаруженные при рецидивирующей эрозии роговицы, могут также включать аномалии со стороны слоя базальных эпителиоцитов, отсутствие или неполноценность полудесмосом, утрату якорных фибрилл [11]. По данным литературы, в слезе определяется повышенная концентрация матриксных металлопротеиназ [12–14], коллагеназ, липаз, что, в свою очередь, способствует разрушению базальной мембраны и приводит к рецидивам и невозможности образования нормальной базальной мембраны.

Основная цель лечения рецидивирующей эрозии роговицы, помимо купирования болевых ощущений в острой фазе, это стимуляция реэпителизации и восстановление полноценного «комплекса адгезии» базальной мембраны эпителия роговицы.

Все существующие методики лечения можно разделить на консервативные и хирургические. При консервативной терапии используют лубриканты [15], препараты, способствующие регенерации эпителия, включая аутологичную сыворотку, ингибиторы матриксных металлопротеиназ, местные противовоспалительные, противовоспалительные лекарственные средства (нестероидные и стероидные препараты). Для уменьшения риска повреждения веками при мигательных движениях вновь образующего эпителия могут применяться мягкие контактные линзы либо «заклейки» глаза.

При неэффективности консервативных методов целесообразно использование хирургических, к основным из которых относят простую механическую деэпителизацию, поверхностную кератэктомию (шлифовку поверхности роговицы) алмазным бором; фототерапевтическую кератэктомию (ФТК) [16, 17], переднюю стромальную пункцию (иглой или неодимовым лазером) [18, 19], в тяжелых случаях — эпикератопластику, в том числе с применением амниотической мембраны [20].

Однако при наиболее доступных способах, например после простой механической деэпителизации, частота рецидивов может достигать 45 %, а при дополнении ее поверхностной кератэктомией с помощью алмазного бора в ряде случаев возникает хейз. Подобные осложнения, как и индуцированные рефракционные нарушения, описаны также после выполнения ФТК [21].

**Целью исследования** явилась экспериментальная разработка оптимальной (безопасной и эффективной) методики абразивной шлифовки боуеновой мембраны алмазным бором в качестве патогенетически направленного этапа лечения синдрома рецидивирующей эрозии роговицы.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для оптимизации методики абразивной шлифовки боуеновой мембраны (передней пограничной пластики) алмазным бором нами проведено сравнительное экспериментально-морфологическое исследование на 19 кадаверных глазах. На 3 глазах было выполнено только механическое удаление эпителия скребцом. В остальных случаях после деэпителизации роговицы для выполнения шлифовки мы использовали систему Ophtho-Burr с возможностью регулировки скорости вращения бора. Система включала наконечник и непосредственно офтальмологические боры диаметром 1, 2,5, 5 мм с алмазным напылением, размеры алмазной крошки — 130 и 170 мкм. Движения бором осуществляли по всей деэпителизированной поверхности роговицы в одном или двух взаимно перпендикулярных направлениях однократно или многократно с целью полного удаления базальной мембраны эпителия вплоть до поверхностных слоев стромы.

Абразивную шлифовку на 3 глазах проводили с применением бора диаметром 5 мм, с размером алмазной крошки 130 мкм, частотой вращения 4 тыс. об./мин. в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

На других 3 глазах использовали бор диаметром 2,5 мм, частоту вращения 4 тыс. об./мин, с размером алмазной крошки 170 мкм и однократным движением в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Еще на 3 глазах использовали бор диаметром 1 мм, размером алмазной крошки 130 мкм при частоте вращения 8 тыс. об./мин также с однократным движением в каждом из двух взаимно перпендикулярных направлений.

На следующих 3 глазах абразивная шлифовка боуеновой мембраны проведена с применением бора диаметром 1 мм, размером алмазной крошки 130 мкм, при

частоте вращения наконечника 4 тыс. об./мин. с четырехкратным движением бора в одном направлении.

И, наконец, на 4 глазах абразивная шлифовка выполнена с использованием диаметра наконечника 1 мм, размером алмазной крошки 130 мкм, при частоте вращения 4 тыс. об./мин в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

После выполнения анатомических экспериментов из донорской роговицы вырезали фрагменты центральной, периферической и промежуточной зон размерами 3 × 3 мм, фиксировали в холодном 2,5%-ном растворе глутаральдегида в течение 8–12 часов. После промывания в фосфатном буфере образцы дофиксировали в 1%-ном растворе осмиевой кислоты в течение 1 часа, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации, ацетоне и заливали в смесь эпоксидных смол эпон-аралдит. Сагиттальные полутонкие срезы толщиной 0,5–1,5 мкм готовили на «Ультратоме-IV» (ЛКВ, Швеция), окрашивали метиленовым синим и основным фуксином (полихромное окрашивание). Полученные гистологические препараты исследовали на световом микроскопе Leica DM-2500. Фоторегистрацию осуществляли с использованием цифровой фотокамеры Leica DFC320 при разных увеличениях с последующим морфометрическим анализом изображений с помощью программного обеспечения ImageScore Color. Гистологическое исследование выполнено в лаборатории фундаментальных исследований ФГБНУ «НИИ глазных болезней».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты патоморфологического исследования, при использовании только скребца полностью удалить эпителий роговицы вместе с базальной мембраной не удается (рис. 1). Отдельные клеточные скопления сохранялись практически на всем протяжении боуеновой мембраны.

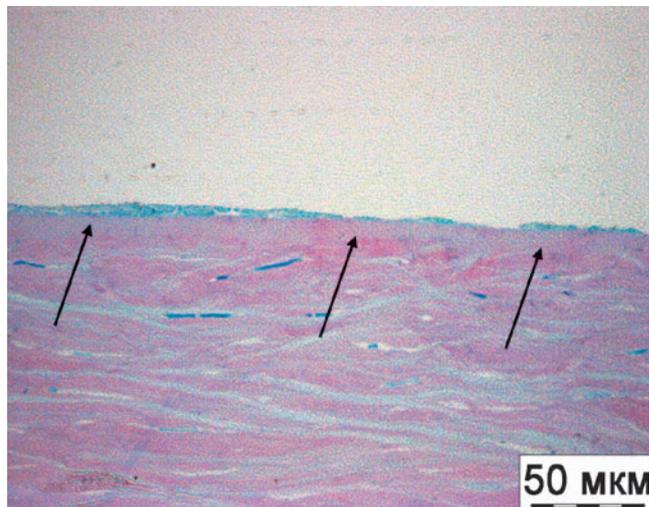
По данным гистологического исследования результатов при применении алмазной шлифовки клинический интерес представляли лишь две группы.

Так, при обработке роговицы алмазным бором диаметром 2,5–5 мм и диаметром алмазного напыления в 170 мкм, частоте вращения 8 тыс. об./мин, при четырехкратном однонаправленном движении боуенова мембрана по большей части была истончена, отслоена либо отсутствовала. В последнем случае обнаженная поверхностная строма имела неровную поверхность за счет небольших экскаваций и разрыхления в виде «заусенцев» (рис. 2).

При проведении абразивной шлифовки боуеновой мембраны с использованием бора диаметром 1 мм, при частоте вращения 4 тыс. об./мин, размере алмазной крошки 130 мкм и движениях бора в двух взаимно перпендикулярных направлениях с умеренной компрессией полностью деэпителизованная поверхность боуеновой мембраны оставалась равномерной по толщине на всем протяжении, имела гладкую неповрежденную поверхность (рис. 3 и 4). При большем увеличении на

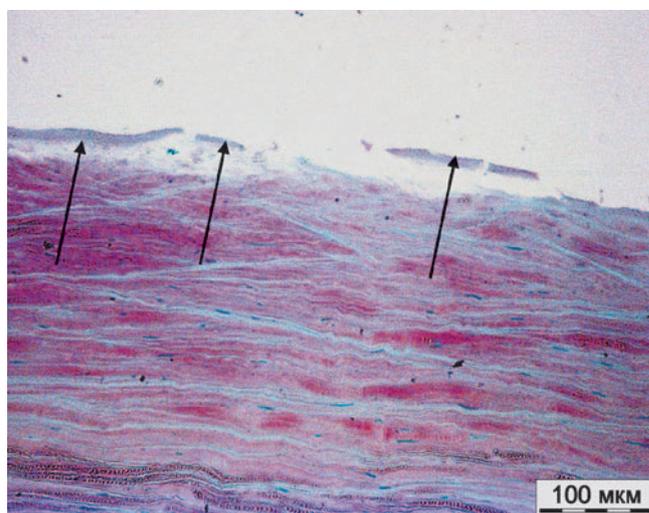
поверхности структурно неизменной боуеновой мембраны не было следов ни клеточных фрагментов, ни мембранных структур.

На основании проведенного нами исследования можно сделать вывод о том, что недостаточная эффективность механической деэпителизации эпителия скребцом в лечении синдрома рецидивирующей эрозии роговицы



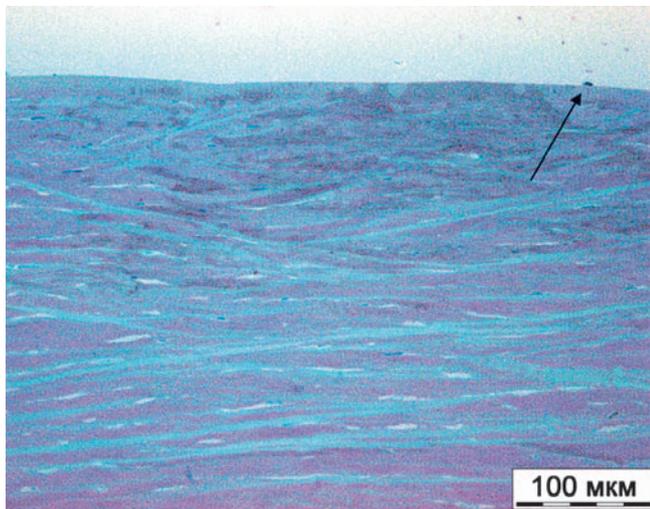
**Рис. 1.** Донорская роговица после механического удаления эпителия скребцом. Сохраняются отдельные слои эпителиальных клеток практически на всем протяжении боуеновой мембраны (стрелка). Полутонкий срез, окраска метиленовым синим и фуксином

**Fig. 1.** Donor cornea is after mechanical deepithelization. There are remnants of the epithelium (arrow). The Bowman layer is practically intact. Semi-thin section, stained with methylene blue and fuchsin



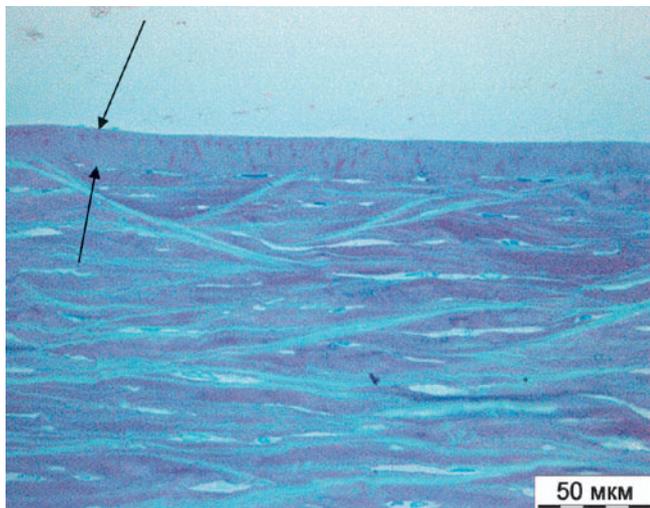
**Рис. 2.** Донорская роговица после шлифовки алмазным бором большего диаметра, с крупнозернистой алмазной крошкой и высокой скоростью вращения. На всем протяжении боуенова мембрана отслоена или отсутствует (стрелка). В результате частичного удаления поверхность стромы неровная, местами разрыхлена. Полутонкий срез, окраска метиленовым синим и фуксином

**Fig. 2.** Donor cornea is after diamond burr polishing. There are detached fragments of the Bowman membrane (arrow). As a result of partial removal of the stroma, its surface is loosened and has an uneven contour. Semi-thin section, stained with methylene blue and fuchsin



**Рис. 3.** Донорская роговица после шлифовки алмазным бором с мелкозернистым напылением меньшего диаметра и скоростью вращения. На всем протяжении боуменова мембрана равномерная по толщине, с ровной поверхностью. На периферии виден единственный фрагмент клеточного детрита (стрелка). Полутонкий срез, окраска метиленовым синим и фуксином

**Fig. 3.** Donor cornea is after optimal kind of diamond burr polishing of Bowman's layer. Bowman's layer is throughout smooth uniform in thickness. There is small tissue detritus (arrow). Semi-thin section, stained with methylene blue and fuchsin



**Рис. 4.** Тот же препарат под большим увеличением. На всем протяжении боуменова мембрана (стрелки) имеет одинаковую толщину и лишена эпителиальной выстилки, включая ее базальную мембрану. Полутонкий срез, окраска метиленовым синим и фуксином

**Fig. 4.** The same specimen under more magnification. Donor cornea is after diamond burr polishing of at high magnification. Throughout the Bowman's layer has a uniform thickness and is devoid of epithelial lining remains as well as basal membrane too (arrows). Semi-thin section, stained with methylene blue and fuchsin

связана с неполным удалением глубоких слоев эпителия, включая базальную мембрану, которая при синдроме рецидивирующей эрозии имеет важное значение как интерфейс, обеспечивающий прочность эпителиально-стромальной адгезии. Считается, что одним из первых мето-

дов хирургического лечения рецидивирующей эрозии роговицы, предложенного Franke в 1906 году [22], являлась поверхностная кератэктомия, при которой механически удаляли участок патологически измененного эпителия. Однако частота возникновения рецидивов при этом методе оставалась достаточно высокой и, по данным разных авторов, составляла от 18 [23] до 44,7 % [24]. В настоящее время чаще предлагается использовать поверхностную кератэктомию с помощью алмазного бора или эксимерного лазера (ФТК). По данным литературы частота рецидивов после проведения поверхностной кератэктомии алмазным бором не превышает 11,7 %, а после фототерапевтической кератэктомии — 26,7 % [21]. Среди послеоперационных осложнений выделяют хейз роговицы, обусловленный, вероятно, значительным повреждением боуменовой мембраны. Однако особой разницы в частоте его возникновения при использовании двух этих методик выявлено не было. В более поздних работах приводятся данные о снижении случаев рецидивирования после ФТК до 9 %, но при этом отмечается возможное развитие индуцированных нарушений рефракции [22].

Предлагаемая нами методика шлифовки роговицы алмазным бором в зоне неполноценной адгезии позволяет полностью удалить остатки эпителия и его базальной мембраны, при этом максимально сохранить целостность боуменовой мембраны, исключая тем самым возможные осложнения, в частности такие, как послеоперационный хейз и рефракционные изменения.

Методика проведения алмазной шлифовки роговицы с предложенными параметрами является, на наш взгляд, оптимальной, может использоваться в качестве патогенетически направленного этапа лечения синдрома рецидивирующей эрозии роговицы и может быть предложена для клинических испытаний.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Абразивная шлифовка боуменовой мембраны с помощью алмазного бора в предложенной нами модификации позволяет полностью удалить эпителиальный слой роговицы, включая его базальную мембрану, с минимальной травматизацией передней пограничной пластинки. Полное удаление функционально несостоятельной базальной мембраны при синдроме рецидивирующей эрозии роговицы является патогенетически необходимым условием формирования новой неизменной мембраны с полноценным адгезивным комплексом, обеспечивающим надежную фиксацию эпителия к строме. Сохранение интактной боуменовой мембраны при выполнении абразивной шлифовки по предлагаемой методике позволит избежать таких осложнений, как хейз и индуцированные нарушения рефракции.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Труфанов С.В., Текеева Л.Ю., Федоров А.А. — концепция и дизайн исследования; Труфанов С.В., Маложен С.А., Текеева Л.Ю., Федоров А.А. — сбор и обработка материала; Труфанов С.В., Текеева Л.Ю., Федоров А.А. — написание текста; Труфанов С.В., Текеева Л.Ю., Федоров А.А., Мамиконян В.Р., Карамян А.А. — редактирование.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Reidy J.J., Paulus M.P., Gona S. Recurrent erosions of the Cornea: epidemiology and treatment. *Cornea*. 2000;19:767–71.
- Nelson J.D., Williams P., Lindstrom R.L., et al. Map-fingerprint-dot changes in the corneal epithelial basement membrane following radial keratotomy. *Ophthalmology*. 1985;92:199–205. DOI: 10.1016/s0161-6420(85)34055-1
- Bron A.J., Burgess S.E. Inherited recurrent corneal erosion. *Trans. Ophthalmol. Soc. UK*. 1981;101:239–43.
- Сафонова Т.Н., Забегайло А.О., Федоров А.А., Лукичева О.В. Новый способ лечения хронического блефарита, ассоциированного с синдромом сухого глаза. *Вестник офтальмологии*. 2014;130(1):73–78. [Safonova T.N., Zabegajlo A.O., Fedorov A.A., Lukicheva O.V. A new way to treat chronic blepharitis associated with dry eye syndrome. *Annals of Ophthalmology=Vestnik oftal'mologii* 2014;130(1):73–78. (In Russ.)]
- Chandler P. Recurrent corneal erosion of the cornea. *Am. J. Ophthalmol.* 1945;28:355–63.
- Hykin P.G., Foss A.E., Pavesio C., Dart J.K. The natural history and management of recurrent corneal erosion: a prospective randomised trial. *Eye*. 1994;8(Part 1):35–40. DOI: 10.1038/eye.1994.6
- Hope-Ross M.W., Chell P.B., Kervick G.N., McDonnell P.J. Recurrent corneal erosion: clinical features. *Eye*. 1994;8(Part 4):373–7. DOI: 10.1038/eye.1994.89
- Friend J., Thoft R.A. The diabetic cornea. *Int Ophthalmol Clin*. 1984;24:111–23.
- Труфанов С.В., Маложен С.А., Полунина Е.Г., Пивин Е.А., Текеева Л.Ю. Синдром рецидивирующей эрозии роговицы (обзор). *Офтальмология*. 2015;12(2):4–12. [Trufanov S.V., Malozhen S.A., Polunina E.G., Pivin E.A., Tekeeva L.Ju. Syndrome of recurrent corneal erosion (review). *Ophthalmology in Russia=Oftal'mologiya*. 2015;12(2):4–12. (In Russ.)] DOI: 10.18008/1816-5095-2015-2-4-12
- Пронкин И.А., Майчук Д.Ю. Рецидивирующая эрозия роговицы: этиология, патогенез, методы диагностики и лечения. *Офтальмохирургия*. 2015;(1): 62–67. [Pronkin I.A., Maychuk D.Y. Recurrent corneal erosion: etiology, pathogenesis, diagnosis and treatment. *Ophthalmosurgery=Oftal'mokhirurgiya*. 2015;(1):62–67. (In Russ.)] DOI: 10.25276/0235-4160-2015-1-62-67
- Reidy J.J., Paulus M.P., Gona S. Recurrent erosions of the cornea: epidemiology and treatment. *Cornea*. 2000;19:767–71. DOI: 10.1016/S0002-9394(01)00884-4
- Dursun D., Kim M.C., Solomon A., Pflugfelder S.C. Treatment of recalcitrant recurrent corneal erosions with inhibitors of matrix metalloproteinase-9, doxycycline and corticosteroids. *Am J Ophthalmol*. 2001;132:8–13. DOI: 10.1016/s0002-9394(01)00913-8
- Sivak J.M., Fini M.E. MMPs in the eye: emerging roles for matrix metalloproteinases in ocular physiology. *Prog. Retin. Eye Res*. 2002;21:1–14. DOI: 10.1016/s1350-9462(01)00015-5
- Wong T.T., Sethi C., Daniels J.T., Limb G.A., Murphy G., Khaw P.T. Matrix metalloproteinases in disease and repair processes in the anterior segment. *Surv. Ophthalmol*. 2002;47:239–56. DOI: 10.1016/s0039-6257(02)00287-4
- Труфанов С.В., Маложен С.А., Текеева Л.Ю., Пивин Е.А. Слезозаместительная терапия катионной эмульсией в комплексном лечении синдрома рецидивирующей эрозии роговицы. *Российский офтальмологический журнал*. 2015;8(4):54–58. [Trufanov S.V., Malozhen S.A., Tekeeva L.Ju., Pivin E.A. Artificial tear therapy with cationic emulsion in the complex treatment of the syndrome of recurrent erosion of the cornea. *Russian ophthalmological journal=Rossiyskiy oftal'mologicheskij zhurnal*. 2015;8(4):54–58. (In Russ.)]
- Sridhar M.S., Rapuano C.J., Cosar C.B., Cohen E.J., Laibson P.R. Phototherapeutic keratectomy versus diamond burr polishing of Bowman's membrane in the treatment of recurrent corneal erosions associated with anterior basement membrane dystrophy. *Ophthalmology*. 2002;109:674–79.
- Maini R., Loughnan M. S. Phototherapeutic keratectomy re-treatment for recurrent corneal erosion syndrome. *Br. J. Ophthalmol*. 2002;86:270–2.
- McLean E.N., MacRae S.M., Rich L.F. Recurrent erosion. Treatment by anterior stromal puncture. *Ophthalmology*. 1986;93:784–8.
- Должич Р.Р., Пятницына В.В., Малюткина И.С. Патогенетическое обоснование и оценка эффективности лазерной передней корнеопунктуры в комплексном лечении пациентов с рецидивирующей эрозией роговицы. *Офтальмохирургия*. 2009;5:21–24. [Dolzhich R.R., Pjatnicyna V.V., Maljutina I.S. Pathogenetic substantiation and an estimation of laser cornea puncture efficiency in complex treatment of patients with a recurring cornea erosion. *Ophthalmosurgery=Oftal'mokhirurgiya*. 2009;5:21–24. (In Russ.)]
- Каспаров А.А., Труфанов С.В. Использование консервированной амниотической мембраны для реконструкции поверхности переднего отрезка глазного яблока. *Вестник офтальмологии*. 2001;3:45–47. [Kasparov A.A., Trufanov S.V. Use of a canned amniotic membrane for the anterior segment reconstruction of the eyeball. *Annals of Ophthalmology=Vestnik oftal'mologii*. 2001;3:45–47. (In Russ.)]
- Sridhar M.S., Rapuano C.J., Cosar C.B., et al. Phototherapeutic keratectomy versus diamond burr polishing of Bowman's membrane in the treatment of recurrent corneal erosions associated with anterior basement membrane dystrophy. *Ophthalmology*. 2002;109:674. DOI: 10.1016/s0161-6420(01)01027-2
- Wong V.W., Chi S.C., Lam D.S. Diamond burr polishing for recurrent corneal erosions: results from a prospective randomized controlled trial. *Cornea*. 2009 Feb;28(2):152–6. DOI: 10.1097/ICO.0b013e31818526ec
- Reidy J.J., Paulus M.P., Gona S. Recurrent erosions of the cornea: epidemiology and treatment. *Cornea*. 2000;19:761.
- McGrath L.A., Lee G.A. Techniques, indications and complications of corneal debridement. *Surv Ophthalmol*. 2014 Jan–Feb;59(1):47–63. DOI: 10.1016/j.survophthal.2013.03.004

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФБГНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Труфанов Сергей Владимирович  
доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник  
ул. Россолимо, 11 а, б, Москва, 119021, Российская Федерация  
Orchid ID: 0000-0003-4360-793X

ФБГНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Федоров Анатолий Александрович  
кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории фундаментальных исследований в офтальмологии  
ул. Россолимо, 11 а, б, Москва, 119021, Российская Федерация.

ФБГНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Мамиконян Вардан Рафаэлович  
доктор медицинских наук, профессор, директор ФБГНУ НИИ глазных болезней  
ул. Россолимо, 11 а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФБГНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Текеева Лейла Юсуфовна  
аспирант отдела патологии роговицы  
ул. Россолимо, 11 а, б, Москва, 119021, Российская Федерация  
Orchid ID: 0000-0003-1134-8574

ФБГНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Маложен Сергей Андреевич  
доктор медицинских наук, старший научный сотрудник  
ул. Россолимо, 11 а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ФБГНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Карамян Арам Ашотович  
доктор медицинских наук, профессор  
ул. Россолимо, 11 а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

## ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases  
Trufanov Sergey V.  
MD, leading researcher  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia  
Orchid ID: 0000-0003-4360-793X

Research Institute of Eye Diseases  
Fedorov Anatoliy A.  
PhD, the head of the fundamental research laboratory in ophthalmology  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia

Research Institute of Eye Diseases  
Mamikonyan Vardan R.  
MD, professor, director  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia

Research Institute of Eye Diseases  
Tekeeva Leyla Y.  
postgraduate  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia  
Orchid ID: 0000-0003-1134-8574

Research Institute of Eye Diseases  
Malozhen Sergej A.  
MD, senior research officer  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia

Research Institute of Eye Diseases  
Karamyan Aram A.  
MD, professor  
Rossolimo str., 11 a, b, Moscow, 119021, Russia