

УДК 617.713–071.3–073.43–72.1–076: 611.841.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ РОГОВИЦЫ

С. А. Рыков, проф., **Ю. Н. Кондратенко**, проф.,

А. Н. Новицкий, канд. мед. наук, **А. Р. Кисиль**, врач.

Национальная медицинская академия последиplomного образования им. П. Л. Шупика,
Киевская городская клиническая офтальмологическая больница «Центр микрохирургии глаза»

Вимірювання центральної товщини рогівки є необхідним компонентом обстеження пацієнтів при рефракційній хірургії, хірургії катаракти та глаукоми, а також для встановлення адекватного діагнозу і спостереження хворих глаукомного профілю та пацієнтів з кератоконусами і кератектазіями. Основною проблемою застосування існуючих методик вимірювання центральної товщини рогівки є встановлення рівня повторюваності їх результатів і співставлення отриманих даних. В статті проаналізовано повторюваність і результати співставлення даних пахіметрії, одержаних за допомогою приладів, які найширше застосовуються у вимірюванні ЦТР (ультразвукова пахіметрія на базі приладу ORA, безконтактна кератотопографія на базі Orbscan II і безконтактна ендотеліоскопія на базі Торсон SP 3000). Дані параметри представлені сумарно і по всім виміряним діапазонам центральної товщини рогівки з кроком у 20 мкм. Результати дослідження виявили найбільшу повторюваність вимірювань у контактній ультразвуковій пахіметрії. Також було виявлено неможливість прямого співставлення результатів вимірювань ЦТР різними приладами, тому запропоновані коефіцієнти корекції.

Ключевые слова: центральная толщина роговицы, контактная ультразвуковая пахиметрия, бесконтактная оптическая кератотопография, бесконтактная оптическая эндотелиоскопия, сравнение измерений, коррекционный коэффициент.

Ключові слова: центральна товщина рогівки, контактна ультразвукова пахіметрія, безконтактна оптична кератотопографія, безконтактна оптична ендотеліоскопія, порівняння вимірів, корекційний коефіцієнт.

Актуальность. Измерение центральной толщины роговицы (ЦТР) является необходимым компонентом обследования больных при рефракционной хирургии, хирургии катаракты и глаукомы, а также для постановки адекватного диагноза и наблюдения больных глаукомного профиля и пациентов с кератоконусами и кератектазиями [1–10].

На сегодня измерение толщины центральной области роговицы в основном производится при помощи следующих методик:

- ультразвуковая пахиметрия (контактная)
- оптические (бесконтактные): кератотопография и зеркальная эндотелиомикроскопия и их различные модификации

Основной проблемой определения ЦТР приборами является сложность сопоставления их данных ввиду различных принципов проведения измерений. В настоящее время существует большое количество информации о сравнении результатов центральной пахиметрии роговицы, полученных с помощью различных приборов, но до сегодняш-

него времени остается открытым вопрос, какой из приборов обладает наибольшей воспроизводимостью результатов измерений, а также не существует четких межприборных коэффициентов для их сопоставления.

Цель. Определение воспроизводимости измерений центральной толщины роговицы во всех ее измеренных равных диапазонах, произведенных при помощи ультразвуковой пахиметрии, оптической кератотопографии и зеркальной эндотелиоскопии; сравнение их данных и введение возможных поправочных межприборных коэффициентов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. В данной работе были обследованы 161 глаз (101 пациент). Гендерная структура обследованных составила: 58,2 % — женщины и 41,8 % — мужчины. Возрастная структура: в среднем (63±14) лет с диапазоном 20–87 лет. В исследовании принимали участие пациенты из ежедневной практики.

© С. А. Рыков, Ю. Н. Кондратенко,
А. Н. Новицкий, А. Р. Кисиль, 2010

Критерии исключения пациентов:

- патологические состояния роговицы, включая отек роговицы при высоких значениях ВГД (допустимый уровень ВГД находился на уровне до 30 мм рт.ст.);
- отсутствие или нарушение центральной фиксации зрения, включая глаукому IV стадии, зрелую катаракту, очень высокие степени аметропии;
- птоз различных типов и степеней;
- патологическое состояние век;
- наличие состояний, сопровождающихся тремором и/или нистагмом различных типов;
- отсутствие сотрудничества со стороны пациента;

- невозможность проведения измерений хотя бы одним из приборов.

Используемые приборы:

- оптическая бесконтактная кератотопография на базе офтальмологической станции Orbscan II (далее БКТ) (протокол исследования на рис. 1)
- оптический бесконтактный зеркальный эндотелиоскоп Торсон SP 3000 (далее БЗЭ) (протокол исследования на рис. 2)
- контактная ультразвуковая пахиметрия на базе прибора ORA (Ocular Response Analyzer) (далее УЗП) (протокол исследования на рис. 3)

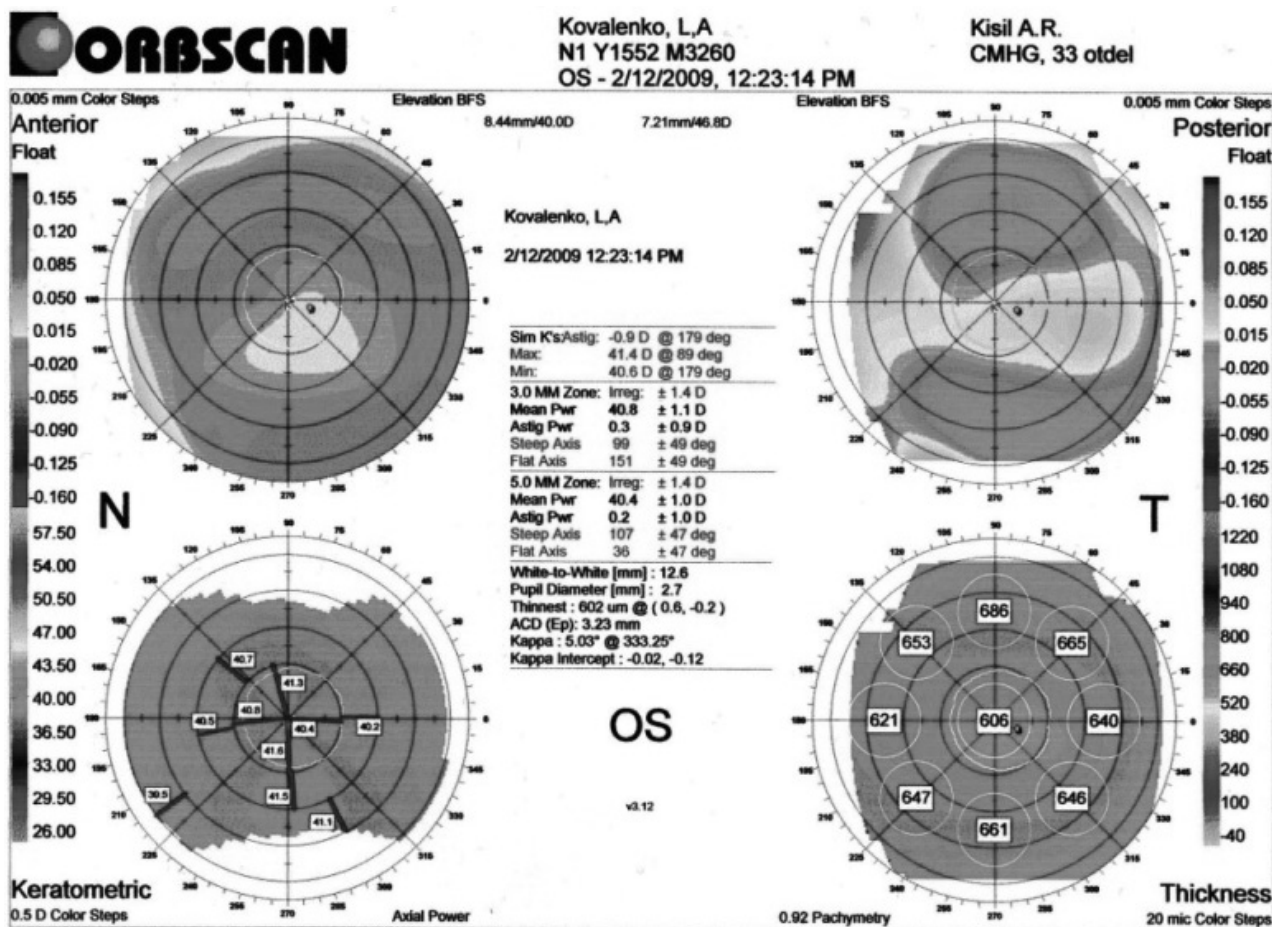


Рис. 1. Протокол отчета бесконтактного кератотопографа на базе Orbscan II

Методика исследования:

- Проведение трехкратных измерений центральной толщины роговицы (ЦТР) каждым из приборов (оптические в любой последовательности, ультразвуковой — после всех). Перед проведением УЗП производилась местная капельная анестезия роговицы по стандартной методике.
 - Группировка данных измерений приборов и определение основных статистических показателей.
 - Определение итоговых результатов.
- Для исследования специально отбиралось практически равное количество глаз по диапазонам: «тонкая» роговица (менее 520 μm), «средняя» роговица (520 — 580 μm) и «толстая» роговица (более 580 μm) для создания равной возможности проявления вариантов измерения в каждом из диапазонов.

С целью определения четких тенденций показателей измерений ЦТР различными приборами весь ряд полученных результатов центральных пахиметрий роговиц был разбит на равные некорректированные диапазоны с шагом по 20 μm :

- 440,00 — 459,99 μm (I) 560,00 — 579,99 μm (VII)
- 460,00 — 479,99 μm (II) 580,00 — 599,99 μm (VIII)
- 480,00 — 499,99 μm (III) 600,00 — 619,99 μm (IX)
- 500,00 — 519,99 μm (IV) 620,00 — 639,99 μm (X)
- 520,00 — 539,99 μm (V) 640,00 — 659,99 μm (XI)
- 540,00 — 559,99 μm (VI) 660,00 — 679,99 μm (XII)

Для проведения парного t-теста Стьюдента и возможности определения разности измерений пар приборов ряд полученных ЦТР был разбит на равные скорректированные 11 диапазонов (I — XI) по средним значениям толщин роговиц

для всех трех приборов с шагом и значениями идентичными вышеприведенным.

SP-3000P CellCount Report

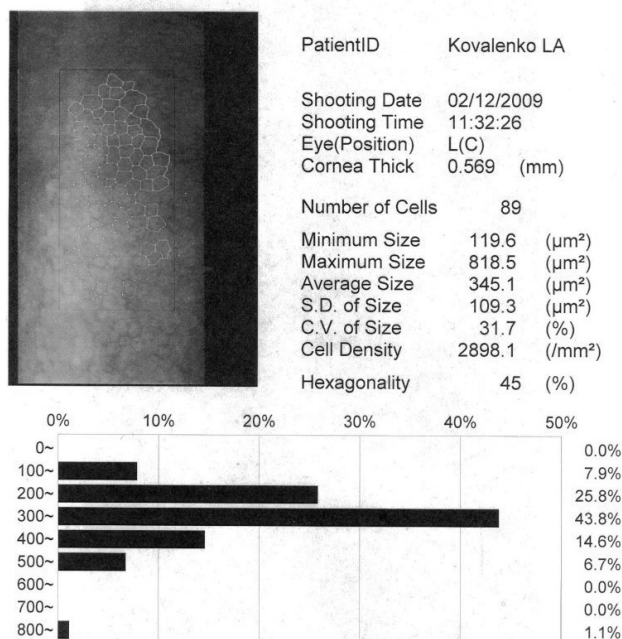


Рис. 2. Протокол отчета бесконтактного эндотелиоскопа на базеТорсон SP 3000P

Применяемые результирующие показатели:

- среднее значение результатов центральной пахиметрии роговиц с ошибкой измерений в соответствии со статистической достоверностью ($\bar{X} \pm \text{mx} \times t\text{-табличное}$)

при различных уровнях достоверности для каждого прибора;

- стандартное отклонение данных измерений центральной толщины роговицы (SD) каждого прибора;
- коэффициент вариации показателей центральной пахиметрии роговицы (CV) каждого прибора;
- приборный разброс данных измерений центральной толщины роговицы (R) каждого прибора;
- межприборный разброс результатов центральной пахиметрии роговицы (M);
- межприборный парный t-тест Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. При обработке данных получены следующие результаты:

Диапазоны центральной пахиметрии роговицы:

➤ БЗЭ: 440,00 — 639,99 μm (446,40 — 621,33 μm).

Отсутствовал диапазон: 640,00 — 659,99 μm и 660,00 — 679,99 μm

➤ БКТ: 440,00 — 659,99 μm (454,78 — 648,92 μm).

Отсутствовал диапазон: 460,00 — 479,99 μm и 660,00 — 679,99 μm

➤ УЗП: 460,00 — 679,99 μm (476,17 — 661,33 μm).

Отсутствовал диапазон: 440,00 — 459,99 μm

Средние значения статистических показателей измерения толщины роговицы для приборов в целом по выборке.

Рассчитаны средние величины центральной толщины роговицы ($\bar{X}_{\text{ср}}$) и средние ошибки измерений (mx) соответственно статистической достоверности ($t1 \times \text{mx}$ ($p < 0,2$), $t2 \times \text{mx}$ ($p < 0,1$), $t3 \times \text{mx}$ ($p < 0,05$), $t4 \times \text{mx}$ ($p < 0,01$)), средние стандартные отклонения измерений (SD), коэффициенты вариации измерений (CV) и приборные разбросы измерений каждого прибора (R) (табл. 1).

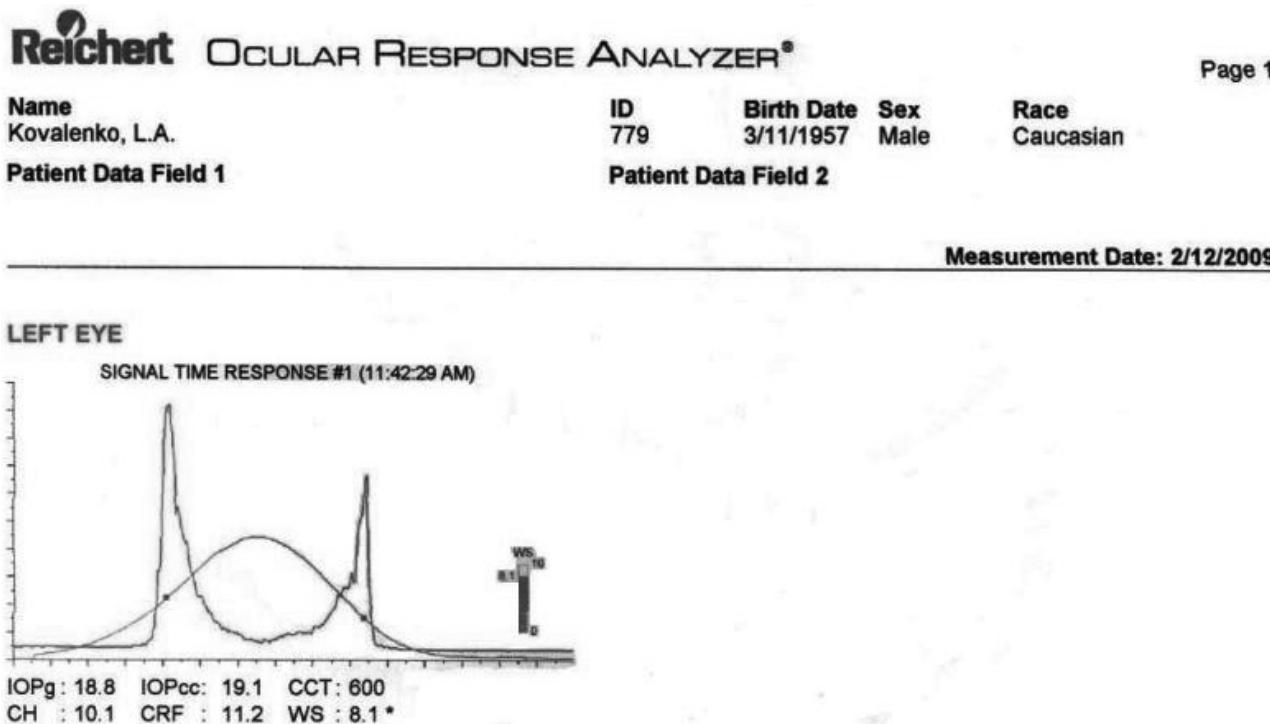


Рис. 3. Протокол отчета контактного ультразвукового пахиметра на базе ORA

Таблица 1

Средние значения основных статистических показателей измерений для приборов в целом по выборке

	Хср (μm)	mx (μm)	t1×mx p=0,2	t2×mx p=0,1	t3×mx p=0,05	t4×mx p=0,01	SD (μm)	CV (%)	R (μm)
БЗЭ	529,85±	3,104	5,853	9,064	13,356	30,809	4,390	0,008	8,395
БКТ	565,87±	3,069	5,787	8,961	13,205	30,460	4,340	0,007	8,261
УЗП	560,43±	1,320	2,489	3,855	5,6816	13,105	1,867	0,003	3,492

Примечание: Хср — среднее значение измеренной толщины роговиц; mx — средняя ошибка измерения толщины роговиц; t1×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 80 % (p=0,2); t2×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 90 % (p=0,1); t3×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 95 % (p=0,05); t4×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 99 % (p=0,01); SD — среднее стандартное (среднеквадратическое) отклонение измерений толщины роговиц; CV — средний коэффициент вариации измерений толщины роговиц; R — средний разброс измерений толщины роговиц

Из данных таблицы видно, что БЗЭ «занижает» значения измеренных показателей относительно показаний двух других приборов. БКТ дал более высокие значения нежели УЗП. Показатели ошибок измерений, стандартного отклонения, коэффициента вариации и разброса измерений были наименьшими у УЗП, более высокими у БКТ и наиболее высокими у БЗЭ, свидетельствуя о том, что наибольшую воспроизводимость давала УЗП, меньшую — БКТ и наименьшую — БЗЭ. Но, к сожалению, эти данные усредненные и не показывают истинных взаимоотношений между показани-

ями приборов на всех измеренных диапазонах центральной толщины роговицы. Сравнить полученные данные с результатами других исследований не представляется возможным ввиду применения нами направленного отбора роговиц [3, 6, 7, 10].

Значения статистических показателей измерения толщины роговиц для приборов по диапазонам выборки:

Средние значения статистических показателей по условным диапазонам «тонкие», «средние» и «толстые» роговицы (табл. 2).

Таблица 2

Средние значения основных статистических показателей измерений для приборов по условным диапазонам «тонкие», «средние» и «толстые» роговицы

	Диапазон (μm)	Хср (μm)	mx (μm)	t1×mx p=0,2	t2×mx p=0,1	t3×mx p=0,05	t4×mx p=0,01	SD (μm)	CV (%)	R (μm)
БЗЭ	<520,00	491,67±	2,672	5,039	7,803	11,499	26,523	3,779	0,008	7,185
	520,00–579,99	546,00±	3,285	6,195	9,593	14,135	32,606	4,646	0,009	8,924
	580,00>	601,00±	3,917	7,386	11,438	16,855	38,878	5,540	0,009	10,571
БКТ	<520,00	496,35±	2,916	5,499	8,515	12,547	28,943	4,124	0,008	7,947
	520,00–579,99	549,68±	3,006	5,668	8,777	12,934	29,834	4,251	0,008	8,100
	580,00>	607,55±	3,191	6,017	9,317	13,729	31,668	4,513	0,008	8,546
УЗП	<520,00	499,18±	1,362	2,567	3,975	5,858	13,512	1,925	0,004	3,588
	520,00–579,99	550,25±	1,329	2,507	3,882	5,720	13,194	1,880	0,003	3,500
	580,00>	610,57±	1,282	2,418	3,745	5,518	12,728	1,814	0,003	3,432

Примечание: Хср — среднее значение измеренной толщины роговиц; mx — средняя ошибка измерения толщины роговиц; t1×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 80 % (p=0,2); t2×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 90 % (p=0,1); t3×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 95 % (p=0,05); t4×mx — средняя ошибка измерения средней толщины роговиц при статистической достоверности с вероятностью в 99 % (p=0,01); SD — среднее стандартное (среднеквадратическое) отклонение измерений толщины роговиц; CV — средний коэффициент вариации измерений толщины роговиц; R — средний разброс измерений толщины роговиц

Из приведенных данных видно, что БЗЭ «занижает» показатели центральной толщины роговиц относительно показаний двух других приборов по приведенным диапазонам. УЗП показала более высокие значения по всем приведенным диапазонам, нежели БКТ. Величина ошибок измерений, стандартного отклонения, коэффициента вариации и разброса измерений были наименьшими у УЗП, более высокими у БКТ и наиболее высокими у БЗЭ по всем приведенным

диапазонам, подтверждая, что наибольшую воспроизводимость имела УЗП, меньшую — БКТ и наименьшую — БЗЭ. Относительно каждого диапазона в отдельности для каждого прибора — БЗЭ и БКТ показали наименьшие значения вышеприведенных показателей для диапазона «тонкие» роговицы, большие для «средних» роговиц и наибольшие для «толстых» роговиц; УЗП — для «толстых», «средних» и «тонких» соответственно. Но, к сожалению, эти данные усредненные и рас-

считаны для неравных открытых диапазонов и не показывают истинных взаимоотношений между показателями приборов на всех измеренных диапазонах центральной толщины роговицы, особенно «тонких» и «толстых». Сравнить полученные данные с результатами других исследователей сложно вследствие применения нами направленного отбора роговиц и ввиду того, что различные источники предлагают свои системы деления роговиц на «тонкие», «средние» и «толстые» или без указания конкретных значений этих границ [1, 2, 4, 6–9].

Средние значения статистических показателей по диапазонам роговицы с шагом в 20 μm :

Ввиду отсутствия некоторых диапазонов толщины роговиц в полученных показаниях для отдельных приборов сопоставление результирующих статистических показателей возможно лишь в измеренных диапазонах, совпавших для всех приборов, а именно: III — X (480,00 — 639,99 μm). Рассчитаны средние величины центральной толщины роговицы ($X_{\text{ср}}$), (табл. 3) и средние ошибки измерений (m_x) соответственно статистической достоверности ($t_1 \times m_x$ ($p < 0,2$), $t_2 \times m_x$ ($p < 0,1$), $t_3 \times m_x$ ($p < 0,05$), $t_4 \times m_x$ ($p < 0,01$)) (рис. 4), средние стандартные отклонения измерений (SD), приборные разбросы измерений (R) (рис. 5) и коэффициенты вариальности измерений (CV) (рис. 6) каждого прибора.

Таблица 3

Средние значения величин измеренных толщин роговиц по смежным диапазонам толщин роговиц с шагом в 20 μm

	Смежные диапазоны толщин роговиц								
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
БЗЭ	490,05	509,56	530,10	547,87	570,90	589,19	609,40	621,33	$X_{\text{ср}}$ (μm)
БКТ	488,13	511,42	531,84	550,47	571,65	587,62	608,90	626,30	
УЗП	490,14	512,83	528,59	548,12	571,51	590,26	610,36	631,29	

Примечание: $X_{\text{ср}}$ — среднее значение измеренной толщины роговиц; III — диапазон толщин роговиц в пределах 480,00 — 499,99 μm ; IV — диапазон толщин роговиц в пределах 500,00 — 519,99 μm ; V — диапазон толщин роговиц в пределах 520,00 — 539,99 μm ; VI — диапазон толщин роговиц в пределах 540,00 — 559,99 μm ; VII — диапазон толщин роговиц в пределах 560,00 — 579,99 μm ; VIII — диапазон толщин роговиц в пределах 580,00 — 599,99 μm ; IX — диапазон толщин роговиц в пределах 600,00 — 619,99 μm ; X — диапазон толщин роговиц в пределах 620,00 — 639,99 μm

Из приведенной таблицы видно, что данные отдельных приборов для некорректированных измеренных диапазонов ЦТР при сопоставлении с другими приборами менялись от диапазона к диапазону без четкой тенденции к завышению или занижению каким либо из них. Возможно, это связано именно с некорректированностью диапазонов, ввиду чего результаты для одного и того же пациента при измерениях различными приборами попадали в различные диапазоны ЦТР, измеренной каждым отдельным прибором.

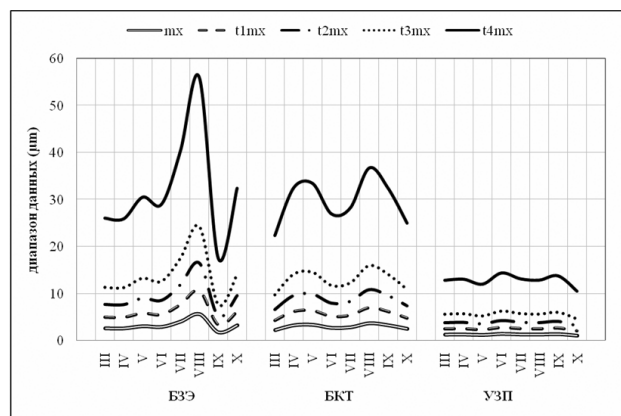


Рис. 4. Средние значения показателя ошибок измерения средней для приборов на смежных диапазонах толщины роговицы с шагом в 20 μm

Показатели ошибки измерений (m_x) в соответствии со статистической достоверностью при раз-

личной вероятности выявили следующее: для БЗЭ наименьшие ее значения были в диапазонах III, IV, VI и IX; наибольшие — V, VII, VIII и X. Для БКТ: III, VI, VII, X и IV, V, VIII, IX соответственно. Для УЗП: III, V, VIII, X и IV, VI, VII, IX соответственно (рис. 4).

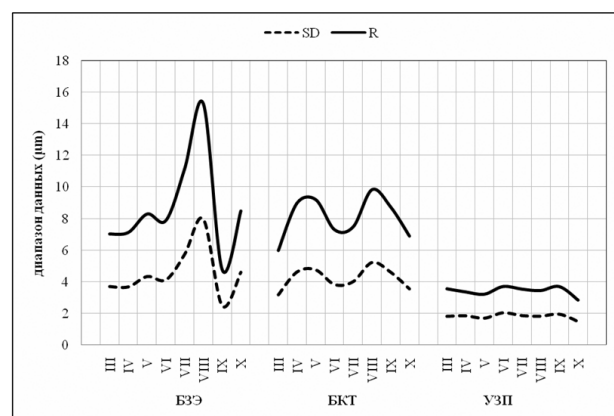


Рис. 5. Средние значения показателя стандартного отклонения (SD) и приборного разброса измерений (R) для приборов на смежных диапазонах толщин роговиц с шагом в 20 μm

Величины показателей стандартного отклонения измерений (SD) для БЗЭ, БКТ и УЗП по измеренным диапазонам соответствовали ошибкам измерений (m_x) (рис. 5).

Величины показателей коэффициента вариации (CV) (рис. 6) и приборного разброса (R) (рис. 5)

измерений для БЗЭ и БКТ по измеренным диапазонам соответствовали ошибкам (mx) и стандартным отклонениям (SD) измерений приборов. Для УЗП величины этих показателей были следующие: наименьшие их значения были в диапазонах IV, V, VIII и X; наибольшие — III, VI, VII и IX.

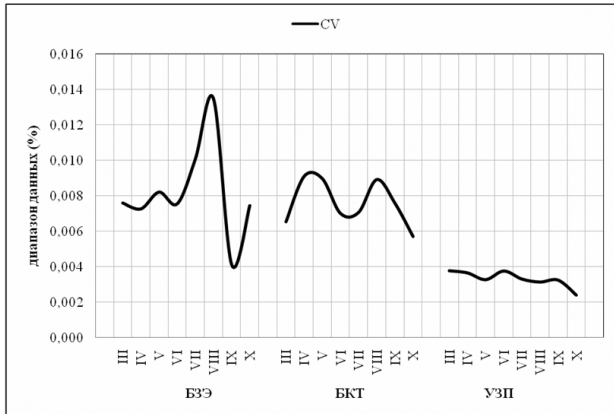


Рис. 6. Средние значения показателя коэффициента вариации измерений для приборов на смежных диапазонах толщины роговицы с шагом в 20 мкм

Как видно из графиков, данные измерений приборов и их статистических показателей менялись от диапазона к диапазону криволинейно и имели определенную направленность.

Учитывая вышеприведенные данные, можно заключить, что УЗП показала наивысшую воспроизводимость измерений центральной пахиметрии роговицы по сравнению с оптическими по всей выборке и для всех измеренных диапазонов по основным статистическим показателям (mx, SD, CV, R). БКТ показал большую воспроизводимость измерений по сравнению с БЗЭ по всей выборке и по всем измеренным диапазонам. Сравнить полученные данные с результатами других исследований не представляется возможным ввиду отсутствия таковых.

С нашей точки зрения, использование усредненных статистических показателей для всей выборки или только по диапазонам «тонкие», «средние» и «толстые» роговицы не может установить действительных взаимоотношений между резуль-

татами измерений центральной толщины роговицы разными приборами ввиду несоразмерности интервалов ЦТР и неравенства количества вариантов в каждом интервале.

По-видимому, использование предложенного деления диапазона центральных толщин роговицы с шагом 20 мкм уравнивает шансы каждой варианты показателя ЦТР и на конечные показатели статистического анализа и дает более четкое представление о взаимоотношениях между результатами измерения центральной толщины роговицы различными приборами.

Результаты парного межприборного t-теста Стьюдента.

Статистически достоверная разница измерений между парами приборов была на очень высоком уровне для УЗП и БЗЭ во всех измеренных условных диапазонах ($p < 0,01$). Для БКТ и БЗЭ была выявлена очень высокая статистически достоверная разница измерений во всех условных диапазонах ($p < 0,01$) и на уровне высокой статистически достоверной ($p < 0,05$) в первом условном диапазоне. Для УЗП и БКТ была выявлена очень высокая статистически достоверная разница измерений в условных диапазонах I, II, III, VI, VII, X, XI ($p < 0,01$) и на уровне высокой статистически достоверной в условных диапазонах IV, V, VIII, IX ($p < 0,05$).

Сравнение полученных данных с помощью парного t-теста Стьюдента показало их полное несоответствие между приборами, что указывает на невозможность прямого сопоставления этих показателей и невозможность их прямой взаимозаменяемости ввиду того, что результаты измерений разными приборами оказывались в различных интервалах измеренных диапазонов центральной толщины роговиц, прямое сравнение которых, с точки зрения статистического анализа, неприемлемо.

Результаты анализа показателей межприборной разности измерений.

Были определены усредненные значения показателя разности между измерениями (M) и показателя парного t-теста Стьюдента по всей выборке для пар приборов с учетом статистической достоверности (табл. 4).

Таблица 4

Средние значения показателя межприборной разности измерений и показателя парного t-теста Стьюдента с учетом статистической достоверности для пар приборов по всей выборке

Пара приборов	M-показатель (μm)	t-показатель	p-показатель
БКТ / БЗЭ	$\pm 36,02 \mu\text{m}$	9,54	$< 0,01$
БКТ / УЗП	$\pm 5,45 \mu\text{m}$	5,60	$< 0,01$
УЗП / БЗЭ	$\pm 30,57 \mu\text{m}$	11,33	$< 0,01$

Примечание: БКТ / БЗЭ — пара приборов «бесконтактный кератотопограф и бесконтактный зеркальный эндотелиоскоп»; БКТ / УЗП — пара приборов «бесконтактный кератотопограф и ультразвуковой пахиметр»; УЗП / БЗЭ — пара приборов «ультразвуковой пахиметр и бесконтактный зеркальный эндотелиоскоп»; M — средний показатель межприборной разности измерений для пар приборов; t — средний показатель парного t-теста Стьюдента различий измерений для пар приборов; p — средний показатель статистической достоверности различий измерений для пар приборов

Приведенные данные демонстрируют большую стабильность разности измерений для пары УЗП и БЗЭ по всем показателям. Также видна тенденция БЗЭ «занижать» значения относительно других двух приборов и небольшое различие в показателях пары УЗП и БКТ. Но данные усредненные показатели не могут выявить истинной тенденции этих показателей

по всем измеренным условным диапазонам. Для возможности определения межприборных поправочных коэффициентов и тенденции межприборных различий в измерениях ЦТР были определены значения межприборной разности измерений для пар приборов (М) на каждом измеренном скорректированном диапазоне с шагом в 20 μm (табл. 5 и рис. 7).

Таблица 5

Средние значения показателя межприборной разности измерений для пар приборов по скорректированным диапазонам с шагом в 20 μm

	Скорректированные диапазоны толщин роговиц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
БКТ	454	476	501	525	541	565	588	606	619	628	652	Хср (μm)
БЗЭ	443	454	472	490	511	526	543	567	584	606	620	
	11	22	29	35	30	39	45	39	35	22	32	М (μm)
БКТ	454	476	501	525	541	565	588	606	619	628	652	Хср (μm)
УЗП	476	489	498	523	540	554	575	599	615	634	651	
	-22	-13	3	2	1	11	13	7	4	-6	1	М (μm)
УЗП	476	489	498	523	540	554	575	599	615	634	651	Хср (μm)
БЗЭ	443	454	472	490	511	526	543	567	584	606	620	
	33	35	26	33	29	28	32	32	31	28	31	М (μm)

Примечание: Хср — среднее значение измеренной толщины роговиц; М — средний показатель межприборной разности измерений для пар приборов; I — диапазон толщин роговиц в пределах 440,00 — 459,99 μm ; II — диапазон толщин роговиц в пределах 460,00 — 479,99 μm ; III — диапазон толщин роговиц в пределах 480,00 — 499,99 μm ; IV — диапазон толщин роговиц в пределах 500,00 — 519,99 μm ; V — диапазон толщин роговиц в пределах 520,00 — 539,99 μm ; VI — диапазон толщин роговиц в пределах 540,00 — 559,99 μm ; VII — диапазон толщин роговиц в пределах 560,00 — 579,99 μm ; VIII — диапазон толщин роговиц в пределах 580,00 — 599,99 μm ; IX — диапазон толщин роговиц в пределах 600,00 — 619,99 μm ; X — диапазон толщин роговиц в пределах 620,00 — 639,99 μm ; XI — диапазон толщин роговиц в пределах 640,00 — 659,99 μm

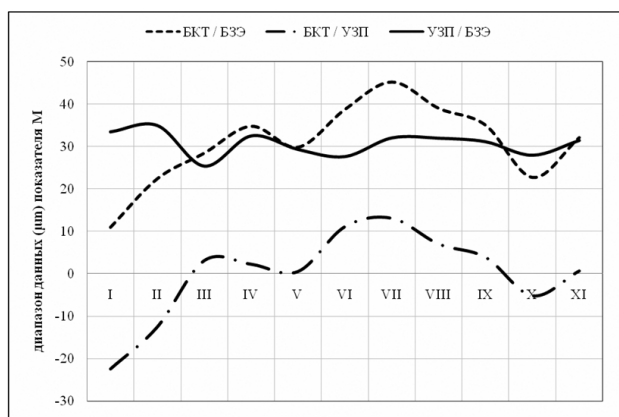


Рис. 7. Средние значения показателя межприборной разности измерений (М) для пар приборов на скорректированных диапазонах толщины роговицы с шагом в 20 μm

Из приведенного графика видно, что пара приборов УЗП и БЗЭ была наиболее стабильной по разности между измерениями (графически это отражено неправильной прямой со значениями во всех диапазонах близкими к 30 μm с небольшими ($\pm 3,0 \mu\text{m}$) отклонениями, более выраженными в начальных диапазонах — I, II, III). Это дает основание с определенной долей осторожности использовать следующий коэффициент в сопостав-

лении показателей данных приборов: ЦТР УЗП = ЦТР БЗЭ + 30 (± 3) μm .

Графические изображения, соответствующие парам БКТ и УЗП, и БКТ и БЗЭ, имели иной характер в виде «двугорбой» кривой с наименьшими пиками различий в II — III, среднем диапазоне измеренных роговиц (V, VI) и IX — X диапазонах. Также явным представлялось сходство двух кривых этих пар приборов, связанное с измерениями именно БКТ, поскольку остальные два прибора показывали почти прямолинейную зависимость между результатами измерений. Разница между двумя кривыми заключалась лишь в том, что кривая БКТ / УЗП была ниже кривой БКТ / БЗЭ на величину в каждом диапазоне, равную значениям различий между измерениями УЗП / БЗЭ в данных диапазонах. Это объясняет их сходство и направленность.

Ввиду меньшей стабильности разности измерений между парами приборов БКТ и УЗП, БКТ и БЗЭ определение усредненного поправочного коэффициента встретило трудности и нуждается в более сложном анализе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования приборы для измерения ЦТР можно расположить по

воспроизводимости получаемых данных в следующем порядке: наивысшая у контактной ультразвуковой пахиметрии, меньшая у бесконтактной кератотопографии и наименьшая у бесконтактной эндотелиоскопии. Установлено также, что данные измерений приборов не могут быть прямо взаимозаменяемы и требуют применения коррекционных коэффициентов (КК). Определение КК по средним значениям измерений суммарно и по диапазонам «тонкие», «средние» и «толстые» роговицы для каждого прибора является недостаточным и может приводить к ошибкам сопоставления. Предложенное в работе более узкое деление диапазонов ЦТР с шагом в 20 μm дало более подробную информацию о воспроизводимости, возможности сопоставления результатов измерений между приборами и отдельными диапазонами и позволило определить и предложить некоторые коррекционные коэффициенты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. Н., Литвин И. Б. Толщина роговицы как фактор риска развития первичной открытоугольной глаукомы // РМЖ Клиническая офтальмология. — 2009. — Т. 10, № 3. — С. 86–88.
2. Катаргина Л. А., Киселева О. А., Арутюнян Л. Л. и соавт. Значение центральной толщины роговицы в прогрессировании первичной открытоугольной глаукомы // Новости глаукомы. — 2010. — № 1. — С. 3–5.
3. Christensen A., Narvaz J., Zimmerman G. Comparison of central corneal thickness measurements by ultrasound pachymetry, Konan noncontact optical pachymetry and Orbscan pachymetry // Cornea. — 2008. — Vol. 27, № 8. — P. 862–865.
4. Hashemi H., Roshani M., Mehravaran S. et al. Effect of corneal thickness on the agreement between ultrasound and Orbscan II pachymetry // J. Cataract Refract Surg. — 2007. — Vol. 33, № 10. — P. 1694–1700.
5. Lara F., Fernández-Sánchez V., Lypez-Gil N. et al. Comparison of partial coherence interferometry and ultrasound for anterior segment biometry // J. Cataract Refract Surg. — 2009. — Vol. 35, № 2. — P. 324–329.
6. 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. — Vol. 34, № 10. — P. 1742–1747.
7. Paul T., Lim M., Starr C. E. et al. Central corneal thickness measured by the Orbscan II system, contact ultrasound pachymetry and the Artemis 2 system // J. Cataract Refract Surg. — 2008. — Vol. 34, № 11. — P. 1906–1912.
8. Pillunat L. E., Kohlhaas M., Buhm A. G. et al. Effect of corneal thickness on applanation tonometry, pneumotonometry and tonopen measurements // Springer-Verlag Berlin Heidelberg. — 2006. — Vol. Glaucoma. — P. 65–72.
9. Touboul D., Roberts C., Kirauret J. et al. Correlations between corneal hysteresis, intraocular pressure and corneal central pachymetry // J. Cataract Refract Surg. — 2008. — Vol. 34, № 4. — P. 616–622.
10. Узакхан Ц. Ц., Цзкан М., Канполат А. Corneal thickness measurements in normal and keratoconic eyes: Pentacam comprehensive eye scanner versus noncontact specular microscopy and ultrasound pachymetry // J. Cataract Refract Surg. — 2006. — Vol. 32, № 6. — P. 970–977.

Поступила 21.05.2010

Рецензент ст.науч.сотр., канд. мед. наук В. Я. Усов

COMPARATIVE EVALUATION OF DIFFERENT METHODS OF THE CORNEAL CENTRAL THICKNESS MEASUREMENT

S. A. Rykov, Yu. N. Kondratenko, A. N. Novitsky, A. R. Kisil
Kiev, Ukraine

Measurement of the central corneal thickness is the essential component of the patient's examination in refractive surgery, surgery of cataract and glaucoma as well as making an adequate diagnosis and monitoring of glaucoma profile patients and patients with keratoconuses and keratectasies. The main problem of the existing measurement methods of the central corneal thickness is to determine the level of their reproduction and comparison of the data obtained. The paper presented the study of measurement reproduction and comparison of the pachymetry data of the most widely used instruments for CCT measuring (ultrasound pachymetry — based on ORA device, noncontact keratotopography based on Orbscan II and noncontact endotelioscopy based on Topcon SP 3000). The above mentioned parameters are presented in total and at all measured ranges of the central corneal thickness at 20 μm intervals. The study showed the greatest measurement reproduction in the contact ultrasound pachymetry. There was revealed the impossibility of direct interdevice comparison of the results of CCT measurements, therefore correction interdevice coefficients were proposed.

