

Морфометрический анализ состояния нервных волокон роговицы после лазерной коррекции миопии

С.Э. Аветисов^{1,2}А.А. Тюрина¹З.В. Сурнина¹О.М. Довгилева³Е.В. Суханова¹

¹ ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский университет)
ул. Б. Пироговская, 2, стр. 4, Москва, 119991, Российская Федерация

³ НУЗ «Дорожная клиническая больница им. Н.А. Семашко» на ст. Люблино ОАО «РЖД»
ул. Ставропольская, домовл. 23, корп. 1, Москва, 109386, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2019;16(1S):27-32

Цель: провести объективную оценку состояния НВР после лазерной коррекции миопии с помощью лазерной конфокальной микроскопии и авторского программного обеспечения (ПО) *Liner 1.2S*. **Пациенты и методы.** Обследовано 20 пациентов (40 глаз). Средний сферический эквивалент рефракции до операции составил $-4,5 \pm 1,9$ D (от $-2,25$ до $-8,25$ D). Всем пациентам был выполнен *LASIK* по стандартной технологии, лазерная конфокальная микроскопия роговицы с помощью диагностической системы *HRT III* с роговичным модулем *Rostock Corneal Module* до и через 1, 3 и 6 мес. после операции с последующим автоматическим вычислением коэффициента анизотропии (K_{AL}) и симметричности (K_{sym}) направленности НВР. **Результаты.** Через 1 и 3 мес. после операции в центральной зоне роговицы выявлено полное отсутствие НВР. Через 1, 3 и 6 мес. после операции НВР были обнаружены парацентрально, а показатели коэффициента анизотропии направленности НВР были статистически значимо снижены по сравнению с показателями до вмешательства. Через 6 мес. после операции НВР были обнаружены как в центральной, так в парацентральной зоне роговицы, имелось статистически значимое снижение показателей коэффициента анизотропии направленности НВР по сравнению с показателями до вмешательства. Статистически значимых различий в показателях коэффициента симметричности направленности НВР во всех группах на всех этапах исследования получено не было. **Заключение.** В результате исследования НВР в центральной области роговицы впервые обнаружены через 6 мес. после операции, тогда как в парацентральных зонах роговицы НВР — уже через 1 мес. Через 6 мес. после операции выявлено статистически значимое снижение показателей коэффициента анизотропии направленности НВР в парацентральных зонах роговицы по сравнению с дооперационными. Также выявлено статистически значимое снижение показателей коэффициента анизотропии направленности НВР в парацентральных зонах роговицы на всех этапах исследования после операции по сравнению с показателями до вмешательства. Ввиду малых значений коэффициента симметричности направленности НВР на всех этапах исследования не удалось выявить статистически значимых различий.

Ключевые слова: лазерная кераторефракционная хирургия, миопия, нервные волокна роговицы, конфокальная микроскопия, морфометрический анализ

Для цитирования: Аветисов С.Э., Тюрина А.А., Сурнина З.В., Довгилева О.М., Суханова Е.В. Морфометрический анализ состояния нервных волокон роговицы после лазерной коррекции миопии. *Офтальмология*. 2019;16(1S):27-32. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-27-32>

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

Конфликт интересов отсутствует



Morphometric Analysis of Corneal Nerves Condition after Laser Keratorefractive Surgery

S.E. Avetisov^{1,2}, A.A. Tyurina¹, Z.V. Surnina¹, O.M. Dovgileva³, E.V. Sukhanova¹

¹ Research Institute of Eye Diseases

11a, b, Rossolimo str., Moscow, 119021, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

2-4, B. Pirogovskaya str., Moscow, 119991, Russia

³ Russian Railways Medical Hospital Named After N.A. Semashko in Lublino Station OAO «RZD»
23-1 Stavropolskaya str., Moscow, 109386, Russia

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2019;16(1S):27–32

Purpose: to conduct a morphometric assessment of the corneal nerves state after laser keratorefractive surgery using laser confocal microscopy and the software Liner 1.2S. **Patients and methods.** 40 eyes of 20 patients received LASIK to correct a mean refractive error of -4.5 ± 1.9 diopters (range, -2.25 to -8.25 diopters). The stroma was ablated with a Teneo Technolas 317P excimer laser. Corneas were examined by laser corneal confocal microscopy (HRT III with Rostock Cornea Module) before and in 1, 3, and 6 months after LASIK. Images were analyzed with software that automatically computes coefficients of anisotropy and orientation symmetry of corneal nerves. **Result.** At 1 and 3 months after surgery, the center corneal nerves were completely absent. At 1, 3 and 6 months after surgery, the paracentral corneal nerves were detected and the coefficient of anisotropy were statistically significantly reduced compared with the preoperative rates. At 6 months after surgery, both central and peripheral corneal nerves were detected and the coefficient of anisotropy were statistically significantly reduced compared with the preoperative rates. **Conclusion.** As a result of the study, the central corneal nerves were first detected at 6 months after surgery, whereas the paracentral cornea nerves were detected already after 1 month. At 6 months after surgery, the coefficient of anisotropy in the central of cornea statistically significant decreased compared to the preoperative rates. At all stages of the study after surgery, the anisotropy coefficient in the cornea paracentral statistically significant decreased compared with preoperative.

Keywords: laser keratorefractive surgery, myopia, corneal nerves, confocal microscopy, morphometric analysis

For citation: Avetisov S.E., Tyurina A.A., Surnina Z.V., Dovgileva O.M., Sukhanova E.V. Morphometric Analysis of Corneal Nerves Condition after Laser Keratorefractive Surgery. *Ophthalmology in Russia*. 2019;16(1S):27–32. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2019-1S-27-32>

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

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

Конфокальная микроскопия как прижизненный метод визуализации роговицы является инструментом для динамического наблюдения за различными изменениями в ее слоях в послеоперационном периоде. Эта неинвазивная методика, в частности для исследования нервных волокон роговицы (НВР), инициировала разработку для количественной оценки НВР различных программных обеспечений (ПО), как встроенных в различные модели конфокальных микроскопов, так и сторонних. Вопрос объективной оценки НВР представляется особенно актуальным с активным развитием рефракционной хирургии и прогрессирующим ростом числа проводимых операций. Существующие в настоящее время исследования в области реиннервации роговицы после эксимерлазерных кераторефракционных операций базируются на применении либо тандемных [1–4], либо щелевых [5–7] конфокальных микроскопов, что подразумевает обследование исключительно центральной зоны роговицы, что в техническом плане уступает лазерным конфокальным микроскопам [8, 9]. Такие морфологические показатели, как длина, плотность НВР, плотность ветвей, толщина, ширина и извилистость нервного волокна, традиционно вычисляются при помощи полуавтомати-

ческих компьютерных программ, которые предполагают ручную трассировку нервных волокон, что подтверждает субъективный характер такого алгоритма исследования НВР [7, 10, 11]. С разработкой нового принципа морфометрического исследования НВР и созданием полностью автоматизированного ПО *Liner 1.1* стала возможна объективная оценка иннервации роговицы [12].

Цель исследования — провести объективную оценку состояния НВР после лазерной коррекции миопии с помощью лазерной конфокальной микроскопии и авторского ПО *Liner 1.2S*.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Под наблюдением находились 20 пациентов (40 глаз), из них 12 женщин, 8 мужчин. Средний возраст на момент обследования составил $26,5 \pm 4,6$ года (от 19 до 37 лет), средний сферический эквивалент рефракции до операции — $-4,5 \pm 1,9$ D (от $-2,25$ до $-8,25$ D), средняя глубина абляции — 71 ± 25 μ m. Всем пациентам был выполнен LASIK по стандартной технологии с использованием эксимерной лазерной системы Teneo Technolas 317P с формированием роговичного лоскута при помощи микрокератома Carriazo-Pendular (Schwind, Германия). Послеоперационное лечение пациентов осуществляли по стандартной методике, интра- и после-

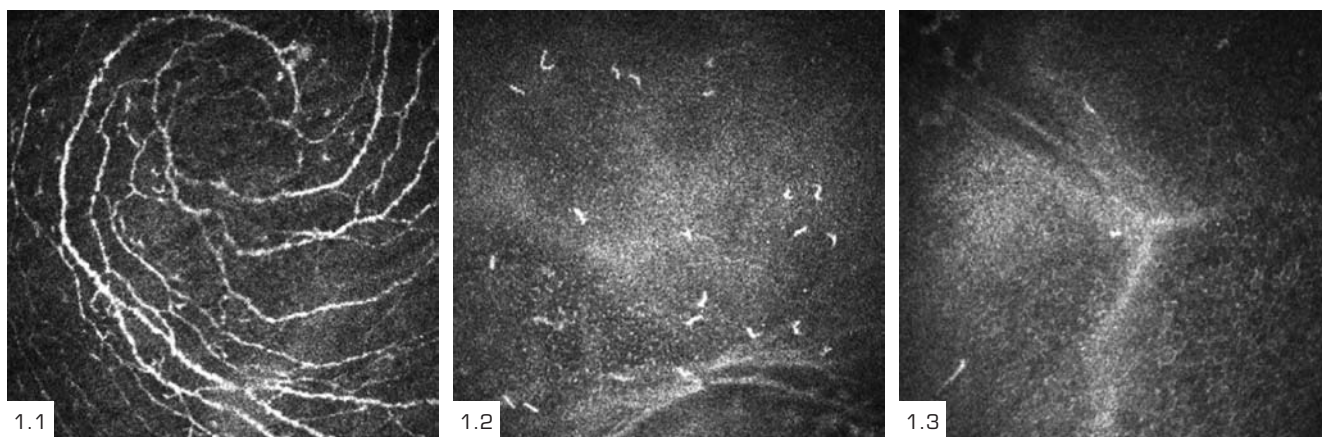


Рис. 1. Конфокальные снимки в центральной зоне роговицы: 1.1 — до операции; 1.2 — через 1 месяц после операции; 1.3 — через 3 месяца после операции

Fig. 1. Confocal images in the center of the cornea: 1.1 — before surgery; 1.2 — 1 month after surgery; 1.3 — 3 months after surgery

операционных осложнений выявлено не было. В зависимости от глубины абляции стромы роговицы пациенты были разделены на группы: 1-я группа — 20–49 μm , 2-я группа — 50–79 μm , 3-я группа — 80 μm и более. Наряду со стандартным офтальмологическим обследованием у всех пациентов выполняли лазерную конфокальную микроскопию роговицы с помощью диагностической системы *HRT III* с роговичным модулем до и через 1, 3 и 6 месяцев после операции. Сканирование роговицы проводили в центральной и парацентральной зоне, затем от каждой зоны сканирования было отобрано по три конфокальных снимка. Анализ снимков проводили с использованием авторского ПО *Liner 1.2S* с автоматическим вычислением коэффициента анизотропии ($K_{\Delta I}$) и коэффициента симметричности направленности (K_{sym}) НВР.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены средние значения коэффициентов анизотропии и симметричности направленности НВР в центральной и парацентральной зоне роговицы у пациентов трех групп в различные сроки наблюдения. В результате исследования через 1 и 3 мес. после операции во всех группах в центральной зоне роговицы выявлено полное отсутствие НВР и, как следствие, невозможность вычисления коэффициентов анизотропии и симметричности направленности НВР (рис. 1.1–1.3). Во всех группах через 1, 3 и 6 мес. после операции НВР были обнаружены парацентрально, причем только показатели коэффициента анизотропии

направленности НВР были статистически значимо снижены по сравнению с показателями до вмешательства (рис. 2.1–2.4). Через 6 мес. после операции у пациентов всех групп были обнаружены НВР как в центральной, так в парацентральной зоне роговицы и наблюдалось статистически значимое снижение показателя коэффициента

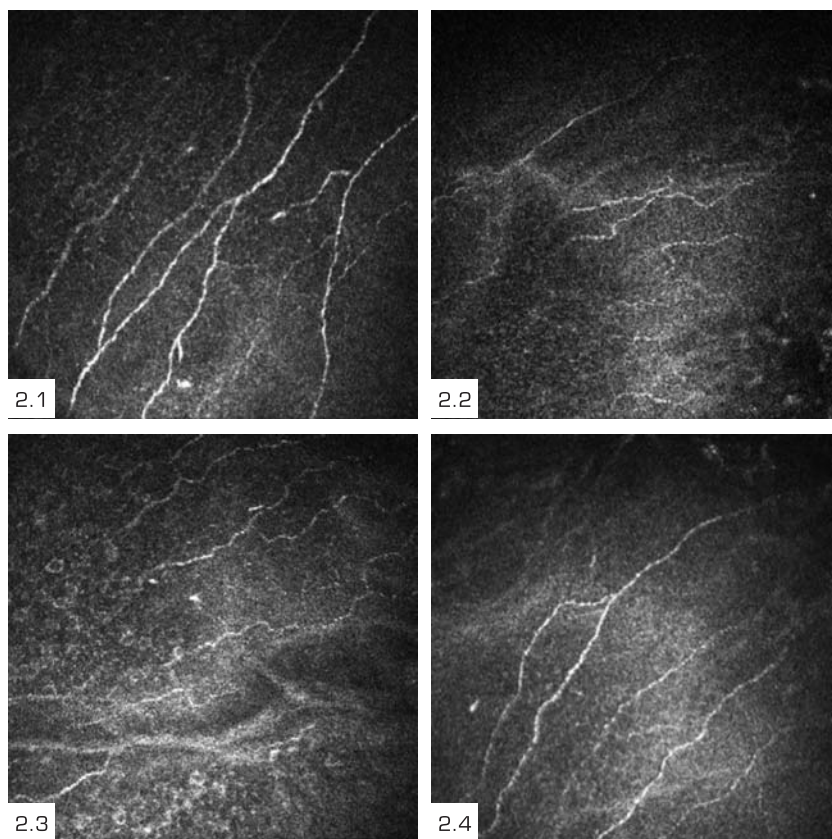
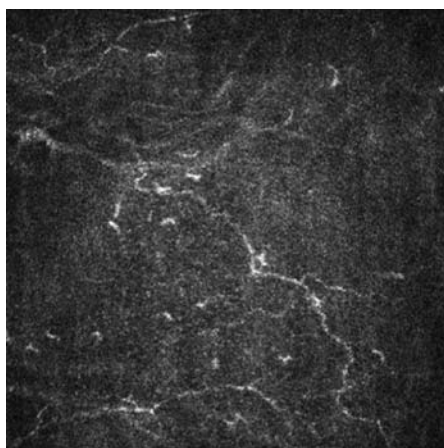


Рис. 2. Конфокальные снимки в парацентральной зоне роговицы: 2.1 — до операции; 2.2 — через 1 месяц после операции; 2.3 — через 3 месяца после операции; 2.4 — через 6 месяцев после операции

Fig. 2. Confocal images in the paracentral of the cornea: 2.1 — before surgery; 2.2 — 1 month after surgery; 2.3 — 3 months after surgery; 2.4 — 6 months after surgery

Таблица 1. Средние показатели коэффициентов анизотропии ($H_{\Delta L}$) и симметричности направленности (H_{sym}) НВР до, через 1, 3 и 6 месяцев после LASIK**Table 1.** Average values of CNF coefficient orientation symmetry (H_{sym}) and anisotropy ($H_{\Delta L}$) before and after 1, 3 and 6 months after LASIK

№ группы / Group number	Этапы наблюдения Stages of observation	Область роговицы / Corneal area			
		центральная / central		парацентральная / paracentral	
		$K_{\Delta L}$	K_{sym}	$K_{\Delta L}$	K_{sym}
1	до операции / before surgery	3,93 ± 1,00*	0,90 ± 0,09	3,33 ± 0,92*	0,93 ± 0,06
	1 месяц / 1 month	-	-	1,91 ± 0,24*	0,93 ± 0,04
	3 месяца / 3 months	-	-	1,81 ± 0,24*	0,92 ± 0,05
	6 месяцев / 6 months	1,99 ± 0,36*	0,95 ± 0,05	2,02 ± 0,47*	0,94 ± 0,05
2	до операции / before surgery	3,47 ± 1,15*	0,93 ± 0,05	3,31 ± 0,73*	0,90 ± 0,07
	1 месяц / 1 month	-	-	1,77 ± 0,61*	0,89 ± 0,23
	3 месяца / 3 months	-	-	2,18 ± 0,42*	0,94 ± 0,06
	6 месяцев / 6 months	1,86 ± 0,25*	0,93 ± 0,05	2,14 ± 0,50*	0,93 ± 0,07
3	до операции / before surgery	3,49 ± 0,72*	0,92 ± 0,06	3,23 ± 0,66*	0,93 ± 0,03
	1 месяц / 1 month	-	-	1,12 ± 0,97*	0,59 ± 0,49
	3 месяца / 3 months	-	-	2,27 ± 0,48*	0,93 ± 0,07
	6 месяцев / 6 months	2,30 ± 0,53*	0,94 ± 0,06	2,06 ± 0,45*	0,94 ± 0,04

Примечание: * $p < 0,05$.**Рис. 3.** Конфокальный снимок в центральной зоне роговицы через 6 месяцев после операции**Fig. 3.** Confocal images in the center of the cornea 6 months after surgery

анизотропии направленности НВР по сравнению с показателями до вмешательства (рис. 3). Между группами статистически значимых различий показателей коэффициентов анизотропии и симметричности направленности НВР в центральной и парацентральной зонах роговицы во все сроки наблюдения обнаружено не было. Также не было получено статистически значимых различий в показателях коэффициента симметричности направленности НВР во всех группах на всех этапах исследования. Используемый нами метод объективной оценки состояния НВР у данной категории пациентов применен впервые.

Первые исследования, посвященные реиннервации роговицы после лазерных кераторефракционных опера-

ций, носили исключительно описательный характер. Так, первые регенерированные пучки нервных волокон в центре роговицы были обнаружены через 6 мес. [13, 14].

С внедрением количественного анализа НВР стала возможной оценка таких параметров, как количество, длина, плотность и ориентация НВР. Стоит отметить, что во всех исследованиях изучали только центральную область роговицы, применяли тандемные или щелевые конфокальные микроскопы, а программы для оценки НВР являлись полуавтоматическими, что подразумевает субъективный характер алгоритма исследования НВР. В одном из исследований через 6 мес. после LASIK были обнаружены регенерированные суббазальные НВР, но их плотность была значительно снижена [6]. В другом подобном исследовании установлено, что через 1 неделю после LASIK количество пучков суббазальных НВР уменьшилось более чем на 90 % по сравнению с дооперационными значениями [1]. Через 6 и 12 мес. после операции количество пучков увеличивалось, но составляло менее половины дооперационных значений. Через 2 года после операции количество и плотность суббазальных НВР почти достигли дооперационных значений. В течение 3-го года наблюдений эти показатели уменьшались, а через 3 года число суббазальных НВР составляло менее 60 % от дооперационного уровня [2]. По данным J.C. Erie и соавт. [4], плотность суббазального нервного сплетения через 1, 2, 3 и 5 лет после LASIK была уменьшена на 51, 35, 34 и 24 % соответственно по сравнению с плотностью до операции. В исследовании T. Darwish и соавт. [5] оценивали такие параметры, как плотность НВР, плотность ветвей НВР, длина, ширина и извилистость НВР. Авторы заключили, что через 1 мес. после LASIK параметры плотности НВР, плотности

ветвей НВР, длины и ширины нервного волокна значительно сократились и не вернулись на предоперационный уровень через 6 мес. после операции. Существенных различий в извилистости НВР до и после операции выявлено не было.

В следующей серии исследований [15, 16] наряду с центральной зоной были обследованы и парацентральные зоны роговицы, применялся лазерный конфокальный микроскоп и полуавтоматическая компьютерная программа анализа НВР в одной работе [15] и балльная система оценки реиннервации роговицы в другой [16]. По данным L. Hu и соавт. [15], через 1–3 мес. после LASIK не выявлено значительных изменений в плотности суббазального нервного сплетения в центральной зоне роговицы, в то время как плотность нервов в височной и носовой областях увеличилась. Кроме того, вновь образованные нервные волокна были извилистыми и неупорядоченными. В исследовании S. Deng и соавт. обнаружение НВР в центральной зоне роговицы диаметром 3 мм в области 3–6 мм от центра роговицы и по краю роговичного лоскута оценивали как 3, 2 и 1 балл соответственно, а их отсутствие — в 0 баллов [16]. По результатам исследования через 1 мес. после LASIK 92,3 % регенерированных суббазальных НВР были оценены в 1 балл, через 2 мес. — в 2 балла, через 3 мес. 25 % суббазальных НВР — в 3 балла, однако плотность регенерированных волокон оставалась значительно меньшей по сравнению с предоперационными показателями.

Количественные показатели НВР во всех исследованиях сильно варьируют, мы связываем эту разнородность результатов с субъективной составляющей примененного алгоритма анализа НВР. Описанный в нашем исследовании подход к оценке НВР призван объективизировать данные реиннервации роговицы после кераторефракционных вмешательств.

зировать данные реиннервации роговицы после кераторефракционных вмешательств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования НВР в центральной области роговицы у всех пациентов после LASIK впервые обнаружены через 6 мес., тогда как в парацентральных зонах роговицы они обнаруживаются уже через 1 мес. Во всех группах через 6 мес. после LASIK выявлено статистически значимое снижение показателей коэффициента анизотропии направленности НВР в центральной зоне роговицы по сравнению с дооперационными. Также во всех группах выявлено статистически значимое снижение показателей коэффициента анизотропии направленности НВР в парацентральных зонах роговицы на всех этапах исследования после LASIK по сравнению с показателями до вмешательства. Полученные данные свидетельствуют о возможности применения авторского алгоритма в качестве инструмента, оценивающего состояние хода и структуры НВР как в дооперационном периоде, так и непосредственно после лазерного вмешательства. Из-за малых значений коэффициента симметричности направленности НВР на всех этапах исследования не удалось выявить статистически значимых различий, что, вероятно, говорит о необходимости увеличения единиц наблюдения. В настоящее время исследование продолжается.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Аветисов С.Э. — концепция и дизайн исследования, научное редактирование; Тюринна А.А. — сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, подготовка иллюстраций; Сурнина З.В. — концепция и дизайн исследования, оформление библиографии; Довгилева О.М. — техническое редактирование; Суханова Е.В. — сбор материала.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Lee B.H., McLaren J.W., Erie J.C. Reinnervation in the cornea after LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43:3660–3664.
- Calvillo M.P., McLaren J.W., Hodge D.O., Bourne W.M. Corneal reinnervation after LASIK: prospective 3-year longitudinal study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004;45:3991–3996.
- Erie J.C. Corneal wound healing after photorefractive keratectomy: a 3-year confocal microscopy study. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2003;101:293–333.
- Erie J.C., McLaren J.W., Hodge D.O., Bourne W.M. Recovery of corneal subbasal nerve density after PRK and LASIK. *Am J Ophthalmol.* 2005;140(6):1059–1064. DOI: 10.1016/j.ajo.2005.07.027
- Darwish T., Brahma A., O'Donnell C., Efron N. Subbasal nerve fiber regeneration after LASIK and LASEK assessed by noncontact esthesiometry and in vivo confocal microscopy: prospective study. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(9):1515–1521. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.05.023
- Lee S.J., Kim J.K., Seo K.Y. Comparison of corneal nerve regeneration and sensitivity between LASIK and laser epithelial keratomileusis (LASEK) *Am J Ophthalmol.* 2006;141:1009–1015. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.01.048
- Patel S.V., McLaren J.W., Kittleson B.S., Bourne W.M. Subbasal nerve density and corneal sensitivity after LASIK: femtosecond laser vs mechanical microkeratome. *Arch Ophthalmol.* 2010;128(11):1413–1419. DOI: 10.1001/archophthol.2010.253
- Ткаченко Н.В., Астахов С.Ю. Диагностические возможности конфокальной микроскопии при исследовании поверхностных структур глазного яблока. *Офтальмологические ведомости.* 2009;2(1):82–89. [Tkachenko N.V. Astakhov S.Yu. Confocal microscopy diagnostic abilities in investigation of superficial eyeball structures. *Ophthalmology journal = Ophthalmologicheskie vedomosti.* 2009;2(1):82–89 (In Russ.)]
- Сурнина З.В. Возможности световой и лазерной биомикроскопии роговицы в ранней диагностике диабетической полинейропатии. *Вестник офтальмологии.* 2015;131(1):104–108. [Surnina Z.V. Opportunities for confocal and laser biomicroscopy of corneal nerves in diabetic polyneuropathy. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii* 2015;131(1):104–108 (In Russ.)] DOI: 10.17116/oftalma2015131104-108
- Hu L., Xie W., Liu J., Zhou Y., Zhou Q., Yu Y., Chen J., Lu F. Tear menisci and corneal subbasal nerve density in patients after laser in situ keratomileusis. *Eye Contact Lens.* 2015;41(1):51–57. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000062
- Kowtharapu B.S., Winter K., Marfurt C., Allgeier S., Köhler B., Hovakimyan M., Stahnke T., Wree A., Stachs O., Guthoff R.F. Comparative quantitative assessment of the human corneal sub-basal nerve plexus by in vivo confocal microscopy and histological staining. *Eye (Lond).* 2017;31(3):481–490. DOI: 10.1038/eye.2016.220
- Аветисов С.Э., Новиков И.А., Махотин С.С., Сурнина З.В. Вычисление коэффициентов анизотропии и симметричности направленности нервов роговицы на основе автоматизированного распознавания цифровых конфокальных изображений. *Медицинская техника.* 2015;3:23–25. [Avetisov S.E., Novikov I.A., Makhotin S.S., Surnina Z.V. New approach to corneal nerve fibers morphometry in diabetes mellitus on the basis of confocal biomicroscopy. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2015;131(4):5–14 (In Russ.)] DOI: 10.17116/oftalma201513145-14
- Kauffmann T., Bodanowitz S., Hesse L., Kroll P. Corneal reinnervation after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis: an in vivo study with a confocal videomicroscope. *Ger J Ophthalmol.* 1996;5(6):508–512.
- Linna T.U., Vesaluoma M.H., Perez-Santonja J.J., et al. Effect of myopic LASIK on corneal sensitivity and morphology of subbasal nerves. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41(2):393–397.
- Hu L., Xie W., Liu J., Zhou Y., Zhou Q., Yu Y., Chen J., Lu F. Tear menisci and corneal subbasal nerve density in patients after laser in situ keratomileusis. *Eye Contact Lens* 2015;41(1):51–57. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000062
- Deng S., Mengmeng Wang, Fengju Zhang, Xuguang Sun, Wenbo Hou, Ning Guo. Corneal subbasal nerve fiber regeneration in myopic patients after laser in situ keratomileusis. *Neural Regen Res.* 2012;7(20): 1556–1562. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5374.2012.20.005

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
 ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения
 Российской Федерации (Сеченовский университет)
 Аветисов Сергей Эдуардович
 академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела рефракционных нарушений, заведующий кафедрой глазных болезней лечебного факультета ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет)
 ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
 ул. Б. Пироговская, 2, стр. 4, Москва, 119991, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
 Тюрина Анна Алексеевна
 аспирант, отдел рефракционных нарушений
 ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-2210-130X>

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
 Сурнина Зоя Васильевна
 старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории новых лазерных технологий в офтальмологии
 ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-5692-1800>

НУЗ «Дорожная клиническая больница им. Н.А. Семашко» на ст. Люблино
 ОАО «РЖД»
 Довгилева Ольга Михайловна
 руководитель центра микрохирургии глаза, кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог высшей категории, главный внештатный офтальмолог МДЗ
 Ставропольская ул., домовл. 23, корп. 1, Москва, 109386, Российская Федерация

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»
 Суханова Елена Владимировна
 кандидат медицинских наук, сотрудник отдела рефракционных нарушений
 ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases
 I.M. Sechenov First Moscow State Medical University
 Avetisov Sergey E.
 academician, MD, professor, head of the department of ophthalmology
 Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russia
 2-4, B. Pirogovskaya str., Moscow, 119991, Russia

Research Institute of Eye Diseases
 Tyurina Anna A.
 graduate student
 Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-2210-130X>

Research Institute of Eye Diseases
 Surnina Zoya V.
 PhD, senior research officer
 Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-5692-1800>

Russian Railways Medical Hospital Named After N.A. Semashko in Lublino Station
 ОАО «RZD»
 Dovgileva Olga M.
 PhD, head of eye microsurgery center
 Stavropolskaya str., 23-1, 109386, Moscow, Russia

Research Institute of Eye Diseases
 Elena Sukhanova V.
 PhD, ophthalmologist of the department of refractive errors
 Rossolimo str., 11a, b, Moscow, 119021, Russia