

ПАХИМЕТРИЯ КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ КЕРАТОКОНУСА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Столярова Л. А.¹, Имшенецкая Т. А.², Абельский Д. Е.³

1. Врач-офтальмолог офтальмологического консультативно-диагностического отделения, учреждения здравоохранения «10-я городская клиническая больница», ассистент кафедры офтальмологии Института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» г. Минск. lubastoliarova@gmail.com, +375293481743, <https://orcid.org/0009-0008-5645-2213>
2. Доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой офтальмологии Института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» г. Минск. t.imshanetskaya@mail.ru, +375296462010, <https://orcid.org/0000-0002-9353-8664>
3. Кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры офтальмологии Института повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», врач-офтальмолог ООО «МедВайз» – Центр Микрхирургии глаза «VOKA» г. Минск. abelskid@yandex.by, +375296440899, <https://orcid.org/0009-0002-4936-5628>

Аннотация. Актуальность. Пахиметрия роговицы является одним из основных критериев диагностики кератоконуса. Использование наиболее точного и достоверного метода измерения позволяет провести верную диагностику и назначить своевременное лечение. **Цель исследования.** Сравнить данные пахиметрии оптического когерентного томографа (ОКТ) и Шеймпфлюг-кератотопографии (ШК) и установить их достоверность, чувствительность и специфичность для диагностики кератоконуса. **Материалы и методы.** Исследование включало 212 глаза (126 человек), которые были разделены на две группы: основная группа- пациенты с подтверждённым диагнозом кератоконус 1–3ст. (по Амслеру), и контрольная группа офтальмологически здоровые добровольцы. Всем выполнялось стандартное офтальмологическое обследование, а также пахиметрия на ШК (TOMEY TMS-5) и на спектральном ОКТ (SOCT Sopernicus REVO 80). **Результаты.** В основной группе получена статистически значимая разница между методами измерения и по показателю центральной толщины роговицы (ЦТР) ($p=0,02$) и по минимальной толщине роговицы (МТР) ($p<0,001$). В контрольной группе не выявлено достоверных различий между двумя методами (ЦТР $p=0,63$, МТР $p=0,34$). ROC-анализ для ШК площадь под кривой (AUC) для ЦТР ≤ 516 составляла 0,896, Se=72,73, Sp=94,44. Для МТР ≤ 508 AUC был 0,933, Se=81,82, Sp=94,40. Для ОКТ соответственно ЦТР ≤ 515 AUC был 0,890, и Se=78,98, Sp=83,33. Для МТР ≤ 497 , AUC был 0,931, Se=84,66, Sp=86,11. **Заключение.** Наличие достоверных различий в измерениях пахиметрии на ШК и ОКТ у пациентов с кератоконусом необходимо учитывать при постановке диагноза, динамическом наблюдении и определении тактики лечения. Мониторинг заболевания рекомендовано проводить по данным приборов работающих на одном принципе. Данные пахиметрия ШК и спектральной ОКТ являются высокоточными диагностическими критериями кератоконуса с высокой чувствительность и специфичность.

Ключевые слова: кератоконус, пахиметрия, роговица, оптическая когерентная томография, Шеймпфлюг-кератотопографии.

Для цитирования:

Столярова Л. А., Имшенецкая Т. А., Абельский Д. Е. Пахиметрия как диагностический критерий кератоконуса в клинической практике. Передовая Офтальмология. 2023;6(6):25-29

PACHYMETRY AS A DIAGNOSTIC CRITERION FOR KERATOCONUS IN CLINICAL PRACTICE

Stolyarova L.¹, Imshanetskaya T.², Abelski D.³

1. Ophthalmologist, Department of Diagnostic Ophthalmology and Consultation, 10th City clinical hospital, Assistant, Department of Ophthalmology Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Educational Institution «Belarusian State Medical University» city Minsk. lubastoliarova@gmail.com, +375293481743, <https://orcid.org/0009-0008-5645-2213>
2. Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Ophthalmology Department of Ophthalmology Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Educational Institution «Belarusian State Medical University» city Minsk. t.imshanetskaya@mail.ru, +375296462010, <https://orcid.org/0000-0002-9353-8664>
3. Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ophthalmology Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Educational Institution «Belarusian State Medical University» city Minsk., Ophthalmologist Eye microsurgery centre “VOKA” abelskid@yandex.by, +375296440899, <https://orcid.org/0009-0002-4936-5628>

Annotation. Relevance. Corneal pachymetry is one of the main criteria for diagnosing keratoconus. Using the most accurate and reliable measurement method allows for correct diagnosis and timely treatment. **Purpose of the study.** To compare optical coherence tomography (OCT) pachymetry and Scheimpflug keratotopography (SK) pachymetry data and establish their reliability, sensitivity and specificity for the diagnosis of keratoconus. **Materials and methods.** The study included 212 eyes (126 people), which were divided into two groups: the main group – patients with a confirmed diagnosis of grade 1–3 keratoconus. (according to Amsler.), and a control group of ophthalmologically healthy volunteers. All patients underwent a standard ophthalmological examination, as well as pachymetry using (SK) (TOMEY TMS-5) and spectral OCT (SOCT Copernicus REVO 80). **Results.** In the main group, a statistically significant difference was obtained between measurement methods in terms of central corneal thickness (CCT) ($p=0.02$) and minimum corneal thickness (MCT) ($p<0.001$). In the control group, no significant differences were found between the two methods (CCT $p = 0.63$, MTP $p = 0.34$). ROC analysis for SK area under the curve (AUC) for CCT ≤ 516 was 0.896, Se=72.73, Sp=94.44. For MCT ≤ 508 , the AUC was 0.933, Se=81.82, Sp=94.40. For OCT, respectively, CCT ≤ 515 AUC was 0.890, and Se=78.98, Sp=83.33. For MCT ≤ 497 , AUC was 0.931, Se=84.66, Sp=86.11. **Conclusion.** The presence of significant differences in pachymetry measurements on SK and OCT in patients with keratoconus must be taken into account when making a diagnosis, dynamic monitoring and determining treatment tactics. It is recommended to monitor the disease using data from devices operating on the same principle. Data from SK pachymetry and spectral OCT are highly accurate diagnostic criteria for keratoconus with high sensitivity and specificity.

Key words: keratoconus, pachymetry, cornea, Scheimpflug keratotopography, optical coherence tomography.

For citation:

Stolyarova L., Imshanetskaya T., Abelski D. Pachymetry as a diagnostic criterion for keratoconus in clinical practice. Advanced Ophthalmology. 2023;6(6):25-29

Актуальность. Увеличение частоты встречаемости кератоконуса с 1:4000–1:2000 по данным Y. S. Rabinowitz (1998 г.), до 1:600–1:400 по данным 2012–2013 год в исследованиях Jouaux J. C., Goebels S. с соавторами, в основном связывают с улучшением качества диагностики кератоконуса на доклинических (ранних) стадиях. Согласно результатам последнего глобального консенсуса по кератоконусу и эктатическим заболеваниям (Global consensus on keratoconus and ectatic diseases. 2015 г.) к обязательными критериям для диагностики кератоконуса относят: наличие патологической задней эктазии, аномальное распределение толщины роговицы и невоспалительный характер изменений роговицы. Наиболее доступном для клинической практики диагностическим критерием кератоконуса является толщины роговицы или пахиметрия.

В последние годы отмечается конкуренция двух основных приборов для измерения пахиметрии это Шаймпфлюг-камера и оптическая когерентная томография переднего сегмента глаза. Также, как и Шаймпфлюг-камера, современная оптическая когерентная томография позволяет произвести качественную и количественную оценку переднего сегмента глаза, анализировать топографию и пахиметрию всей передней и задней поверхностей роговицы.

Измерения толщины роговицы помогают диагностировать субклинический кератоконус [1], выявлять истончение роговицы, вызванное контактными линзами [2], контролировать различные заболевания роговицы [3,4], а также играет определяющее значение в рефракционной хирургии, доказано, что предоперационная оценка пахиметрии эффективна для профилактики возникновения вторичной эктазии роговицы в отдалённом послеоперационном периоде [5].

Несмотря на то, что пахиметрия является

рутинной процедурой офтальмологической практики, и её проведение не требует специальной подготовки со стороны врача, интерпретация результатов данного исследования может быть затруднительна. Во многом это связано с широким диапазоном значений пахиметрии относящимися к норме: по данным литературы, в 95% случаев толщина центральной зоны здоровой роговицы колеблется от 477 до 611 мкм, в зоне лимба может достигать 700–900 мкм [6], при том, что среднее значение центральной толщины роговицы в различных популяциях составляет от 520 мкм до 579 мкм [7].

В оценке результатов пахиметрии необходимо учитывать, что толщина роговицы зависит от многих факторов [8], в первую очередь врожденных: наследственности [9], расовой принадлежности [7,10,11], пола [10], рефракции [12]. Динамически влияют на показатели толщины роговицы возрастные изменения [13,14], степень гидратации роговицы в течение суток [15], ношения контактных линз [15,16], заболевания роговицы и общие заболевания организма (сахарный диабет) [7], состояние после рефракционных вмешательств [12].

Так же не стоит забывать, что непосредственно методика измерения: ультразвуковая или оптическая, будет влиять на полученный результат. По данным литературы, различия измерений пахиметрии при ультразвуковом и оптическом методах измерения колеблются от 5 до 50 мкм [3]. В своём исследовании мы сравнивали данные пахиметрии полученные на приборах, работающих на оптическом принципе измерения.

Цель исследования. Сравнить данные пахиметрии оптического когерентного томографа (ОКТ) и Шеймпфлюг-кератотопографии (ШК) и установить их достоверность, чувствительность и специфичность для диагностики кератоконуса.

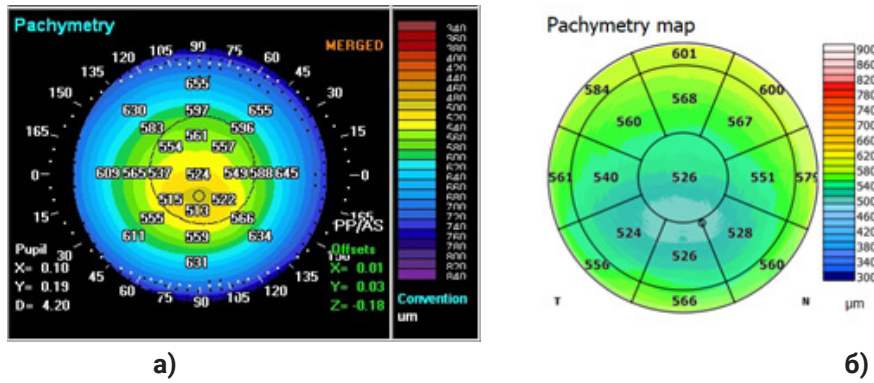


Рис 1. Пахиметрические карты роговицы на приборе а) TOMEY TMS-5, и б) SOCT Copernicus REVO 80 OPTOPOL

Таблица 1
Значения пахиметрии роговицы в исследуемых группах.

| Группа | Область исследования | Среднее значение и стандартное отклонение для ШК, мкм | Среднее значение и стандартное отклонение для ОКТ, мкм | t | p |
|--------------------|----------------------|---|--|------|--------|
| Основная группа | ЦТР | 494,08±33,88 | 485,77±36,14 | 2,35 | 0,02 |
| | МТР | 474,66±37,55 | 456,62±39,83 | 4,25 | <0,001 |
| Контрольная группа | ЦТР | 552,61±30,88 | 546,56±32,58 | 0,45 | 0,63 |
| | МТР | 545,39±30,55 | 533,83±33,90 | 0,98 | 0,34 |

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе УЗ «10-я ГКБ» г. Минска в отделении лазерной микрохирургии. В исследование было включено 212 глаза (126 человек), которые были разделены на две группы: основная группа 176 глаз 107 пациента – пациенты с подтвержденным диагнозом кератоконус 1–3ст. (по Амслеру), и контрольная группа офтальмологически здоровые добровольцы 36 глаз 19 человек. Критериями исключения для обеих групп было наличие любых изменений роговицы, не связанных с кератоконусом, а также инфекционные, воспалительные или аллергические заболевания переднего отрезка глаза, хирургические вмешательства на глазном яблоке или придаточном аппарате глаза в анамнезе, а также любые другие заболевания или травмы роговицы. Всем исследуемым выполнялось стандартное офтальмологическое обследование, в дополнение к которому проводилась пахиметрия роговицы на Шеймпфлюгкератотопографе TOMEY TMS-5, (TOMEY, Япония) и оптическая когерентная томография роговицы на спектральном ОКТ SOCT Copernicus REVO 80 OPTOPOL Technology Sp. o. o. Poland 2019. Сравнивались данные центральной толщины роговицы (ЦТР) и минимальной толщины роговицы (МТР), у здоровых добровольцев и у пациентов с кератоконусом, полученные на двух приборах, а также их достоверность, чувствительность и специфичность. Использовался стандартный протокол исследования роговицы на ШК в режиме автоматической съемки. ОКТ роговицы проводилась по протоколу Anterior Radial Wide с дополнительной

насадкой-линзой L-CAM, область сканирования 6 мм x 6 мм, (8 меридиональных В- сканов из 2560 А- сканов). Осевое разрешение для TOMEY TMS-5 составляло 1 мкм и 5 мкм для SOCT Copernicus REVO 80.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью прикладного пакета программ Microsoft Excel 2013 и «Statistica 10» и MedCalc 20.1.4». (StatSoft Inc., США). Для определения зависимости показателей использовался критерий Манна-Уитни. Данные представлены как среднее значение ± стандартное отклонение (SD) с 95% доверительным интервалом. Для оценки чувствительности (Se) и специфичности (Sp) использовался ROC-анализ с доверительным интервалом (ДИ)= 95%.

Результаты исследования. Основная группа 176 глаз 107 пациента (30 женщин и 77 мужчин) средний возраст 28,96±7,37лет, острота зрения без коррекции (ОЗ) 0,38±0,34; максимально корригированная острота зрения (МКОЗ) 0,71±0,28; контрольная группа 36 глаз 19 человек (7 женщины и 12 мужчин) возрасте 30,02±4,49, ОЗ=0,98±0,04, МКОЗ=0,99±0,01. Группы не отличались по возрасту (p=0,079) и полу (p=0,89). Используя критерий Манна-Уитни, было установлено, что исследуемые показатели не зависят от пола, а также нет статистически значимой разницы между значениями пахиметрии правого и левого глаз (U, p>0,05).

На рис. 1 представлены стандартные вид пахиметрических карт двух приборов.

Значения ЦТР и МТР для двух приборов в основной и контрольных группах представлены

Таблица 2
Данные ROC- анализа

| | ЦТР ШК | ЦТР ОКТ | МТР ШК | МТР ОКТ |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Критерий | ≤516 мкм | ≤515 мкм | ≤508 | ≤497мкм |
| Se | 72,73 | 78,98 | 81,82 | 84,66 |
| Sp | 94,44 | 83,33 | 94,40 | 86,11 |
| AUC | 0,896 | 0,890 | 0,933 | 0,931 |
| AUC 95% CI | 0,846-0,933 | 0,840-0,929 | 0,891-0,963 | 0,888-0,961 |

в таблице 1.

Средняя разница значений ЦТР между приборами в основной группе была $10,67 \pm 11,21$ мкм, в контрольной группе $5,11 \pm 4,22$ мкм. Для МТР в основной группе $18,93 \pm 12,09$ мкм, в контрольной $9,0 \pm 5,50$ мкм. Стандартные отклонения были сопоставимы и близкими по значению для двух приборов, точность обоих способов пахиметрии сравнима и достаточно высока.

Результаты ROC-анализа показателей пахиметрии представлены в таблице 2.

Обсуждение. В ходе исследования установлено, что имеются статистически достоверные различия в измерениях пахиметрии роговицы, полученных на Шеймпфлюг-кератотопографе и спектральном ОКТ в группе пациентов с кератоконусом как для ЦТР ($p=0,02$), так и для МТР ($p<0,001$). В контрольной группе данные пахиметрии не имели статистически значимой разницы между приборами ($p=0,62$ для ЦТР и $p=0,33$ для МТР), что согласуется с данными Чуракова Т. К. и др. [17], которые в ходе метаанализа публикаций, посвящённых сравнению результатов пахиметрии выполненной на разных приборах, установили, что в большинстве исследований так же не было получено статистически достоверных различий для роговиц у здоровых добровольцев. Достоверная разница между ОКТ и ШК в основной группе аналогична результатам полученным при сравнении роговиц с кератоконусом до и после роговичного кросслинкинга у Ahmed Mohamed Reda и соавт. [18], в статьях посвящённых сравнению роговиц после лазерного кератомилёза [17,19,20,21], после фоторефрактивной кератэктомии. [19]. Мы, как и большинством авторов, связываем это с различиями в принципах работы данных оптических пахиметров.

Так, в ШК Tomey TMS-5 для получения изображения поперечного сечения роговицы используется принцип фоторегистрации Шаймпфлюг, позволяющий получать резкое изображение всего объекта, находящегося под углом к объективу. Сравнение чёткости изображения, полученных при вращении оптических срезов при минимальном угловом смещении, позволяет рассчитать локализацию объекта, его оптическую плотность и кривизну оптической поверхности. С помощью компьютерного анализа на основании полученных данных строится трехмерная модель переднего сегмента глаза. Трехмерное изображение,

основанное на анализе 20480 истинных точек, полученных при анализе 32 изображений оптического среза. Продолжительность исследования 0,5 секунд. Сканирование осуществляется источником света с длиной волны 505 нм.

В свою очередь в основе работы спектрального ОКТ Cornepicus REVO 80 лежит низкокогерентная интерферометрия, обеспечивающая получение изображения поперечного сечения ткани с высоким разрешением. Суть метода заключается в измерении времени задержки светового луча, отраженного от исследуемой ткани. Источником света является широкополосный суперлюминесцентный диод с длиной волны 830 нм, позволяющий получить низкокогерентный луч, содержащий несколько длин волн. Благодаря принципу своей работы SOCT Cornepicus Optopol позволяют выполнять 61440 линейных сканов за 0,8 секунды, в это время глазное яблоко не успевает совершить значимых движений, а значит, результат максимально соответствует истинной структуре изучаемого объекта.

Несмотря на то, что прямое сравнение ОКТ и ШК невозможно, мы полагаем, что ОКТ лучше отображают роговицы с изменённым профилем, чем ШК, главным образом ввиду возможности анализа большего количества линейных сканов за короткий промежуток времени и большей длины волны источника света. Анализ 61140 линейных сканов роговицы при ОКТ безусловно является более точным, чем 32 оптических среза при шаймпфлюг сканировании, а большая длина волны обеспечивает лучшее проникновение света и меньшее его рассеивание.

Оба прибора показали высокую достоверность в определении роговицы поражённо кератоконусом. Для ЦТР пограничные значения обоих приборов практически не отличались 516 мкм. для ШК и 515 мкм. для ОКТ, с высокой чувствительностью и специфичностью. По показателю МТР необходимо отметить наивысшую степень достоверности более 0,9 AUC в обоих случаях. Установленные значения для МТР в 508 мкм. по данным ШК и в 497 мкм. по данным ОКТ, обладают высокой чувствительностью и специфичностью, и данные показатели можно рекомендовать для диагностики кератоконуса в клинической практике врача-офтальмолог.

Заключение. Наличие достоверных различий

в измерениях пахиметрии на ШК и ОКТ у пациентов с кератоконусом необходимо учитывать при постановке диагноза, динамическом наблюдении и определении тактики лечения. Мониторинг заболевания рекомендовано проводить по данным приборов, работающих на одном принципе. Данные

пахиметрия Шеймпфлюг-кератотопограф TOMEY TMS-5 и спектральной ОКТ SOCT Copernicus REVO являются высокодостоверными для диагностически кератоконуса, полученные показатели обладают высокой чувствительностью и специфичностью.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Cui J, Zhang X, Hu Q, Zhou WY, Yang F. Evaluation of Corneal Thickness and Volume Parameters of Subclinical Keratoconus Using a Pentacam Scheimpflug System. *Curr Eye Res.* 2016;41(7): 923–6. doi: 10.3109/02713683.2015.1082188.
- Pflugfelder SC, Liu Z, Feuer W, Verm A. Corneal thickness indices discriminate between keratoconus and contact lens-induced corneal thinning. *Ophthalmology.* 2002;109(12): 2336–41. doi: 10.1016/s0161-6420(02)01276-9.
- Shousha MA, Perez VL, Wang J, Ide T, Jiao S, Chen Q, Chang V, Buchser N, Dubovy SR, Feuer W, Yoo SH. Use of ultra-high-resolution optical coherence tomography to detect in vivo characteristics of Descemet's membrane in Fuchs' dystrophy. *Ophthalmology.* 2010;117(6): 1220–7. doi: 10.1016/j.ophtha.2009.10.027.
- Hillenaar T, van Cleynenbreugel H, Verjans GM, Wubbels RJ, Remeijer L. Monitoring the inflammatory process in herpetic stromal keratitis: the role of in vivo confocal microscopy. *Ophthalmology.* 2012;119(6): 1102–10. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.12.002.
- Alió JL, Soria F, Abbouda A, Peña-García P. Laser in situ keratomileusis for -6.00 to -18.00 diopters of myopia and up to -5.00 diopters of astigmatism: 15-year follow-up. *J Cataract Refract Surg.* 2015;41(1): 33–40. doi: 10.1016/j.jcrs.2014.08.029.
- Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol.* 2000;44(5): 367–408. doi: 10.1016/s0039-6257(00)00110-7.
- Nemesure B, Wu SY, Hennis A, Leske MC; Barbados Eye Study Group. Corneal thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies. *Arch Ophthalmol.* 2003;121(2): 240–4. doi: 10.1001/archophth.121.2.240.
- Астахов Ю. С., Потемкин В. В. Толщина и биомеханические свойства роговицы: как их измерить и какие факторы на них влияют. *Офтальмологические ведомости.* 2008;1(4): 36–43. [Astakhov YuS, Potemkin VV. Tolshchina i biomekhanicheskie svoystva rogovitsy: kak ikh izmerit' i kakie faktory na nikh vliyayut. *Oftal'mologicheskie vedomosti.* 2008;1(4): 36–43. (in Russ.)]
- Toh T, Liew SH, MacKinnon JR, Hewitt AW, Poulsen JL, Spector TD, Gilbert CE, Craig JE, Hammond CJ, Mackey DA. Central corneal thickness is highly heritable: the twin eye studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46(10): 3718–22. doi: 10.1167/iovs.04-1497.
- Brandt JD, Beiser JA, Kass MA, Gordon MO. Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS). *Ophthalmology.* 2001;108(10): 1779–88. doi: 10.1016/s0161-6420(01)00760-6.
- Hahn S, Azen S, Ying-Lai M, Varma R; Los Angeles Latino Eye Study Group. Central corneal thickness in Latinos. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003;44(4): 1508–12. doi: 10.1167/iovs.02-0641.
- Cho P, Lam C. Factors affecting the central corneal thickness of Hong Kong-Chinese. *Curr Eye Res.* 1999;18(5): 368–74. doi: 10.1076/ceyr.18.5.368.5347.
- Siu A, Herse P. The effect of age on human corneal thickness. Statistical implications of power analysis. *Acta Ophthalmol (Copenh).* 1993;71(1): 51–6. doi: 10.1111/j.1755-3768.1993.tb04959.x.
- Faragher RG, Mulholland B, Tuft SJ, Sandeman S, Khaw PT. Aging and the cornea. *Br J Ophthalmol.* 1997;81(10): 814–7. doi: 10.1136/bjo.81.10.814.
- Mertz GW. Overnight swelling of the living human cornea. *J Am Optom Assoc.* 1980;51(3): 211–4.
- Brennan NA. Beyond flux: total corneal oxygen consumption as an index of corneal oxygenation during contact lens wear. *Optom Vis Sci.* 2005;82(6): 467–72. doi: 10.1097/01.opx.0000168560.10861.ae.
- Чураков Т. К. Оценка морфофункциональных изменений роговицы после эксимерлазерной коррекции миопии по методике LASIK: дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург; 2016. [Churakov TK. Otsenka morfofunktsional'nykh izmenenii rogovitsy posle eksimerlazernoi korreksii miopii po metodike LASIK. Sankt-Peterburg; 2016. [Dissertation] (in Russ.)]
- Iqbal M, Elmassry A, Tawfik A, Abou Samra W, Elgharieb M, Elzembely H, Soliman A, Saad H, El Saman I, Saeed A, Farouk M, Tawfik T, Abou Ali A, Fawzy O. Analysis of the Outcomes of Combined Cross-Linking with Intracorneal Ring Segment Implantation for the Treatment of Pediatric Keratoconus. *Curr Eye Res.* 2019;44(2): 125–34. doi: 10.1080/02713683.2018.1540706.
- Chan TC, Liu D, Yu M, Jhanji V. Longitudinal evaluation of posterior corneal elevation after laser refractive surgery using swept-source optical coherence tomography. *Ophthalmology.* 2015;122(4): 687–92. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.10.011.
- Nikulin S, Balashevich L, Kachanov A, Golovatenko S. Measurements of the corneal pachymetry and other ophthalmic characteristics in patients undergoing LASIK during a long period of time. XXIII Congress of the ESCRS. 2005 Sep 10–14; Lisbon, Portugal. Lisbon; 2005: 79.
- Huang J, Pesudovs K, Yu A, Wright T, Wen D, Li M, Yu Y, Wang Q. A comprehensive comparison of central corneal thickness measurement. *Optom Vis Sci.* 2011;88(8): 940–9. doi: 10.1097/OPX.0b013e31821ffe2c.

Согласие пациента.

Согласие пациента не требуется.

Заявления.

А. Заявление о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Б. Заявление о финансировании/поддержке.

Это исследование не получило какого-либо конкретного гранта от финансирующих агентств в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.

Авторский вклад.

Стоярова Л. А.: — написание текста, сбор информации и материалов, статистическая обработка и анализ данных, концепция и дизайн исследования.

Имшенецкая Т. А.: — редактирование текста.

Абельский Д. Е.: — концепция и дизайн исследования, редактирование текста.