

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-Альмана.

*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» («Tomeu», 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.

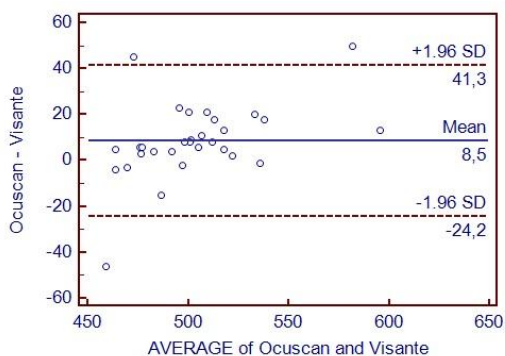
Межгрупповое сравнение ОКТ «Visante» и УЗ-пахиметра «Ocuscan» выявило значительное смещение их результатов относительно друг друга (рис. 1А), равно как и сравнение этих приборов с Шаймпфлюг-системами (рис. 1В–1Е). Для ОКТ «Visante» и эндотелиального микроскопа «EM-3000» выраженного смещения не наблюдалось, 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).

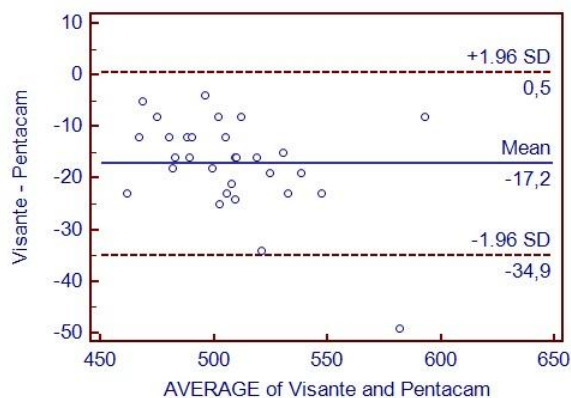
В общем виде Шаймпфлюг-системы «Pentacam» и «Park1» давали более высокие значения, чем другие аппараты, показатели ОКТ «Visante» были наименьшими, а данные ультразвуковой пахиметрии «Ocuscan» находились в среднем диапазоне (рис. 2–3).

### ОБСУЖДЕНИЕ

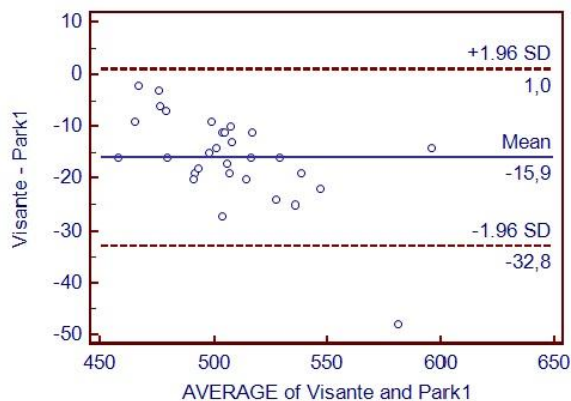
Анализ литературы выявил противоположные выводы авторов относительно достоверности различий результатов пахиметрии разными приборами, тенденций к более высоким и более низким значениям, и возможной взаимозаменяемости методов [3; 6–24].



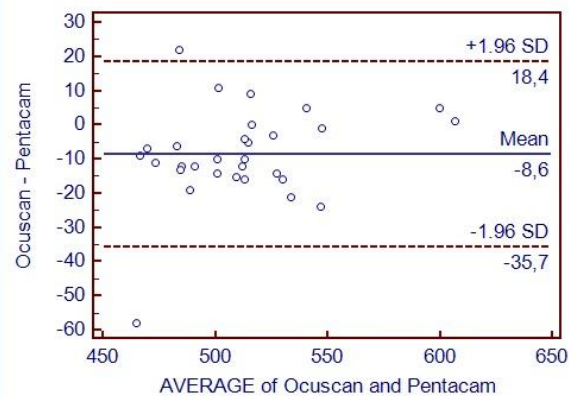
A. Ocuscan-Visante



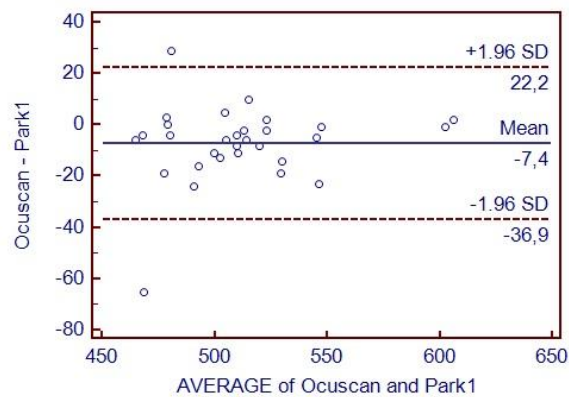
B. Visante-Pentacam



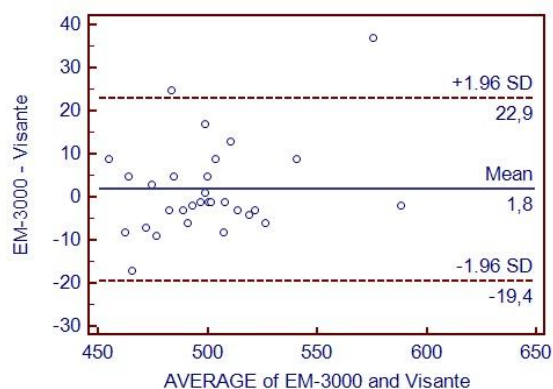
C. Visante-Park1



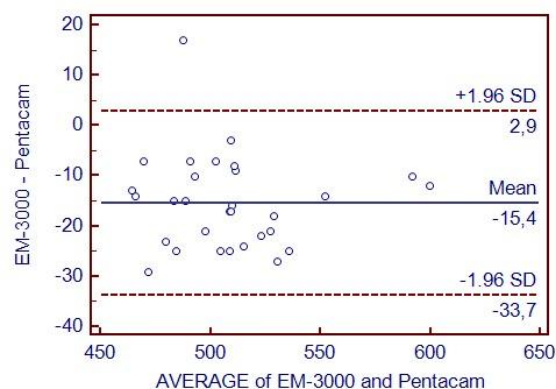
D. Ocuscan-Pentacam



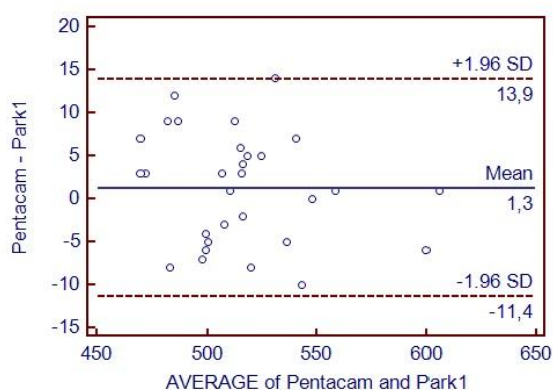
E. Ocuscan-Park1



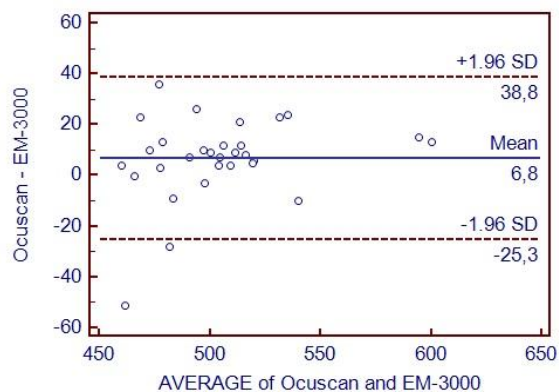
F. EM-3000-Visante



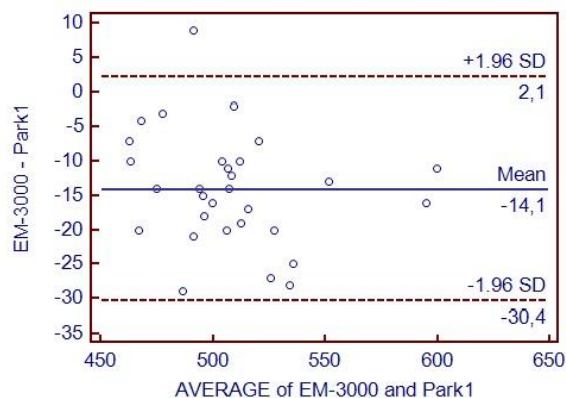
J. EM-3000-Pentacam



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

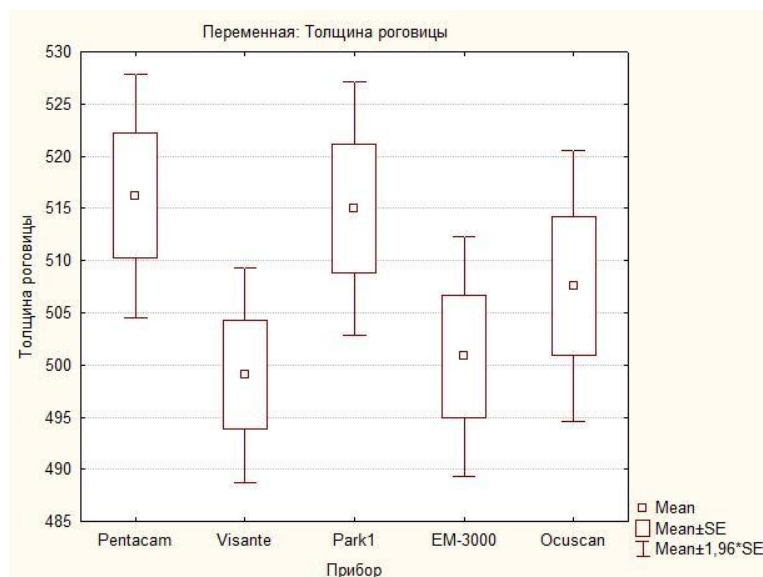


Рис. 3. Средние значения и стандартные отклонения результатов пахиметрии, проведенной разными приборами

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  $500.8 \pm 32.2$  microm; "Pentacam" –  $516.2 \pm 32.6$  microm; "Ocuscan" –  $507.6 \pm 36.3$  microm, "Visante" –  $499.1 \pm 28.7$  microm; "Park1" –  $515.0 \pm 33.9$  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