



Алиева С.Ш.

Национальный центр офтальмологии имени академика З. Алиевой, Баку,
Азербайджан

Изменение топометрической характеристики роговицы после лазерной коррекции зрения при миопии

Конфликт интересов: не заявлен.

Подана: 17.02.2025

Принята: 19.05.2025

Контакты: lyuba.nauchnaya@yandex.ru

Резюме

Цель. Оценить взаимосвязь между изменениями некорригированной остроты зрения и топометрическими параметрами роговицы после лазерной коррекции зрения у пациентов с миопией.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 54 пациента (108 глаз), обследованных до операции и через 3 месяца после нее. Биометрические параметры измерялись с помощью приборов Pentacam H.R., Wavelight Oculyzer и Wavelight Allegro Topolyzer. Анализировались изменения топометрических параметров в результате лазерной коррекции, их корреляции оценивались с помощью регрессионного анализа.

Результаты. Через 3 месяца после операции некорригированная острота зрения увеличилась в 10 раз (с 0,08 до 0,84), эффективность лечения достигла 92,6%. Эти улучшения были связаны с уменьшением центральной толщины роговицы и увеличением топометрических индексов. Корреляция между некорригированной остротой зрения и топометрическими параметрами была слабой, но между некоторыми топометрическими индексами наблюдались сильные корреляции.

Выводы. Лазерная коррекция зрения у пациентов с миопией изменяет топометрические параметры роговицы. В большинстве случаев корреляции между этими параметрами слабые, однако были выявлены сильные корреляции ($R \geq 0,7$) между ISV и IVA, IVA и IHA, IHA и IHD, а также IHD и IVA. До операции корреляция между толщиной роговицы и топометрическими показателями, а также между отдельными топометрическими показателями была слабой ($R \leq 0,40$), однако она значительно усилилась после операции ($R = 0,31 - 0,87$).

Ключевые слова: топометрические характеристики, роговица, лазерная коррекция, зрение, миопия



Aliyeva S.

National Center of Ophthalmology named after Academician Z. Aliyeva, Baku, Azerbaijan

Changes in the Topometric Characteristics of the Cornea After Laser Vision Correction for Myopia

Conflict of interest: nothing to declare.

Submitted: 17.02.2025

Accepted: 19.05.2025

Contacts: lyuba.nauchnaya@yandex.ru

Abstract

Purpose. To assess the relationship between changes in uncorrected visual acuity and corneal topometric parameters following laser vision correction in patients with myopia.

Materials and methods. The study involved 54 patients (108 eyes) assessed preoperatively and at 3 months post-surgery. Biometric parameters were measured using Pentacam H.R., Wavelight Oculyzer, and Wavelight Allegro Topolyzer devices. Changes in topometric parameters resulting from laser correction were analyzed, and their correlations were evaluated using regression analysis.

Results. Three months after surgery, uncorrected visual acuity increased tenfold (from 0.08 to 0.84), achieving a treatment efficiency of 92.6%. These improvements were linked to a decrease in central corneal thickness and an increase in topometric indices. The correlation between uncorrected visual acuity and topometric parameters was weak, but strong correlations were observed among certain topometric indices.

Conclusion. Laser vision correction in myopic patients alters corneal topometric parameters. In most cases, the correlations among these parameters were weak; however, strong correlations ($R \geq 0.7$) were identified between ISV and IVA, IVA and IHA, IHA and IHD, as well as IHD and IVA. Before surgery, the correlation between corneal thickness and topometric indices, as well as among individual topometric indices, was weak ($R \leq 0.40$); however, it significantly strengthened after surgery ($R = 0.31 - 0.87$).

Keywords: topometric characteristics, cornea, laser correction, vision, myopia

■ ВВЕДЕНИЕ

Лазерная коррекция зрения у пациентов с миопией является широко распространенным методом лечения [1, 2]. Опубликовано много работ об эффективности и безопасности этого метода [3–5]. Метаанализ подтверждает высокую эффективность секундного лазерного кератомилеза *in situ*, экстракции лентикулы с малым разрезом, фемтосекундной экстракции лентикулы, фоторефракционной кератэктомии и прочих современных методов коррекции зрения [6]. Отмечается, что кератомилез *in situ* с использованием фемтосекундного лазера также эффективен и безопасен [7]. Сравнение коррекции зрения и толщины роговицы после фемтосекундного лазерного кератомилеза *in situ*, фоторефракционной кератэктомии и экстракции лентикулы с небольшим разрезом показало, что индекс эффективности находился

в пределах от 1,0 до 1,15 для всех пациентов. Причем у них всех толщина роговицы в центре увеличивалась на 1,5 мм [8]. Другие авторы [9, 10] отмечают, что средняя пахиметрия в центре после операции статистически значимо не изменяется. В последние годы опубликован целый ряд работ [11–15], однозначно подтверждающих безопасность и предсказуемость эффективной лазерной коррекции. В основе эффективности лазерной коррекции лежит способность лазера оказывать влияние на топографию роговицы. В литературе представлено множество работ по изучению биомеханики роговицы у пациентов с кератоконусом, но мало сообщений о биомеханике роговицы после лазерной коррекции зрения [16].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительная оценка связи между топометрическими показателями роговицы до и после лазерной коррекции у пациентов с миопией.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучена эффективность и безопасность фемтосекундной лазерной коррекции зрения у 54 пациентов (108 глаз) с миопией средней и тяжелой степени (3,0–6,0 и >6D). Все пациенты до операции были обследованы стандартными методами в соответствии с клиническим протоколом. Топометрическая характеристика роговицы была изучена до операции и через 3 месяца после нее с использованием Wavelight Allegro Topolyzer, Pentacam H.R. и Wavelight Oculyer.

Для сравнения были получены следующие данные: острота зрения с коррекцией и без нее (МКОЗ и БКОЗ), центральная толщина роговицы (СТ), индексы дисперсии поверхности (ISV), вертикальной асимметрии (IVA), асимметрии высоты (IHA), децентрации высоты (IHD).

Собранная информация была статистически обработана с применением методов описательной статистики регрессионного анализа при помощи пакета «Анализ данных» программы Excel [17]. Каждый топометрический показатель и острота зрения были выбраны в качестве результирующего признака (Y) и факторного признака (X). В результате регрессионного анализа были получены:

- множественный R (коэффициент корреляции);
- R-квадрат (коэффициент детерминации) – оценивает качество модели (значение >0,5 или 50% считается приемлемым);
- Y-переменная (используемые показатели);
- X – коэффициент, который показывает уровень зависимости между результирующим и факторным признаком;
- дисперсионный анализ ($F < 0,05$ свидетельствует о значимости регрессионной модели).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

До операции БКОЗ у пациентов была <0,2, а после операции стала >0,7. Безопасность, предсказуемость, эффективность и стабильность зрения при лазерной коррекции составляла $92,6 \pm 2,5$; $88,0 \pm 3,1$; $92,6 \pm 2,5$ и $92,6 \pm 2,5\%$ соответственно.

Средняя величина остроты зрения и топометрических показателей до и после операции показана в табл. 1. Из этих данных следует, что после лазерной коррекции



Таблица 1
Средние величины остроты зрения и топометрических показателей до и после операции ($M \pm m$)
Table 1
Mean values of visual acuity and topometric indices before and after surgery ($M \pm m$)

Показатели	До операции	После операции	P
БКОЗ	0,08 $\pm$ 0,005	0,84 $\pm$ 0,005	<0,001
СТ	549,5 $\pm$ 2,65	464,4 $\pm$ 3,47	<0,001
ISV	15,5 $\pm$ 0,39	27,1 $\pm$ 1,33	<0,01
IVA	0,10 $\pm$ 0,002	0,20 $\pm$ 0,01	<0,01
IHA	3,74 $\pm$ 0,24	8,86 $\pm$ 0,53	<0,05
IHD	0,007 $\pm$ 0,0003	0,017 $\pm$ 0,0007	<0,05

острота зрения улучшилась более чем в 10 раз на фоне уменьшения центральной толщины роговицы (549,5 $\pm$ 2,65 и 464,4 $\pm$ 3,47), увеличения индексов ISV (15,5 $\pm$ 0,39 и 27,1 $\pm$ 1,33), IVA (0,10 $\pm$ 0,002 и 0,20 $\pm$ 0,01), IHA (3,74 $\pm$ 0,24 и 8,86 $\pm$ 0,53) и IHD (0,007 $\pm$ 0,003 и 0,017 $\pm$ 0,007).

Очевидно, что улучшение зрения у пациентов произошло на фоне существенного изменения топометрической характеристики роговицы. Причем толщина роговицы уменьшается, а индексы изменяются в противоположном направлении. Для выяснения наличия связи между этими показателями был применен регрессионный анализ, результаты которого приведены в табл. 2.

Между остротой зрения и всеми топометрическими показателями (за исключением IHA) связь не выявляется. IHA и острота зрения до операции имеют слабую, но статистически значимую корреляционную связь ($R=0,26$; $F=0,007$). После операции острота зрения имеет слабую корреляционную связь с двумя индексами – IVA ($R^2=0,20$; $F=0,04$) и IHD ($R^2=0,25$; $F=0,008$).

Центральная толщина роговицы до операции существенно не коррелирует с топометрическими индексами, а после операции наблюдается ее статистически значимая связь со всеми изученными нами индексами; сила связи средняя ($R=0,31-0,56$). Индекс дисперсии поверхности роговицы (ISV) до операции имел корреляционную зависимость средней силы ($R=0,40$) только с одним индексом (IVA), а после операции – со всеми. Причем сила связи ISV с IVA высокая ($R=0,87$).

Индекс вертикальной асимметрии (IVA) до операции имел корреляционную связь с ISV ($R=0,40$) средней силы, а с остальными – умеренной силы ($R=0,19$ с IHD). После операции сила корреляционной связи достигает высокого уровня с IHD ($R=0,83$) и с ISV (0,87). Корреляционная связь после операции между индексами IHA и IHD увеличивается и составляет 0,63.

До операции индекс асимметрии высоты (IHA) не имел заметной корреляционной связи с изученными индексами, а после операции коррелирует с IVA ($R=0,63$) и с IHD ($R=0,72$).

Таким образом, лазерная коррекция зрения у пациентов с миопией изменяет топометрические характеристики роговицы, в результате чего появляется и усиливается корреляционная связь между топометрическими индексами.

Таблица 2
Данные регрессионного анализа зависимости топометрических показателей роговицы до и после лазерной коррекции зрения у пациентов с миопией
Table 2
Data of regression analysis of corneal topometric indices dependence before and after laser vision correction in patients with myopia

Период	У	Х	Множествен- ный R	Значимость	У-пересе- чение	Переменный Х
До	Острота зрения	СТ	0,10	0,28	0,14	-0,00011
		ISV	0,11	0,27	0,11	-0,0016
		IVA	0,14	0,15	0,05	0,2790
		IHA	0,26	0,007	0,10	-0,1156
		IHD	0,01	0,93	0,08	0,1243
После	Острота зрения	СТ	0,16	0,11	0,51	0,0007
		ISV	0,14	0,13	0,89	-0,0016
		IVA	0,20	0,04	0,89	-0,2312
		IHA	0,15	0,12	0,88	-0,0043
		IHD	0,25	0,008	0,93	-5,0025
До	Центральная толщи- на роговицы	ISV	0,02	0,86	540,9	0,234
		IVA	0,08	0,38	527,9	161,93
		IHA	0,06	0,55	549,5	-1,3369
		IHD	0,01	0,88	543,1	202,08
После	Центральная толщи- на роговицы	ISV	0,52	0,001	501,2	-1,3549
		IVA	0,56	0,001	494,8	-145,09
		IHA	0,31	0,001	482,3	-2,0122
		IHD	0,42	0,001	495,2	-1847,67
До	Индекс дисперсии поверхности	IVA	0,40	0,001	10,07	53,15
		IHA	0,03	0,73	15,75	-0,054
		IHD	0,04	0,69	15,3	37,45
После	Индекс дисперсии поверхности	IVA	0,87	0,001	8,9	86,74
		IHA	0,46	0,001	16,9	1,15
		IHD	0,62	0,001	9,6	1049,7
До	Индекс вертикаль- ной асимметрии	IHA	0,08	0,39	0,11	-0,001
		IHD	0,19	0,049	0,09	1,406
После	Индекс вертикаль- ной асимметрии	IHA	0,63	0,001	3,58	25,162
		IHD	0,83	0,001	0,006	0,049
До	Индекс асимметрии высоты	IHD	0,05	0,59	3,51	32,0
После	Индекс асимметрии высоты	IHD	0,72	0,001	0,0074	0,001

■ ОБСУЖДЕНИЕ

В Таиланде изменения топометрических показателей изучены у 14 пациентов (25 глаз) после рефракционной хирургии [16]. Отмечается, что после операции у пациентов существенно увеличиваются все топометрические показатели роговицы: ISV – с 21,6 до 43,1; IVA – с 0,14 до 0,40; IHA – с 7,65 до 13,4; IHD – с 0,01 до 0,03. Характер этих изменений полностью соответствует характеру изменений топометрических показателей в нашем наблюдении (табл. 1). Других сообщений об изменении



топометрических индексов после лазерной коррекции в PubMed мы не нашли. К сожалению, тайландские ученые не изучали корреляционно-регрессионную связь между топометрическими показателями. Наши данные показывают, что у пациентов с миопией (средняя и тяжелая степени) до лазерной коррекции на фоне низкого уровня остроты зрения (БКОЗ $0,08 \pm 0,005$) не выявляется существенная связь уровня остроты зрения с топометрическими индексами ($R \leq 0,14$), и только IHA имеет слабо выраженную корреляцию ($R=0,26$). Причем до операции эти индексы между собой также слабо коррелируют.

Оперативное вмешательство позволяет уменьшить толщину роговицы и увеличить топометрические индексы. При этом наблюдается усиление корреляционной связи как с толщиной роговицы, так и между топометрическими индексами. Изменения топометрических индексов не влияют на их связь с остротой зрения пациентов ($R \leq 0,25$).

Таким образом, значительное улучшение остроты зрения у пациентов с миопией после лазерной коррекции не коррелирует с изменениями топометрических индексов роговицы.

■ ВЫВОДЫ

1. Значительное улучшение качества зрения (эффективность – $92,6 \pm 2,5\%$) у пациентов с миопией средней и тяжелой степени после фемтосекундной лазерной коррекции ассоциируется с уменьшением толщины роговицы (с $549,5 \pm 2,65$ до $464,4 \pm 3,42$) и увеличением топометрических индексов (ISV – с $15,5 \pm 0,39$ до $27,1 \pm 1,33$; IVA – с $0,10 \pm 0,002$ до $0,20 \pm 0,012$; IHA – с $3,74 \pm 0,24$ до $8,86 \pm 0,53$; IHD – с $0,007 \pm 0,0003$ до $0,017 \pm 0,0007$).
2. До и после операции острота зрения без коррекции слабо коррелирует с толщиной роговицы и топометрическими индексами ($R \leq 0,26$).
3. До операции корреляционная связь между толщиной роговицы и топометрическими индексами, а также между отдельными топометрическими индексами слабо выражена ($R \leq 0,40$), а после операции она значительно усиливается ($R=0,31-0,87$).

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Liu X., Schallhorn S.C., Hannan S.J., et al. Three-Month Outcomes of Laser Vision Correction for Myopia and Hyperopia in Adults With Amblyopia. *J Refract Surg.* 2020; 36(8):511–519. doi: 10.3928/1081597X-20200612-02
2. Castro-Luna G., Jiménez-Rodríguez D., Pérez-Rueda A., et al. Long Term Follow-Up Safety and Effectiveness of Myopia Refractive Surgery. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(23):8729.
3. Кобаенко А.И. Efficiency of excimer laser vision correction in patients with high myopia. *Tavricheskij Mediko-Biologicheskij Vestnik.* 2016;1:51–54. (In Russian)
4. El-Aidi N.M., Pakhomov M.A., Morozov A.M. Efficiency of laser vision correction in patients aged 40–43 years with various degrees of myopia using the personalized Lasik method. *Forcipe.* 2020;3 Special Issue:639–640. (In Russian)
5. Barabanova L.S., Kamenskikh T.G., Belousova T.V., et al. Efficiency of modern methods of laser refractive surgery based on the experience of the eye diseases clinic of SSMU. *Saratov Scientific Medical Journal.* 2017;13(2):334–338. (In Russian)
6. Wen D., McAlinden C., Flitcroft I., et al. Postoperative efficacy, predictability, safety, and visual quality of laser corneal refractive surgery: a network meta-analysis. *Am J Ophthalmol.* 2017 Jun;178:65–78.
7. Yu E.J., Nejad M., Miller K.M. Outcomes of resident-performed FS-LASIK for myopia and myopic astigmatism. *J Refract Surg.* 2021 Aug;37(8):545–551.
8. Janiszewska-Bil D., Czarnota-Nowakowska B., Grabarek B.O., et al. Comparison of vision correction and corneal thickness at 180-day follow-up after Femtosecond Laser-Assisted In-Situ Keratomileusis (FS-LASIK), Photorefractive Keratectomy (PRK), and Small Incision Lenticule Extraction (SMILE): a study from a single center in Poland of 120 patients with myopia. *Med Sci Monit.* 2023 Feb 16;29:e939099.

9. Rahmania N., Salah I., Rampat R., et al. Clinical Effectiveness of Laser-Induced Increased Depth of Field for the Simultaneous Correction of Hyperopia and Presbyopia. *J Refract Surg.* 2021;37(1):16–24.
10. Kulikova I.L., Pozdeyeva N.A., Terentieva A.E., et al. Long-term clinical and functional outcomes of high myopia correction by femtosecond laser-assisted implantation of an intrastromal ring. *Vestn. Oftalmol.* 2022;138(4):74–80. (In Russian)
11. Gao H., Miles T.P., Troche R., et al. Quality of vision following LASIK and PRK-MMC for treatment of myopia. *Mil Med.* 2022 Aug 25;187(9–10):e1051–e1058.
12. Zhang Y., Li T., Li Z., et al. Clinical outcomes of single-step transepithelial photorefractive keratectomy and off-flap epiploic-laser in situ keratomileusis in moderate to high myopia: 12-month follow-up. *BMC Ophthalmol.* 2022 May 23;22(1):234.
13. Řeháková T., Veliká V., Jirásková N. Correction of myopia and myopic astigmatism by femtosecond laser in situ keratomileusis. *Cesk Slov Oftalmol.* 2019;75(2):65–71.
14. Saad A., Saad A., Frings A. Refractive results of photorefractive keratectomy comparing trans-PRK and PTK-PRK for correction of myopia and myopic astigmatism. *Int Ophthalmol.* 2024 Feb 25;44(1):111.
15. Zhou C., Li Y., Wang Y., et al. Comparison of visual quality after SMILE correction of low-to-moderate myopia in different optical zones. *Int Ophthalmol.* 2023 Oct; 43(10):3623–3632.
16. Piyacomn Y., Kasetsuwan N., Puangsricharern V., et al. Topometric indices and corneal densitometry change after corneal refractive surgery combined with simultaneous collagen crosslinking. *Clin Ophthalmol.* 2019 Sep;27(13):1927–1933.
17. Glanz S. (1999) *Medical and biological statistics.* Moscow: Publ. Praktika. (In Russian)