

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права
УДК 616-073.7:617.713-002:616-08(043.5)

КОБЕЦ
Любовь Александровна

**ОПТИЧЕСКАЯ КОГЕРЕНТНАЯ ТОМОГРАФИЯ
И ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ КРОССЛИНКИНГ РОГОВИЦЫ
ПРИ КЕРАТОКОНУСЕ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

по специальности 14.01.07 – глазные болезни

Минск 2026

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный медицинский университет»

Научный руководитель: **Имшенецкая Татьяна Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой офтальмологии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет».

Официальные оппоненты: **Науменко Лариса Владимировна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории онкопатологии головы и шеи с группой онкопатологии центральной нервной системы государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова»;

Беляковский Павел Васильевич, кандидат медицинских наук, директор закрытого акционерного общества «МедВайз», врач-офтальмолог Центра микрохирургии глаза «ВОКА».

Оппонирующая организация: учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет».

Защита состоится 23 июня 2026 года в 13.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 03.18.07 при учреждении образования «Белорусский государственный медицинский университет» по адресу: 220083, г. Минск, пр-т Дзержинского, 83, e-mail: uchsovets@bsmu.by, тел. +375 17 302-16-21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет».

Автореферат разослан 19 мая 2026 года.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций Д 03.18.07
доктор медицинских наук, профессор



Н. В. Новак

ВВЕДЕНИЕ

В структуре патологии роговицы самой распространенной формой первичной кератэктазии является кератоконус (КК) [Soiberman U., 2017; Deshmukh R., 2023]. Согласно метаанализу 2020 года [Hashemi H., 2020], распространенность КК оценивается в 1,38 случая на 1000 населения.

Кератоконус представляет собой прогрессирующее дегенеративно-дистрофическое, генетически детерминированное, полиэтиологическое заболевание роговицы с двухсторонним асимметричным характером поражения. В основе патогенеза заболевания лежит снижение локальной биомеханической прочности роговицы вследствие ослабления и истончения коллагеновых волокон. На начальных стадиях происходит уменьшение толщины и конусовидная деформация роговицы. Прогрессирование КК приводит к критическому истончению, рубцеванию и повышению риска развития острого КК с последующей перфорацией [Слонимский Ю. Б., 2014]. Эти состояния требуют пересадки роговицы. КК остается основным показанием для трансплантации роговицы во всем мире [Park S. Y., 2014; Семак Г. Р., 2020; Deshmukh R., 2023].

Изменение формы роговицы приводит к рефракционным нарушениям, нерегулярному астигматизму, выраженному снижению зрения и ограничению возможностей оптической коррекции. Происходит ухудшение качества жизни пациентов, снижается социальная адаптация и возникают ограничения в профессиональной деятельности. Пик заболеваемости приходится на возраст 20–30 лет [Hwang S., 2018; Hashemi H., 2020]. Возникновение и прогрессирование заболевания у лиц молодого трудоспособного возраста имеет отрицательное социально-экономическое значение.

Согласно Глобальному консенсусу по КК и эктатическим заболеваниям (2015), обязательными методами диагностики КК являются кератотопография и пахиметрия (измерение толщины роговицы). Однако отсутствие единых стандартов применения данных методов диагностики обуславливает необходимость поиска новых и достоверных критериев заболевания. Диагностика КК играет ключевую роль как для своевременного лечения данного заболевания, так и для его выявления на дооперационном этапе с целью профилактики ятрогенных эктазий после кераторефракционных операций.

Долгое время единственным методом лечения КК была сквозная кератопластика. После разработки кросслинкинга роговицы (КР) и утверждения его методом лечения КК [Seiler T., 2003] появилась возможность на ранних стадиях проводить лечение, направленное на остановку прогрессирования заболевания.

Многочисленные исследования подтвердили эффективность и безопасность стандартного протокола КР [Randleman J. B., 2015; Позняк Н. И., 2012; Hersh P. S., 2017; Sarma P., 2023]. Данному протоколу свойственны такие недостатки, как длительный болевой синдром, замедленная реабилитация и непредсказуемый клинический эффект [Kanellopoulos A. J., 2007; Kaiserman I., 2019; Иванова А. В., 2019].

Таким образом, совершенствование методов диагностики и разработка методов хирургического лечения КК остается актуальной научной и практической задачей, направленной на сохранение зрения и качества жизни пациентов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы кафедры офтальмологии Государственного учреждения образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования» «Новые технологии лечения заболеваний органа зрения у взрослых и детей» (№ госрегистрации 20192307, дата регистрации: 02.09.2019, срок выполнения 2019–2022).

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научно-технической инновационной деятельности в Республике Беларусь на 2016–2025 гг., утвержденным Указами Президента Республики Беларусь от 22.04.2015 № 166 (пункт 4. Медицина, фармацевтика, медицинская техника: технологии профилактики, диагностики и лечения заболеваний) и от 07.05.2020 № 156 (пункт 2. Биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства: диагностика, медицинская профилактика и лечение инфекционных, включая вирусной этиологии, и неинфекционных заболеваний, экспертиза качества медицинской помощи).

Цель исследования – повысить эффективность диагностики и лечения пациентов с кератоконусом на основе анатомо-функциональных особенностей роговицы по данным оптической когерентной томографии.

Задачи исследования:

1. Установить анатомо-функциональные особенности роговицы при кератоконусе с использованием оптической когерентной томографии (ОКТ).
2. Провести анализ результатов пахиметрии, полученных на ОКТ и на Шаймпфлюг-камере, и установить диагностически значимые ОКТ-критерии кератоконуса.
3. Разработать и внедрить новый метод кросслинкинга роговицы с персонализированной эксимерлазерной абляцией для лечения пациентов с кератоконусом, оценить его эффективность и безопасность.

Объект исследования: пациенты с кератоконусом I–III стадии, пациенты без клинических признаков кератоконуса.

Предмет исследования: данные пахиметрии и ОКТ роговицы, результаты офтальмологического обследования до и после хирургического лечения.

Научная новизна

Впервые в Республике Беларусь с использованием ОКТ установлены анатомо-функциональные особенности роговицы и изменения эпителия у пациентов с кератоконусом.

Впервые установлены достоверные различия результатов пахиметрии, выполненной на Шаймпфлюг-камере и ОКТ, у пациентов с кератоконусом, а также влияние прогрессирования заболевания на степень различий. Полученные данные использованы при создании клинических протоколов Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Впервые на основании ROC-анализа выявлены пороговые значения показателей ОКТ роговицы, являющиеся достоверными критериями для диагностики кератоконуса.

Впервые разработан алгоритм проведения персонализированной эксимерлазерной абляции роговицы на основании данных кератотопографии и ОКТ-исследования.

Впервые в Республике Беларусь разработан и внедрен новый метод кросслинкинга роговицы с персонализированной эксимерлазерной абляцией.

Положения, выносимые на защиту

1. По данным ОКТ для кератоконуса характерно уменьшение толщины эпителиального слоя роговицы в нижнем секторе ($p < 0,05$) и увеличение толщины эпителия в верхнем секторе ($p < 0,05$), что обозначается как паттерн обратного распределения эпителия. Максимальное истончение эпителия наблюдается в точке минимальной толщины роговицы ($p < 0,05$), которая соответствует «верхушке» кератоконуса.

При прогрессировании заболевания от I к III стадии наблюдается снижение толщины эпителия в центре (с $58,59 \pm 5,16$ мкм до $48,24 \pm 5,27$ мкм), в нижнем секторе (с $56,88 \pm 4,25$ мкм до $53,76 \pm 1,54$ мкм) с наиболее выраженным истончением в области «верхушки» кератоконуса (с $50,07 \pm 5,54$ мкм до $36,47 \pm 6,23$ мкм), а толщина эпителия в верхнем секторе (с $60,88 \pm 4,04$ мкм до $68,38 \pm 3,54$ мкм) и разница между верхним и нижним секторами (с $4,0 \pm 2,54$ мкм до $14,62 \pm 3,58$ мкм) наоборот увеличивается, что подтверждает компенсаторную роль ремоделирования эпителиального слоя в ответ на усиления нерегулярности поверхности роговицы по мере прогрессирования заболевания.

2. При постановке диагноза и определении тактики лечения пациентов с кератоконусом необходимо учитывать различия в результатах пахиметрии,

полученных на ОКТ и Шаймпфлюг-камере (для центральной толщины роговицы – $10,67 \pm 11,21$ мкм, $p=0,02$; для минимальной – $18,93 \pm 12,09$ мкм, $p<0,001$). Для оценки прогрессирования заболевания необходимо оценивать в динамике данные пахиметрии, полученные на приборах, работающих на одном принципе.

Диагностическими критериями кератоконуса по данным ОКТ являются ($p<0,0001$): центральная толщина роговицы ≤ 512 мкм, минимальная толщина роговицы ≤ 483 мкм, разность пахиметрии более 18 мкм, разность толщины эпителия более 5 мкм. Данные критерии указывают на наличие у пациента кератоконуса.

3. Разработанный и внедренный метод кросслинкинга роговицы с персонализированной эксимерлазерной абляцией на основании данных кератотопографии и ОКТ является эффективным и безопасным при лечении пациентов с кератоконусом I–III стадии и приводит к остановке прогрессирования заболевания. Данный метод позволяет улучшить зрительные функции, повышает максимально скорректированную остроту зрения ($U=333,5$; $Z=-2,38$; $p=0,01$) и снижает нерегулярность роговицы ($t>2,0$; $p<0,05$) в сравнении со стандартным протоколом кросслинкинга роговицы. Более раннее заживление ($U=300,0$; $Z=-2,83$; $p\leq 0,05$) и сокращение роговичного синдрома после проведения разработанного метода кросслинкинга ускоряют зрительную, профессиональную и социальную реабилитацию пациентов.

Личный вклад соискателя ученой степени

Соискателем самостоятельно выполнены патентно-информационный поиск, анализ отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Совместно с научным руководителем выбрана тема диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, определены основные этапы исследования. Автором самостоятельно выполнены сбор и анализ первичных материалов, сформирована база данных, осуществлена статистическая обработка полученных результатов, написаны все главы диссертации и автореферата, сформулированы выводы и рекомендации по практическому применению.

Автором выполнены диагностические исследования (личный вклад – 100%), проведено хирургическое лечение пациентов (1-я группа – 100%, 2-я группа – 90%). Основные результаты диссертационного исследования отражены в научных статьях [1–А, 2–А, 3–А, 4–А, 5–А], материалах и тезисах конференций [6–А, 7–А, 8–А, 9–А, 10–А, 11–А, 12–А, 13–А, 14–А, 15–А] (личный вклад – 85%). Разработаны и утверждены Министерством здравоохранения Республики Беларусь две инструкции по применению (вклад соискателя – 80%) [16–А, 17–А]. Разработано рационализаторское предложение (вклад соискателя – 85%).

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения и материалы диссертации доложены и обсуждены на 15 научных конференциях: ежегодной Республиканской конференции с международным участием «Актуальные вопросы офтальмологии» (Минск, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024); конференции молодых ученых «Федоровские чтения» (Москва, 2021, 2022, 2023); Всероссийском научно-практическом конгрессе с международным участием «Современные технологии катарактальной, рефракционной и роговичной хирургии» (Москва, 2021, 2024); Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Современные медицинские технологии в оказании медицинской помощи в условиях многопрофильного стационара, посвященной 195-летию учреждения здравоохранения «3-я городская клиническая больница имени Е. В. Клумова» (Минск, 2023); Научной сессии Белорусского государственного медицинского университета (Минск, 2024); XIII Съезде Общества офтальмологов России (Москва, 2024); Третьем минском международном медицинском форуме «Офтальмология – перспективы развития» (Минск, 2024); научно-практической конференции «Инновационные технологии и мультидисциплинарный подход – современные тенденции в оказании многопрофильной специализированной медицинской помощи», посвященной 40-летию учреждения здравоохранения «10-я городская клиническая больница» (Минск, 2025).

Результаты диссертационного исследования внедрены в клиническую практику: УЗ «10-я городская клиническая больница» г. Минска, УЗ «Гомельская специализированная клиническая больница», УЗ «Гродненская университетская клиника», а также в образовательный процесс ИПК и ПКЗ УО «Белорусский государственный медицинский университет», УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет» и УО «Гродненский государственный медицинский университет». Всего 17 актов внедрения.

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 17 научных работ (3,47 авторского листа): 5 статей (2,35 авторского листа) в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК Республики Беларусь, в том числе статья в зарубежном журнале, 10 тезисов в сборниках материалов научных конференций и съездов. Министерством здравоохранения Республики Беларусь утверждены 2 инструкции по применению.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 182 страницах. Включает введение, общую характеристику работы, обзор литературы, описание материала и методов

исследования, четыре главы с результатами собственных исследований, заключение, список использованных источников. Работа содержит 22 таблицы, 32 рисунка и 4 приложения. Список использованных источников: библиографический список – 366 источников и 17 публикаций соискателя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Материал и методы исследования

Исследование проводилось на кафедре офтальмологии ИПК и ПКЗ УО «Белорусский государственный медицинский университет» в Республиканском офтальмологическом центре на функциональной основе на базе УЗ «10-я городская клиническая больница» г. Минска.

В исследование был включен 171 человек (290 глаз).

На первом этапе для установления анатомо-функциональных особенностей роговицы и диагностических критериев КК была сформирована основная группа 120 пациентов (191 глаз) с диагнозом КК I–III стадии (по классификации Амслера–Крумейха). Группа состояла из 86 (71,67%) мужчин и 34 (28,33%) женщин; средний возраст в группе был $29,05 \pm 7,25$ года.

Для определения параметров роговицы без КК была сформирована группа сравнения из 51 человека (99 глаз). Критерием включения являлось отсутствие глазных заболеваний, кроме аномалий рефракции, и отсутствие клинко-диагностических признаков КК. Группа состояла из 30 (58,82%) мужчин и 21 (41,18%) женщины. Средний возраст в группе – $30,17 \pm 5,50$ года. По возрасту и полу группы были сопоставимы ($p > 0,05$)

На втором этапе исследования 55 пациентам (64 глаза) из основной группы проводилось хирургическое лечение. Пациенты были разделены на две группы: в первой выполнялся КР с персонализированной эксимерлазерной абляцией, во второй – КР по стандартному протоколу. Показанием к операции был прогрессирующий характер заболевания.

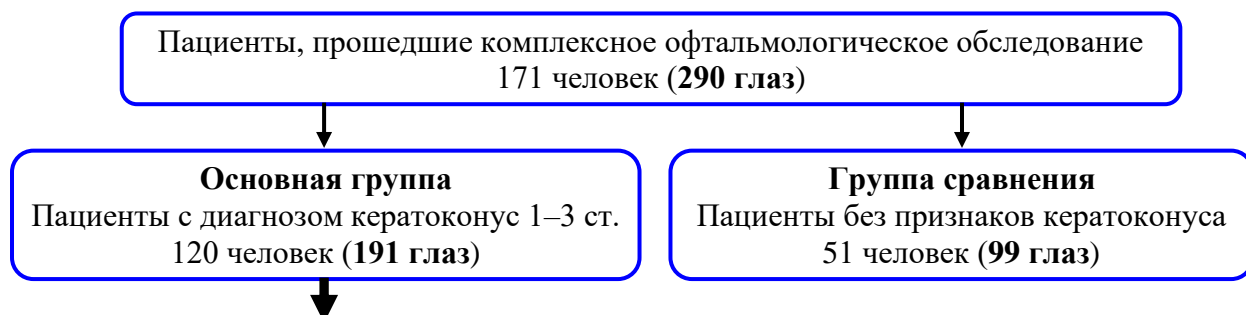
Первая группа включала 28 пациентов (31 глаз), мужчин было 22 (78,57%), женщин – 6 (21,43%), средний возраст – 26 [22,5; 29,0] лет.

Во второй группе было 27 пациентов (33 глаза), 19 (73,07%) мужчин и 8 (26,93%) женщин, средний возраст – 25 [20,25; 28,0] лет.

Пациенты данных групп были сопоставимы по возрасту ($U = 337,5$; $Z = -0,98$; $p = 0,49$), полу ($\chi^2 = 0,22$; $p = 0,64$) и стадии заболевания ($U = 424,5$; $Z = -1,3$; $p = 0,19$).

Схема дизайна исследования представлена на рисунке 1.

1 этап Изучение анатомо-функциональных особенностей роговицы



2 этап Хирургическое лечение

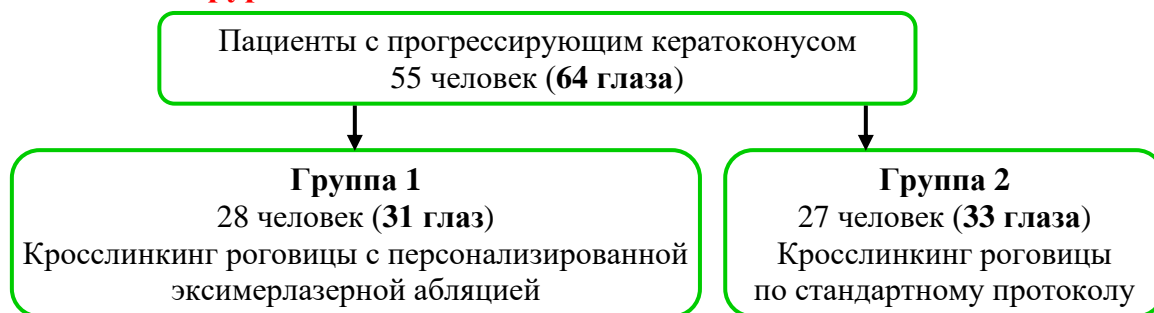


Рисунок 1 – Дизайн клинического исследования

Всем пациентам проводились обязательные базовые офтальмологические исследования. Дополнительно выполнялись кератотопография на корнеальном топографе с Шаймпфлюг-камерой (ШК) TOMÉY TMS-5 (TOMÉY, Япония), ОКТ роговицы с картированием эпителиального слоя на приборе SOCT Corneicus REVO 80 (Optopol, Польша). На втором этапе исследования для оценки результатов лечения измерялись некорригированная острота зрения (НКОЗ), максимальная корригированная острота зрения (МКОЗ), центральная (ЦТР) и минимальная толщина роговицы (МТР), максимальная кератометрия (Kmax) до и через 1, 3, 6 и 12 месяцев после лечения.

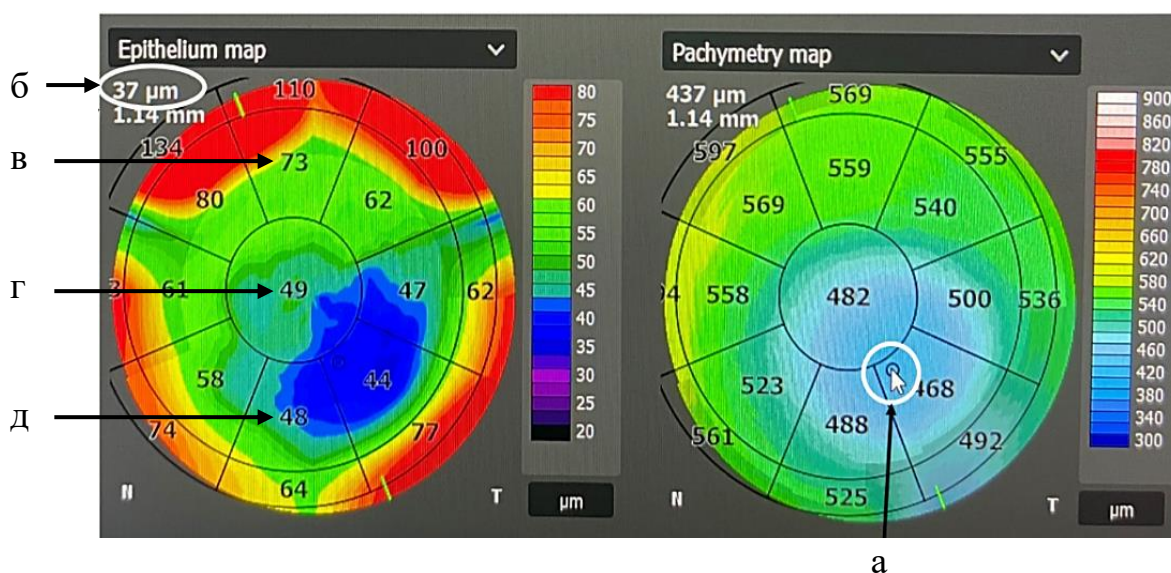
Статистическую обработку данных проводили при помощи пакетов программного обеспечения Microsoft Excel 2013 (Microsoft corp., США), Statistica 10 (StatSoft Inc., США) (лицензионный номер XXR012E839529FA, код продукта 04242-000-000004.44) и MedCalc® Statistical Software version 22.021 (MedCalc Software Ltd., Ostend, Belgium). Для проверки соответствия распределения количественных переменных закону нормального распределения выполняли тест Шапиро–Уилка и оценку коэффициентов асимметрии и эксцесса. Количественные признаки при нормальном распределении представлены как среднее значение (M) и стандартное отклонение (SD), межгрупповые различия оценивали по критерию Стьюдента. При распределении, отличном от нормального, данные представлены в виде медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей размаха (Q1; Q3 –25% и 75%), для сравнения групп применяли критерий

Манна–Уитни. Качественные признаки описаны абсолютными (n) и относительными (%) частотами. Сравнение групп по качественным показателям проводилось с помощью критерия Фишера и критерия χ^2 . Исследование динамики показателей в группах проводилось с использованием критериев Стьюдента и Уилкоксона. Корреляционный анализ выполнялся с использованием коэффициента Спирмена. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным $p < 0,05$. Для оценки диагностической значимости количественных признаков использовался ROC-анализ с 95% доверительным интервалом (ДИ), пороговое значение (cut-off) устанавливали по максимальному индексу Юдена с вычислением чувствительности (Se) и специфичности (Sp).

Основные результаты исследования

Результаты изучения анатомо-функциональных особенностей роговицы у пациентов с кератоконусом

Выполнялось трехкратное ОКТ-сканирование роговицы по протоколу Anterior Radial Wide с дополнительной насадкой-линзой L-CAM, область сканирования – 6×6 мм. Для определения особенностей эпителиального слоя при КК сравнивались следующие показатели ОКТ-картирования эпителия в мкм (рисунок 2): центральная толщина эпителия (ЦТЭ), толщина эпителия в точке МТР (ТЭМТР), толщина эпителия в верхнем и нижнем секторах и разница между ними (Р верх-низ), а также показатель разницы толщины эпителия между ЦТЭ и ТЭМТР далее обозначается как разница эпителия (РЭ).



а – курсор на точке МТР; б – значение ТЭМТР автоматически отображается при нажатии курсора на точку МТР; в – значение толщины в верхнем секторе; г – значение ЦТЭ; д – значение толщины в нижнем секторе

Рисунок 2 – Пахиметрическая и эпителиальная карты роговицы

Для установления нормальных показателей роговиц из группы сравнения были отобраны результаты ОКТ 36 глаз. Критериями отбора были: острота зрения 0,9–1,0, показатель сферэквивалента до $\pm 0,75$ дптр.

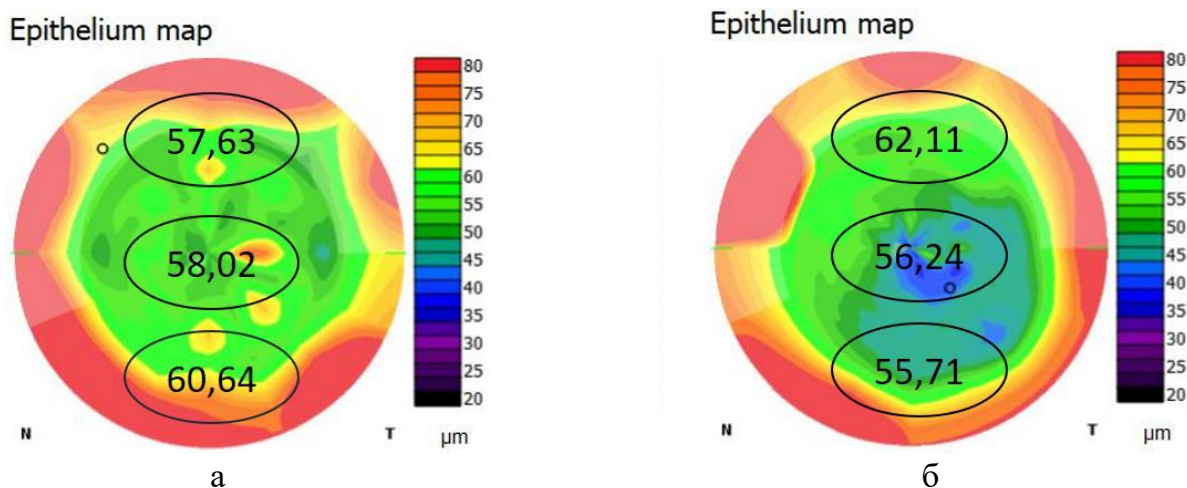
Полученные результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения изучаемых параметров эпителия роговицы в мкм

Показатель	ЦТЭ	Верхний сектор	Нижний сектор	ТЭМТР	Р верх-низ	РЭ
Основная группа (n = 176)	56,24 \pm 6,16	62,11 \pm 5,0	55,71 \pm 3,55	46,81 \pm 7,16	6,45 \pm 5,40	9,44 \pm 4,31
Группа сравнения (n = 36)	58,02 \pm 4,26	57,63 \pm 4,15	60,64 \pm 6,68	54,05 \pm 4,44	3,72 \pm 4,07	3,97 \pm 1,68
p-значимость	0,096	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,001

Установлены статистически достоверные различия по всем показателям толщины эпителия ($p < 0,05$), кроме толщины эпителия в центре ($p = 0,096$).

В норме толщина эпителия роговицы в верхнем секторе меньше, чем в нижнем. При КК установлено, что толщина эпителия в верхнем секторе больше, чем в нижнем. Данная особенность распределения эпителия обозначается как паттерн обратного распределения (рисунок 3). Максимальное истончение эпителия находится в точке МТР, которая соответствует «верхушке» КК – участку с наибольшей кератометрией.



а – в группе сравнения; б – в основной группе

Рисунок 3 – Карты распределения толщины эпителия роговицы

При анализе толщины эпителия в подгруппах в зависимости от стадии КК установлено, что только ЦТЭ при I стадии КК и в норме не имеет достоверных отличий ($p = 0,57$), по всем остальным показателям имелись достоверные отличия ($p < 0,05$) (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения в мкм изучаемых параметров эпителия роговицы в подгруппах по стадиям КК и в группе сравнения

Группа	ЦТЭ	Верхний сектор	Нижний сектор	ТЭМТР	Р верх-низ	РЭ
I стадия КК (n = 81)	58,59 ± 5,16	60,88 ± 4,04	56,88 ± 4,25	50,07 ± 5,54	4,0 ± 2,54	8,52 ± 4,29
II стадия КК (n = 74)	55,94 ± 5,43	61,70 ± 5,06	54,98 ± 2,59	46,16 ± 5,97	6,89 ± 5,77	9,74 ± 4,36
III стадия КК (n = 21)	48,24 ± 5,27	68,38 ± 3,54	53,76 ± 1,54	36,47 ± 6,23	14,62 ± 3,58	11,76 ± 3,28
Группа сравнения (n = 36)	58,02 ± 4,26	57,63 ± 4,15	60,64 ± 6,68	54,05 ± 4,44	3,72 ± 4,07	3,97 ± 1,68

По мере увеличения стадии КК наблюдаются уменьшение толщины эпителия в центре и в нижнем секторе, увеличение толщины в верхнем секторе, а также увеличение разницы между верхним и нижним секторами и между ЦТЭ и ТЭМТР. Наиболее выраженное истончение эпителия отмечается в точке МТР от $50,07 \pm 5,54$ мкм при I стадии КК до $36,47 \pm 6,23$ мкм – при III стадии. Выявленные изменения свидетельствуют о перераспределении эпителия по мере прогрессирования заболевания и его способности к ремоделированию поверхности роговицы, что позволяет компенсировать нарастающую нерегулярность и увеличение кривизны роговицы на поздних стадиях.

Результаты пахиметрии у пациентов с КК

Проведен сравнительный анализ результатов пахиметрии, полученных при измерении на ОКТ и ШК (таблица 3).

Таблица 3 – Значения пахиметрии роговицы в группах

Показатель	Данные пахиметрии на ШК, мкм	Данные пахиметрии на ОКТ, мкм	t	p
<i>Основная группа n=148</i>				
ЦТР	494,41 ± 33,58	484,83 ± 35,98	2,37	0,02
МТР	474,64 ± 37,14	455,77 ± 39,61	4,23	<0,001
<i>Группа сравнения n=36</i>				
ЦТР	559,46 ± 31,95	554,96 ± 32,39	0,50	0,62
МТР	551,42 ± 32,07	542,65 ± 32,76	0,98	0,33

В группе сравнения различия между измерениями приборов статистически незначимы как для ЦТР ($5,11 \pm 4,21$ мкм, $p = 0,62$), так и для МТР ($9,0 \pm 5,5$ мкм, $p = 0,33$).

В группе пациентов с КК получена значимая разница в измерениях между приборами как для ЦТР ($10,67 \pm 11,2$ мкм, $p=0,02$), так и для МТР ($18,9 \pm 12,08$ мкм, $p < 0,001$).

Наличие достоверных различий пахиметрии между ШК и ОКТ у пациентов с КК необходимо учитывать при постановке диагноза, динамическом наблюдении и выборе тактики лечения. Для оценки прогрессирования заболевания необходимо оценивать в динамике данные пахиметрии, полученные на приборах, работающих на одном принципе.

Анализ прогностической точности ОКТ-критериев для диагностики кератоконуса

Диагностика КК базируется на таких обязательных методах исследования, как кератотопография для оценки кривизны роговицы и пахиметрия для выявления истончений.

Для определения точных диагностических критериев ОКТ-пахиметрии при кератоконусе был выполнен ROC-анализ показателей: ЦТР, МТР, центральной толщины стромы (ЦТС), минимальной толщины стромы (МТС), ЦТЭ, ТЭМТР, РЭ, разницы пахиметрии (РП) разница между ЦТР и МТР и разницы стромы (РС) разница между ЦТС и МТС, а также следующих показателей кератотопографии: средняя кератометрия (K_{avg}) и K_{max} .

Диагностически надежными считались показатели с площадью под ROC-кривой (AUC) не менее 0,80, чувствительностью (Se) и специфичностью (Sp) более 75%.

В таблице 4 представлены результаты ROC-анализа изучаемых параметров в группах.

Таблица 4 – Характеристики ROC-кривых исследуемых показателей пациентов основной группы и группы сравнения

Параметр	Площадь под кривой (AUC)	95 % ДИ	Пороговый уровень (cut off)	Se, %	Sp, %
ЦТР, мкм	0,862	0,816–0,900	512	79,0	78,8
МТР, мкм	0,922	0,884–0,951	483	75,1	90,9
ЦТС, мкм	0,863	0,817–0,901	458	80,7	76,8
МТС, мкм	0,909	0,869–0,940	447	82,87	90,9
ТЭМП, мкм	0,824	0,774–0,866	50	65,75	84,85
РП, мкм	0,936	0,901–0,962	18	88,4	89,9
РС, мкм	0,855	0,808–0,894	12	72,38	91,92
РЭ, мкм	0,893	0,851–0,927	5	88,95	76,77
K_{avg} , дптр	0,768	0,694–0,831	43,91	71,19	72,73
K_{max} , дптр	0,938	0,888–0,970	45,97	88,14	88,89

В результате ROC-анализа (рисунок 4) установлено, что для роговицы с КК по данным ОКТ-исследования характеры ЦТР \leq 512 мкм, МТР \leq 483 мкм, РП $>$ 18 мкм, РЭ $>$ 5 мкм. Эти значения рекомендовано использовать как дополнительные критерии диагностики КК с помощью ОКТ.

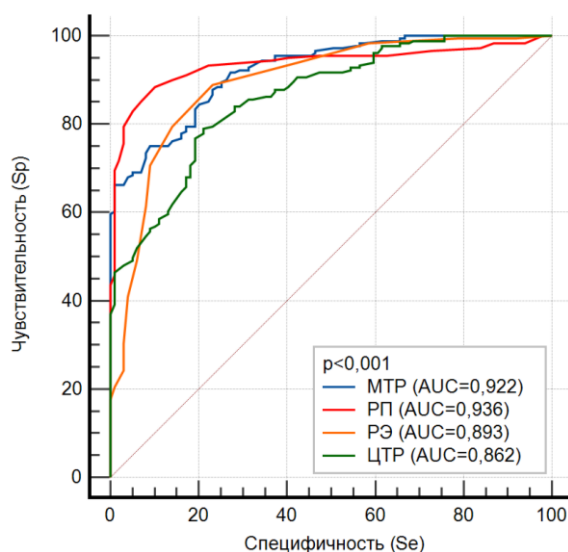


Рисунок 4 – ROC-кривые диагностических критериев ОКТ пахиметрии

Разработка алгоритма персонализированной эксимерлазерной абляции

В основе КР лежит фотополимеризации стромальных волокон коллагена под воздействием УФ-излучения с длиной волны 370 нм и фотосенсибилизатора – 0,1%-ного раствора рибофлавина. В результате образования новых интра- и интерфибриллярных ковалентных связей между молекулами коллагена происходит укрепление и увеличение прочности роговицы.

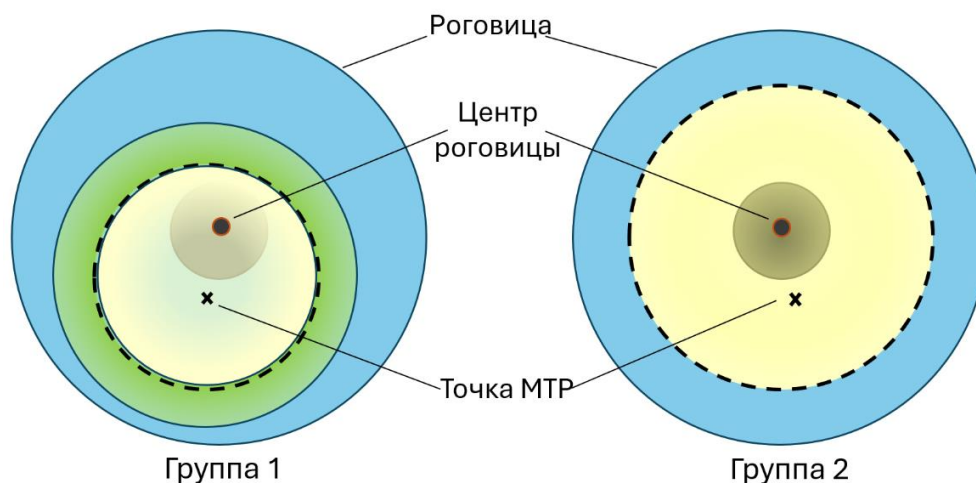
Стандартный протокол КР, который проводился во 2-й группе пациентов, предусматривает механическую центральную деэпителизацию роговицы диаметром 8-9 мм и последующее прямое УФ-облучение стромы данной зоны. Однако при КК имеется градиент патологических изменений: наиболее значимое снижение биомеханической прочности и максимальные структурные нарушения локализуются в зоне «верхушки» КК, которая соответствует точке МТР. Следовательно, для достижения максимального терапевтического эффекта КР его воздействие должно быть сконцентрировано в зоне с наиболее выраженными патологическими изменениями.

Для реализации персонализированного воздействия у пациентов 1-й группы на предоперационном этапе выполнялся следующий алгоритм. У каждого пациента по данным кератотопографии определялись координаты точки МТР (по осям x и y). Полученные координаты устанавливались как

центр в протоколе фототерапевтической абляции, диаметром 6,5 мм. Глубина абляции была равна ЦТЭ, измеренной на ОКТ. Выбор данного показателя толщины был основан на анализе распределения эпителия при КК. Поскольку толщина эпителия в центре больше толщины эпителия в точке МТР, то для достижения полной деэпителизации в зоне лечения глубина абляции должна равняться ЦТЭ.

Проведение такого точного алгоритма возможно только с применением эксимерлазерных технологий, что делает данный метод лечения высокотехнологическим медицинским вмешательством.

После этапа лазерной абляции выполнялось насыщение роговицы 0,1%-ным раствором рибофлавина и далее УФ-облучение, которое носило комбинированный характер. В зоне абляции диаметром 6,5 мм осуществлялось прямое воздействие УФ на строму, а от края данной зоны и до края зоны облучения диаметром 9мм трансэпителиальное (рисунок 5).



желтая зона – прямое УФ-облучение; зеленая зона – трансэпителиальное УФ-облучение d=9мм; пунктирная линия – край эксимерлазерной абляции d=6,5 мм в первой группе и механической деэпителизации d=8-9 мм во второй группе.

Рисунок 5 – Схема расположения зон воздействия на роговицу в группах

Таким образом, в разработанном методе КР первый этап механической центральной деэпителизации роговицы диаметром 8-9 мм был заменен на персонализированную эксимерлазерную абляцию диаметром 6,5 мм с центром в точке МТР, а УФ облучение носило комбинированный характер (прямое и трансэпителиальное).

Все последующие этапы после УФ облучения в обеих группах соответствовали стандартному протоколу.

Результаты лечения пациентов 1-й группы разработанным методом кросслинкинга роговицы с персонализированной эксимерлазерной абляцией

В таблице 5 представлены основные значения изучаемых показателей до и после хирургического лечения в 1-й группе.

В результате лечения повысились показатели НКОЗ ($Z = -4,71$; $p \leq 0,001$) и МКОЗ ($Z = -4,65$; $p \leq 0,001$). В сроке наблюдения 1 год среднее значение послеоперационной НКОЗ достоверно соответствует среднему значению дооперационной МКОЗ ($U = 404,0$, $Z = -1,07$; $p = 0,28$).

Таблица 5 – Изучаемые показатели до и после хирургического лечения у пациентов 1-й группы

Период наблюдения	НКОЗ	МКОЗ	ЦТР, мкм	МТР, мкм	Кmax, дптр
до лечения	0,3 [0,06;0,47]	0,7 [0,50; 0,87]	497,0 [479,0; 516,0]	464,0 [446,0;495,0]	51,3 [48,12; 54,75]
через 1 год после лечения	0,6 [0,30;0,87]	0,9 [0,60;1,00]	477,0 [464,0;491,0]	440,0 [416,0;460,0]	48,0 [46,02; 50,57]

Снижение Кmax было значимым уже через 1 месяц после лечения и составило $0,83 \pm 1,51$ дптр ($Z = -2,66$; $p \leq 0,05$), к 1 году снизилось на $3,18 \pm 1,95$ дптр ($Z = -3,78$; $p \leq 0,05$).

Разработанный метод КР является эффективным по критерию улучшения зрительных функций и по положительному влиянию на регулярность поверхности роговицы. Объективным подтверждением эффективности также служит формирование в строме демаркационной линии, которая фиксировалась на ОКТ у всех пациентов.

Начиная с 3-го месяца и до конца наблюдения снижения остроты зрения не наблюдалось, что в совокупности с отсутствием интра- и послеоперационных осложнений свидетельствует о безопасности разработанного метода.

Поскольку толщина эпителия в точке МТР меньше, чем глубина абляции, в данной группе в среднем на $8,22 \pm 4,81$, то в точке МТР производилась частичная абляция стромы. Однако ни в одном случае остаточная толщина стромы в зоне МТР не выходила за рамки безопасного диапазона в 400 мкм, в среднем была равна $412,55 \pm 25,94$ мкм.

Уменьшение ЦТР и МТР было статистически значимо через 1 месяц после лечения (в среднем на $22,32 \pm 11,15$ мкм и $27,67 \pm 15,63$ мкм для ЦТР и МТР соответственно). Начиная с 3-го месяца ЦТР увеличивалась, и к году наблюдения ее прирост составил $5,19 \pm 5,02$ мкм ($Z > 3,0$; $p \leq 0,05$). МТР увеличивалась после 6-го месяца, к 1 году ее прирост составил $3,35 \pm 6,5$ мкм

($Z = -2,83$; $p \leq 0,05$). Динамика изменения пахиметрии свидетельствует о стабилизации патологического процесса и безопасности метода.

Остановка прогрессирования заболевания подтверждается снижением K_{\max} , повышением НКОЗ и МКОЗ и стабилизацией данных пахиметрии. Важно отметить, что уменьшение зоны дезэпителизации не привело к снижению эффективности лечения.

Сравнительный анализ результатов лечения в группах

В таблице 6 представлены основные показатели двух групп до хирургического лечения.

Таблица 6 – Основные характеристики групп до хирургического лечения

Показатель	1-я группа	2-я группа	Статистическая значимость
НКОЗ	0,3 [0,06; 0,47]	0,2 [0,10; 0,50]	$U=493,0$; $Z=0,24$; $p=0,81$
МКОЗ	0,7 [0,50; 0,87]	0,5 [0,30; 0,72]	$U=391,5$; $Z= -1,60$; $p=0,11$
ЦТР, мкм	$495,90 \pm 23,67$	$482,45 \pm 31,98$	$t=1,90$; $p=0,06$
МТР, мкм	$467,80 \pm 27,45$	$453,33 \pm 33,42$	$t=1,88$; $p=0,06$
K_{\max} , дптр	$51,68 \pm 4,15$	$53,93 \pm 4,65$	$t=1,98$; $p=0,05$

До лечения группы не имели статистически достоверных отличий.

Осложнений во время и после проведения операций не зафиксировано.

Полная эпителизация роговицы в 61,3% случаев в 1-й группе наступала на 3-и [3,0; 4,0] сутки, а во 2-й группе в 57,6% – на 4-е [3,0; 4,0] сутки. В одном случае в 1-й группе максимальный срок эпителизации был 5 суток, во 2-й группе в 15 % был такой срок заживления в одном случае достиг 6 суток.

Благодаря меньшей зоне дезэпителизации в 1-й группе наблюдалось более быстрое заживление поверхности роговицы ($U=300,0$; $Z= -2,83$; $p \leq 0,05$), что привело к сокращению длительности роговичного синдрома в раннем послеоперационном периоде по сравнению со 2-й группой.

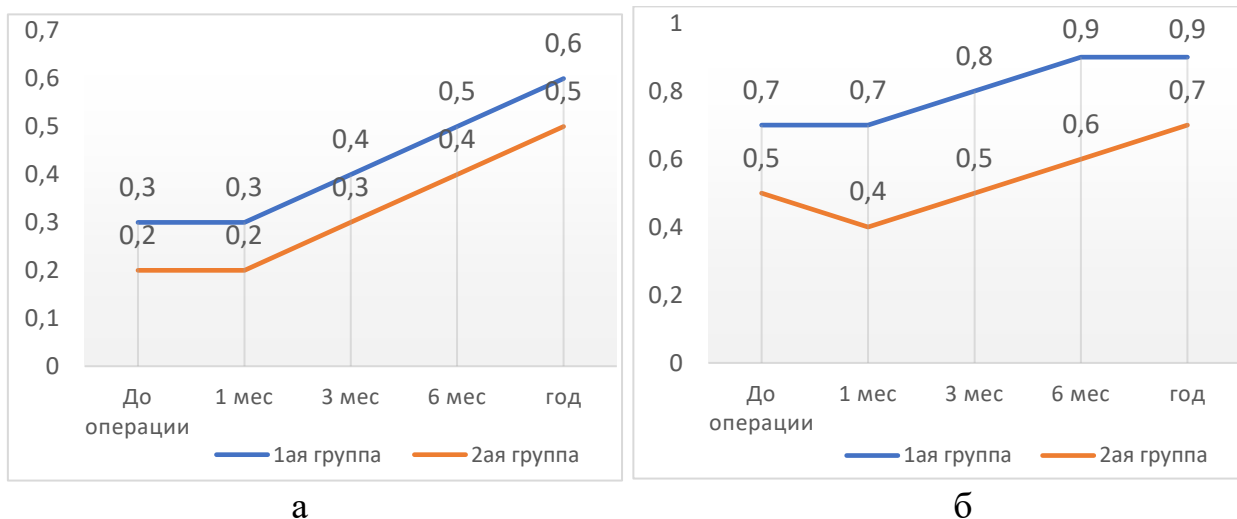
Комфортное течение раннего послеоперационного периода и уменьшение длительности роговичного синдрома приводят к быстрой зрительной, профессиональной и социальной реабилитации пациентов.

Статистически значимое повышение НКОЗ и МКОЗ в обеих группах регистрировалось с 3-го месяца ($t > 2$; $p < 0,05$). Однако во 2-й группе было отмечено снижение остроты зрения через 1 месяц после операции ($t > 2$; $p < 0,05$), чего не наблюдалось в 1-й группе. Преимущество разработанного метода является отсутствие ухудшения зрения в раннем послеоперационном периоде.

Показатель НКОЗ не отличался между группами на протяжении всего наблюдения ($p > 0,05$). Показатели МКОЗ, напротив, были выше в 1-й группе начиная уже с 1-го месяца после лечения ($U=342,0$; $Z= -2,11$; $p=0,03$) и на

всём протяжении наблюдения к году достигнув в 1-й группе 0,9 [0,6; 1,0], а во 2-й 0,7 [0,47; 0,90] ($U=333,5$; $Z=-2,38$; $p=0,01$).

Максимальная прибавка НКОЗ в 1-й группе составила 0,8, во 2-й группе – 0,6, а МКОЗ – на 0,7 и на 0,5 соответственно. Динамика изменений показателей остроты зрения в группах представлена на рисунке 6.

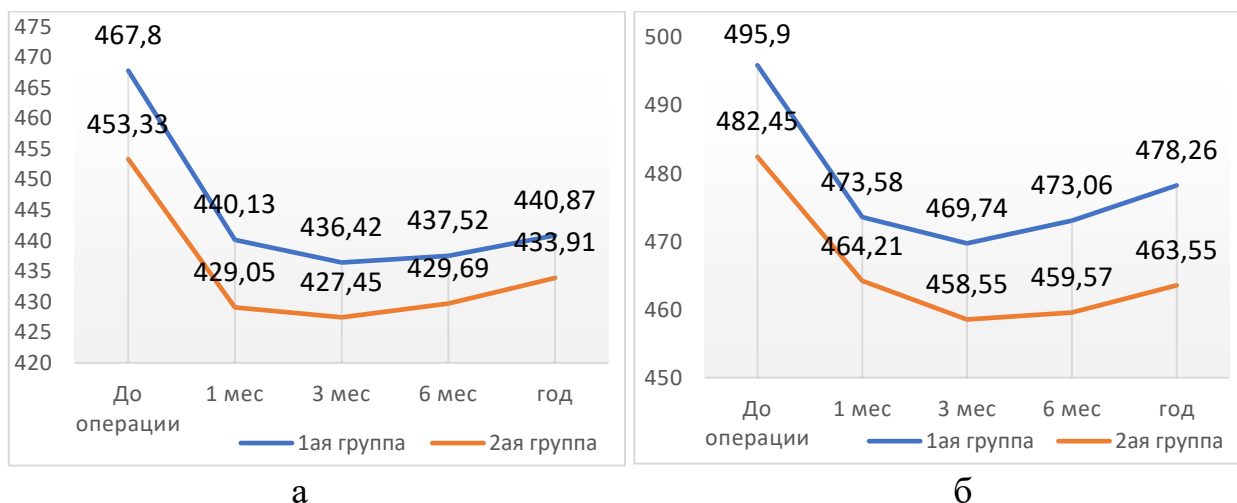


а – НКОЗ; б – МКОЗ

Рисунок 6– График изменения остроты зрения в группах

Разработанный метод КР превосходит стандартный протокол по степени улучшения зрительных функций.

Динамика изменения толщины роговицы в обеих группах после лечения была сопоставима (рисунок 7).



а – ЦТР; б – МТР

Рисунок 7 – Динамика изменения показателей пахиметрии

Снижение ЦТР через 1 год после лечения в 1-й группе на $18,03 \pm 10,31$ мкм и во 2-й группе на $18,45 \pm 14,06$ мкм сопоставимы ($t = -0,136$; $p = 0,89$).

Анализ изменения МТР также не выявил различий между группами как в абсолютных послеоперационных значениях ($t = 0,86$; $p = 0,39$), так и по степени ее уменьшения ($U = 382,5$; $Z = 1,73$; $p = 0,08$). В 1-й группе МТР после лечения снизилась с $467,80 \pm 27,45$ мкм до $440,87 \pm 33,77$ мкм, во 2-й – с $453,33 \pm 33,42$ мкм до $433,90 \pm 30,77$ мкм. Этот результат свидетельствует о том, что воздействие эксимерным лазером на зону МТР было безопасным и не вызвало критического истончения роговицы по сравнению со стандартным протоколом КР.

Динамика изменения K_{max} после хирургического лечения в группах имела отличия (рисунок 8). В 1-й группе K_{max} снижался ($p \leq 0,05$) на протяжении всего срока наблюдения. Во 2-й группе показатель K_{max} через 1 месяц после лечения достоверно вырос на $1,01 \pm 0,9$ дптр, но далее начал снижаться.

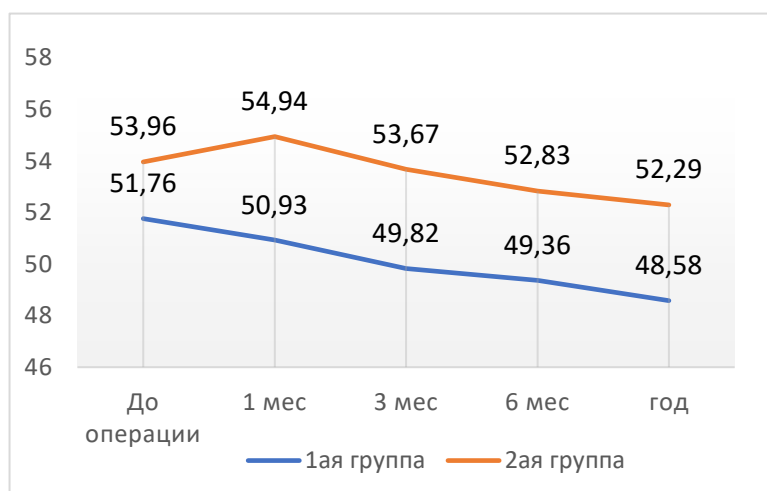


Рисунок 8 – Динамика изменения K_{max}

Разработанный метод продемонстрировал более выраженное положительное влияние на регулярность роговицы, что подтверждается большим снижением K_{max} в 1-й группе (на $3,18 \pm 1,95$ дптр), чем во 2-й (на $1,64 \pm 1,94$ дптр) ($t > 2,0$, $p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Согласно данным ОКТ у пациентов с КК установлены следующие анатомо-функциональные особенности эпителия роговицы ($p < 0,05$): истончение в нижнем секторе ($55,71 \pm 3,55$ мкм), увеличения толщины в верхнем секторе ($62,11 \pm 5,0$ мкм) и максимальное снижение толщины в зоне

«верхушки» КК (точке МТР) ($46,81 \pm 7,16$ мкм). В норме толщины эпителия в верхнем секторе меньше ($57,63 \pm 4,15$ мкм), чем в нижнем ($60,64 \pm 6,68$ мкм). Центральная толщина эпителия только при I стадии КК не имеет отличий от нормы ($p=0,096$). Особенность распределения эпителия при кератоконусе обозначается как паттерн обратного распределения [2–А, 9–А, 11–А].

При прогрессировании заболевания от I к III стадии наблюдается снижение толщины эпителия в центре (с $58,59 \pm 5,16$ мкм до $48,24 \pm 5,27$ мкм), в нижнем секторе (с $56,88 \pm 4,25$ мкм до $53,76 \pm 1,54$ мкм) с наиболее выраженным истончением в области «верхушки» кератоконуса (с $50,07 \pm 5,54$ мкм до $36,47 \pm 6,23$ мкм), а толщина эпителия в верхнем секторе (с $60,88 \pm 4,04$ мкм до $68,38 \pm 3,54$ мкм) и разница между верхним и нижним секторами (с $4,0 \pm 2,54$ мкм до $14,62 \pm 3,58$ мкм) наоборот увеличивается. Эти изменения, выявляемые по данным ОКТ, подтверждает компенсаторную роль эпителиального ремоделирования в ответ на усиления нерегулярности поверхности роговицы по мере прогрессирования заболевания [2–А, 8–А, 11–А, 12–А].

2. ОКТ является высокоинформативным, точным и достоверным методом для исследования роговицы и диагностики КК. Данные пахиметрии ОКТ и ШК не имеют различий при исследовании роговиц без КК (разница $5,11 \pm 4,22$ мкм; $p=0,62$ для ЦТР и $9,0 \pm 5,50$ мкм; $p=0,33$ для МТР). Установлено, что у пациентов с КК различия измерений между приборами являются статистически значимыми ($p=0,02$ для ЦТР, $p<0,001$ для МТР) и составляют для ЦТР $10,67 \pm 11,21$ мкм, для МТР $18,93 \pm 12,09$ мкм [1–А, 3–А, 6–А].

Наличие достоверных различий пахиметрии ОКТ и ШК у пациентов с КК необходимо учитывать при постановке диагноза, динамическом наблюдении и определении тактики лечения. Для оценки прогрессирования заболевания необходимо сравнивать данные, полученные в динамике на приборах, работающих на одном принципе [1–А, 3–А, 6–А].

В результате ROC-анализа установлены пороговые уровни показателей ОКТ, которые являются достоверными диагностическими критериями для диагностики КК: ЦТР ≤ 512 мкм при AUC=0,862 (95% ДИ (0,816–0,900); $p<0,0001$), Se=79,0%, Sp=78,8%; МТР ≤ 483 мкм при AUC=0,922 (95% ДИ (0,884–0,951; $p<0,0001$), Se=75,1%, Sp=90,9%; разность пахиметрии более 18 мкм при AUC=0,936 (95% ДИ (0,901–0,962); $p<0,0001$), Se=88,4%, Sp=89,9%; разность эпителия более 5 мкм при AUC=0,893 (95% ДИ (0,851–0,927); $p<0,0001$), Se=79,56%, Sp=89,86%. Данные критерии указывают на наличие у пациента кератоконуса [4–А, 10–А, 13–А, 17–А].

Внедрение данного диагностического метода в клиническую практику дополняет мультимодальный подход в диагностике КК и способствует своевременному его лечению для сохранения зрительных функций пациентов.

Высокие показатели AUC, чувствительности и специфичности обеспечивают надежное разделение пациентов с КК и здоровых лиц, снижая риск диагностических ошибок перед кераторефракционными операциями [4–А, 10–А, 13–А, 17–А].

3. Разработанный и внедренный в клиническую практику метод КР с персонализированной эксимерлазерной абляцией на основании данных кератотопографии и ОКТ является эффективным и безопасным методом хирургического лечения пациентов с КК I–III стадии. В результате лечения достоверно ($p \leq 0,05$) повысились НКОЗ с 0,3 [0,06; 0,47] до 0,6 [0,30; 0,87], МКОЗ с 0,7 [0,50; 0,87] до 0,9 [0,60; 1,00]; снизился показатель K_{max} ($Z = -3,78$; $p \leq 0,05$) с $51,76 \pm 4,06$ дптр до $48,58 \pm 3,72$ дптр, начиная с 3-го месяца и до конца наблюдения ни в одном случае не возникло потери строк НКОЗ и МКОЗ, а также отсутствовали интра- и послеоперационные осложнения [5–А, 7–А, 14–А, 15–А, 16–А].

Снижение кератометрии, повышение остроты зрения и стабилизация данных пахиметрии (прирост ЦТР после 3-го месяца, МТР после 6-го месяца и увеличение к 1 году на $5,19 \pm 5,02$ мкм ($Z > 3,0$; $p \leq 0,05$) и $3,35 \pm 6,5$ мкм ($Z = -2,83$; $p \leq 0,05$) соответственно) свидетельствуют о стабилизирующем эффекте на прогрессирующий характер заболевания и об отсутствии отрицательного влияния на толщину роговицы [5–А, 15–А].

Результаты применения разработанного метода КР превосходят стандартный протокол лечения по степени улучшения зрительных функций: отсутствует снижение НКОЗ и МКОЗ в раннем послеоперационном периоде, достоверно более высокая МКОЗ через 1 год (0,9 [0,60; 1,00], $U = 333,5$; $Z = -2,38$; $p = 0,01$). Метод эффективнее нормализует форму роговицы (снижение K_{max} на $3,18 \pm 1,95$ дптр, $p < 0,05$) и значительно ускоряет реабилитацию за счет быстрой эпителизации на 3-и [3,0; 4,0] сутки ($U = 300,0$; $Z = -2,83$; $p \leq 0,05$) и меньшей выраженности роговичного синдрома, способствуя скорейшей профессиональной и социальной реабилитации пациентов [5–А, 7–А, 14–А, 15–А, 16–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Картирование эпителиального слоя роговицы при помощи ОКТ должно проводиться пациентам для постановки и верификации диагноза КК, а также для оценки прогрессирования заболевания. Для КК характерна меньшая толщина эпителия в нижнем секторе чем в верхнем. Уменьшение толщины эпителия в нижнем секторе, центре и в точке минимальной пахиметрии и увеличение толщины в верхнем секторе, в динамике наблюдений указывает на прогрессирование патологического процесса [2–А, 4–А, 9–А, 10–А].

2. Пациентам с КК при постановке диагноза, динамическом наблюдении и определении метода хирургического лечения рекомендовано проводить измерение пахиметрии как на ШК, так и на ОКТ при наличии такой технической возможности. Для установления факта прогрессирования заболевания рекомендовано сравнивать данные в динамике, полученные при исследовании на одном и том же типе прибора [1–А, 3–А, 6–А].

3. Для повышения эффективности диагностики КК врачам-офтальмологам учреждений здравоохранения рекомендовано использовать следующие ОКТ критерии: ЦТР ≤ 512 мкм, МТР ≤ 483 мкм; разность между ЦТР и МТР более 18 мкм и разность толщины эпителия в центре и в точке МТР более 5 мкм. Данные критерии дополняют мультимодальный подход, обеспечивают эффективный скрининг КК и способствуют своевременному лечению для сохранения зрительных функций пациентов. Разработанные критерии ОКТ также можно использовать в диагностике перед кераторефракционными операциями с целью профилактики ятрогенных кератэктазий. [4–А, 13–А, 17–А].

4. Разработанный метод КР с персонализированной эксимерлазерной абляцией может быть рекомендован для применения в клинической практике учреждений здравоохранения для лечения пациентов с прогрессирующим КК I–III стадии. Метод имеет доказанную клиническую эффективность, безопасность и предсказуемость, стабилизирующий эффект на прогрессирующий характер заболевания, а также имеет более комфортное для пациента течение раннего послеоперационного периода [5–А, 14–А, 16–А].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1–А. Пахиметрия роговицы у пациентов с кератоконусом / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский, И. Г. Заборовский // *Здравоохранение*. – 2021. – № 7. – С. 55–59.

2–А. Столярова (Кобец), Л. А. Картирование эпителия роговицы в норме и при кератоконусе с применением оптической когерентной томографии / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // *Здравоохранение. Healthcare*. – 2023. – № 7. – С. 63–68.

3–А. Столярова (Кобец), Л. А. Пахиметрия как диагностический критерий кератоконуса в клинической практике / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // *Передовая офтальмология*. – 2024. – Т. 6, № 6. – С. 25–29.

4–А. Столярова (Кобец), Л. А. Оптическая когерентная томография в диагностике кератоконуса / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // *Здравоохранение. Healthcare*. – 2024. – № 9. – С. 10–18.

5–А. Кросслинкинг роговицы с персонализированной эксимерлазерной фотоабляцией / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский, И. Г. Заборовский // *Здравоохранение. Healthcare*. – 2025. – № 1. – С. 4–14.

Материалы конференций и тезисы докладов

6–А. Сравнение данных пахиметрии, полученных методом ОКТ и шемпфлюг-кератотопографии, в норме и у пациентов с кератоконусом / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский, И. Г. Заборовский, В. В. Савич // *Актуальные вопросы офтальмологии в условиях COVID-19 : сб. материалов XIII Респ. конф. с междунар. участием, Минск, 11–12 дек. 2020 г. / Белорус. мед. акад. последиплом. образования ; под общ. ред. Т. А. Имшенецкой*. – Минск, 2020. – С. 23–24.

7–А. Customized laser stroma ablation combined with corneal cross-linking in patients with keratoconus / D. Abelski, E. Toropilova, I. Zabarouski, A. Haddad, L. Stolyarova (Kobets) // *38-th Congress of the ESCRS: Online. Life. Interactive, 2–4 Oct. 2020*. – URL: <https://legacy.es CRS.org/amsterdam2020/programme/free-papers-details.asp?id=36757> (date of access: 14.09.2024).

8–А. Эпителиальный слой роговицы в норме и при кератоконусе / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский, И. Г. Заборовский // *Актуальные вопросы офтальмологии : сб. материалов XIV Респ. конф. с междунар. участием, Минск, 10–11 дек. 2021 г. / Белорус. мед. акад. последиплом. образования ; редкол.: О. Н. Дудич [и др.]*. – Минск, 2021. – С. 18–19.

9–А. Кератоконус у детей / Д. Е. Абельский, И. Г. Заборовский, Л. А. Столярова (Кобец), С. В. Кукина, Е. В. Торопилова, О. М. Долгошей, О. И. Рябенко // Актуальные вопросы офтальмологии : сб. материалов XIV Респ. конф. с междунар. участием, Минск, 10–11 дек. 2021 г. / Белорус. мед. акад. последиплом. образования ; редкол.: О. Н. Дудич [и др.]. – Минск, 2021. – С. 122–123.

10–А. Столярова (Кобец), Л. А. Толщина эпителия роговицы как диагностический критерий кератоконуса / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // Актуальные вопросы офтальмологии : сб. материалов XV Респ. конф. с междунар. участием, Минск, 9–10 дек. 2022 г. / Белорус. мед. акад. последиплом. образования ; редкол.: О. Н. Дудич [и др.]. – Минск, 2022. – С. 97–98.

11–А. Столярова (Кобец), Л. А. Эпителиальное картирование роговицы в норме и при кератоконусе / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // Актуальные вопросы офтальмологии : сб. материалов XV Респ. конф. с междунар. участием, Минск, 9–10 дек. 2022 г. / Белорус. мед. акад. последиплом. образования ; редкол.: О. Н. Дудич [и др.]. – Минск, 2022. – С. 130–131.

12–А. Столярова (Кобец), Л. А. Показатели толщины эпителия роговицы у детей, взрослых и у пациентов с кератоконусом / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // Актуальные проблемы детской офтальмологии: сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию орг. курса офтальмологии, Гомель, 18–19 мая 2023 г. / Гом. гос. мед. ун-т ; редкол. : И. О. Стома [и др.]. – Гомель, 2023. – С. 112–114.

13–А. Столярова (Кобец), Л. А. Новый критерий диагностики кератоконуса – толщина эпителия / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // Современные медицинские технологии в оказании медицинской помощи в условиях многопрофильного стационара : материалы Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 195-летию учреждения здравоохранения «3-я городская клиническая больница имени Е. В. Клумова», Минск, 12 окт. 2023 г. / 3-я гор. клин. больница им. Е. В. Клумова ; редкол.: Н. И. Саевич [и др.]. – Минск, 2023. – С. 231–232.

14–А. Столярова (Кобец), Л. А. Кросслинкинг роговицы с персонализированной эксимерлазерной фотоабляцией в лечении прогрессирующего кератоконуса / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский // Инновационные технологии в офтальмологии – 2025 : сб. тез., Ташкент, 16 мая 2025 г. – [Ташкент, 2025]. – С. 25–27.

15–А. Эффективность и безопасность кросслинкинга роговицы при лечении прогрессирующего кератоконуса / Л. А. Столярова (Кобец), Т. А. Имшенецкая, Д. Е. Абельский, И. Г. Заборовский // Инновационные

технологии и мультидисциплинарный подход – современные тенденции в оказании многопрофильной специализированной медицинской помощи : материалы науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию УЗ «10-я городская клиническая больница», Минск, 22 мая 2025 г. / под ред. В. П. Исачкина ; редсовет: Г. Г. Кондратенко [и др.]. – Минск, 2025. – С. 98–99.

Инструкции по применению

16–А. Хирургическое лечение кератоконуса с помощью кросслинкинга роговичного коллагена с персонализированной эксимерлазерной деэпителизацией : инструкция по применению № 072-0723 : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 29.09.2023 / Имшенецкая Т. А. , Столярова (Кобец) Л. А., Абельский Д. Е. – Минск, 2023. – 6 с.

17–А. Метод диагностики кератоконуса с помощью оптической когерентной томографии : инструкция по применению № 042-0624 : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 24.06.2024 / Столярова (Кобец) Л. А., Имшенецкая Т. А., Абельский Д. Е. – Минск, 2024. – 4 с.

РЭЗІЮМЭ

Кобец Любоў Аляксандраўна Аптычная кагерэнтная тамаграфія і персаналізаваны крослінкінг рагавіцы пры кератаконусе

Ключавыя словы: кератаконус, рагавіца, аптычная кагерэнтная тамаграфія (АКТ), крослінкінг рагавіцы, пахіметрыя, эпітэліяльнае карціраванне, рэмадэліраванне эпітэлія, эксімерлазерная фотаабляцья

Мэта даследавання: павысіць эфектыўнасць дыягностыкі і лячэння пацыентаў з кератаконусам на аснове анатама-функцыянальных асаблівасцей рагавіцы па даным АКТ.

Метады даследавання: клінічны, аналітычны, інструментальны, метады статыстычнага аналізу.

Атрыманья вынікі і іх навізна. Упершыню ў Рэспубліцы Беларусь вывучаны асаблівасці эпітэліяльнага слоя рагавіцы пры дапамозе АКТ у пацыентаў з кератаконусам, з анамаліямі рэфракцыі і ў добраахвотнікаў без афтальмалагічнай паталогіі.

Вызначана, што пры даследаванні пахіметрыі ў пацыентаў з кератаконусам існуюць дакладныя адрозненні ў вымярэннях на Шаймпфлюг-камеры і АКТ, што неабходна ўлічваць пры пастаноўцы дыягназу, дынамічным назіранні і вызначэнні тактыкі лячэння.

Устаноўлены найбольш дакладныя АКТ-крытэрыі для дыягностыкі кератаконуса, распрацаваны метады дыягностыкі кератаконуса з дапамогай АКТ.

Распрацаваны і ўкаранёны мадыфікаваны метады крослінкінга рагавіцы з персаналізаванай эксімерлазернай абляцыйй на падставе даных кератапаграфіі і АКТ-даследавання рагавіцы.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: распрацаваныя метады дыягностыкі кератаконуса і метады хірургічнага лячэння кератаконуса рэкамендуюцца да ўжывання ў афтальмалагічных аддзяленнях устаноў аховы здароўя, атрыманья даных могуць быць выкарыстаны ў навучальным працэсе ва ўстановах адукацыі.

Галіна прымянення: афтальмалогія.

РЕЗЮМЕ

Кобец Любовь Александровна **Оптическая когерентная томография и персонализированный** **кросслинкинг роговицы при кератоконусе**

Ключевые слова: кератоконус, роговица, оптическая когерентная томография (ОКТ), кросслинкинг роговицы, пахиметрия, эпителиальное картирование, ремоделирование эпителия, эксимерлазерная абляция

Цель исследования: повысить эффективность диагностики и лечения пациентов с кератоконусом на основе анатомо-функциональных особенностей роговицы по данным ОКТ.

Методы исследования: клинический, аналитический, инструментальный, методы статистического анализа.

Полученные результаты и их новизна. Впервые в Республике Беларусь изучены особенности эпителиального слоя роговицы при помощи ОКТ у пациентов с кератоконусом, аномалиями рефракции и у добровольцев без офтальмологической патологии.

Установлено, что при исследовании пахиметрии у пациентов с кератоконусом имеются достоверные различия в измерениях на Шаймпфлюг-камере и ОКТ, что необходимо учитывать при постановке диагноза, динамическом наблюдении и определении тактики лечения.

Установлены точные и достоверные ОКТ-критерии для диагностики кератоконуса, разработан метод диагностики кератоконуса с помощью ОКТ.

Разработан и внедрен модифицированный метод кросслинкинга роговицы с персонализированной эксимерлазерной абляцией на основании данных кератотопографии и ОКТ-исследования роговицы.

Рекомендации по использованию: разработанные метод диагностики кератоконуса и метод хирургического лечения кератоконуса рекомендуются к применению в офтальмологических отделениях учреждений здравоохранения, полученные данные могут быть использованы в образовательном процессе в учреждениях образования.

Область применения: офтальмология.

SUMMARY

Kobets Liuboy Aleksandrovna **Optical coherence tomography and personalized corneal crosslinking** **in keratoconus**

Key words: keratoconus, cornea, optical coherence tomography (OKT), corneal crosslinking, pachymetry, epithelial mapping, epithelial remodeling, excimer laser ablation

The purpose of the study: to improve the efficiency of diagnostics and treatment of patients with keratoconus, based on the anatomical and functional features of the cornea using optical coherence tomography data.

Research methods: clinical, analytical, instrumental, methods of statistical analysis.

The results and their novelty. For the first time in the Republic of Belarus, the features of the corneal epithelial layer were studied using OCT in patients with keratoconus, with refractive errors and volunteers without ophthalmological pathology.

It has been established that when studying pachymetry in patients with keratoconus, there are reliable differences in measurements on the Scheimpflug camera and OCT, which must be taken into account when making a diagnosis, dynamic observation and determining treatment tactics.

The most reliable OCT criteria for diagnosing keratoconus have been established, a method for diagnosing keratoconus using OCT has been developed.

A modified method for corneal crosslinking with personalized excimer laser ablation based on keratotopography and OCT examination of the cornea has been developed and implemented

Recommendations for use: the developed method for diagnosing keratoconus and the method of surgical treatment of keratoconus are recommended for use in ophthalmology departments, the data obtained can be used in the educational process of institutions of higher medical and postgraduate medical education.

Field of application: ophthalmology.

Подписано в печать 14.05.26. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Марафон Бизнес».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,43. Тираж 60 экз. Заказ 235.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 24.11.2023.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.