

УДК 617.713

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ РОГОВИЦЫ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ ПОСЛЕ LASIK

© Т.К. Чураков, С.А. Никулин, А.Б. Качанов,
О.А. Ефимов, В.В. Науменко, Н.С. Клинова

Ключевые слова: пахиметрия; толщина роговицы; LASIK; Pentacam; Visante; Ocuscan; Park1; EM-3000; Scheimpflug system; OCT.

Цель. Сравнить данные измерения центральной толщины роговицы после LASIK, полученные с помощью пяти разных приборов, изучить точность результатов.

Материал и методы. Толщину роговицы в центре после LASIK измеряли 15 пациентам (30 глаз) и 1 волонтеру. Сравнивали результаты пахиметрии, полученные с помощью оптического когерентного томографа для переднего сегмента глаза «Visante» («Carl Zeiss», Germany), Шаймпфлюг-камеры «Pentacam» («Oculus», USA), ультразвукового кератопахиметра «Ocuscan» («Alcon», USA), авторефрактометра с функцией измерения толщины роговицы «Park 1» («Oculus», USA), и зеркального эндотелиального микроскопа «EM-3000» («Tomey», Japan). Для статистической обработки данных использовали парный критерий Стьюдента и метод Бланда-Альтмана.

Результаты. Центральная толщина роговицы после LASIK по данным «EM-3000» составила $500,8 \pm 32,2$ мкм; «Pentacam» – $516,2 \pm 32,6$ мкм; «Ocuscan» – $507,6 \pm 36,3$ мкм, «Visante» – $499,1 \pm 28,7$ мкм; «Park1» – $515,0 \pm 33,9$ мкм. При сравнении результатов измерения толщины роговицы, полученных с помощью изучаемых приборов были выявлены достоверные различия только между «Visante» и «Pentacam».

Выводы. Существует тенденция к более высоким значениям пахиметрии у Шаймпфлюг-систем «Pentacam» и «Park1», средним показателям у УЗ пахиметра «Ocuscan» и более низким – у ОКТ «Visante» и зеркального эндотелиального микроскопа «EM-3000». Небольшой межгрупповой разброс значений пахиметрии между приборами позволяет сделать вывод об их высокой точности.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Измерение толщины роговицы является обязательным этапом диагностики перед проведением кераторефракционных операций и оценки их результата в отдаленном послеоперационном периоде [1–3]. Особенно важно иметь точные данные пахиметрии для выбора того или иного типа эксимерлазерной коррекции, профилактики развития кератэктазий после лазерного in situ кератомилеза (LASIK) и планирования вторых вмешательств [1; 4–5].

Несмотря на наличие большого количества высокоточных приборов, предназначенных для измерения толщины роговицы в разных ее участках, вопрос о «Золотом стандарте» пахиметрии остается открытым, что подтверждается множеством публикаций на эту тему в отечественной и зарубежной литературе [3; 6–24].

Многие авторы сравнивают результаты, полученные с помощью современных проекционных кератопографов, оптических когерентных томографов для переднего сегмента глаза и ультразвуковых пахиметров [6–10; 12; 15–18; 20–23]. Кроме перечисленных приборов возможность измерить толщину роговицы имеют некоторые авторефрактометры и зеркальные эндотелиальные микроскопы с функцией пахиметрии [11; 13–14; 19; 24].

Практически все эти аппараты основаны на разных принципах действия и имеют свои специфические точки приложения в клинической практике. Сопоставление результатов использования опции пахиметрии,

имеющейся у каждого из перечисленных приборов, представляется актуальной задачей.

Цель: сравнить данные измерения центральной толщины роговицы после LASIK, полученные с помощью пяти разных приборов, изучить точность результатов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сравнению подлежали результаты обследования 15 пациентов (30 глаз) в отдаленные сроки после LASIK. Послеоперационный период варьировал от 4 до 16 лет. До эксимерлазерной коррекции пациенты имели миопию и астигматизм различной степени.

LASIK выполняли по стандартной технологии на установках «MEL-60» («Aesculap Meditec», Germany) и «MEL-80» («Carl Zeiss», Germany) с формированием роговичных лоскутов с помощью микрокератомов «LSK Evolution M1», «LSK Evolution M2» («Moria», France).

На момент обследования пациенты не предъявляли каких-либо жалоб.

Сравнивали результаты измерения толщины роговицы в центральной ее части, полученные с помощью оптического когерентного томографа (ОКТ) для переднего сегмента глаза «Visante» («Carl Zeiss», Germany) – среднее значение в двухмиллиметровой зоне, Шаймпфлюг-камеры «Pentacam» («Oculus», USA) – значение в проекции центра зрачка, ультразвукового кератопахиметра «Ocuscan» («Alcon», USA) – определяемый оператором центр роговицы, авторефрактометра с функ-

цией измерения толщины роговицы «Park 1» («Oculus», USA) – центр роговицы, и зеркального эндотелиального микроскопа «EM-3000» («Tomey», Japan) – центр роговицы. Исследования на каждом приборе были проведены одним и тем же оператором.

Для статистической обработки данных применяли программы «Excel» («Microsoft Office-2013»), «MedCalc» и «Statistica 8.0». Для сравнения параметров, полученных с помощью различных приборов, использовали парный критерий Стьюдента. Статистически достоверными считали различия с уровнем значимости $p < 0,05$. Межгрупповой разброс значений и их смещение относительно друг друга оценивали построением графиков по методу Бланда–Альмана.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При сравнении результатов измерения толщины роговицы достоверные различия были получены только между аппаратами «Visante» и «Pentacam». Стандартные отклонения варьировали в пределах 30 мкм, хотя в ряде случаев наблюдались «вылеты» до 50 микрон (рис. 1А–1J). В связи с этим анализ линейных регрессий не проводили.

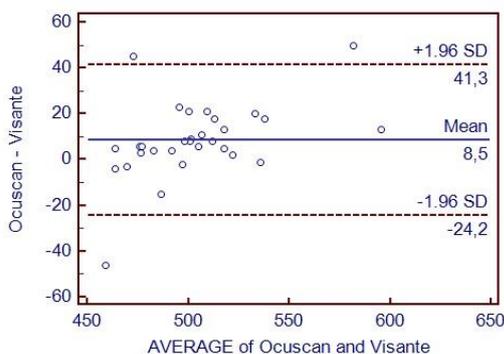
Межгрупповое сравнение ОКТ «Visante» и УЗ-пахиметра «Ocuscan» выявило значительное смещение их результатов относительно друг друга (рис. 1А), равно как и сравнение этих приборов с Шаймпфлюг-системами (рис. 1В–1Е). Для ОКТ «Visante» и эндотелиального микроскопа «EM-3000» выраженного смещения не наблюдалось, в то же время полностью их результаты не совпадали из-за единичных отклонений до 40 мкм (рис. 1F). При этом значения эндотелиального микроскопа были несколько выше.

Наиболее близкие показатели определялись у кератотопографа «Pentacam» и авторефкератометра «Park1». Здесь отличия не превышали 15 мкм (рис. 1G).

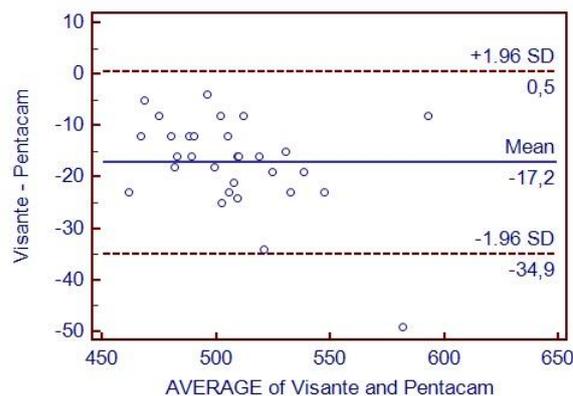
В общем виде Шаймпфлюг-системы «Pentacam» и «Park1» давали более высокие значения, чем другие аппараты, показатели ОКТ «Visante» были наименьшими, а данные ультразвуковой пахиметрии «Ocuscan» находились в среднем диапазоне (рис. 2–3).

ОБСУЖДЕНИЕ

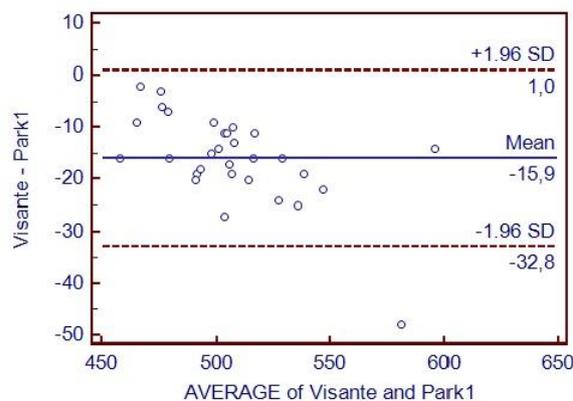
Анализ литературы выявил противоположные выводы авторов относительно достоверности различий результатов пахиметрии разными приборами, тенденций к более высоким и более низким значениям, и возможной взаимозаменяемости методов [3; 6–24].



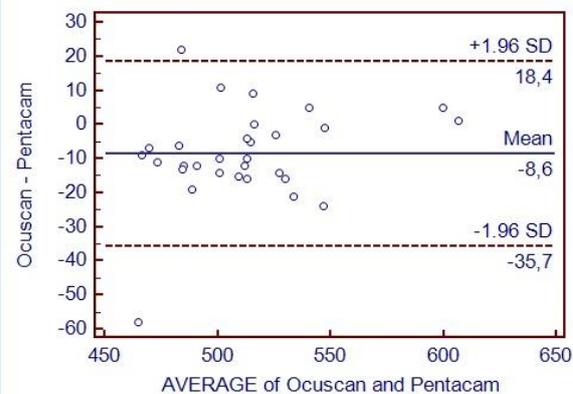
A. Ocuscan-Visante



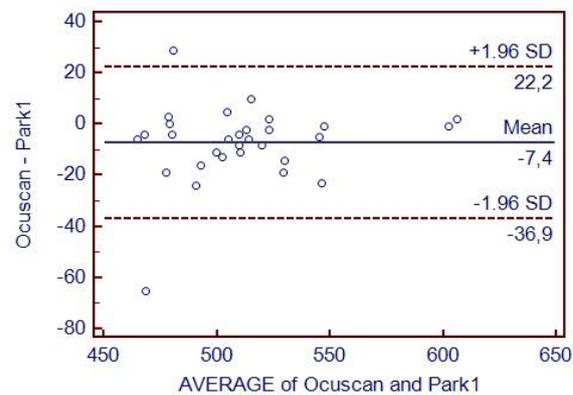
B. Visante-Pentacam



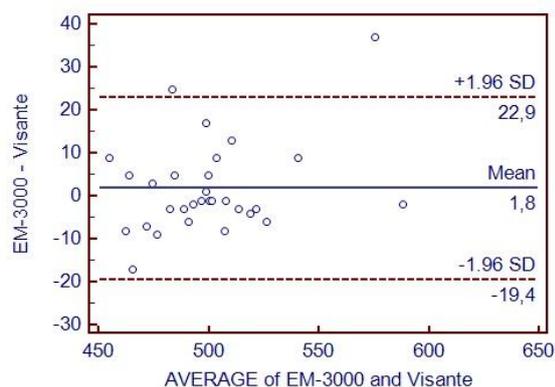
C. Visante-Park1



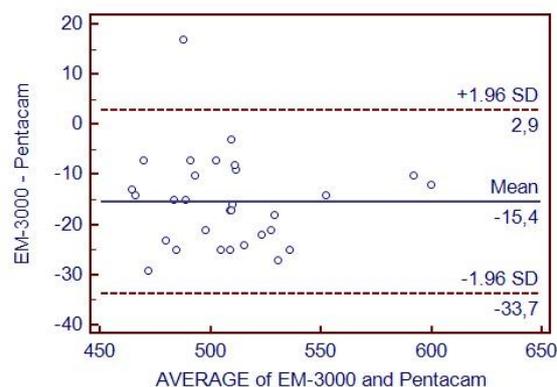
D. Ocuscan-Pentacam



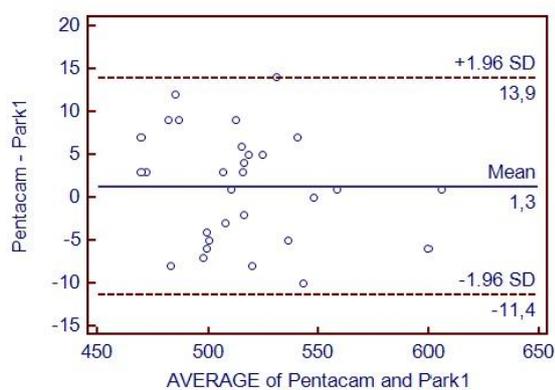
E. Ocuscan-Park1



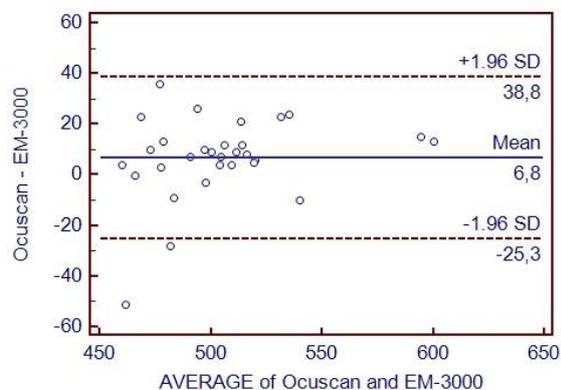
F. EM-3000-Visante



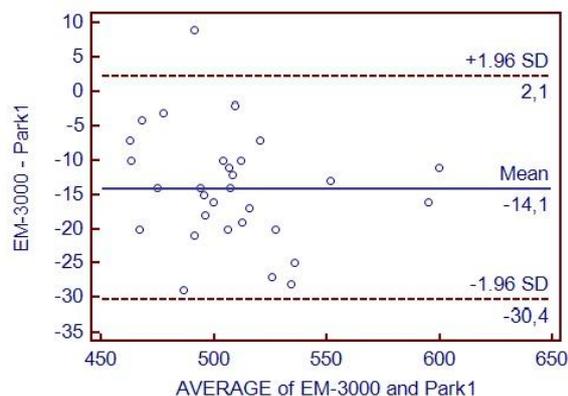
J. EM-3000-Pentacam



G. Pentacam-Park1



H. Ocuscan-EM-3000



I. EM-3000-Park1

Рис. 1. Диаграммы теста Бланда–Альтмана (А–J)

Ранее нами было проведено исследование результатов пахиметрии, полученной с помощью разных приборов, выявившее достоверные различия между данными конфокального микроскопа «Confoscan 4» («Nidek», Japan) в сравнении с другими методами [6].

Сравнение данных пахиметрии, проводимой с помощью ОКТ «Visante», кератотопографа «Pentacam» и ультразвукового пахиметра «Ocuscan», авторефрактометра «Park1» и эндотелиального микроскопа «EM-3000», определило статистически значимые различия только между результатами «Visante» и «Pentacam» ($p < 0,05$). Представляется, что сравнения данных, полученных с помощью аппаратов с разными принципами действия, можно считать корректными, т. к. получаемые результаты достаточно близки друг к другу при межгрупповом сравнении методов, а разброс значений невелик (рис. 1А–1J).

Возможность измерения толщины роговицы имеется у многих современных кератотопографов. Точность значений выше у проекционных топографов, чем у отражающих, т. к. они измеряют толщину роговицы напрямую, а не с помощью пересчетов смежных показателей формы роговицы [25].

На сегодняшний день одним из самых точных приборов является топограф «Pentacam», в работе которого реализован принцип Шаймпфлюга [7; 26]. В практике рефракционного отделения данный прибор используют в ходе рутинного предоперационного обследования для диагностики скрытого кератоконуса или постановки диагноза и стадии этого заболевания, а также все чаще рассматривают аппарат как «Золотой стандарт» пахиметрии. Тем не менее следует учитывать, что получаемые с его помощью результаты несколько выше, чем у ставшего классическим метода ультразвуковой пахиметрии (рис. 2–3).

На принципе Т. Шаймпфлюга, так же, как и аппарата «Pentacam», основана работа опции пахиметрии в авторефрактометре «Park1». Эти приборы имеют одного производителя («Oculus», USA) и, видимо, поэтому получаемые с их помощью результаты достаточно схожи.

Оптическая когерентная томография по принципу действия аналогична ультразвуковому исследованию. Разница заключается в использовании для исследования ткани не ультразвука, а оптического излучения [27–28]. Схожесть результатов пахиметрии эндотели-



Рис. 2. Гистограмма сравнения результатов пахиметрии с помощью разных приборов

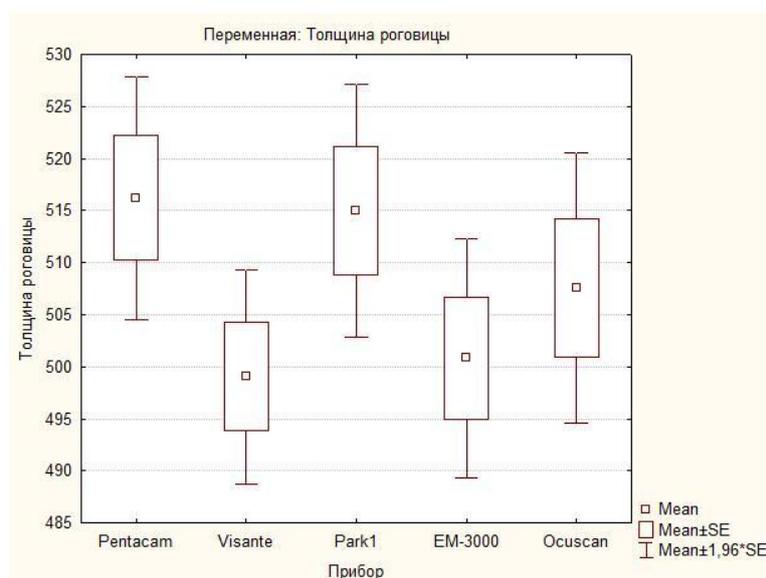


Рис. 3. Средние значения и стандартные отклонения результатов пахиметрии, проведенной разными приборами

ального микроскопа «EM-3000» и ОКТ «Visante», как и в случае сравнения Шаймпфлюг-систем, может быть объяснена одинаковыми принципами действия аппаратов.

Возможность измерить толщину роговицы практически у каждого прибора является одной из множества диагностических опций. С другой стороны, все пять изученных методов показывают примерно одинаковые результаты и в некоторых случаях могут быть взаимозаменяемы. К примеру, если есть необходимость сделать развернутую пахиметрическую карту ОКТ на аппарате «Visante» или подсчитать плотность эндотелиальных клеток, необходимость в ультразвуковой пахиметрии отпадает. В то же время в работе рефракционного отделения проекционная кератотопография незаменима для диагностики кератоконуса и должна проводиться каждому пациенту. Сопоставление результатов измерения толщины роговицы с помощью топографа и стандартной ультразвуковой пахиметрии, а при возможности и па-

химетрии с помощью авторефрактометра, значительно снизит вероятность получить ошибочные данные.

ВЫВОДЫ

1. Сравнение результатов измерения толщины роговицы, полученных с помощью разных приборов, выявило высокую точность каждого метода.
2. Наблюдаются наибольшие значения данных пахиметрии у систем «Pentacam» и «Park1», основанных на принципе Шаймпфлюга, средние у УЗ пахиметра «Ocuscan» и более низкие – у ОКТ «Visante» и зеркального эндотелиального микроскопа «EM-3000».
3. Достоверные различия результатов пахиметрии определены у приборов «Visante» и «Pentacam».
4. Разброс результатов повторных измерений толщины роговицы у всех приборов не превышает 40 микрон, что можно считать вполне приемлемым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашевич Л.И. Хирургическая коррекция аномалий рефракции и аккомодации. СПб.: Человек, 2009. 296 с.
2. Балашевич Л.И., Никулин С.А., Качанов А.Б., Ефимов О.А., Чураков Т.К., Завьялов А.И. К вопросу о регрессе рефракционного результата в отдаленном периоде после операции LASIK // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2012. № 12. С. 12-14.
3. 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 // Congress of the ESCRS, 23-rd: Abstracts. Lisbon, 2005. P. 79.
4. Аветисов С.Э., Бородина Н.В., Кобзова М.В., Мусаева Г.М. Современные подходы к оценке анатомо-функционального состояния роговицы // Вестн. офтальмол. 2010. № 4. С. 59-63.
5. Астахов Ю.С., Потемкин В.В. Толщина и биомеханические свойства роговицы: как их измерить и какие факторы на них влияют // Офтальмологические ведомости. 2008. № 4. С. 36-43.
6. Балашевич Л.И., Никулин С.А., Качанов А.Б., Чураков Т.К., Ефимов О.А., Завьялов А.И. О методах пахиметрии после LASIK // Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии: сб. тр. 14 науч.-практ. конф. с междунар. участием. М., 2013. С. 204-211.
7. Качанов А.Б., Ефимов О.А. Сравнительное исследование морфометрических показателей роговицы и хрусталика с помощью Шеймпфлюг-камеры «Pentacam», ультразвукового А-скана «Ocuscan» и оптического когерентного томографа переднего отрезка глаза «Visante» // Офтальмохирургия. 2012. № 2. С. 63-72.
8. Пожарицкий Е.М., Нерпина М.Е., Пожарицкий М.Д. Сравнительная оценка данных кератопахиметрии центральной зоны, полученных различными способами // Актуальные проблемы офтальмологии: сб. тр. 7 Всерос. конф. молодых ученых с участием иностранных специалистов. М., 2012. С. 171-173.
9. Amano S., Honda N., Amano Y. et al. Comparison of central corneal thickness measurements by rotating Scheimpflug camera, ultrasonic pachymetry, and scanning-slit corneal topography // Ophthalmology. 2006. № 6. P. 937-941.
10. Barkana Y., Gerber Y., Elbaz U. et al. Central corneal thickness measurement with the Pentacam Scheimpflug system, optical low-coherence reflectometry pachymeter, and ultrasound pachymetry // J. Cataract. Refract. Surg. 2005. № 9. P. 1729-1735.
11. Bovelle R., Kaufman S.C., Thompson H.W., Hamano H. Corneal thickness measurements with the Topcon SP-2000 specular microscope and an ultrasound pachymeter // Arch. Ophthalmol. 1999. № 7. P. 868-870.
12. Faramarzi A., Karimian F., Jafarinasab M.R. et al. Central corneal thickness measurements after myopic photorefractive keratectomy using Scheimpflug imaging, scanning-slit topography, and ultrasonic pachymetry // J. Cataract. Refract. Surg. 2010. № 9. P. 1543-1549.
13. Fujioka M., Nakamura M., Tatsumi Y. et al. Comparison of Pentacam Scheimpflug camera with ultrasound pachymetry and noncontact specular microscopy in measuring central corneal thickness // Curr. Eye. Res. 2007. № 2. P. 89-94.
14. Gonzalez-Perez J., Gonzalez-Mejome J.M., Rodriguez Ares M.T., Parafita M.A. Central corneal thickness measured with three optical devices and ultrasound pachymetry // Eye Contact Lens. 2011. № 2. P. 66-70.
15. Hashemi H., Mehravaran S. Central corneal thickness measurement with Pentacam, Orbscan II, and ultrasound devices before and after laser refractive surgery for myopia // J. Cataract. Refract. Surg. 2007. № 10. P. 1701-1707.
16. Ho T., Cheng A.C., Rao S.K. et al. Central corneal thickness measurements using Orbscan, Visante, ultrasound, and Pentacam pachymetry after laser in situ keratomileusis for myopia // J. Cataract. Refract. Surg. 2007. № 7. P. 1177-1182.
17. Huang J., Lu W., Savini G. et al. Evaluation of corneal thickness using a Scheimpflug-Placido disk corneal analyzer and comparison with ultrasound pachymetry in eyes after laser in situ keratomileusis // J. Cataract. Refract. Surg. 2013. № 7. P. 1074-1080.
18. Huang J., Savini G., Hu L. Precision of a new Scheimpflug-Placido disk analyzer in measuring corneal thickness and agreement with ultrasound pachymetry // J. Cataract. Refract. Surg. 2013. № 2. P. 219-224.
19. Kawana K., Tokunaga T., Miyata K. et al. Comparison of corneal thickness measurements using Orbscan II, non-contact specular microscopy and ultrasonic pachymetry in eyes after laser in situ keratomileusis // Br. J. Ophthalmol. 2004. № 4. P. 466-468.
20. Lackner B., Schmidinger G., Peh S. et al. Repeatability and reproducibility of central corneal thickness measurements with Pentacam, Orbscan and ultrasound // Optom. Vis. Sci. 2005. № 10. P. 892-899.
21. Li E.Y., Mohamed S., Leung C.K. et al. Agreement among 3 methods to measure corneal thickness: ultrasound pachymetry, Orbscan II, and Visante anterior segment optical coherence tomography // Ophthalmology. 2007. № 10. P. 1842-1847.
22. Menassa N., Kaufmann C., Goggin M. et al. Comparison and reproducibility of corneal thickness and curvature readings obtained by the Galilei and the Orbscan II analysis systems // J. Cataract. Refract. Surg. 2008. № 10. P. 1742-1747.
23. Park S.H., Choi S.K., Lee D. et al. Corneal thickness measurement using Orbscan, Pentacam, Galilei, and ultrasound in normal and post-femtosecond laser in situ keratomileusis eyes // Cornea. 2012. № 9. P. 978-982.
24. Suzuki S., Oshika T., Oki K. et al. Corneal thickness measurements: scanning-slit corneal topography and noncontact specular microscopy versus ultrasonic pachymetry // J. Cataract. Refract. Surg. 2003. № 7. P. 1313-1318.
25. Балашевич Л.И., Качанов А.Б. Клиническая кернеотопография и абэррометрия. М., 2008. 167 с.
26. Pentacam. Instructional manual. G/70700/0707/e. 167 p.
27. Балашевич Л.И., Качанов А.Б., Ефимов О.А., Никулин С.А. Оптическая когерентная томография роговицы в планировании и оценке результатов ЛАЗИК // Офтальмохирургия. 2009. № 1. С. 4-8.
28. Visante OCT. User manual. A/60899-1/1.0. 166 p.

Поступила в редакцию 24 февраля 2015 г.

Churakov T.K., Nikulin S.A., Kachanov A.B., Efimov O.A., Naumenko V.V., Klinova N.S. THE RESULTS OF CORNEAL THICKNESS MEASUREMENTS USING DIFFERENT METHODS AFTER LASIK

Purpose. To compare central corneal thickness measurements of five pachymetry devices in eyes after LASIK obtained using five different instruments, to assess the accuracy of the results.

Material and methods. Central corneal thickness was measured in 15 patients (30 eyes) and 1 volunteer. "Visante" ("Carl Zeiss", Germany), Scheimpflug systems "Pentacam" ("Oculus", USA), "Ocuscan" ultrasonic pachymetry ("Alcon", USA), avto-refraktometer with the function of measuring the thickness of the cornea "Park 1" ("Oculus", USA) and "EM-3000" specular endothelial microscopy ("Tomey", Japan) were used for examination. Data were analyzed using paired Student's t-test and the Bland-Altman plots.

Results. The mean central corneal thickness after LASIK according to "EM-3000" was 500.8 ± 32.2 microm; "Pentacam" – 516.2 ± 32.6 microm; "Ocuscan" – 507.6 ± 36.3 microm, "Visante" – 499.1 ± 28.7 microm; "Park1" – 515.0 ± 33.9 microm. The study showed significant differences only between "Visante" and "Pentacam".

Conclusions. There is a tendency to higher values of pachymetry in the Scheimpflug systems "Pentacam" and "Park1", average values in ultrasonic pachymetry "Ocuscan" and lower values in OCT "Visante" and specular endothelial microscope "EM-3000". Low intergroup variations in the pachymetry data between methods allows to make a conclusion about their very good accuracy.

Key words: pachymetry; corneal thickness; LASIK; Pentacam; Visante; Ocuscan; Park1; EM-3000; Scheimpflug system; OCT.

Чураков Тимур Касимович, Санкт-Петербургский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, младший научный сотрудник научно-образовательного отдела; Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, аспирант, кафедра офтальмологии, e-mail: timur-churakov@yandex.ru

Churakov Timur Kasimovich, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Saint-Petersburg branch, Saint-Petersburg, Russian Federation, Junior Scientific Worker of Scientific-Educational Centre; North-Western State Medi-

cal University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation, Post-graduate Student, Ophthalmology Department, e-mail: timur-churakov@yandex.ru

Никулин Сергей Александрович, Санкт-Петербургский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, врач-офтальмохирург, зав. отделом рефракционной хирургии, e-mail: 208@inbox.ru

Nikulin Sergey Aleksandrovich, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Saint-Petersburg branch, Saint-Petersburg, Russian Federation, Ophthalmologist-Surgeon, Head of Refraction Surgery Department, e-mail: 208@inbox.ru

Качанов Андрей Борисович, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии; Санкт-Петербургский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, врач-офтальмохирург отдела рефракционной хирургии, e-mail: andrey_kachanov@yahoo.com

Kachanov Andrey Borisovich, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation, Candidate of Medicine, Associate Professor of Ophthalmology Department; Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Saint-Petersburg branch, Saint-Petersburg, Russian Federation, Ophthalmologist-Surgeon of Refraction Surgery Department, e-mail: andrey_kachanov@yahoo.com

Ефимов Олег Анатольевич, Санкт-Петербургский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, врач-офтальмолог, e-mail: pochta@mntk.spb.ru

Efimov Oleg Anatolyevich, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Saint-Petersburg branch, Saint-Petersburg, Russian Federation, Ophthalmologist, e-mail: pochta@mntk.spb.ru

Науменко Владимир Васильевич, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии; Санкт-Петербургский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, зав. научно-образовательным отделом, e-mail: naumencko083@yandex.ru

Naumenko Vladimir Vasilievich, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation, Candidate of Medicine, Associate Professor of Ophthalmology Department; Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Saint-Petersburg branch, Saint-Petersburg, Russian Federation, Head of Scientific-Educational Department, e-mail: naumencko083@yandex.ru

Клинова Наталья Сергеевна, Санкт-Петербургский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, медицинская сестра, e-mail: natali3.82@mail.ru

Klinova Natalya Sergeevna, Academician S.N. Fyodorov FSBI IRTC "Eye Microsurgery", Saint-Petersburg branch, Saint-Petersburg, Russian Federation, Nurse, e-mail: natali3.82@mail.ru