

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕФРАКЦИОННОГО ЭФФЕКТА SMILE В КОРРЕКЦИИ МИОПИИ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ

Писаревская О.В.¹,
Щуко А.Г.^{1, 2, 3},
Ивлева Е.П.¹,
Хлебникова Л.С.¹

¹ Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ
«МНТК «Микрохирургия глаза»
имени академика С.Н. Фёдорова»
Минздрава России (664033, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 337, Россия)

² Иркутская государственная
медицинская академия последипломного
образования – филиал ФГБОУ ДПО
«Российская медицинская академия
непрерывного профессионального
образования» Минздрава России (664049,
г. Иркутск, Юбилейный, 100, Россия)

³ ФГБОУ ВО «Иркутский государственный
медицинский университет»
Минздрава России (664003, г. Иркутск,
ул. Красного Восстания, 1)

Автор, ответственный за переписку:
Писаревская Олеся Валерьевна,
e-mail: lesya_pisarevsk@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Разработать математическую модель изменения рефракции роговицы при фемтолазер-ассистированной экстракции линтукулы через малый операционный доступ и на этой основе предложить технологию модифицированного расчёта параметров операции и доказать её эффективность.

Материал и методы. В исследование вошёл 191 пациент с миопией высокой степени. Все пациенты были разделены на две группы: первую группу составили 55 человек, которые были прооперированы методом SMILE (SMall Incision Lenticule Extraction) по стандартным расчётам; во вторую группу – 136 пациентов, прооперированных методом SMILE, с модифицированным расчётом параметров хирургического вмешательства на основе разработанной математической модели рефракционного эффекта операции. **Результаты.** При оценке рефракционного эффекта пациентов, прооперированных по стандартной технологии, установлено, что достичь рефракции, отличающейся от эметропии на $\pm 0,5$ дптр, удалось лишь в 51 % случаев, у остальных пациентов был получен планируемый остаточный рефракционный эффект, который в среднем составил $-1,96 \pm 0,29$ дптр.

У пациентов, прооперированных по модифицированной технологии, уже в первые сутки удалось достичь статистически значимо лучшего рефракционного результата. Отклонение рефракции более $\pm 1,0$ дптр было получено лишь в 1 % случаев, отклонение от расчётной рефракции $\pm 0,5$ дптр было достигнуто в 82 % случаев, при этом средние значения к году составили $-0,24 \pm 0,57$.

Выводы. Разработанная технология модифицированного расчёта параметров операции SMILE для коррекции миопии высокой степени позволяет получить оптимальный рефракционный эффект с соблюдением правил безопасности при исходно неблагоприятных для рефракционной хирургии структурно-функциональных показателях глаза.

Ключевые слова: миопия высокой степени, SMILE, математическая модель, регрессионное уравнение

Статья поступила: 09.06.2023

Статья принята: 01.08.2023

Статья опубликована: 28.09.2023

Для цитирования: Писаревская О.В., Щуко А.Г., Ивлева Е.П., Хлебникова Л.С. Математическое моделирование рефракционного эффекта SMILE в коррекции миопии высокой степени. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(4): 177-185. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.20

MATHEMATICAL MODELING OF THE REFRACTIVE EFFECT OF SMILE SURGERY IN HIGH DEGREE MYOPIA CORRECTION

Pisarevskaya O.V.¹,
Shchuko A.G.^{1,2,3},
Ivleva Ye.P.¹,
Khlebnikova L.S.¹

¹ Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution (Lermontova str. 337, Irkutsk 664033, Russian Federation)

² Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (Yubileyniy 100, Irkutsk 664049, Russian Federation)

³ Irkutsk State Medical University (Krasnogo Vosstaniya str. 1, Irkutsk 664003, Russian Federation)

Corresponding author:
Olesya V. Pisarevskaya,
e-mail: lesya_pisarevsk@mail.ru

ABSTRACT

The aim of the study. To develop a mathematical model of changes in corneal refraction during femtosecond laser-assisted lenticule extraction through a small surgical incision and, on this basis, to propose a technology for modified calculation of surgical parameters and to prove its effectiveness.

Material and methods. The study included 191 patients with high myopia. They were divided into two groups: group 1 consisted of 55 patients who were had SMILE (SMall Incision Lenticule Extraction) surgery with standard calculations; group 2 included 136 patients who had SMILE surgery with a modified calculation of surgical parameters based on the developed mathematical model of the refractive effect of the surgery.

Results. When assessing the refractive effect of patients who were operated using standard technology, it was found that it was possible to achieve a refraction different from emmetropia for ± 0.5 D only in 51 % of cases; in the remaining patients, the planned residual refractive effect was obtained and averaged -1.96 ± 0.29 D. In patients operated using the modified technology, a statistically significantly better refractive result was achieved already on the first day. A refractive error of more than ± 1.0 D was obtained in only 1 % of cases; a deviation from the calculated refraction of ± 0.5 D was achieved in 82 % of cases, with the average values by 1 year -0.24 ± 0.57 D.

Conclusions. The developed technology of a modified calculation of the parameters of the SMILE surgery for high myopia correction makes it possible to obtain an optimal refractive effect in compliance with safety rules when the structural and functional parameters of the eye are initially unfavorable for refractive surgery.

Key words: high myopia, SMILE, mathematical model, regression equation

Received: 09.06.2023
Accepted: 01.08.2023
Published: 28.09.2023

For citation: Pisarevskaya O.V., Shchuko A.G., Ivleva Ye.P., Khlebnikova L.S. Mathematical modeling of the refractive effect of SMILE surgery in high degree myopia correction. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(4): 177-185. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.20

В настоящий момент миопия является самой распространённой аномалией рефракции, заболеваемость которой имеет тенденцию к росту в связи со значительным увеличением зрительной нагрузки, особенно на близком расстоянии [1, 2]. По данным Всемирной организации здравоохранения, около 290 млн человек в мире имеют близорукость. Только в Российской Федерации миопией страдают 3,1 млн человек, что составляет 2158,2 на 100 тыс. населения, причём 70 % из числа этих больных составляют лица в возрасте 20–40 лет [3].

В связи с этим коррекция аномалий рефракции, в частности миопии, является актуальной проблемой современной офтальмологии. Особое место в коррекции миопии различной степени занимает кераторефракционная хирургия с использованием как эксимерных, так и фемтосекундных лазеров.

Начиная с 2010–2011 года лидирующие позиции среди других кераторефракционных вмешательств стали занимать микроинвазивные технологии, основанные на фемтолазерном формировании и последующем удалении корнеальной лентиккулы, и в первую очередь операция SMILE (SMall Incision Lenticule Extraction) – экстракция роговичной лентиккулы через малый доступ [4–6]. Ключевым отличием данного метода от других технологий лазерной коррекции зрения является возможность изменения преломляющей силы роговицы без формирования обширного корнеального лоскута и/или поверхностной кератэктомии, что является необходимыми этапами методов ЛАЗИК, ФемтоЛАЗИК и фоторефракционной кератэктомии.

Современные исследования эффективности операции SMILE демонстрируют возможность коррекции

близорукости средней степени с отклонением расчётной рефракции $\pm 1,0$ дптр в 100 % случаев, $\pm 0,5$ дптр – в 93–97 % случаев [7–9].

Однако при близорукости высокой степени достичь квалифицированного рефракционного эффекта удаётся не всегда, что обусловлено исходной диспропорцией между высокой степенью аметропии и недостаточной толщиной роговицы.

Это определило **цель исследования** – разработать математическую модель изменения рефракции роговицы при фемтолазер-ассистированной экстракции лентиккулы через малый операционный доступ и на этой основе предложить технологию модифицированного расчёта параметров операции и доказать её эффективность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено исследование 191 пациента с миопией высокой степени, которые были разделены на две группы. Первую группу составили 55 человек, которые были прооперированы методом SMILE по стандартным расчётам, заложенным в программное обеспечение лазера VisuMax (Zeiss, Германия). Во вторую группу включены 136 пациентов, прооперированных методом SMILE с модифицированным расчётом параметров хирургического вмешательства на основе разработанной математической модели рефракционного эффекта операции.

Демографическая и клиническая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1
ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ (M $\pm$ S)

Показатели	1-я группа (стандартная технология)	2-я группа (модифицированная технология)	P_U
Количество глаз	55	136	
Возраст, лет	29,71 $\pm$ 4,71	27,83 $\pm$ 6,06	0,28
М, %	46,4 %	53,7 %	
Пол			
Ж, %	53,6 %	46,3 %	
Сила преломления роговицы, дптр	43,29 $\pm$ 1,31	43,75 $\pm$ 1,62	0,20
Аксиальная длина глаза, мм	26,18 $\pm$ 0,55	26,55 $\pm$ 1,48	0,55
Некорригированная острота зрения	0,04 $\pm$ 0,15	0,03 $\pm$ 0,16	0,17
Корректируемая острота зрения	0,88 $\pm$ 0,18	0,93 $\pm$ 0,11	0,08
Толщина роговицы, мкм	536,48 $\pm$ 24,06	534,73 $\pm$ 12,88	0,73
Сферический компонент рефракции, дптр	–6,94 $\pm$ 0,67	–6,95 $\pm$ 0,79	0,97
Цилиндрический компонент рефракции, дптр	–1,15 $\pm$ 0,84	–1,06 $\pm$ 0,72	0,6
Сферозэквивалент, дптр	–7,52 $\pm$ 0,66	–7,48 $\pm$ 0,79	0,83

TABLE 1
DEMOGRAPHIC AND CLINICAL CHARACTERISTICS
OF PATIENTS (M $\pm$ S)

Обследование пациентов проводилось с использованием высокотехнологичных методов, позволяющих оценить анатомические и оптические параметры глаза.

Для оценки структурно-функционального состояния органа зрения использовались:

1) рефрактометрия в естественных условиях и в условиях медикаментозного мидриаза (после 3-кратной инстилляцией комбинированного препарата, содержащего 8 мг тропикамида и 50 мг фенилэфрина гидрохлорида в 1 мл раствора, с интервалом 15 мин);

2) кератометрия (аппарат RC-5000 (Tomey, Япония));

3) визометрия вдаль без коррекции и с максимальной коррекцией монокулярно и бинокулярно (проектор знаков АСР 6 (Торсон, Япония), фороптер CV 5000 (Торсон, Япония)).

Толщину роговицы измеряли с помощью прибора Pentacam HR (Oculus, Германия); не только оценивали среднюю толщину роговицы, но и определяли самую тонкую её точку, оценивали данные оптической биометрии на приборе OA-2000 (Tomey, Япония).

Обследования проводили перед операцией и в послеоперационном периоде с кратностью 1, 5 суток, 3, 6, 12 месяцев после операции.

Статистический анализ результатов исследования проведён с применением компьютерной программы Statistica 10 (StatSoft Inc., США). Результаты исследований были проанализированы методом вариационной статистики и включали следующие этапы: дескриптивный, сравнительный и многофакторный регрессионный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На первом этапе исследования был проведён сравнительный анализ показателей рефракции у пациен-

тов с миопией высокой степени до и после коррекции аметропии методом SMILE по стандартной технологии на всех этапах наблюдения. Установлено, что достичь рефракции, отличающейся от эметропии на $\pm 0,5$ дптр, удалось лишь в 51 % случаев, у остальных пациентов был получен планируемый остаточный рефракционный эффект, который в среднем составил $-1,96 \pm 0,29$ дптр (см. рис. 3а).

Для определения ключевых параметров, участвующих в формировании рефракционного эффекта, отдельно оценивались расчётные характеристики операции (табл. 2 – 1-я группа). На основании всей совокупности данных была построена регрессионная модель безусловного прогнозирования, в которой в качестве зависимой переменной был принят сферический эквивалент, полученный в отдалённом послеоперационном периоде, в качестве предикторов – исходные характеристики оптической системы глаза и расчётные параметры операции.

Была получена следующая регрессионная модель:

$$Y = 0,074 \times X_1 + 0,00038 \times X_2 + 0,0156 \times X_3 - 0,146 \times X_4 - 0,41 \times X_5 + 0,013 \times X_6,$$

где $R^2 = 0,66$; $p < 0,0001$; Y – остаточная рефракция (дптр); X_1 – исходный сферозэквивалент (дптр); X_2 – толщина роговицы (мкм); X_3 – толщина роговичного клапана (мкм); X_4 – диаметр оптической зоны (мм); X_5 – нейтральный оптический слой (мкм) (минимальная толщина лентикулы); X_6 – остаточная толщина стромального ложа (мкм).

Математически был рассчитан процентный вклад предикторов регрессионного уравнения (табл. 3), из которого видно, что наибольший вклад в формирование рефракционного эффекта вносят толщина роговичного клапана, исходный сферозэквивалент и диаметр оптической зоны.

ТАБЛИЦА 2
ПРЕДОПЕРАЦИОННЫЕ РАСЧЁТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Показатели	1-я группа (стандартная технология)	2-я группа (модифицированная технология)	P_U
Толщина роговичного клапана	$122 \pm 4,22$	$102,94 \pm 5,72$	0,0001
Диаметр роговичного клапана	$7,73 \pm 0,07$	$7,51 \pm 0,28$	0,00035
Ширина сечения роговичного доступа, мм	$2,35 \pm 0,64$	$2,6 \pm 0,23$	0,0001
Оптическая зона, мм	$7,0 \pm 0,01$	$6,57 \pm 0,39$	0,0001
Минимальная толщина лентикулы (нейтральный оптический слой), мкм	$15,0 \pm 0$	$10,0 \pm 0$	0,0001
Максимальная толщина лентикулы, мкм	$129,48 \pm 11,03$	$136,1 \pm 16,98$	0,01
Остаточная толщина роговицы, мкм	$284,82 \pm 5,44$	$297,69 \pm 8,76$	0,0001

TABLE 2
PREOPERATIVE DESIGN PARAMETERS

ТАБЛИЦА 3
ПРОЦЕНТНЫЙ ВКЛАД ПРЕДИКТОРОВ РЕГРЕССИОННОГО УРАВНЕНИЯ
TABLE 3
PERCENTAGE CONTRIBUTION OF PREDICTORS FROM THE REGRESSION EQUATION

Предикторы	Вклад (%)
Исходный сферозэквивалент, дптр	14,88 %
Толщина роговицы, мкм	6,86 %
Толщина роговичного клапана, мкм	18,37 %
Диаметр оптической зоны, мм	14,01 %
Нейтральный оптический слой, мкм	8,96 %
Остаточная толщина роговицы, мкм	3,93 %
Всего	67,01 %

Проверка предсказанных и полученных данных пациентов первой группы подтвердила высокую степень предсказуемости результата с использованием разработанной математической модели.

Для автоматизированного применения в клинической практике данная оригинальная математическая модель рефракционного эффекта операции SMILE была адаптирована с учётом полученной базы данных, где в качестве зависимой переменной был принят такой показатель, как остаточная толщина роговичного ложа.

$$RST = X_1 - X_2 - (2,68 \times X_3 - 0,52 \times X_3 \times X_4 + 0,97 \times X_4 - 38,29) \times X_5 - 2,21 \times X_4 - X_6 + 10,12,$$

где RST – остаточная толщина роговичного ложа (мкм); X_1 – исходная толщина роговицы (мкм); X_2 – толщина роговичного клапана (мкм); X_3 – исходная кривизна роговицы (мм); X_4 – диаметр оптической зоны (мм); X_5 – исходный сферозэквивалент (дптр); X_6 – нейтрально оптический слой (мкм) (минимальная толщина лин-тикулы).

С применением разработанной медицинской технологии модифицированного расчёта параметров операции SMILE (утверждена локальным этическим комитетом Иркутского филиала ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России; протокол № 6 от 8.06.2015) было прооперировано и проанализирована эффективность лечения 136 пациентов с миопией высокой степени, которые составили вторую группу исследования (табл. 1 – 2-я группа).

Для подтверждения эффективности и безопасности коррекции миопии высокой степени по разработанной модифицированной технологии был проведён сравнительный анализ полученных результатов в различные сроки послеоперационного периода.

Было установлено, что в раннем послеоперационном периоде (1-е и 5-е сутки) острота зрения пациентов, прооперированных методом SMILE по стандартной технологии, была статистически значимо ниже, чем у пациентов, прооперированных с модифицированным расчётом параметров операции. Так, в первые сутки у пациентов первой группы она варьировала от 0,2 до 0,8, составляя в среднем $0,43 \pm 0,16$; в груп-

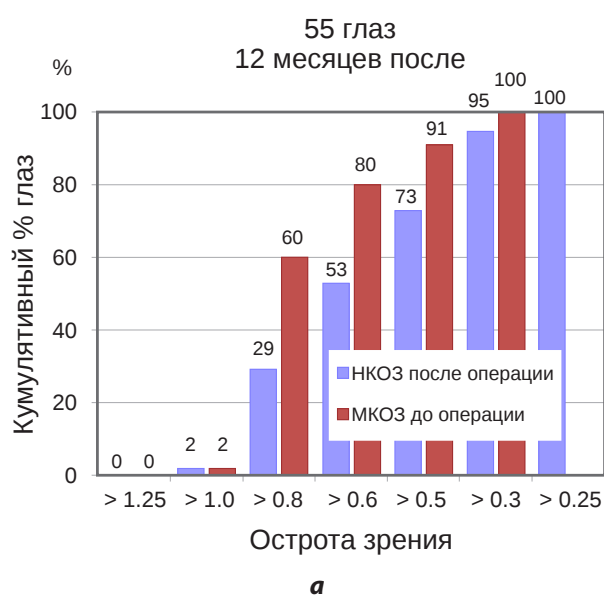


РИС. 1.
Распределение пациентов (кумулятивный % глаз) с миопией высокой степени в зависимости от остроты зрения, полученной через 12 месяцев после операции SMILE по стандартной (а) и модифицированной (б) технологии

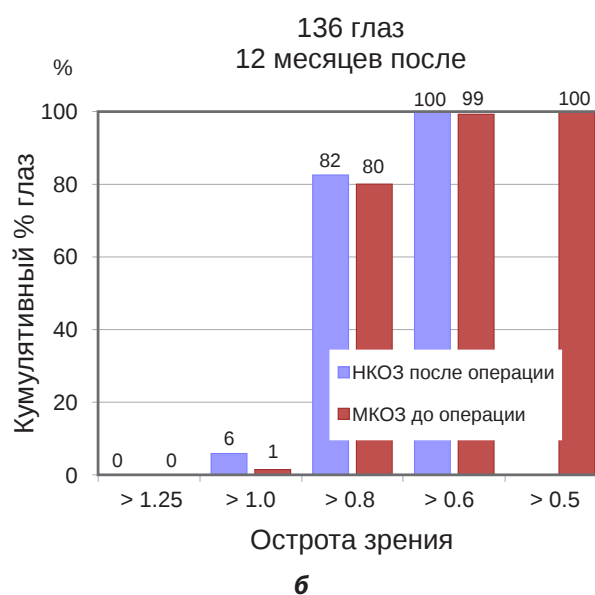


FIG. 1.
Distribution of patients (cumulative % of eyes) with high myopia depending on visual acuity obtained 12 months after SMILE surgery using standard (a) and modified (б) technology

пе с модифицированной технологией расчёта операции – от 0,7 до 1,0 ($0,90 \pm 0,12$; $p = 0,01$), статистически значимо превышая значения группы сравнения. К 5-м суткам после операции острота зрения незначительно улучшилась до $0,47 \pm 0,16$ и $0,94 \pm 0,13$ в 1-й и 2-й группах исследования соответственно ($p = 0,01$). Такая тенденция сохранялась через 3 месяца наблюдения ($0,47 \pm 0,22$ и $0,93 \pm 0,11$; $p = 0,01$). К 1 году параметры некорригированной остроты зрения практически не изменились и соответствовали $0,58 \pm 0,19$ и $0,94 \pm 0,14$ соответственно ($p = 0,01$) (рис. 1). Корригированная острота зрения составляла $0,91 \pm 0,07$ и $0,97 \pm 0,02$ соответственно ($p = 0,23$).

Сравнительный анализ корригированной остроты зрения в предоперационном периоде и некорригированной остроты зрения через 12 месяцев после операции у пациентов, оперированных методом SMILE по стандартной технологии, установил потерю 1 строчки в 5 % случаев, 2 строчек и более – в 9,1 % случаев (рис. 2а). У пациентов, прооперированных по модифицированной технологии, потеря остроты зрения на одну строчку была отмечена в 4 % случаев, на 2 строчки и более – лишь в 1,5 % (рис. 2б). Необходимо отметить, что превышение дооперационных показателей остроты зрения после операции SMILE в первой группе наблюдалось у 2 % пациентов, во второй – у 6 %.

Сравнительный анализ результатов изменения клинической рефракции также продемонстрировал статистически значимые отличия в двух группах (рис. 3).

Так, у пациентов с миопией, прооперированных по стандартной технологии, на 1-е сутки после опера-

ции была получена остаточная миопическая рефракция, сферический компонент которой варьировал от $-0,75$ до $-3,0$ дптр, составив в среднем $-1,90 \pm 0,69$ дптр, на 5-е сутки он составил $-1,86 \pm 0,57$ дптр (рис. 3а).

У пациентов, прооперированных по модифицированной технологии, уже в 1-е сутки удалось достичь статистически значимо лучшего рефракционного результата. Средние значения составили $-0,08 \pm 0,51$ дптр (от $-1,5$ до $+0,75$ дптр; $p = 0,01$). Данный эффект сохранялся на всех этапах послеоперационного периода наблюдения. К 12 месяцам после операции сферический компонент рефракции составил $-1,96 \pm 0,29$ в первой группе и $-0,24 \pm 0,57$ во второй ($p = 0,01$) (рис. 3б). То есть в подавляющем большинстве случаев у пациентов, прооперированных по модифицированной технологии, был достигнут квалифицированный рефракционный результат.

У пациентов, прооперированных по стандартной технологии, отклонение от расчётной рефракции $\pm 1,0$ дптр было отмечено в 71 % случаев, $\pm 0,5$ дптр – в 51 %, то есть отклонение от планируемой рефракции более одной диоптрии было получено у 29 % пациентов (рис. 4а). У пациентов, прооперированных с использованием модифицированного расчёта параметров операции, отклонение более $\pm 1,0$ дптр было получено лишь в 1 % случаев, отклонение от расчётной рефракции $\pm 0,5$ дптр – в 82 % (рис. 4б).

У пациентов обеих групп была установлена статистически значимая взаимосвязь между планируемым и полученным рефракционным результатом. Несмотря на сопоставимые коэффициенты детерминации,

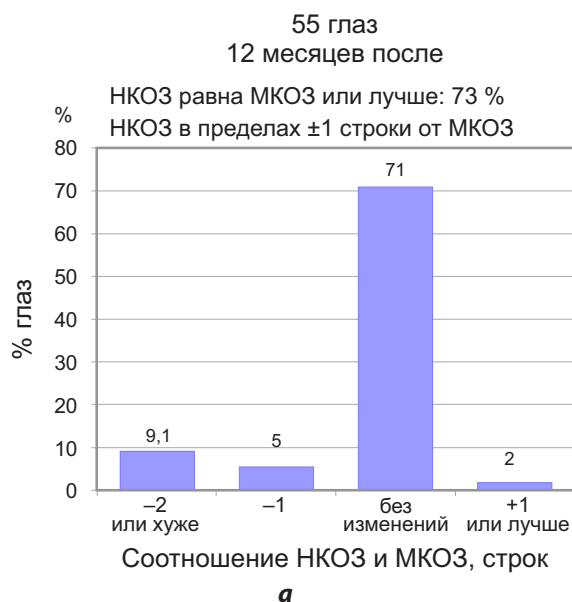


РИС. 2.

Соотношение некорригированной и максимально корригированной остроты зрения у пациентов с миопией высокой степени после рефракционной операции SMILE по стандартной (а) и модифицированной (б) технологии в отдалённом послеоперационном периоде

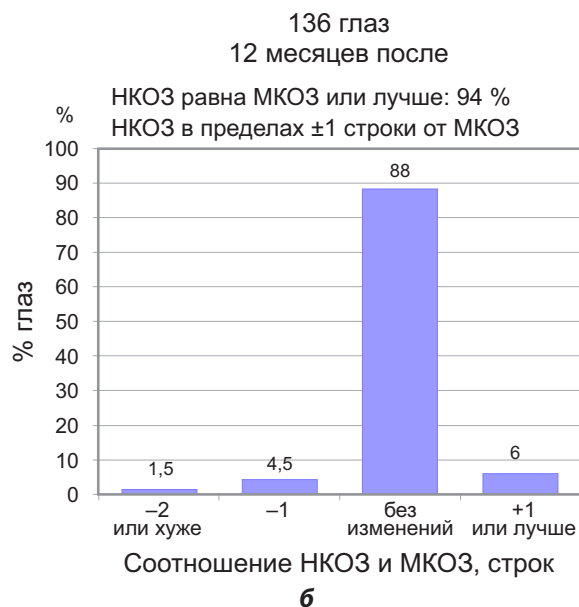


FIG. 2.

Ratio of uncorrected and maximally corrected visual acuity in patients with high myopia after refractive SMILE surgery using standard (а) and modified (б) technologies in a long-term postoperative period

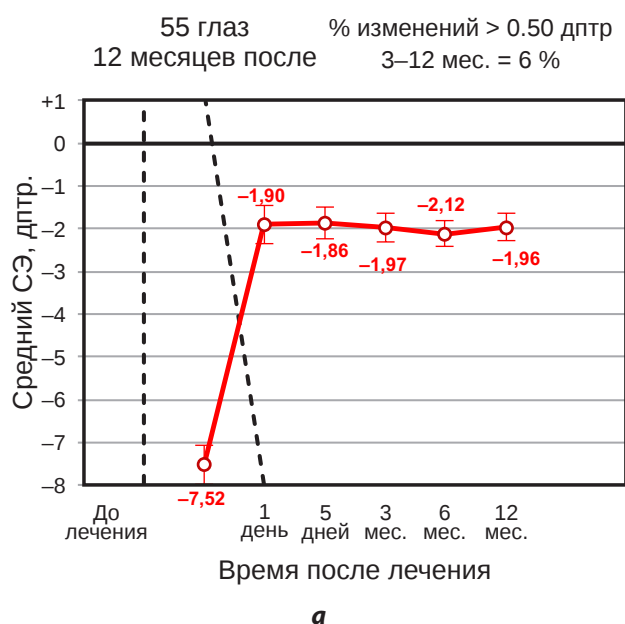


РИС. 3.

Динамика изменения сферического эквивалента (СЭ) рефракции в различные сроки послеоперационного периода у пациентов, прооперированных методом SMILE по стандартной (а) и модифицированной (б) технологии

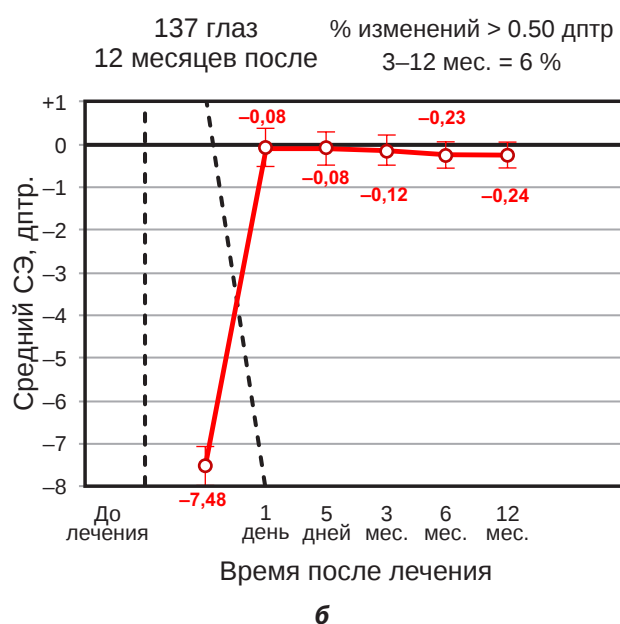


FIG. 3.

Dynamics of changes in the spherical equivalent (CЭ) of refraction at different terms of postoperative period in patients after SMILE surgery using standard (а) and modified (б) technology



РИС. 4.

Распределение пациентов в зависимости от сферического эквивалента, полученного в позднем послеоперационном периоде после операции SMILE по стандартной (а) и модифицированной (б) технологии

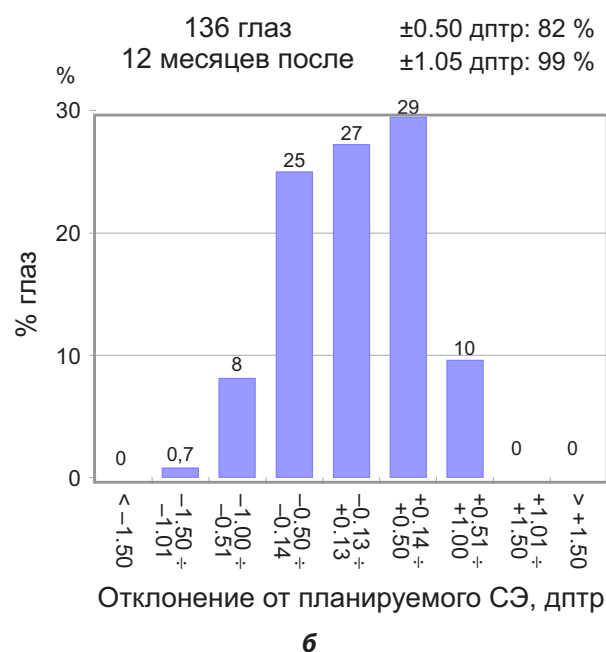


FIG. 4.

Distribution of patients depending on the spherical equivalent obtained in the late postoperative period after SMILE surgery using standard (а) and modified (б) technology

у пациентов 1-й группы отмечено значительное отклонение наблюдаемых значений от линии регрессии в сторону недокоррекции (рис. 5а), тогда как во 2-й группе отклонения предсказанного по модели значения от среднего значения были минимальными (рис. 5б).

Таким образом, разработанная математическая модель и выделение ключевых параметров формирования рефракционного эффекта операции SMILE делают возможными на этапе предоперационной диагностики моделирование параметров операции, прогноз рефракции

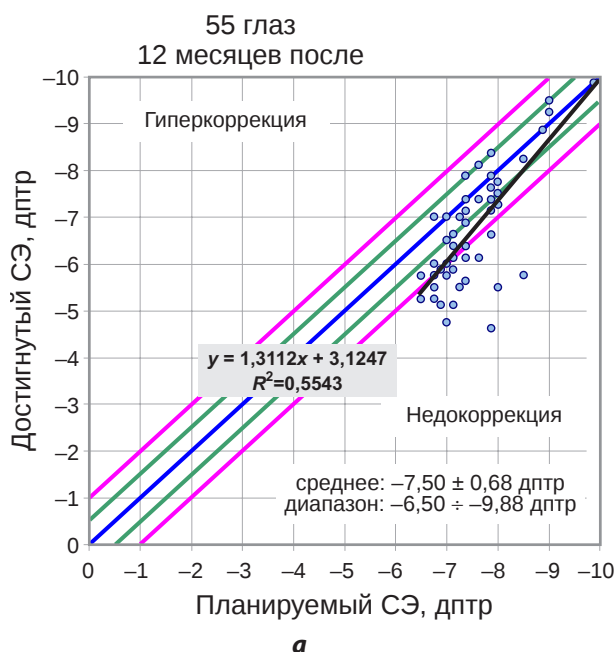


РИС. 5.

Линейный регрессионный анализ зависимости между планируемым и полученным сферическим эквивалентом рефракции в группах после операции SMILE по стандартной (а) и модифицированной (б) технологии

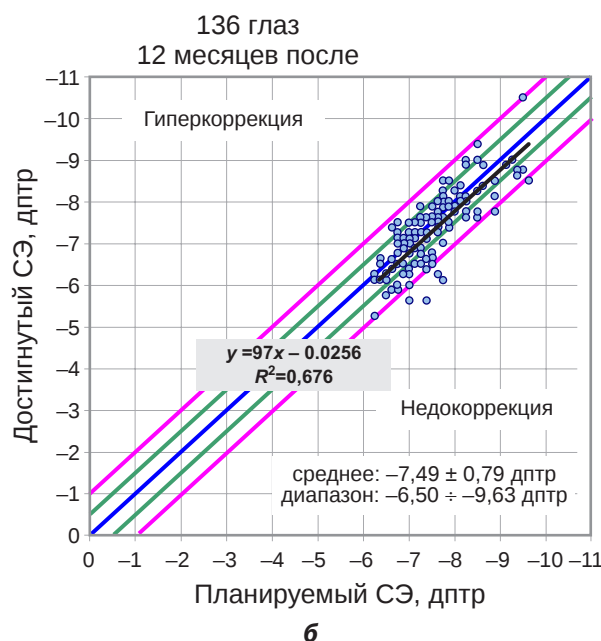


FIG. 5.

Linear regression analysis of the relationship between the planned and obtained spherical equivalent of refraction in groups after SMILE surgery using standard (а) and modified (б) technology

онного результата, возможность развития дополнительных оптических эффектов, связанных с изменением диаметра оптической зоны и в целом определение тактики ведения пациентов.

Разработанная технология модифицированного расчёта параметров операции SMILE для коррекции миопии высокой степени позволяет получить оптимальный рефракционный эффект с соблюдением правил безопасности при исходно неблагоприятных для рефракционной хирургии структурно-функциональных показателях глаза [10].

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Wojciechowski R. Nature and nurture: The complex genetics of myopia and refractive error. *Clin Genet.* 2011; 79: 301-320. doi: 10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x
2. Wang J. How to conduct school myopia screening: Comparison among myopia screening tests and determination of associated cutoffs. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila).* 2022; 11(1): 12-18. doi: 10.1097/APO.0000000000000487
3. Нероев В.В., Авдеев Р.В., Киселева О.А., Бессмертный А.М. Отдельные результаты эпидемиологического исследования. *Офтальмологические ведомости.* 2014; 7(2): 4-8. [Neroyev VV, Avdeyev RV, Kiseleva OA, Bessmertnyy AM.

Some results of a glaucoma epidemiological study in 2011. *Ophthalmology Reports.* 2014; 7(2): 4-8. (In Russ.). doi: 10.17816/OV201424-8

4. Zhang Y. Clinical outcomes of SMILE and FS-LASIK used to treat myopia: A meta-analysis. *J Refract Surg.* 2016; 32: 256-265. doi: 10.3928/1081597X-20151111-06
5. Blum M. Five-year results of refractive lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg.* 2014; 40(9): 1425-1429. doi: 10.1136/bjophthalmol-2015-306822
6. Demirok A. Femtosecond lenticule extraction for correction of myopia: A 6 month follow-up study. *Clin Ophthalmol.* 2013; 7: 1041-1047. doi: 10.2147/OPHTH.S45225
7. Ağca A. Long-term (5 years) follow-up of small-incision lenticule extraction in mild-to-moderate myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2019; 45(4): 421-426. doi: 10.1016/j.jcrs.2018.11.010
8. Li M. Five-year results of small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser LASIK (FS-LASIK) for myopia. *Acta Ophthalmol.* 2019; 97(3): 373-380. doi: 10.1111/aos.14017
9. Писаревская О.В. SMILE – инновационная технология в рефракционной хирургии. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2016; 3(65): 76-78. [Pysarevskaya OV, Shchuko AG, Yureva NN. SMILE – innovative technology in refractive surgery. *Pacific Medical Journal.* 2016; 3(65): 76-78. (In Russ.).]
10. Писаревская О.В., Фролова Т.Н., Хлебникова Л.С., Бальжирова Э.М.Ж. Способ хирургического лечения миопии высокой степени: Патент № 2687607 Рос. Федерация; МПК А61F 9/008 (2006.01). № 2018113414; заявл. 13.04.2018; опубл. 15.05.2019; 7. [Pisarevskaya OV, Frolova TN, Khlebnikova LS, Balzhirova EMZh. *Method of surgical treatment of high myopia: Patent No. 2687607 of the Russian Federation.* 2019: 7.]

Сведения об авторах

Писаревская Олеся Валерьевна – доктор медицинских наук, врач-офтальмолог, заведующая рефракционным отделением, Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: lesya_pisarevsk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8071-2398>

Щуко Андрей Геннадьевич – доктор медицинских наук, профессор, директор, Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России; заведующий кафедрой офтальмологии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; заведующий кафедрой глазных болезней, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: info@mntk.irkutsk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4264-4408>

Ивлева Екатерина Павловна – врач-офтальмолог, Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: Lep81@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-9259-3742>

Хлебникова Лариса Сергеевна – врач-офтальмолог, Иркутский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: khlebnikovals@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0364-072X>

Information about the authors

Olesya V. Pisarevskaya – Dr. Sc. (Med.), Ophthalmologist, Head of the Refractive Surgery Department, Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: lesya_pisarevsk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8071-2398>

Andrey G. Shchuko – Dr. Sc. (Med.), Professor, Director, Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; Head of the Department of Ophthalmology, Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education – Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Head of the Department of Eye Diseases, Irkutsk State Medical University, e-mail: info@mntk.irkutsk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4264-4408>

Yekaterina P. Ivleva – Ophthalmologist, Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: Lep81@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-9259-3742>

Larisa S. Khlebnikova – Ophthalmologist, Irkutsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: khlebnikovals@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0364-072X>