

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИСХОДОВ ПОСЛЕ СТАНДАРТНОГО И УСКОРЕННОГО АЛГОРИТМОВ ОПЕРАЦИИ ФЕМТОЛАЗИК НА ЛАЗЕРЕ ZIEMER Z8

¹Мисюрёв Д. М., ¹Копылов А. Е., ^{1,2}Фабрикантов О. Л., ^{1,2}Шутова С. В.

¹Тамбовский филиал Федерального государственного автономного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс „Микрохирургия глаза” имени академика С. Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Тамбов, Российская Федерация, e-mail: md110696@mail.ru;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», Тамбов, Российская Федерация

Цель. Сравнить анатомо-функциональные исходы после стандартного и ускоренного алгоритмов операции ФемтоЛАЗИК на лазере Ziemer Z8. Были сформированы 2 однородные группы по 20 пациентов в возрасте от 20 до 35 лет, прооперированных методом ФемтоЛАЗИК по стандартному и по ускоренному алгоритму соответственно. До и после операции обеим группам проводили стандартное комплексное офтальмологическое исследование и оптическую когерентную томографию роговицы для оценки толщины поверхностного роговичного лоскута. Оба алгоритма ФемтоЛАЗИК эффективно снижают сферический компонент рефракции и величину роговичного астигматизма в соответствии с предварительными расчетами операций, обеспечивая высокую и стабильную некорригированную остроту зрения на протяжении длительного периода без потери строк. При проведении операции ФемтоЛАЗИК не было выявлено опасных интраоперационных осложнений в 100% случаев. В отдаленные сроки при проведении aberromетрии ни у кого из пациентов не было выявлено aberраций высшего порядка. Также у всех пациентов отсутствовало снижение контрастной чувствительности по данным биноптометрии. Данные толщины поверхностного роговичного лоскута оказались допустимо выше планируемых на следующий день после операции и постепенно уменьшались до расчетных данных ближе к 3-му месяцу после операции. По данным анкетирования, у 4 из 10 пациентов, прооперированных стандартным методом ФемтоЛАЗИК, отмечался дискомфорт во время операции, в то время как абсолютно все пациенты после ускоренного алгоритма операции отметили отсутствие неприятных ощущений в ходе операции. Оба метода ФемтоЛАЗИК доказали свою эффективность в снижении сферического и цилиндрического компонентов рефракции и безопасность. Однако ускоренный алгоритм позволил сократить время формирования клапана при сопоставимых краткосрочных показателях с 34 до 8 секунд, что отразилось на субъективных ощущениях пациентов и свидетельствует о преимуществе над стандартным методом.

Ключевые слова: FemtoLASIK, роговичный лоскут, низкоэнергетический фемтосекундный лазер.

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF ANATOMICAL AND FUNCTIONAL OUTCOMES FOLLOWING STANDARD AND ACCELERATED FEMTOLASIK SURGERY ALGORITHMS USING THE ZIEMER Z8 LASER

¹Misyuryov D. M., ¹Kopylov A. E., ^{1,2}Fabrikantov O. L., ^{1,2}Shutova S. V.

¹ The Tambov branch of the federal state autonomous institution “National Medical Research Center ‘Intersectoral Scientific and Technical Complex “Eye Microsurgery” named after Academician S. N. Fyodorov” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tambov, Russian Federation, e-mail: md110696@mail.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State University named after G. R. Derzhavin”, Tambov, Russian Federation

Purpose. To compare the anatomical and functional outcomes following standard and accelerated FemtoLASIK surgery using the Ziemer Z8 laser. Two similar groups of 20 patients aged 20 to 35 years old were formed who undergone FemtoLASIK surgery according to the standard and accelerated algorithm respectively. Before and after the surgery, both groups underwent a standard complex ophthalmological examination and corneal optical coherence tomography to assess the thickness of the superficial corneal flap. Both FemtoLASIK algorithms effectively reduce the spherical component of refraction and the magnitude of corneal astigmatism in accordance with preliminary surgical calculations, ensuring high and stable uncorrected visual acuity over a long period without line loss. No severe intraoperative complications were detected in 100% of cases of FemtoLASIK

surgery. No higher-order aberrations were detected in late-term aberrometry. Also no patients showed a decrease in contrast sensitivity according to binoptometry data. The thickness of the superficial corneal flap was acceptably higher than planned the day after surgery and gradually decreased to the calculated values closer to the third month after surgery. According to the questionnaire, 4 out of 10 patients undergoing standard FemtoLASIK surgery reported discomfort during the surgery, while absolutely all patients after the accelerated algorithm reported no discomfort during the procedure. Both FemtoLASIK methods have proven effective in reducing the spherical and cylindrical components of refraction and are safe. However, the accelerated algorithm has reduced the flap formation time for comparable short-term results from 34 to 8 seconds, which has been reflected in patient subjective feedback and demonstrates its superiority over the standard method.

Key words: FemtoLASIK, corneal flap, a low energy femtosecond laser.

Введение

Подавляющее большинство населения планеты рождаются с той или иной формой аномалии рефракции [1-3]. Основным и наиболее успешным способом улучшения качества жизни людей с миопией, гиперметропией и астигматизмом в детском и взрослом возрасте считается очковая коррекция или контактные линзы, а для подростков актуально лечение ортокератологическими линзами, но многим эти виды консервативных методов коррекции не приносят комфорта в жизни, доставляют неудобства и ограничивают, из-за чего многие активные виды спорта, досуга и развлечений становятся недоступны большинству пациентов с аномалиями рефракции. Многим, но не всем, возможно помочь исправить зрение путём рефракционной операции и достичь высокой остроты зрения без очков и линз, но не каждая методика является универсальной [4-6]. Рефракционная хирургия методом ФемтоЛАЗИК остается наиболее распространенной по всему миру [5; 7; 8]. Благодаря универсальности и удобству проведения фемтолазерная хирургия с формированием поверхностного роговичного лоскута позволяет успешно и эффективно оперировать пациентов с миопией, гиперметропией, астигматизмом [9-11]. При этом низкоэнергетические фемтосекундные установки не уступают в эффективности и безопасности высокоэнергетическим [12-14]. Предложенная недавно методика ускоренного проведения операции на низкоэнергетическом фемтолазере Ziemer Z8 демонстрирует равные со стандартным алгоритмом морфологические показатели при микроскопическом исследовании, но данные о клинических исследованиях мало изучены [6; 15].

Цель исследования: сравнить анатомо-функциональные исходы после стандартного и ускоренного алгоритмов операции ФемтоЛАЗИК на лазере Ziemer Z8.

Материалы и методы исследования

Для проведения проспективного рандомизированного исследования были сформированы 2 однородные группы по 20 пациентов (по 10 мужчин и 10 женщин в одной группе) в возрасте от 20 до 35 лет, прооперированных методом ФемтоЛАЗИК на лазере Ziemer LDV Z8 (Ziemer, Швейцария) (рис. 1): первая по стандартному алгоритму операции (среднее время формирования клапана 34 секунды), вторая по ускоренному (среднее время

формирования клапана 8 секунд). Параметры энергии лазера на этапе формирования лоскута (край 1100 мВт, строма 1200 мВт), параметры величины вакуума (530 мБар), диаметр (8,7 мм) и толщина (100 мкм) клапана оставались по умолчанию у обоих методов. Первую и вторую группы условно назвали «F» и «FF» соответственно. В обследуемые группы вошли пациенты с миопией от 2.25 до 4.75 дптр и астигматизмом не более 2.0 дптр, с толщиной роговицы от 510 до 600 мкм и с данными кератометрии от 40 до 46 дптр включительно. Все пациенты предварительно за две недели до вмешательства отказались от использования мягких контактных линз. Для исследования учитывались данные только правых глаз. До и после операции обеим группам проводилось стандартное комплексное офтальмологическое исследование, включающее оценку остроты зрения (максимально корригируемую остроту зрения (МКОЗ) и некорригируемую остроту зрения (НКОЗ)) (фороптор CV-5000, Торсон, Япония; автоматический проектор знаков АСР-8, Торсон, Япония) (рис. 2), автокераторефрактометрию с учетом сферозэквивалента (KR-8800, Торсон, Япония) (рис. 3), кератотопографию (TMS-4N, Tomey, Япония) (рис. 4) и оптическую когерентную томографию роговицы (Optovue Solix, Visionix, США) (рис. 5) для оценки толщины поверхностного роговичного лоскута. Все исследования (кроме оптической когерентной томографии) проводились за день до операции, спустя 1 день после операции, спустя 1 месяц после операции и спустя 3 месяца после операции. Дополнительно, спустя 3 месяца после вмешательства, обе группы пациентов прошли обследование на определение контрастной чувствительности (биноптометрия) на анализаторе зрительных функций Binoptometer (Oculus, Германия) (рис. 6) и aberрометрию для выявления искажений и ухудшения качества зрения (аберрометр KR-1W, Торсон, Япония) (рис. 7). Также все пациенты прошли анонимное послеоперационное анкетирование по оценке субъективных интраоперационных ощущений и комфорта.

Все исследуемые пациенты ознакомились и подписали предварительное добровольное медицинское согласие на хирургическое вмешательство, на этапе формирования групп и анализа все данные исследуемых были обезличены. Исследование соответствует этическим нормам Всемирной организации здравоохранения и нормативно-правовым документам Российской Федерации по клиническим исследованиям.

Критерии исключения

1. Миопия менее 2,0 и более 5,0 дптр.
2. Астигматизм более 2 дптр.
3. Данные пахиметрии менее 510 и более 600 мкм.
4. Данные кератометрии менее 40 и более 46 дптр.



Рис. 1. Низкоэнергетический фемтосекундный лазер Ziemer LDV Z8 (источник: <https://lasik.ru/services/lazernaya-korreksiya-zreniya/korreksiya-zreniya-lasik/>)



Рис. 2. Фороптор CV-5000 и автоматический проектор знаков АСР-8 (источник: <https://glotr.uz/rabochee-mesto-oftalmologa-is-100-652038/>)



Рис. 3. Автокераторефрактометр KR-8800 (источник: <https://sky-optic.ru/catalog/avtorefraktor-keratometr-topcon-kr-8800/>)



Рис. 4. Кератотопограф TMS-4N (источник: <https://vilmed.ru/product/avtomaticheskij-keratopograf-tms-4-tomey-yaponiya/>)



Рис. 5. Оптический когерентный томограф Optovue Solix, Visionix (источник: <https://medeq.ru/product/opticheskij-kogerentnyj-tomograf-optovue-solix/12465>)



Рис. 6. Анализатор зрительных функций Binoptometer, Oculus (источник: <https://www.kriptomed.ru/product/analizator-zritelnykh-funktsiy-binoptometer/>)



Рис. 7. Абберометр KR-1W, Торсон (источник: <https://dioptria555.ru/product/kr-1w-analizator-volnovogo-fronta/?add-to-cart=75556/>)

Результаты исследования и их обсуждение

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программы Statistica 10.0 (Dell Inc., США). Поскольку распределение большинства признаков отличалось от нормального (проверяли по критерию Шапиро - Уилка), данные представлены в виде медианы и 25% и 75% квартилей (Me (Q₂₅; Q₇₅)). Все сравнения между группами на каждом визите выполнялись с помощью U-критерия Манна - Уитни. Различия принимались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Все данные исследований были зафиксированы в таблице для удобства анализа и упрощения восприятия информации.

При сравнении остроты зрения после обоих алгоритмов операции не было выявлено значимых различий и в обеих группах наблюдалось высокое зрение после операции без потери строк МКОЗ в отдаленных послеоперационных сроках (табл. 1). Показатели сферического и цилиндрического компонентов после операции достаточно эффективно снизились при обоих алгоритмах с сохранением стабильных показателей в отдаленных сроках после операций (табл. 2, 3).

Таблица 1

Сравнение показателей МКОЗ и НКОЗ до и после операции ФемтоЛАЗИК по стандартному и ускоренному алгоритмам*

Параметр Группа	МКОЗ	НКОЗ 1	МКОЗ 1	НКОЗ 1	МКОЗ 1	НКОЗ 3	МКОЗ 3
	до	день	день	месяц	месяц	месяца	месяца
	операции	после	после	после	после	после	после
	и	операции	операции	операции	операции	операции	операции
		и	и	и	и	и	и
F	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	(1,00;	(0,95;	(1,00;	(0,95;	(1,00;	(0,95;	(1,00;
	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)
FF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	(1,00;	(0,95;	(1,00;	(0,95;	(1,00;	(0,95;	(1,00;
	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)	1,00)
P	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

*Таблица составлена авторами.

Таблица 2

Сравнение показателей сферического компонента до и после операции ФемтоЛАЗИК по стандартному и ускоренному алгоритмам*

Параметр Группа	Sph до операции	Sph 1 день после операции	Sph 1 месяц после операции	Sph 3 месяца после операции
F (стандартный)	-3,00 (-3,75; -2,50)	0,75 (0,50; 0,75)	0,50 (0,25; 0,63)	0,25 (0,00; 0,50)
FF (ускоренный)	-3,88 (-4,38; -2,88)	0,13 (0,00; 0,38)	0,25 (0,00; 0,25)	0,00 (0,00; 0,50)
P	p=0,130	p<0,001	p<0,001	p>0,05

*Таблица составлена авторами.

Таблица 3

Сравнение показателей цилиндрического компонента до и после операции ФемтоЛАЗИК по стандартному и ускоренному алгоритмам*

Параметр Группа	Cyl до операции	Cyl 1 день после операции	Cyl 1 месяц после операции	Cyl 3 месяца после операции
F (стандартный)	-0,50 (-1,00; -0,25)	-0,25 (-0,50; -0,13)	-0,25 (-0,38; 0,00)	-0,25 (-0,38; -0,25)

FF (ускоренный)	-0,38 (-0,63; -0,13)	-0,50 (-0,50; -0,25)	-0,25 (-0,50; -0,25)	-0,25 (-0,50; -0,13)
P	p=0,156	p=0,358	p=0,402	p=0,829

*Таблица составлена авторами.

В обеих группах толщина клапана спустя 1 месяц после операции была слегка больше планируемой, однако спустя 3 месяца толщина уменьшилась и приблизилась к запланированным параметрам (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение данных толщины поверхностного роговичного лоскута*

Группа \ Параметр	Планируемая толщина клапана (мкм)	Толщина клапана 1 месяц после операции (мкм)	Толщина клапана 3 месяца после операции (мкм)
F (стандартный)	100	110,00 (106,00; 116,50)	104,00 (101,00; 108,50)
FF (ускоренный)	100	110,50 (105,50; 117,50)	102,00 (101,00; 109,50)
P	-	p>0,05	p>0,05

*Таблица составлена авторами.

Оба алгоритма ФемтоЛАЗИК (стандартный F и ускоренный FF) эффективно снижают сферический компонент рефракции и величину роговичного астигматизма в соответствии с предварительными расчетами операций, обеспечивая высокую и стабильную НКОЗ на протяжении длительного периода без потери строк. Это означает, что эффективность в снижении степени аметропий остается неизменно высокой у обоих алгоритмов.

При проведении операции ФемтоЛАЗИК не было выявлено опасных интраоперационных осложнений в 100% случаев, включая DLK, врастание эпителия, потерю вакуума, OBL, децентрацию и складки лоскута. В отдаленные сроки (спустя 3 месяца после операции) при проведении aberromетрии ни у кого из пациентов не было выявлено аберраций высшего порядка (трефойл, кома). Также у всех пациентов отсутствовало снижение контрастной чувствительности по данным биоптометрии.

Данные толщины поверхностного роговичного лоскута оказались допустимо выше планируемых на следующий день после операции и постепенно уменьшались до расчетных данных ближе к 3-му месяцу после операции, что доказывает наличие отека роговицы в первое время после операции и постепенное его снижение в послеоперационном периоде после обоих алгоритмов ФемтоЛАЗИК.

По данным анкетирования, у 4 из 10 пациентов, прооперированных стандартным методом ФемтоЛАЗИК, отмечались тянущие ощущения, резь, дискомфорт во время вакуумного этапа операции, остальные были удовлетворены интраоперационными ощущениями, в то время как абсолютно все пациенты после ускоренного алгоритма операции отметили отсутствие неприятных, тянущих и дискомфортных ощущений в ходе операции.

Заключение

Оба метода ФемтоЛАЗИК доказали свою эффективность в снижении сферического и цилиндрического компонентов рефракции и безопасность, учитывая отсутствие потери строк максимальной корригируемой остроты зрения и отсутствие интра- и послеоперационных осложнений. Однако ускоренный алгоритм позволил сократить время формирования клапана при сопоставимых краткосрочных показателях с 34 до 8 секунд, что отразилось на субъективных ощущениях пациентов и свидетельствует о преимуществе над стандартным методом.

Список литературы

1. Мисюрёв Д. М., Островский Д. С., Фабрикантов О. Л. Сравнительный анализ стромальных поверхностей роговицы после формирования поверхностного роговичного лоскута на низкоэнергетическом фемтосекундном лазере при стандартном и ускоренном алгоритмах операции // Современные технологии в офтальмологии. 2025. Т. 2(4). С. 240. OAI-PMH ID: oai:eyepress.ru:article65932. DOI: 10.25276/2312-4911-2025-4-240-246.
2. Дога А. В., Костенев С. В, Мушкова И. А., Носиров П. О. Результаты экстракции лентикулы роговицы для коррекции миопии средней и высокой степени // Вестник офтальмологии. 2020. Т. 136(6). С. 214-218. DOI: 10.17116/oftalma2020136062214.
3. История низкоэнергетических лазеров и хирургии лентикулы // Новое в офтальмологии. 2023. № 2. С. 34-36. OAI-PMH ID: oai:eyepress.ru:article58166.
4. Копылов А. Е., Ненашева Ю. В., Мисюрёв Д. М., Сырых И. Ю. Сравнительный анализ результатов коррекции миопии методами RELEX SMILE и CLEAR // Тамбовский медицинский журнал. 2025. Т. 7(1). С. 74-83. DOI: 10.20310/2782-5019-2025-7-1-74-83.
5. Смагулова А. Ш., Ахмедьянова З. У. Сравнительная характеристика эффективности и безопасности технологий SMILE и FEMTO LASIK при коррекции миопии //

Наука и здравоохранение. 2018. № 6. С. 150-156. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_36793741_80781838.pdf EDN: YUDGXB.

6. Бреев В. А., Солодкова Е. Г., Сибакин Д. Д. CLEAR или ФемтоЛАЗИК? // Клинические случаи в офтальмологии. 2024. Т. 5(1). С. 10-17. OAI-PMH ID: oai:eyepress.ru:article60039. DOI: 10.25276/2949-4494-2024-1-10-17.
7. Nanavaty M. A., Naveed H., Ashena Z., Mukhija R. Ex-vivo study on the surface quality of corneal lenticule and stroma after low energy femtosecond laser lenticule extraction // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. Is. 1. P. 1-10. DOI: 10.1038/s41598-022-13468-8.
8. Кузнецова Т. С., Антонюк В. Д., Дроздов И. В., Щукин С. Ю., Куранова О. И. Распространенность хейза после рефракционной фемтолазерной лентикулярной (CLEAR) коррекции миопии и миопического астигматизма // Офтальмохирургия. 2025. № 143(1). С. 28-35. OAI-PMH ID: oai:eyepress.ru:article63908. DOI: 10.25276/0235-4160-2025-1-28-35.
9. Юсеф Ю. Н., Ермакова С. В., Шелудченко В. М., Алхарки Л. Осложнения фемто-ЛАЗИК и особенности кавитационных повреждений // Вестник офтальмологии. 2023. Т. 139(3). С. 119-125. DOI: 10.17116/oftalma2023139031119.
10. Bteich Y., Assaf J. F., Gendy J. E., Awwad S. T. Keratorefractive Lenticule Extraction Using the Ziemer FEMTO LDV Z8 Platform (CLEAR): One-Year Results // Journal of RefrActive Surgery. 2024. Vol. 40. Is. 11. DOI: 10.3928/1081597x-20241016-01.
11. Копылов А. Е., Ненашева Ю. В. Сравнительные результаты экстракции лентикулы роговицы на установке ZIEMER LDV Z8 для коррекции миопии средней и высокой степени с использованием технологии FAST FLAP // Новое в офтальмологии. 2024. Т. 119 (2). С. 31-38. URL: <https://eyepress.ru/sbornik.aspx?11674> (дата обращения 08.07.2026).
12. Дога А. В., Мушкова И. А., Каримова А. Н., Кечин Е. В. Клинико-функциональные результаты коррекции миопии слабой и средней степени методом ФемтоЛАСИК с использованием отечественной и зарубежной фемтолазерных установок // Вестник офтальмологии. 2019. Т. 135(5). С. 13-23. DOI: 10.17116/oftalma201913505113.
13. Фокин В. П., Солодкова Е. Г., Кузнецова О. С., Балалин С. В. Влияние операции ФЕМТОЛАЗИК на аккомодацию и вязко-эластические свойства роговицы у пациентов с миопией // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2019. № 2. С. 104-107. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38312573> (дата обращения 08.07.2026). DOI: 10.19163/1994-9480-2019-2(70)-104-107.
14. Hjortdal J. Refractive and cataract surgery beyond VISION2020 // Indian Journal of Ophthalmology. 2024. Vol. 72. Is. 1. P. 3-5. DOI: 10.4103/ijo.ijo_2767_23.
15. Костенев С. В. Коррекция миопии методом рефракционной экстракции лентикулы роговицы на низкоэнергетическом фемтосекундном лазере // Саратовский научно-

медицинский журнал. 2021. Т. 17(2). С. 322-326. URL:
https://ssmj.ru/system/files/archive/2021/2021_02-1_322-326.pdf EDN: FGCNUM.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.