



Баранов А.Ю.¹ ✉, Епифанова Э.Э.², Бржеский В.В.¹, Садовникова Н.Н.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

² Диагностический центр № 7 (глазной) для взрослого и детского населения, Санкт-Петербург, Россия

Результаты ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии у пациентов с врожденной глаукомой и здоровых детей

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: А.Ю. Баранов, Э.Э. Епифанова – существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка текста; В.В. Бржеский – существенный вклад в замысел и дизайн исследования, критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания статьи, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования; Н.Н. Садовникова – существенный вклад в дизайн исследования, критический пересмотр статьи в части значимого интеллектуального содержания.

Подана: 08.11.2023

Принята: 13.11.2023

Контакты: a.iu.baranov@gmail.com

Резюме

Цель. Сравнить результаты измерения центральной толщины роговицы (ЦТР), полученные при помощи ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии, у детей с врожденной глаукомой и у здоровых детей.

Материалы и методы. Обследовано 57 детей (102 глаза) с первичной врожденной глаукомой и 190 здоровых детей (370 глаз). Все обследованные были разделены на 2 подгруппы. В первой подгруппе ЦТР определяли с помощью ультразвукового пахиметра OcuScan RXP (Alcon), во второй – с помощью оптического когерентного томографа Carl Zeiss Cirrus HD-OCT-5000. У 5 пациентов (9 глаз) использовались параллельно оба метода.

Результаты. По результатам ультразвуковой пахиметрии центральная толщина роговицы составила в среднем $559,53 \pm 3,44$ мкм у здоровых детей и $532,66 \pm 9,14$ мкм у пациентов с врожденной глаукомой. По данным ОКТ-пахиметрии у здоровых детей ЦТР составила $541,76 \pm 2,56$ мкм, у детей с врожденной глаукомой – $573,09 \pm 20,03$ мкм. Различия между группами оказались статистически недостоверными при использовании обоих методов исследования ($p > 0,05$). При этом у детей с врожденной глаукомой была выявлена высокая вариабельность значений ЦТР по данным как ультразвуковой, так и ОКТ-пахиметрии. При сравнении двух методов измерения толщины роговицы различия оказались статистически незначимыми. Корреляционный анализ показал отсутствие зависимости ЦТР от возраста испытуемых как в группе здоровых детей, так и в группе детей с врожденной глаукомой. В последней также отсутствовала корреляция ЦТР с диаметром роговицы, длиной передне-задней оси глазного яблока и стадией глаукомы.

Заключение. У детей с врожденной глаукомой отмечается высокая вариабельность значений центральной толщины роговицы, обусловленная изменениями в структуре и свойствах роговицы, которые носят выраженно индивидуальный характер.



Сравнительное исследование ОКТ-пахиметрии и ультразвуковой пахиметрии показало, что эти методы дают сопоставимые результаты, не имеющие статистически значимых отличий.

Ключевые слова: центральная толщина роговицы, оптическая когерентная томография, ультразвуковая пахиметрия, врожденная глаукома, здоровые дети

Baranov A.¹ ✉, Epifanova E.², Brzheshkiy V.¹, Sadovnikova N.¹

¹ Saint-Petersburg State Medical Pediatric University, Saint-Petersburg, Russia

² Diagnostic Center No. 7 (Eye) for Adult and Child Population, Saint-Petersburg, Russia

Results of Ultrasound Pachymetry and Optical Coherence Tomography Pachymetry in Patients with Congenital Glaucoma and Healthy Children

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: A. Baranov, E. Epifanova – significant contribution to the conception and design of the study, collection, analysis and interpretation of data, preparation of the text; V. Brzheshkiy – significant contribution to the concept and design of the study, critical revision in terms of significant intellectual content of the article, final approval of the version of the article for publication; N. Sadovnikova – significant contribution to the research design, critical revision of the article in terms of significant intellectual content.

Submitted: 08.11.2023

Accepted: 13.11.2023

Contacts: a.iu.baranov@gmail.com

Abstract

Purpose. To compare the results of central corneal thickness (CCT) measuring obtained using ultrasound pachymetry and OCT pachymetry in children with congenital glaucoma and in healthy children.

Materials and methods. 57 children (102 eyes) with primary congenital glaucoma and 190 healthy children (370 eyes) were examined. All patients were divided into 2 subgroups. In the first subgroup, CCT was measured using an OcuScan RXP ultrasonic pachymeter (Alcon), in the second – using Carl Zeiss Cirrus HD-OCT-5000 optical coherence tomograph. In 5 patients (9 eyes) both methods were used in parallel.

Results. According to the results of ultrasound pachymetry, CCT was 559.53 ± 3.44 μm in healthy children and 532.66 ± 9.14 μm in patients with congenital glaucoma. According to the results of OCT pachymetry, the CCT was 541.76 ± 2.56 μm in healthy children, and 573.09 ± 20.03 μm in children with congenital glaucoma. The differences between the groups were statistically insignificant when using both methods ($p > 0.05$). However, in children with congenital glaucoma, high variability in the CCT was discovered according to both ultrasound and OCT pachymetry. When comparing these two methods of CCT measuring, the differences were not statistically significant. Correlation analysis revealed that there was no dependence of the CCT on the age of the subjects both in the group of healthy children and in the group of children with congenital glaucoma. In the last one, there was also no correlation between CCT and corneal diameter, axial length and the glaucoma stage.

Conclusion. Children with congenital glaucoma have high variability in CCT values, due to changes in the structure and properties of the cornea, which are very individual. A comparative study of OCT pachymetry and ultrasound pachymetry showed that these methods give comparable results that do not have statistically significant differences.

Keywords: central corneal thickness, optical coherence tomography, ultrasound pachymetry, congenital glaucoma, healthy children

■ ВВЕДЕНИЕ

Офтальмогипертензия является одним из важнейших диагностических критериев врожденной глаукомы. Кроме того, в ходе последующего динамического наблюдения пациентов с данным заболеванием уровень внутриглазного давления (ВГД) характеризует степень компенсации глаукомного процесса и во многом определяет тактику их дальнейшего ведения.

Большинство современных тонометров калиброваны на средние значения показателей, характеризующих биомеханические свойства фиброзной оболочки глазного яблока [1, 2]. Вместе с тем эти свойства, прежде всего центральная толщина роговицы (ЦТР), значительно варьируют в популяции, что влияет на точность определения внутриглазного давления [3, 4]. В связи с этим обстоятельством сегодня определение ЦТР стало рутинной диагностической процедурой, ценность которой несомненна при интерпретации результатов офтальмотонометрии.

В настоящее время существует целый ряд приборов, позволяющих оценить толщину роговицы пациента: ультразвуковые пахиметры, оптические когерентные томографы (ОКТ), кератотопографы, Шаймпфлюг-камеры и др. В отечественной и зарубежной литературе опубликован ряд исследований, в которых представлены результаты сравнения различных методов пахиметрии у взрослых [5–8].

Так, Л.В. Куколева и соавт. (2018) при сравнении результатов измерения центральной толщины роговицы методами ультразвуковой (УЗ) и ОКТ-пахиметрии, приходят к выводу, что оба этих метода обладают высокой точностью и дают сопоставимые результаты [6]. Того же мнения придерживались Ю.С. Астахов и В.В. Потемкин, характеризуя высокую повторяемость и воспроизводимость результатов ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии [5].

Однако, с другой стороны, Л.В. Куколева и соавт. (2018) отмечают, что толщина роговицы, измеренная с помощью ОКТ переднего отрезка глазного яблока, оказалась все же несколько меньше соответствующих результатов ультразвуковой пахиметрии. При этом ультразвуковая пахиметрия дает больший статистический разброс получаемых результатов [6].

Т.К. Чураков (2016), сравнивая результаты измерений толщины роговицы с помощью Шаймпфлюг-систем PENTACAM и Park 1, ультразвукового пахиметра Ocuscan, оптического когерентного томографа для переднего сегмента глаза Visante и зеркального эндотелиального микроскопа EM-3000, пришел к выводу, что ультразвуковая пахиметрия может быть заменена любым из перечисленных методов, однако с учетом возможной разницы результатов в 20–30 мкм [7].

Вместе с тем изложенные выше сведения касаются взрослых пациентов и закономерно не учитывают возрастной специфики толщины роговицы у детей. При этом в отношении взрослых пациентов предложены многочисленные формулы и



поправочные значения для пересчета ВГД в зависимости от толщины роговицы. Публикации же, посвященные оценке центральной толщины роговицы в детском возрасте, относительно немногочисленны [2, 9–16]. Следует также иметь в виду, что у детей с врожденной глаукомой, особенно на фоне формирующегося буфтальма, изменения биомеханических свойств фиброзной оболочки глазного яблока выражены особенно сильно, что обуславливает особую значимость рассматриваемой проблемы в данной группе пациентов [17, 18].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнить результаты измерения центральной толщины роговицы, полученные при помощи ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии, у детей с врожденной глаукомой и у здоровых детей.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованы 57 детей (102 глаза) с первичной врожденной глаукомой и 190 здоровых детей (370 глаз).

Группу пациентов с врожденной глаукомой составили 36 мальчиков и 21 девочка в возрасте от 7 месяцев до 17 лет. У всех детей диагноз врожденной глаукомы был установлен по результатам комплексного обследования, включающего данные тонометрии, биомикроскопии, офтальмоскопии, УЗИ и периметрии (при ее осуществимости). Наличие отека роговицы, выявленного при осмотре на щелевой лампе, являлось критерием исключения из исследования.

Контрольную группу составили 85 мальчиков и 105 девочек в возрасте от 6 мес. до 17 лет. В нее вошли пациенты с аномалиями рефракции, непроходимостью слезоотводящих путей, а также дети без патологии органа зрения, обратившиеся к офтальмологу для планового профилактического осмотра. Критериями исключения являлось наличие заболеваний глазного яблока и зрительного нерва, косоглазия, амблиопии, а также ряда системных заболеваний: сахарного диабета, артериальной гипертензии, заболеваний щитовидной железы, сопровождающихся гипо- или гипертиреозом, органического поражения ЦНС, а также злокачественных новообразований. Всем пациентам контрольной группы было выполнено стандартное офтальмологическое обследование: визометрия с оптимальной оптической коррекцией, авторефрактометрия, биомикроскопия и офтальмоскопия.

Все пациенты были обследованы в офтальмологическом отделении клиники Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета, а также на базе детского отделения СПбГБУЗ «Диагностический центр № 7 (глазной)» в 2013–2023 гг.

Пациенты обеих групп были разделены на 2 подгруппы. В первой подгруппе центральную толщину роговицы определяли с помощью ультразвукового пахиметра OcuScan RXP (Alcon), измерения выполняли при помощи соответствующего датчика. Измерения проводили по следующей методике. При исследовании в режиме «Пахиметрия» на экране прибора появляется схема роговицы с обозначенными для измерения точками. Курсор на экране устанавливают в центральную точку измерения на роговице, после чего датчик пахиметра устанавливают на глаз пациента в заданной точке. При корректном измерении раздается звуковой сигнал, и на схеме роговицы появляются числовые значения центральной толщины роговицы.

Во второй подгруппе измерения выполняли с помощью оптического когерентного томографа Carl Zeiss Cirrus HD-OCT 5000 с использованием внешней линзы для сканирования роговицы. Исследование проводилось в режиме пахиметрии, оценке подлежало среднее значение толщины центрального кольца, имеющего диаметр 2,0 мм. Качество снимков и корректность автоматического анализа всех изображений оценивались исследователем вручную. Если качество изображения и/или его анализа было снижено вследствие артефактов моргания, плохой фиксации или иных факторов, сканирование выполнялось повторно.

Помимо этого, у 5 пациентов с врожденной глаукомой (9 глаз) использовались параллельно оба метода с целью их сравнения и определения соответствия и взаимозаменяемости.

Исследовали центральную толщину роговицы испытуемых, полученную сравниваемыми методами. При распределении значений центральной толщины роговицы по группам руководствовались классификацией Л.И. Балашевича (2005), основанной на результатах ультразвуковой пахиметрии: ультратонкие – менее 480 мкм, тонкие – 481–520 мкм, нормальные – 521–560 мкм, толстые – 561–600 мкм и ультратолстые – более 600 мкм [19].

Для статистической обработки данных использовались программы Excel (Microsoft Office 2016) и Statistica 12.0 (StatSoft). Описательная статистика представлена в следующем виде: среднее значение $\pm$ стандартная ошибка среднего. Для оценки нормальности распределения данных применялись тесты Колмогорова – Смирнова и Шапиро – Уилка. При сравнении данных с нормальным распределением признака для оценки достоверности различий между двумя выборками был использован критерий Стьюдента. В случае если полученные данные не соответствовали нормальному закону распределения, при статистическом анализе применялся непараметрический U-критерий Манна – Уитни. В целях анализа достоверности различий данных, полученных на одних и тех же пациентах при помощи обоих методов исследования, использовался W-критерий Уилкоксона. При проведении корреляционного анализа применялся критерий Спирмена. Во всех случаях статистически достоверными считали различия с уровнем значимости $p < 0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Центральная толщина роговицы по результатам ультразвуковой пахиметрии составила в среднем $559,53 \pm 3,44$ мкм у обследованных контрольной группы и $532,66 \pm 9,14$ мкм у пациентов с врожденной глаукомой. При этом минимальное значение в группе здоровых детей составило 490 мкм, максимальное – 620 мкм, а у пациентов с врожденной глаукомой – 422 мкм и 697 мкм соответственно.

По данным ОКТ-пахиметрии толщина роговицы в ее центре у здоровых детей находилась в пределах 467–615 мкм и составила в среднем $541,76 \pm 2,56$ мкм, тогда как у детей с врожденной глаукомой оказалась несколько выше – $573,09 \pm 20,03$ мкм с диапазоном значений от 455 до 1057 мкм.

Однако как при ультразвуковой, так и при ОКТ-пахиметрии различия между группами оказались статистически недостоверными ($p > 0,05$). Результаты исследований представлены в табл. 1.

Графически распределение значений центральной толщины роговицы по данным ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии среди здоровых детей представлено на рис. 1.

Таблица 1
Центральная толщина роговицы (мкм) у здоровых детей и пациентов с врожденной глаукомой, измеренная различными методами
Table 1
Central corneal thickness (µm) in healthy children and patients with congenital glaucoma, measured by various methods

Группы обследованных	Метод измерения центральной толщины роговицы					
	Ультразвуковая пахиметрия			ОКТ-пахиметрия		
	Количество глаз	Среднее значение	Диапазон значений	Количество глаз	Среднее значение	Диапазон значений
Здоровые дети	210	559,53±3,44	490–620	160	541,76±2,56	467–615
Дети с врожденной глаукомой	66	532,66±9,14	422–697	45	573,09±20,03	455–1057

Как видно из диаграммы, преобладают нормальные значения толщины роговицы (521–560 мкм) среди детей, которым проводилась как ОКТ-пахиметрия, так и ультразвуковая пахиметрия.

В ходе исследования у детей с врожденной глаукомой была выявлена высокая вариабельность значений толщины центральной зоны роговицы по данным как ультразвуковой, так и ОКТ-пахиметрии. Графически полученные результаты представлены на рис. 2.

При статистическом анализе обращали на себя внимание высокая дисперсия значений исследуемого параметра, а также большое количество выбросов в данных у детей с врожденной глаукомой по сравнению с группой здоровых детей (рис. 3).

Также нами был проведен корреляционный анализ зависимости толщины центральной зоны роговицы от различных параметров. У детей с врожденной глаукомой анализ показал отсутствие корреляции данного показателя с возрастом пациентов,

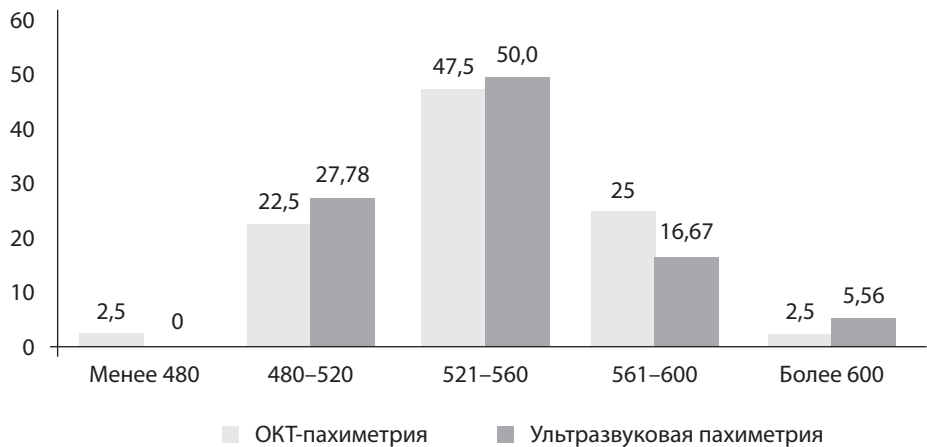


Рис. 1. Распределение значений центральной толщины роговицы по данным ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии у здоровых детей (% в группе)
Fig. 1. Distribution of central corneal thickness values according to ultrasound pachymetry and OCT pachymetry in healthy children (% in the group)

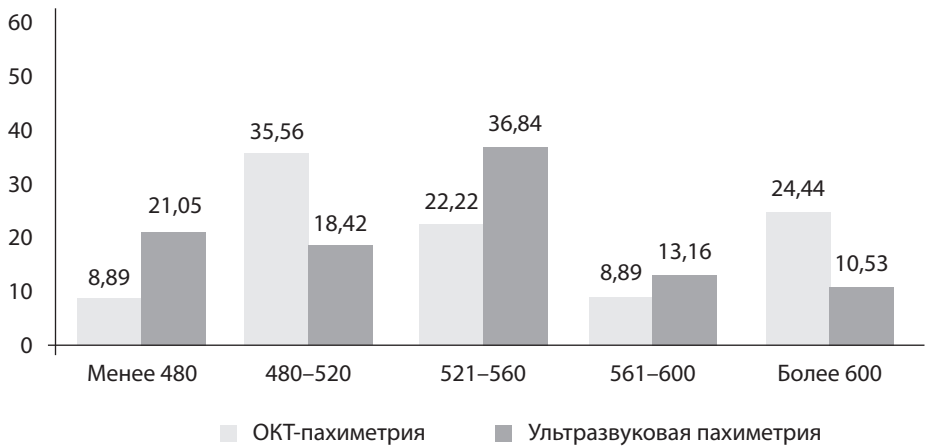


Рис. 2. Распределение значений центральной толщины роговицы по данным ультразвуковой и ОКТ-пахиметрии у детей с врожденной глаукомой (% в группе)
Fig. 2. Distribution of central corneal thickness values according to ultrasound pachymetry and OCT pachymetry in children with congenital glaucoma (% in the group)

диаметром роговицы, длиной передне-задней оси глазного яблока и стадией глаукомы. В контрольной группе толщина центральной зоны роговицы также не коррелировала с возрастом детей.

Результаты обследования здоровых детей представлены в табл. 2, а пациентов с врожденной глаукомой – в табл. 3–6.

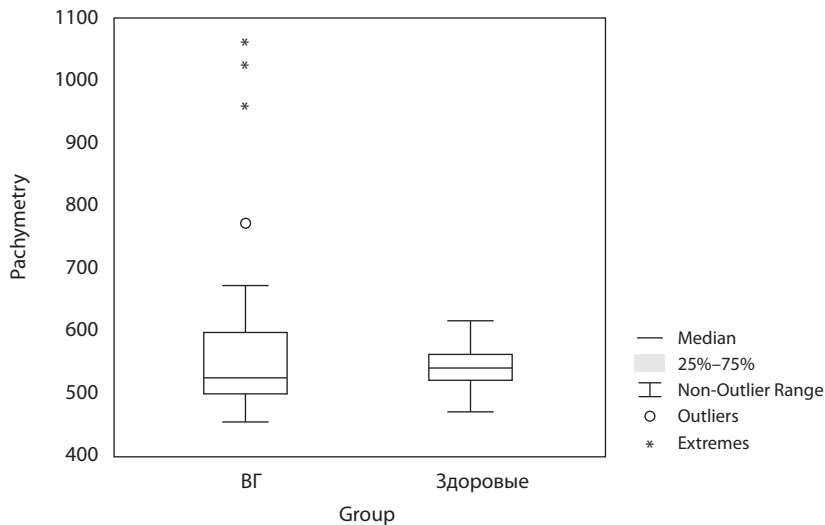


Рис. 3. Диаграмма размаха, иллюстрирующая степень дисперсии центральной толщины роговицы у детей с врожденной глаукомой и здоровых детей
Fig. 3. Box and Whisker diagram illustrating the degree of dispersion of central corneal thickness in children with congenital glaucoma and healthy children



Таблица 2

Значения возраста, длины ПЗО, диаметра и центральной толщины роговицы у здоровых детей

Table 2

Values of age, axial length, corneal diameter and central cornea thickness in healthy children

Возраст, лет	Диаметр роговицы, мм	ПЗО, мм	Ультразвуковая пахиметрия, мкм	ОКТ-пахиметрия, мкм
До 6 лет	10,61±0,15	21,11±0,13	563,0±9,02	551,69±8,08
7–11 лет	11,47±0,3	23,14±0,2	557,53±6,92	543,54±3,63
12–17 лет	11,90±0,1	23,67±0,1	560,21±4,01	537,85±3,97

Таблица 3

Значения возраста, длины ПЗО, диаметра и центральной толщины роговицы у пациентов с врожденной глаукомой (ультразвуковая пахиметрия)

Table 3

Values of age, axial length, corneal diameter and central cornea thickness in patients with congenital glaucoma (ultrasound pachymetry)

Возраст, лет	Кол-во глаз	Диаметр роговицы, мм	ПЗО, мм	ЦТР, мкм (ультразвуковая пахиметрия)
До 6 лет	26	13,32±0,43	22,54±0,54	556,63±10,55
7–11 лет	16	13,09±0,39	24,43±0,43	537,52±13,45
12–17 лет	24	12,82±0,14	25,49±0,66	534,54±13,28

Таблица 4

Значения возраста, длины ПЗО, диаметра и центральной толщины роговицы у пациентов с врожденной глаукомой (ОКТ-пахиметрия)

Table 4

Values of age, axial length, corneal diameter and central cornea thickness in patients with congenital glaucoma (OCT pachymetry)

Возраст, лет	Количество глаз	Диаметр роговицы, мм	ПЗО, мм	ЦТР, мкм (ОКТ-пахиметрия)
До 6 лет	25	12,98±0,17	22,44±0,39	565,56±28,24
7–11 лет	12	13,79±0,52	24,61±0,47	557,0±17,17
12–17 лет	22	13,43±0,2	25,82±0,58	567,18±28,84

Таблица 5

Стадия глаукомного процесса и величина центральной толщины роговицы (ультразвуковая пахиметрия)

Table 5

Glaucoma stage and central cornea thickness (ultrasound pachymetry)

Стадия врожденной глаукомы	Кол-во глаз	Диаметр роговицы, мм	ПЗО, мм	ЦТР, мкм (ультразвуковая пахиметрия)
Начальная	19	12,39±0,13	22,28±0,3	544,59±19,32
Развитая	37	13,20±0,15	24,46±0,4	551,42±9,95
Далеко зашедшая	9	14,55±0,43	25,42±0,44	563,54±8,09
Терминальная	1	13,5	24,55	562

Таблица 6

Стадия глаукомного процесса и величина центральной толщины роговицы (ОКТ-пахиметрия)

Table 6

Glaucoma stage and central cornea thickness (OCT pachymetry)

Стадия	Кол-во глаз	Диаметр роговицы, мм	ПЗО, мм	ЦТР, мкм (ОКТ-пахиметрия)
Начальная	4	11,88±0,13	22,93±1,37	531,75±22,71
Развитая	37	12,99±0,1	23,55±0,39	554,68±20,96
Далеко зашедшая	15	14,3±0,39	25,05±0,62	563,4±20,64
Терминальная	3	14,33±0,67	28,99±0,65	733,33±146,17

При сравнении двух методов измерения толщины роговицы среди группы детей с врожденной глаукомой результаты ОКТ-пахиметрии оказались несколько выше и составили в среднем $536,78 \pm 13,7$ мкм, в то время как при ультразвуковой пахиметрии толщина роговицы составила $532,33 \pm 16,59$ мкм. Однако данное различие оказалось статистически незначимым ($p=0,51$).

■ ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе встречаются противоречивые данные о значениях центральной толщины роговицы у пациентов с врожденной глаукомой.

Так, согласно исследованию M.J. Henriques et al. (2004) и T. Wygnanski-Jaffe et al. (2006), данный показатель на глазах с врожденной глаукомой был достоверно меньше, чем на парных глазах у пациентов с односторонней глаукомой. Также более тонкой оказалась роговица глаз с более «продвинутой» стадией глаукомы при двустороннем процессе. Авторы указывают, что подобные изменения могут быть связаны с растяжением роговицы [14, 15]. Аналогичным образом, по данным О.Г. Феньковой и соавт. (2011), у пациентов с простым гидрофтальмом, наряду с прогрессирующим увеличением диаметра роговицы, наблюдается ее истончение. Центральная толщина роговицы на начальной, развитой, далеко зашедшей и абсолютной стадиях врожденной глаукомы, по данным упомянутых авторов, составила $569,92 \pm 15,78$ мкм, $540,19 \pm 9,02$ мкм, $489,66 \pm 39,07$ мкм и $419 \pm 1,05$ мкм соответственно [20].

С другой стороны, в исследовании Zareei A. et al. (2018) у детей с врожденной глаукомой были получены значительно более высокие значения центральной толщины роговицы в сравнении с группой здоровых детей, притом что отек роговицы служил критерием исключения. Различия оказались статистически значимыми [16].

И наконец, в исследовании A. Doozandeh et al. (2017), исключившим все глаза с отеком, рубцами, помутнениями роговицы и линиями Гааба, не было найдено достоверных различий в толщине роговицы между глазами с врожденной глаукомой, парными «интактными» глазами тех же пациентов и глазами здоровых детей [13].

В силу этих обстоятельств нельзя утверждать, что у пациентов с врожденной глаукомой центральная толщина роговицы достоверно ниже, чем у их здоровых сверстников. Возможны ее значительные отклонения как в сторону увеличения, так и в сторону снижения. Вероятно, это связано с различной степенью растяжения роговицы на фоне глаукомного процесса у детей с врожденной глаукомой в каждом конкретном случае, а также рядом других факторов, таких как уровень ВГД и морфологические изменения роговицы (отек, рубцы, линии Гааба и др.). Эти факторы также могут оказывать влияние на биомеханические свойства фиброзной оболочки глазного яблока, что требует дальнейшего изучения.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У детей с врожденной глаукомой отмечается высокая вариабельность значений центральной толщины роговицы, обусловленная изменениями в структуре и свойствах роговицы, которые носят выраженно индивидуальный характер.

Несмотря на разнообразие современных высокоточных методов исследования центральной толщины роговицы, в настоящее время не представляется возможным выделить какой-либо из них в качестве эталонного. Сравнительное исследование



ОКТ-пахиметрии и ультразвуковой пахиметрии показало, что эти методы дают сопоставимые результаты, которые не имеют статистически значимых отличий.

Учитывая, что наиболее распространенные способы измерения офтальмотонуса, такие как аппланационная тонометрия по Маклакову и Гольдману, рикошетная тонометрия Icare и бесконтактная пневмотонометрия, воздействуют преимущественно на центр роговицы, топическое определение толщины именно в этой зоне является наиболее диагностически значимым. Эти обстоятельства требуют дальнейшего поиска наиболее точного эталонного метода оценки рассмотренного параметра.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Hager A., Loge K., Schroeder B., et al. Effect of central corneal thickness and corneal hysteresis on tonometry as measured by dynamic contour tonometry, ocular response analyzer, and Goldmann tonometry in glaucomatous eyes. *J Glaucoma*. 2008;17(5):361–365. DOI:10.1097/IJG.0b013e31815c3ad3
2. Kniestedt C., Punjabi O., Lin S., et al. Tonometry through the ages. *Surv Ophthalmol*. 2008;53(6):568–591. DOI: 10.1016/j.survophthal.2008.08.024.
3. Alexeev V.V. Evaluation of influence of corneal parameters on tonometric results in normal subjects. *Russ. med. zhur*. 2008;17(4):128–129. (In Russian)
4. Chakrabarti M., John S.R., Chakrabarti A. 180 years of evolution in Tonometry. *Kerala Journal of Ophthalmology*. 2009;2(21):173–181.
5. Astakhov Yu.S., Potemkin V.V. Corneal thickness and biomechanical properties: how to measure them and what factors influence them. *Oftalmologicheskiesvedomosti*. 2008;1(4):36–43. (In Russian)
6. Kukoleva L.V., Olevskaya E.A., Guseva A.V., et al. Comparison of ultrasound and optical pachymetry results. *Otrazhenie*. 2018;2(7):32–34. (In Russian). DOI: 10.25276/2686-6986-2018-2-32-34
7. Churakov T.K. *Assessment of corneal morphofunctional changes after excimer laser correction of myopia using LASIK technique* (PhD Thesis). St. Petersburg, 2016;21 p. (In Russian)
8. Kan E., Duran M., Yakar K. Comparison of central corneal thickness measurements using three different imaging devices. *J FrOphtalmol*. 2023;46(6):589–595. DOI: 10.1016/j.jfo.2022.09.029
9. Baranov A.Yu., Brzheskiy V.V., Chistyakova M.N., et al. Characteristic of the central cornea thickness in healthy children and in patients with congenital glaucoma. *Sovremennyyetehnologii v oftal'mologii*. 2021;2(37):161–163. (In Russian). DOI: 10.25276/2312-4911-2021-2-161-163
10. Klochko N.A., Rykun V.S., Mokhnayeva S.A. Relationship between central corneal thickness and anterior-posterior axis of the eyeball in children with various types of refraction. *Sovremennyyeproblemy nauki i obrazovaniya*. 2016;6:55. (In Russian)
11. Tugeeva E.E., Brzheskiy V.V. Features of measurement of intraocular pressure in children. *Oftal'mologicheskiesvedomosti*. 2016;9(3):23–31. (In Russian). DOI: 10.17816/9323-31
12. Tugeeva E.E., Vorontsova T.N., Brzheskiy V.V., et al. The influence of the fibrous capsule main parameters on the results of different methods of ophthalmotonometry in children. *Russkaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2015;10(2):38–40. (In Russian)
13. Doozandeh A., Yazdani S., Ansari S., et al. Corneal profile in primary congenital glaucoma. *Acta Ophthalmol*. 2017;95(7):e575–e581. DOI: 10.1111/aos.13357
14. Henriques M.J., Vessani R.M., Reis F.A.C., et al. Corneal Thickness in Congenital Glaucoma. *Journal of Glaucoma*. 2004;13(3):185–188. DOI: 10.1097/00061198-200406000-00002.
15. Wygnanski-Jaffe T., Barequet I.S. Central corneal thickness in congenital glaucoma. *Cornea*. 2006;25(8):923–925. DOI: 10.1097/01.ico.0000225712.62511.1c
16. Zareei A., Razeghinejad M.R., Salouti R. Corneal biomechanical properties and thickness in primary congenital glaucoma and normal eyes: a comparative study. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*. 2018;7(2):68–72.
17. Baranov A.Yu., Brzheskiy V.V. Corneal thickness in children with glaucoma. *Forcipe*. 2019;T2(S3):10. (In Russian)
18. Tugeeva E.E., Vorontsova T.N., Brzheskiy V.V. Results of ophthalmotonometry performed by different methods in healthy and congenital glaucoma children. *Ophthalmology: Results and Perspectives: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference of Ophthalmologists, dedicated to the 50th anniversary of the Department of Eye Diseases, Medical Institute of RUDN University*. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia. 2015;159–161. (In Russian)
19. Balashevich L.I., Kachanov A.B., Nikulin S.A., et al. Influence of corneal thickness on pneumotonometric indicators of intraocular pressure. *Oftal'mokhirurgiya*. 2005;1:32–34. (In Russian)
20. Fen'kova O.G., Fursova A.Zh., Gusarevich O.G. Significance of biometric, clinical and morphological parameters in assessment of congenital glaucoma compensation. *Glaukoma*. 2011;4:14–18. (In Russian)