

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ВОЛНОВОГО ФРОНТА И КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ПОСЛЕ ИМПЛАНТАЦИИ ТОРИЧЕСКОЙ ИНТРАОКУЛЯРНОЙ ЛИНЗЫ С МЕХАНИЗМОМ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛНОВОГО ФРОНТА ПРИ ХИРУРГИИ КАТАРАКТЫ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ СКВОЗНОЙ КЕРАТОПЛАСТИКИ

Хван Д.А.^{1,2}, Федяшев Г.А.^{1,2}, Ручкин М.П.^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Владивосток, e-mail: dr.khvandmitry@gmail.com;

²ООО «Приморский центр микрохирургии глаза», Владивосток

Цель работы – провести сравнительную оценку показателей aberromетрии и качества жизни после имплантации интраокулярной линзы с механизмом формирования волнового фронта при хирургии катаракты у пациентов после сквозной кератопластики. В исследование включены 65 пациентов (65 глаз) со сквозным кератотрансплантатом, прооперированных по поводу катаракты. В группе А (31 глаз) имплантирована торическая интраокулярная линза с механизмом формирования волнового фронта AcrySof IQ Vivity DFTx15, в группе В (34 глаза) – торическая монофокальная – AcrySof IQ Toric SN6ATx, группе контроля (без патологии роговицы) – AcrySof IQ Vivity. Длительность наблюдения составила 6 месяцев. Сравнение послеоперационных показателей aberromетрии показало статистически значимые различия на уровне total, tilt и t.coma. Показатели качества жизни по опроснику VF-14 после операции статистически значимо увеличились во всех группах и были статистически выше в группе, где имплантировали AcrySof IQ Vivity. Имплантация AcrySof IQ Vivity Toric у пациентов с ранее проведенной сквозной кератопластикой обеспечивает более высокие показатели качества жизни по сравнению с торической монофокальной линзой на фоне менее выраженных искажений волнового фронта.

Ключевые слова: сквозная кератопластика, хирургия катаракты, качество жизни, аберрации.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE WAVEFRONT AND LIFE QUALITY CHANGES AFTER TORIC INTRAOCULAR LENS WITH A WAVEFRONT FORMATION MECHANISM IMPLANTATION DURING THE CATARACT SURGERY IN PATIENTS AFTER PENETRATING KERATOPLASTY

Khvan D.A.^{1,2}, Fedyashev G.A.^{1,2}, Ruchkin M.P.^{1,2}

¹FGBOU VO «Pacific State Medical University» Ministry of Health of Russia, Vladivostok, e-mail: dr.khvandmitry@gmail.com;

²Primorskii center of eye microsurgery, Vladivostok

To conduct a comparative assessment of aberrometry indicators and life quality after intraocular lens with a wavefront formation mechanism implantation during the cataract surgery in patients after penetrating keratoplasty. The study included 65 patients (65 eyes) with penetrating keratograft after cataract surgery. In group A (31 eyes) a toric intraocular lens with a wavefront shaping mechanism AcrySof IQ Vivity DFTx15 was implanted, in group B (34 eyes) a toric monofocal - AcrySof IQ Toric SN6ATx was implanted, and in the control group (without corneal pathology) - AcrySof IQ Vivity. The wavefront study was carried out using an OPD Scan III device (Nidek, Japan). The observation period was 6 months. Postoperative aberrometry parameters comparison showed the significant differences at the level of total, tilt, and t.coma. Life quality indicators according to the VF-14 questionnaire after surgery significantly increased in all groups and were significantly higher in the group where AcrySof IQ Vivity. AcrySof IQ Vivity Toric implantation in patients with prior penetrating keratoplasty provides improved quality of life compared to a toric monofocal lens with less pronounced wavefront distortion.

Keywords: penetrating keratoplasty, cataract surgery, quality of life, aberrations.

Введение

С точки зрения хирурга принято считать, что наиболее важными целями хирургических вмешательств на хрусталике у пациентов после перенесенной ранее сквозной кератопластики (СКП), помимо сохранения прозрачности трансплантата, являются снижение частоты и

степени остаточной аномалии рефракции и, как следствие, высокая острота зрения без коррекции. Однако же нередки ситуации, когда сопутствующая катаракте роговичная патология значительно изменяет субъективный результат операции [1–3]. При этом даже на фоне улучшения остроты зрения и полученной оптимальной рефракции проведенная операция не оправдывает ожиданий пациента. Для пациента же, помимо самой зрительной функции, значение имеют именно качество зрения и его влияние на повседневную жизнь [4, 5].

Получить представление о зрительных характеристиках на индивидуальной основе, в том числе и у данной категории пациентов, позволяют внедренные в современную клиническую и диагностическую практику современные технологии исследования волнового фронта [6, 7]. Объективные показатели качества изображения и оптические характеристики помогут нам лучше использовать новую доступную информацию об аберрациях глаза и дополнительно интерпретировать, как изменение аберраций после проведения кератопластики и дополнительной имплантации интраокулярной линзы (ИОЛ) с различным строением оптики может повлиять на зрительные способности человека.

Открытым остается вопрос о связи между показателями качества жизни (КЖ) и степенью выраженности аберраций, в том числе и высшего порядка, у пациентов с различными типами имплантированных ИОЛ после проведенной кератопластики.

Цель исследования – провести сравнительную оценку показателей аберрометрии и качества жизни после имплантации ИОЛ с механизмом формирования волнового фронта при хирургии катаракты у пациентов после сквозной кератопластики.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 65 пациентов (65 глаз) со сквозным кератотрансплантатом, прооперированных по поводу катаракты.

В основную группу (группа А) исследования были включены 31 пациент, 31 глаз (11 мужчин, 20 женщин), прооперированных по поводу катаракты на глазах со сквозным кератотрансплантатом с имплантированными торическими EDOF (Extended depth of focus – расширенная глубина фокуса) ИОЛ с механизмом формирования волнового фронта Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15.

В группу сравнения (группа В) были включены 34 пациента, 34 глаза (15 мужчин, 19 женщин), также прооперированных по поводу помутнения хрусталика с ранее перенесенной сквозной кератопластикой, но с имплантированной монофокальной торической ИОЛ Alcon AcrySof IQ Toric SN6ATx.

К моменту оперативного лечения катаракты в основной группе и группе сравнения время после снятия роговичных швов составило не менее 6 месяцев, а средний срок после проведения кератопластики составил в группе А: $54,62 \pm 16,69$ месяца, во группе В: $49,74 \pm 18,37$

месяца. Показатели кератометрии стабильны на протяжении 3 месяцев. Ранее СКП была выполнена в различных клиниках, в условиях ООО «Приморский центр микрохирургии глаза» с 2013 г. было выполнено 35 СКП из 65 включенных в исследование. Средний возраст пациентов составил $45,12 \pm 13,65$ года, в исследование включены 26 мужчин, 39 женщин.

Первичный диагноз до СКП включал: кератоконус (34 глаза, 52,3%), поствоспалительное помутнение роговицы (22 глаза, 33,8%), послеоперационную эктазию роговицы (7 глаз, 10,8%), помутнение предыдущего трансплантата (2 глаза, 3,1%).

Группу контроля (группа С) составили 21 пациент, 30 глаз (17 мужчин, 13 женщин) перенесших стандартную факэмульсификацию и имплантированной EDOF ИОЛ с механизмом формирования волнового фронта Alcon AcrySof IQ Vivity DFTx15 без предшествующих кераторефракционных операций и без патологии роговицы. Средний возраст $60,13 \pm 6,67$ года.

Всем пациентам проведена факэмульсификация катаракты через роговичный тоннельный разрез 2,2 мм и один вспомогательный парацентез 1,0 мм, с использованием аппарата Centurion Vision System (Alcon, США), с применением технологии Active Sentry (установленное фиксированное ВГД во время операции 26 мм рт. ст.). У пациентов со сквозным трансплантатом все разрезы были сделаны через реципиентную зону, избегая пересечения с местом соединения роговичного трансплантата. Контроль за положением оси выравнивания торической ИОЛ осуществляли при помощи интраоперационной навигационной системы Verion (Alcon, США).

Аберрометрия проводилась в естественных условиях без циклоплегии при помощи многофункционального устройства, позволяющего измерить форму и кривизну роговицы, а также аберрации волнового фронта, – OPD Scan III (Nidek, Япония). В работе приведена сравнительная оценка общих, роговичных и внутренних аберраций различного порядка (общие – «total», наклон – «tilt», суммарные комаподобные – «t.coma», трифойл – «t.trefoil», сферические – «t.sph») (рис. 1).

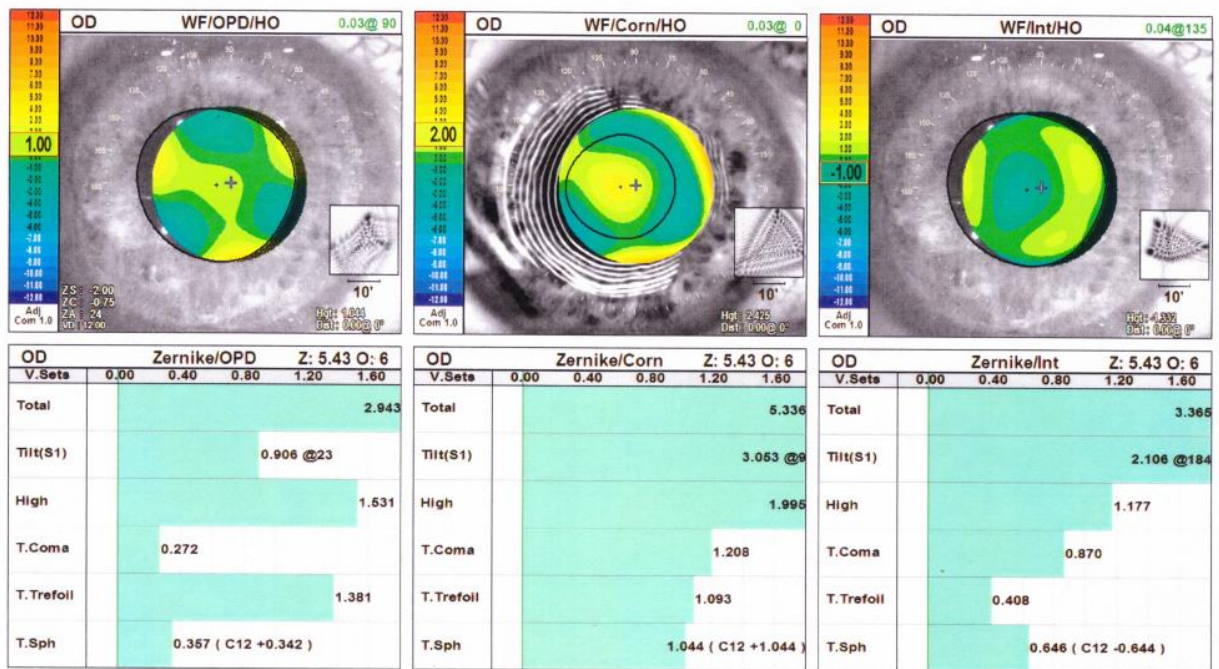


Рис. 1. Результат aberрометрии при помощи OPD Scan III, Nidek

Исследование качества жизни выполнялось по офтальмологическому опроснику Visual Function 14 (VF-14), который содержит 14 вопросов, оценивающих степень сложности выполнения 14 действий в повседневной жизни, ориентированных на зрение (то есть чтение мелкого текста; газет; чтение крупного шрифта; узнавание людей с близкого расстояния; способность распознавать бордюры, пороги, ступени; распознавание дорожных знаков, уличных указателей, вывесок на магазинах; выполнение мелкой ручной работы; заполнение документов, бланков; участие в играх, таких как лото, карты, шахматы; занятия спортом; приготовление пищи; просмотр телевизора; сложность управления автомобилем днем и ночью). Ответы варьируются от «нет сложностей» до «невозможно выполнить» в пяти категориях ответов. Ответы «Неприменимо» рассматриваются как недостающие данные при анализе. Баллы рассчитываются как сумма взвешенных ответов, деленная на количество ответов в столбцах. Затем это значение умножают на 25, чтобы получить окончательную оценку в диапазоне от 0 до 100, где 0 соответствует худшему функционированию, а 100 — наилучшему из возможных [5].

Статистическая обработка результатов исследования выполнена при помощи программы SPSS Statistics 27 (IBM, США). В описательной статистике использовали параметрические методы оценки среднего арифметического значения (M) и стандартного отклонения (SD). Для оценки значимости полученных результатов применяли t-критерий Стьюдента для зависимых и независимых выборок и U-критерий Манна–Уитни. Разница рассматривалась как достоверная при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Острота зрения без коррекции и с максимальной коррекцией на 6-й месяц наблюдения представлена в таблице 1. В группе А, у пациентов с линзой AcrySof IQ Vivity DFTx15, показатели остроты зрения без коррекции (НКОЗ) и с максимальной коррекцией (МКОЗ) через 6 месяцев после операции были статистически выше, чем у пациентов группы В ($p<0,001$).

Таблица 1

Динамика остроты зрения до и после операции

Острота зрения	Группа А (AcrySof IQ Vivity DFTx15)	Группа В (AcrySof IQ Toric SN6ATx)	Группа С (AcrySof IQ Vivity DFT015)
НКОЗ до операции	0,075±0,063	0,053±0,029	0,223±0,193
НКОЗ через 6 месяцев	0,642±0,139*	0,134±0,101*	0,97±0,061*
МКОЗ до операции	0,23±0,151	0,23±0,134	0,75±0,331
МКОЗ через 6 месяцев	0,84±0,131*	0,5±0,138*	1,02±0,061*
Достоверность различий между группами А, В, С: * – $p<0,001$			

В таблице 2 приведены результаты оценки качества жизни при помощи опросника VF-14 до операции и на 6-й месяц после интраокулярной коррекции афакии у пациентов, ранее перенесших сквозную кератопластику. Полученные данные свидетельствуют о статистически значительном повышении качества жизни во всех группах относительно предоперационных значений.

В группе А средние значения показателя КЖ возросли с 36,49±5,56 (до операции) до 74,06±2,94 на 6-й месяц после операции ($p<0,001$); в группе В – до 56,34±9,14 на 6-й месяц наблюдения с 33,08±9,09 перед операцией ($p<0,001$); в группе С – до 84,49±3,77 (до операции: 43,65±12,88, $p<0,001$).

При сравнении послеоперационных результатов КЖ в группе А показатели КЖ были статистически выше относительно группы В ($p<0,001$). Однако в группе С показатели КЖ были статистически выше, чем в группах А и В ($p<0,001$).

Таблица 2

Результаты оценки качества жизни

Visual Function 14 (общий показатель)	Группа А (AcrySof IQ Vivity DFTx15)	Группа В (AcrySof IQ Toric SN6ATx)	Группа С (AcrySof IQ Vivity DFTx15)
---------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

До операции	36,49±5,56	33,08±9,09	43,65±12,88
После операции	74,06±2,94*	56,34±9,14*	84,49±3,77*
Достоверность различий: * – p<0,001			

При сравнении послеоперационных показателей аберрометрии у пациентов основной группы и группы сравнения выявлены следующие различия. В порядке суммарных аберраций волнового фронта глаза определены статистически значимые различия в показателях: total (группа А: 4,07±1,57; группа В: 5,29±2,08, p<0,005), t.coma (0,62±0,27 в группе А против 0,88±0,39 в группе В) (p<0,005) и tilt (1,37±0,52 в группе А против 1,91±0,83 в группе В, p<0,005). На уровне роговичных аберраций, а также внутренних, статистически значимых различий в исследуемых показателях между группами не выявлено (табл. 3).

В группе контроля все показатели аберраций волнового фронта (на уровне всех порядков – общих, роговичных и внутриглазных) оказались статистически значимо ниже, чем в группах А и В (p<0,001).

Таблица 3

Сравнение показателей аберрометрии между группами А, В и С через 6 месяцев после операции

Порядок аберраций		Группа А (AcrySof IQ Vivity DFTx15)	Группа В (AcrySof IQ Toric SN6ATx)	Группа С (AcrySof IQ Vivity DFTx15)
Общие аберрации	«total»	4,07±1,57*	5,29±2,08*	1,09±0,39**
	«tilt»	1,37±0,52*	1,91±0,83*	0,61±0,32**
	«t.coma»	0,62±0,27*	0,88±0,39*	0,21±0,12**
	«t.trefoil»	1,65±0,99	1,75±0,89	0,31±0,16**
	«t.sph»	0,54±0,32	0,59±0,42	0,15±0,07**
Роговичные аберрации	«total»	5,95±2,3	7,03±2,38	1,07±0,65**
	«tilt»	2,22±1,18	2,75±1,34	0,42±0,26**
	«t.coma»	1,16±0,79	1,37±0,79	0,15±0,09**
	«t.trefoil»	1,59±1,01	1,87±1,12	0,26±0,13**
	«t.sph»	0,99±0,7	1,07±0,75	0,15±0,12**
Внутренние аберрации	«total»	3,46±2,46	4,09±3,61	1,09±0,55**
	«tilt»	1,43±0,93	1,43±1,12	0,51±0,3**
	«t.coma»	0,87±0,72	0,9±0,84	0,2±0,12**

	«t.trefoil»	0,66±0,53	1,03±1,65	0,16±0,1**
	«t.sph»	0,53±0,41	0,52±0,43	0,29±0,12**
Достоверность различий между группами А и В: * – p<0,005;				
Достоверность различий группы С с А, В: ** – p<0,001				

Сравнительный корреляционный анализ показал среднюю отрицательную связь между показателем КЖ после операции и показателями изменений волнового фронта на уровне всех порядков: коэффициент корреляции (r) между показателем КЖ и показателем общих aberrаций составил $r = -0,708$; между КЖ и роговичными aberrациями $r = -0,705$; между КЖ и внутренними aberrациями $r = -0,636$ (рис. 2–4).

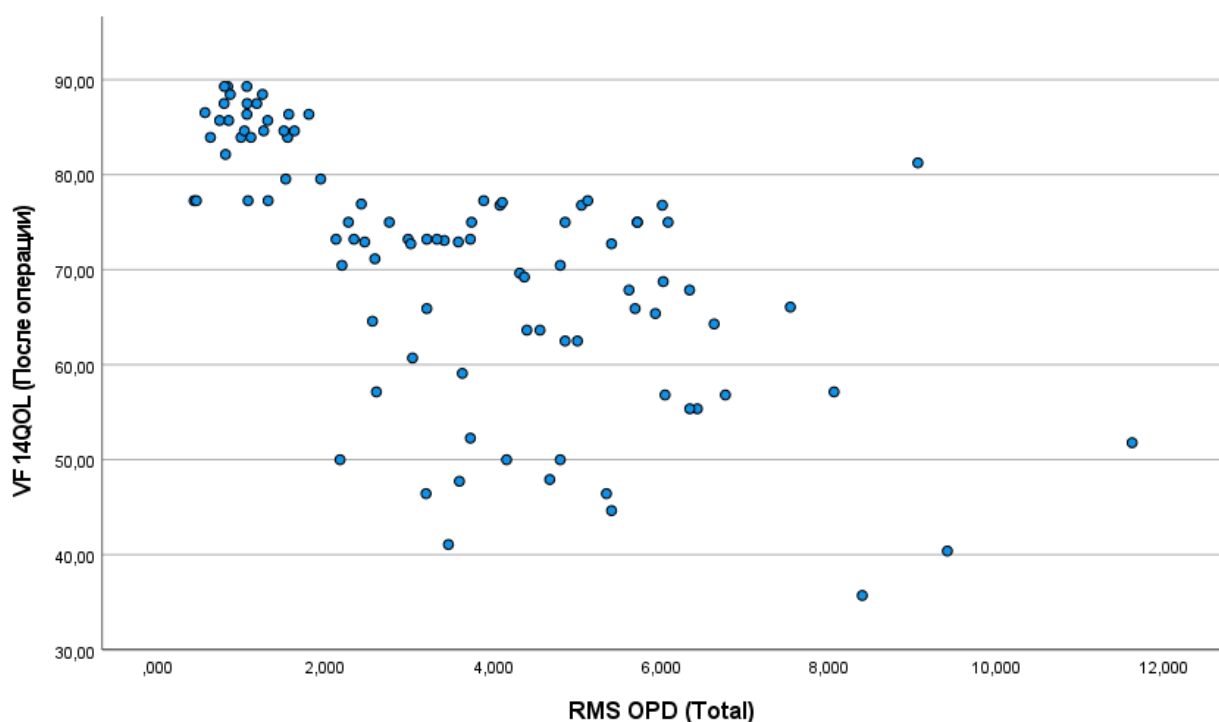


Рис. 2. Диаграмма рассеяния, показывающая наличие отрицательной связи между показателями качества жизни и суммарными aberrациями волнового фронта прооперированных глаз

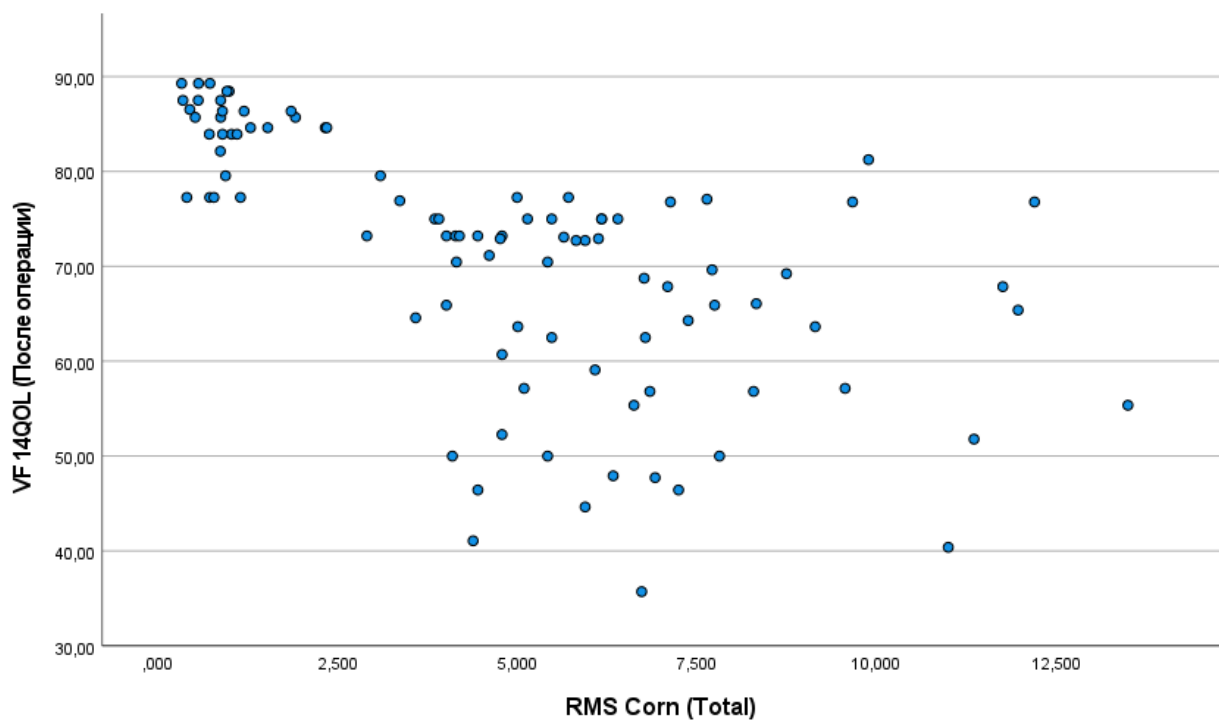


Рис. 3. Диаграмма рассеивания, показывающая наличие обратной зависимости между показателями КЖ и выраженностью роговичных aberrаций прооперированных глаз

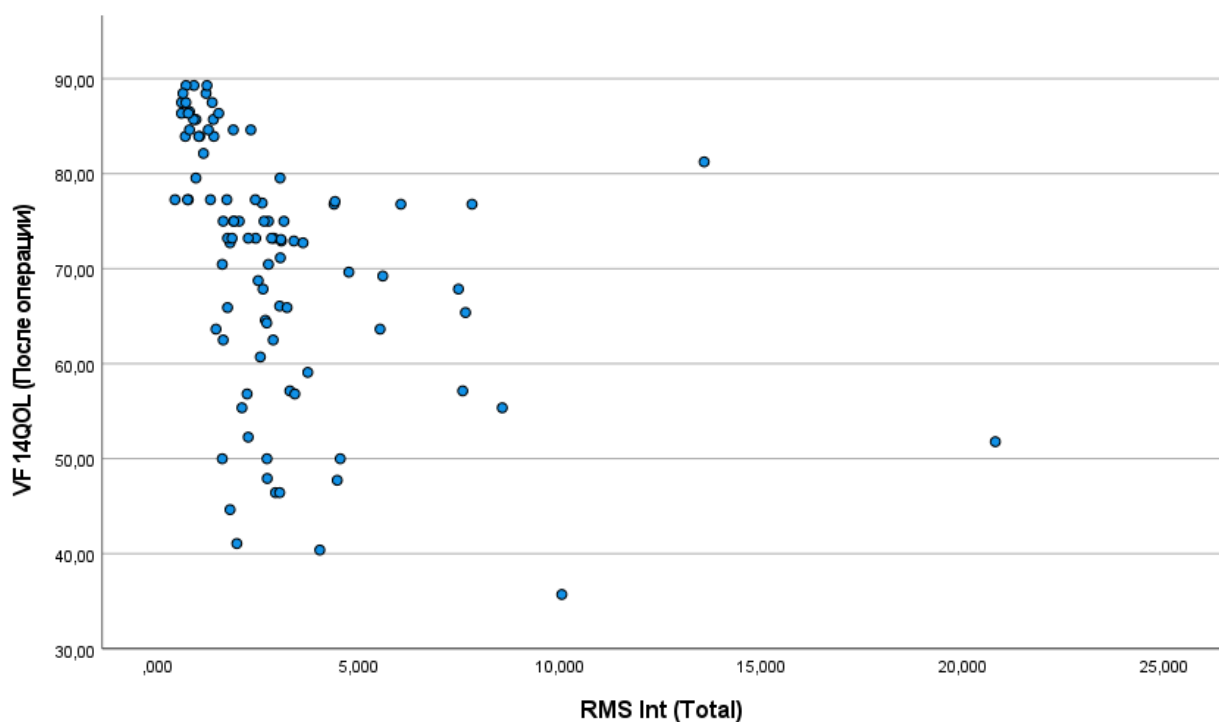


Рис. 4. Диаграмма рассеивания, показывающая наличие обратной зависимости между показателями КЖ и выраженностью внутренних aberrаций прооперированных глаз

Помимо этого, проведение корреляционного анализа выявило наличие средней отрицательной связи между показателями остроты зрения (НКОЗ, МКОЗ) и степенью изменений aberrаций волнового фронта ($r = -0,739$ и $r = -0,653$ соответственно).

В настоящее время только лишь определение остроты зрения не может в полной мере отразить зрительные функции с точки зрения пациента. Первоначально опросник VF-14 был разработан для оценки качества жизни у пациентов, перенесших операцию по удалению катаракты, но он также был одобрен для использования при других глазных патологиях, таких как глаукома, заболевания сетчатки и роговицы [8, 9].

В более раннем исследовании была продемонстрирована высокая степень валидности опросника VF-14 при исследовании качества жизни пациентов, перенесших СКП, в сравнении с применением опросника SF-36 [8].

Более того, в нескольких исследованиях сообщалось о повышении КЖ у пациентов, оперированных по поводу кератоконуса. В одном из них при исследовании качества жизни 57 человек при помощи опросника VF-14, подвергшихся проведению СКП по поводу кератоконуса, показатели качества жизни увеличились с $53,5 \pm 3,53$ балла перед операцией до $81,92 \pm 4,32$ балла после СКП ($p < 0,001$) [5]. В проведенном авторами исследовании ситуация отличалась тем, что исследование КЖ проводилось уже после проведения кератопластики и изначально средние показатели были значительно ниже в связи с наличием катаракты, объективно снижающей остроту зрения пациентов. При этом ранее проведенная кератопластика однозначно отражается на уровне качества жизни как до хирургии хрусталика, так и после, о чем говорят достоверно более низкие средние показатели в группе А и В по сравнению с контрольной.

По мнению многих авторов, технология исследования волнового фронта (wavefront) оптической системы глаза – относительно новый метод, который потенциально может обеспечить объективное измерение качества зрения пациента путем измерения общего и аббераций высокого порядка (НОА – high order aberration) глаза [10]. Для оценки качества зрения можно анализировать различные параметры. RMS (root mean square – среднеквадратичное значение) и PSF (point spread function – функция распространения точки) – два типа параметров, измеряющих оптические aberrации глаза, высокое значение которых говорит о снижении качества зрения [11].

Авторы одной из работ описывают, что только у 86% пациентов после СКП и у 70% после DALK (Deep Anterior Lamellar Keratoplasty) была возможность провести исследование изменений волнового фронта, что связано со слишком высокими значениями aberrаций [12]. В исследовании авторам данной статьи удалось определить показатели RMS у всех пациентов. В выводах, сделанных на основании проведенных ранее исследований, не подтверждается гипотеза о том, что индукция НОА ответственна за снижение остроты зрения [12]. Авторами данного исследования показано, что проведение корреляционного анализа выявило наличие отрицательной связи средней силы между показателями остроты зрения (НКОЗ, МКОЗ) и

степенью изменений аберраций волнового фронта, что говорит в пользу гипотезы о том, что выраженность аберраций влияет на остроту зрения.

Данные исследований, изучающих влияние различных типов кератопластики на показатели НОА, представленные в современных литературных источниках, весьма противоречивы. Одни исследователи делают выводы о том, что в глазах после СКП и DALK не было существенной разницы в показателях НОА [13]. Другие, напротив, пришли к выводу, что после послойной кератопластики, при которой передняя и задняя поверхности роговицы независимы и не параллельны, неровности задней поверхности увеличивают НОА передней поверхности. Однако в физиологически нормальных глазах, у которых передняя и задняя поверхности параллельны друг другу, задняя поверхность роговицы компенсирует НОА передней поверхности, это справедливо и для глаз после сквозной кератопластики [14].

По мнению авторов данной статьи, при поиске взаимосвязи выраженности НОА и показателей КЖ у пациентов, прооперированных по поводу катаракты с имплантацией различного типа ИОЛ, и у пациентов, ранее перенесших СКП, проведение корреляционного анализа показало наличие средней отрицательной связи между исследованными показателями. Последнее может говорить о влиянии аберраций высшего порядка на послеоперационное качество жизни, так как при увеличении степени НОА отмечается более низкий уровень КЖ.

Имеющиеся статистически значимо менее выраженные изменения волнового фронта, статистически значимо более высокие параметры КЖ, а также статистически более высокие показатели НКОЗ у пациентов основной группы (AcrySof IQ Vivity DFTx15), по мнению авторов статьи, достигаются благодаря конструктивному дизайну линзы с непрерывным волновым фронтом.

Заключение

Имплантация интраокулярной линзы AcrySof IQ Vivity Toric у пациентов с ранее проведенной сквозной кератопластикой обеспечивает более высокую остроту зрения с коррекцией и без нее, а также статистически значимо более высокие показатели качества жизни по сравнению с торической монофокальной линзой на фоне менее выраженных искажений волнового фронта.

Список литературы

1. Castellanos-González J.A., Orozco-Vega R., González Ojeda A., Martínez Ruiz A.M., Fuentes-Orozco C. Evaluation of the quality of life related to vision after penetrating keratoplasty // Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed). 2021. Vol. 96. № 2. P. 69-73. DOI: 10.1016/j.oftal.2020.07.013.

2. Измайлова С.Б., Зимина М.В., Завьялов А.С., Новиков С.В., Шацких А.В., Тонаева Х.Д., Шормаз И.Н., Комарова О.Ю. Интраоперационная профилактика посткератопластического астигматизма на отечественной установке «Фемто Визум» в эксперименте *ex vivo* // Практическая медицина. 2018. Т. 16. № 4. С. 22-26. DOI: 1032000/2072-1757-2018-16-4-22-26.
3. Танаш Мохаммед А.М., Фролов М.А., Гончар П.А., Абабнех Л.Т., Билецкая В.А., Беляева Е.С. Клинические и рефракционные особенности экстракции катаракты после сквозной кератопластики // Современные технологии в офтальмологии. 2019. Т. 5. С. 312-314. DOI: 10.25276/2312-4911.
4. Boucenna W., Bourges J.-L. Penetrating keratoplasty // *J. Fr Ophtalmol.* 2022. Vol. 45. № 5. P. 543-558. DOI: 10.1016/j.jfo.2021.11.001.
5. Belghmaidi S., Adarmouch L., Baali M., Sebbani M., Hajji I., Amine M., Moutaouakil A. Measurement of visual function among patients undergoing corneal transplantation using the VF-14 index in Morocco // *J. Fr Ophtalmol.* 2016. Vol. 39. № 10. P. 866-871. DOI: 10.1016/j.jfo.2016.07.018.
6. Asgari S., Hashemib H. OPD scan III accuracy: Topographic and aberrometric indices after accelerated corneal cross-linking // *J. Curr Ophthalmol.* 2018. Vol. 30. № 1. P. 58–62. DOI: 10.1016/j.joco.2017.09.004.
7. Asgari S., Hashemi H., Jafarzadehpur E., Mohamadi A., Rezvan F., Fotouhi A. OPD-Scan III: a repeatability and inter-device agreement study of a multifunctional device in emmetropia, ametropia, and keratoconus // *Int. Ophthalmol.* 2016. Vol. 36. P. 697–705. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10792-016-0189-4>.
8. Musch D.C., Farjo A.A., Meyer R.F., Waldo M.N., Janz N.K. Assessment of health-related quality of life after corneal transplantation // *Am J. Ophthalmol.* 1997. Vol. 124. № 1. P. 1-8. DOI: 10.1016/s0002-9394(14)71636-8.
9. Amiri F., Ghiyasvandian S., Haghani H. Vision-Related Quality of Life after Corneal Transplantation // *J. Curr Ophthalmol.* 2020. Vol. 30. № 32 (2). P. 154-158. DOI: 10.4103/JOCO.JOCO_98_20.
10. Федяшев Г.А., Хван Д.А., Ручкин М.П. Особенности расчета силы интраокулярной линзы при проведении кератопластики (при тройной и последовательной процедуре) // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 6-2. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32289> (дата обращения: 20.07.2024). DOI: 10.17513/spno.32289.
11. Munson K., Hong X., Thibos L.N. Use of a Shack-Hartmann aberrometer to assess the optical outcome of corneal transplantation in a keratoconic eye // *Optom Vis Sci.* 2001. Vol. 78. P. 866-871. DOI: 10.1097/00006324-200112000-00008.

12. Awwad S.T., El-Kateb M., Bowman R.W., et al. Wavefrontguided laser in situ keratomileusis with the Alcon Custom Cornea and the VISX CustomVue: three-month results // *J. Refract Surg.* 2004. Vol. 20. P. 606-613. DOI: 10.3928/1081-597X-20040901-38.
13. Ardjomand N., Hau S., McAlister J.C., Bunce C., Galaretta D., Tuft S.J., Larkin D.F.P. Quality of vision and graft thickness in deep anterior lamellar and penetrating corneal allografts // *Am J Ophthalmol.* 2007. Vol. 143. № 2. P. 228-235. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.10.043.
14. Yamaguchi T., Satake Y., Dogru M., Ohnuma K., Negishi K., Shimazaki J. Visual function and higher-order aberrations in eyes after corneal transplantation: how to improve postoperative quality of vision // *Cornea.* 2015. V. 34. № 11. P. 128-135. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000589.