

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-33-38>



Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомной оптической нейропатии у детей с первичной врожденной глаукомой

Л.А. Катаргина¹, Н.Н. Арестова^{1, 2}, Е.Н. Демченко¹, А.Ю. Панова¹, А.А. Сорокин¹ ✉

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФПДО ГБОУ ВПО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Цель работы — анализ морфометрических и клинико-функциональных проявлений глаукомной оптической нейропатии при врожденной глаукоме (ВГ) у детей. **Материал и методы.** Обследованы 103 ребенка (163 глаза) с ВГ, из них 54 ребенка (86 глаз) с первичной ВГ (ПВГ). Возраст детей от 1 мес до 17 лет. Кроме стандартного офтальмологического обследования, проведена также оптическая когерентная томография диска зрительного нерва (ДЗН), исследование зрительных вызванных потенциалов на вспышку, общей и ритмической электроретинограммы, осцилляторных потенциалов (ОП), эхобиометрия передне-задней оси глаза. **Результаты.** Средняя толщина слоя нервных волокон сетчатки перипапиллярно (пСНВС) у детей с ПВГ варьировала от 32 до 120 мкм (в среднем $71,67 \pm 18,20$ мкм), истончение обнаружено в 83,0% случаев, преимущественно в височных секторах (90,6%). Выявлена тенденция к прогрессирующему истончению пСНВС по мере развития глаукомы. Минимальная ширина нейроретинального пояса (НРП) варьировала от 87 до 336 мкм и была снижена у большинства детей (14 (87,5%) из 16), выявлена сильная обратная корреляционная связь НРП с глубиной ($r = -0,69$) и шириной ($r = -0,93$) экскавации ДЗН. Установлена сильная прямая корреляционная связь между снижением минимальной ширины НРП и толщиной пСНВС ($r = 0,79$), а также СНВС в верхне- и нижневисочных секторах ($r = 0,81$ и $r = 0,88$ соответственно). Толщина слоя ганглиозных клеток (ГК) варьировала от 8 до 23 мкм и составила в среднем $14,64 \pm 4,89$ мкм, в большинстве случаев (64,7%) зарегистрировано ее снижение. У всех пациентов отмечено снижение ($p < 0,05$) ОП на 40% и более ($6,31 \pm 2,33$) по сравнению с группой контроля ($20,24 \pm 6,28$). На этих глазах истончение пСНВС зарегистрировано в 90,6% случаев как в среднем ($p < 0,05$), так и в верхне- и нижневисочном секторах ($p < 0,05$). **Заключение.** Толщина пСНВС, минимальная ширина НРП и ОП являются наиболее чувствительными критериями оценки тяжести глаукомной оптической нейропатии у детей с ПВГ, а толщина слоя ГК может служить дополнительным диагностическим критерием для оценки состояния ДЗН.

Ключевые слова: врожденная глаукома; оптическая когерентная томография; глаукомная оптическая нейропатия; дети

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Катаргина Л.А., Арестова Н.Н., Демченко Е.Н., Панова А.Ю., Сорокин А.А. Оптическая когерентная томография в диагностике глаукомной оптической нейропатии у детей с первичной врожденной глаукомой. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16 (3): 33-8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-33-38>

Optical coherence tomography in the diagnosis of glaucomatous optical neuropathy in children with primary congenital glaucoma

Lyudmila A. Katargina¹, Nataliya N. Arestova^{1, 2}, Elena N. Demchenko¹, Anna Yu. Panova¹, Aleksandr A. Sorokin¹ ✉

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² Moscow Evdokimov State Medical Stomatological University, Faculty of Postgraduate Education, 20, bldg. 1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia
a.a.sorokin@inbox.ru

Purpose: to analyze morphometric, clinical and functional manifestations of glaucomatous optical neuropathy in congenital childhood glaucoma (CG). **Material and methods.** We examined 103 children (163 eyes) with (CG), including 54 children (86 eyes) with primary congenital glaucoma (PCG) aged 1 month to 17 years. In addition to the regular ophthalmological examination, we performed optical coherence tomography of the optic nerve head (ONH), flash visual evoked potentials, total and rhythmic electroretinogram, oscillatory potentials (OP), echobiometry of the eye axial length. **Results.** The thickness of the retinal nerve fiber layer peripapillary (pRNFL) ranged from 32 to 120 μm , averaging $71.67 \pm 18.2 \mu\text{m}$. The thinning was detected in 83.0% of cases, primarily in the temporal sectors (90.6%). As the condition progressed, a tendency to progressive thinning of the RNFL was detected. The minimum rim width (BMO-MRW) ranged from 87 to 336 μm and was reduced in most children (14 out of 16, 87.5%). A strong inverse correlation of the neuroretinal rim with the depth ($r = -0.69$) and the width ($r = -0.93$) of the excavation was detected. Also, a strong direct correlation was established between the minimum neuroretinal rim width reduction and the thickness of the BMO-MRW and pRNFL ($r = 0.79$), as well as the upper and lower temporal sectors ($r = 0.81$ and $r = 0.88$, respectively). The thickness of the ganglion cell (GC) layer varied from 8 to 23 μm and averaged $14.64 \pm 4.89 \mu\text{m}$, with a reduction recorded in most cases (64.7%). All patients showed a decrease in oscillatory potentials (OP) by 40% or more (6.31 ± 2.33) as compared to the control group (20.24 ± 6.28). Thinning of the RNFL was registered in these eyes in 90.6% of cases averagely ($p < 0.05$) and in the upper and the lower temporal sectors ($p < 0.05$). **Conclusion.** RNFL thickness, the minimal width of the BMO-MRW and the OP are the most sensitive criteria to assess the degree of glaucomatous optic neuropathy in children with PCG. The study of the GC layer thickness can serve as an additional diagnostic criterion of assessing the state of the ONH.

Keywords: congenital glaucoma; optical coherence tomography; glaucomatous optic neuropathy; children

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Katargina L.A., Arestova N.N., Demchenko E.N., Panova A.Yu., Sorokin A.A. Optical coherence tomography in the diagnosis of glaucomatous optical neuropathy in children with primary congenital glaucoma. Russian ophthalmological journal. 2023; 16 (3): 33-8 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-3-33-38>

Первичная врожденная глаукома (ПВГ) — тяжелое заболевание глаз, приводящее к инвалидизации по зрению, несмотря на успехи в диагностике и лечении, внедрение в клиническую практику современного оборудования и медикаментов.

Нарушение зрения при ПВГ носит комплексный характер и зависит как от состояния роговицы и других сред глаза, вторичных рефракционных нарушений, так и, в первую очередь, от нарушения зрительно-нервного аппарата глаза — глаукомной оптической нейропатии (ГОН).

Ранее нами и другими авторами было показано, что особенностью ГОН при ПВГ является комбинированное патологическое воздействие повышенного ВГД, растяжение оболочек глаза, нарушение кровоснабжения структур заднего полюса глаза, микроциркуляторные нарушения хориоидеи, а использование ретинотомографии (НРТ) и оптической когерентной томографии (ОКТ) может помочь в оценке степени поражения зрительного нерва и в контроле за развитием ГОН [1–5]. При этом сравнение результатов измерения толщины перипапиллярного слоя нервных волокон сетчатки (пСНВС)

при ПВГ у детей с помощью ОКТ и НРТ показало, что ОКТ более точно оценивает этот параметр в различных секторах сетчатки [1].

Однако относительно небольшой объем выборки, отсутствие анализа корреляций показателей ОКТ и функционального состояния глаз не позволили сделать однозначные выводы о возможной объективной оценке выраженности ГОН и ее вклада в нарушение зрительных функций. Кроме того, появились новые улучшенные протоколы ОКТ, позволяющие осуществлять комплексный подход к выбору объективных параметров оценки, имеющие высокую воспроизводимость и диагностическую значимость [1, 2, 6].

Литературные данные об изменениях параметров ОКТ при ПВГ и возможности их использования для диагностики и оценки прогрессирования ГОН противоречивы и основаны на небольшом клиническом материале [7–11].

ЦЕЛЬЮ нашей работы явился анализ морфометрических и клинико-функциональных проявлений ГОН при ПВГ у детей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ФГБУ НМИЦ ГБ им. Гельмгольца в период с 2020 по 2022 г. наблюдались 103 ребенка (163 глаза) с врожденной глаукомой (ВГ) в возрасте от 1 мес до 17 лет, из них 54 пациента (86 глаз), в том числе 39 (72,2%) мальчиков и 15 (27,8%) девочек, были с ПВГ, что составило 52,4%. У 19 детей (19 глаз, 35,2%) наблюдалось одностороннее поражение.

В работе использованы отечественные классификации ВГ Э.С. Аветисова, Е.И. Ковалевского и А.В. Хватовой [12], а также классификация Е.Е. Сомова [13]. Согласно комплексному подходу, основанному на выделении наиболее выраженного признака, среди 86 глаз с ПВГ начальная стадия была на 9 глазах, развитая — на 27 глазах, далеко зашедшая — на 50 глазах. Из исследования исключены 3 глаза 3 детей с двусторонней ПВГ в связи с отсутствием зрительных функций при терминальной стадии глаукомы.

Всем пациентам проведено стандартное офтальмологическое обследование (визометрия, авторефрактометрия, тонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия), также электрофизиологические исследования (ЭФИ): зрительные вызванные корковые потенциалы (ЗВП) на вспышку, общая и ритмическая электроретинограмма (ЭРГ), осцилляторные потенциалы (ОП) (RETi-port, scan 21, Roland Consult, Germany); измерение передне-задней оси (ПЗО) глазного яблока (A/B-scan system 835, Humphrey Instr., inc., США); ОКТ диска зрительного нерва (ДЗН) (Spectralis SD OCT, Heidelberg Engineering, Inc., Германия). Линия, соединяющая крайние точки мембраны Бруха, проведенная через центр экскавации, принималась за диаметр (Д) ДЗН, ширину экскавации (Э) измеряли на том же уровне. С целью нивелирования разного диаметра ДЗН для сравнения использовали соотношение Э/Д. Глубина экскавации также измерялась на уровне мембраны Бруха, однако не в центре экскавации, а в самой глубокой ее точке. Такой способ измерения нам представляется наиболее достоверным, так как при ПВГ наблюдается неравномерное растяжение глазного яблока, и измерение этих параметров на уровне других слоев дает слишком вариабельные результаты.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием стандартного пакета прикладных программ Microsoft Excel. Применялись методы описательной статистики и корреляционного анализа, значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ наличия и степени ГОН у детей проводили с учетом визуальных признаков (субъективные, офтальмоскопические), объективных морфометрических (ОКТ) и функциональных (ЭФИ: ЗВП, ЭРГ, ОП).

Результаты анализа соотношения визуальных (офтальмоскопических) признаков (побледнение ДЗН, наличие физиологической или глаукомной экскавации ДЗН (соотношение Э/Д, сдвиг сосудистого пучка) и объективных (ширина экскавации по данным ОКТ) представлены в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что по мере прогрессирования заболевания нарастает число глаз с бледным ДЗН, сдвигом сосудистого пучка, выраженностью экскавации (как при офтальмоскопии, так и по данным ОКТ). При этом соотношение Э/Д во всех стадиях широко варьирует, в том числе достигая 0,7 в начальной и 0,9 в развитой, что противоречит классификации Е.Е. Сомова [13]. Таким образом, и при объективной оценке соотношения Э/Д во многих случаях выявлено несоответствие этого признака классификационной стадии, при этом офтальмоскопическая картина часто недооценивала степень глаукоматозного поражения по сравнению с ОКТ. По данным объективной оценки нами выявлена более выраженная экскавация ДЗН, однако полученные результаты также сильно варьировали и не соответствовали стадии, что может быть связано с растяжением глазного яблока и нивелированием глубины экскавации.

Анализ взаимосвязи между параметрами ДЗН и увеличением ПЗО не выявил сильной корреляционной связи глубины экскавации и ее диаметра с увеличением ПЗО ($r = 0,32$ и $r = 0,26$ соответственно). Это объясняется тем, что при растяжении глаза изменяются объемные показатели ДЗН: уменьшается объем экскавации, но увеличивается ее площадь, поэтому при растяжении глаза, даже при объективной оценке ширины и глубины экскавации, у детей часто выявляется несоответствие стадии ПВГ.

Анализ толщины пСНВС у детей с ПВГ (53 глаза) показал, что толщина пСНВС варьировала от 32 до 120 мкм, составляя в среднем $71,67 \pm 18,2$ мкм, что существенно ниже нормы (99 мкм). При этом истончение по сравнению с нормой отмечено в 83,0% случаев, в том числе почти в половине случаев (43,4%) степень истончения пСНВС составила более 30% от нормы (табл. 2).

Сравнительно большая частота истончения была выявлена в верхне- и нижневисочных секторах (90,6%), в том

Таблица 1. Состояние ДЗН на разных стадиях ПВГ у детей

Table 1. State of the ONH at different stages of primary congenital glaucoma (PCG) in children

Стадии ПВГ Stages of PCG	n	Бледность ДЗН (число глаз/%) Pallor of the ONH (number of eyes/%)	Сдвиг и/или перегиб сосудистого пучка (число глаз/%) Displacement and/ or kink of the vascular bundle (number of eyes /%)	Э/Д (мин-макс) по данным офтальмоскопии E/D (min- max) based on ophthalmoscopy	Средние значения Э/Д по данным офтальмоскопии Average E/D values according to ophthalmoscopy	Э/Д (мин- макс) по данным ОКТ, мкм E/D (min- max) based on OCT data, μm	Средние значения Э/Д по данным ОКТ Average E/D values based on OCT data
Начальная Early	9	4/44,4	3/33,3	от 0,1 до 0,7 from 0.1 to 0.7	0.3	477–838	547
Развитая Developed	27	9/33,3	13/48,1	от 0,1 до 0,9 from 0.1 to 0.9	0.5	197–988	567
Далеко зашедшая Advanced	50	42/84,0	40/80,0	от 0,4 до 0,9 from 0.4 to 0.9	0.8	243–882	599
Итого Total	86	55/63,9	56/65,1	56/65,1%			

Примечание. n — число глаз.

Note. n — number of eyes.

Таблица 2. Анализ толщины пСНВС у детей с ПВГ (53 глаза) (использована нормативная база прибора Spectralis)
Table 2. Analysis of retinal nerve fiber layer (pRNFL) thickness in children with PCG (53 eyes) (spectralis normative database was used)

Толщина пСНВС Thickness of pRNFL	Норма, мкм Normal, μm	Среднее значение по секторам, мкм Average value by sector, μm	Частота истончения пСНВС, число глаз (% от числа исследованных глаз) Frequency of pSNVS thinning, number of eyes (% of the number of eyes examined)			
			без истончения without thinning	истончение на 10–30% thinning by 10–30%	истончение на 30% и более thinning of 30% or more	частота истончений frequency of thinning
Средняя Average	99	71,67 (32–120)	9 (17,0)	21 (39,6)	23 (43,4)	44 (83,0)
Верхне-височный Superior temporal	138	85,37 (33–160)	5 (9,4)	11 (20,7)	37 (69,9)	48 (90,6)
Височный Temporal	78	64,47 (31–115)	15 (28,3)	25 (47,2)	13 (24,5)	38 (81,7)
Нижне-височный Inferior temporal	147	84,45 (29–150)	5 (9,4)	14 (26,4)	34 (64,2)	48 (90,6)
Нижне носовой Inferior nasal	108	76,24 (25–147)	14 (26,4)	13 (24,5)	26 (49,1)	39 (73,6)
Носовой Nasal	72	58,52 (24–106)	18 (34,0)	19 (35,8)	16 (30,2)	35 (64,0)
Верхне носовой Superior Nasal	102	79,43 (23–145)	16 (30,2)	19 (35,8)	18 (34,0)	37 (69,8)

числе истончение более 30% в 69,9 и 64,2% случаев соответственно, что согласуется с данными литературы. В этих секторах также выявлена наибольшая степень истончения (38,1 и 40,8% соответственно).

Анализ средней толщины пСНВС по стадиям выявил тенденцию к прогрессирующему истончению пСНВС соответственно прогрессированию стадии ПВГ (87,6–71,9–67,8 мкм, от начальной к далеко зашедшей стадии), однако достоверных различий в величине данного параметра между стадиями не выявлено в связи с вариабельностью состояния ДЗН.

Учитывая большую вариабельность состояния ДЗН при офтальмоскопии, мы проанализировали взаимосвязь между глубиной и шириной экскавации и средней толщиной пСНВС по данным ОКТ. Выявлена умеренная обратная корреляционная связь ($r = -0,56$) толщины пСНВС (среднего показателя и по секторам) с шириной экскавации, однако сильной связи между толщиной пСНВС и глубиной экскавации на нашем материале не обнаружено ($r = -0,28$). Нами также не обнаружено достоверной корреляции между снижением средней толщины пСНВС и увеличением ПЗО ($r = -0,36$).

Для поиска объективных критериев ГОН у пациентов с известной толщиной пСНВС мы условно разделили случаи с умеренно тяжелым (истончение пСНВС менее 30%) и тяжелым поражением (истончение пСНВС более 30%) и провели анализ взаимосвязи в этих группах с глубиной и шириной экскавации, а также с увеличением ПЗО.

Выявлена умеренная обратная корреляционная связь ($r = -0,56$) между толщиной пСНВС и увеличением ПЗО у пациентов с умеренно тяжелым поражением, в то время как при тяжелом поражении обнаружена сильная обратная зависимость с шириной экскавации ($r = -0,67$). Таким образом, можно сделать вывод о том, что при снижении компенсаторных резервов — роста ПЗО глаза в ответ на повышение ВГД — происходит более сильное воздействие на зрительный нерв, что приводит к расширению экскавации и еще большему снижению толщины пСНВС.

Одним из методов оценки функционального состояния зрительного анализатора у детей раннего возраста является

определение ЗВП, причем чаще используется оценка ЗВП на вспышку как суммарный параметр функциональной активности сетчатки. Нами проведен анализ связи истончения пСНВС с амплитудой ЗВП на вспышку. Установлено, что среди глаз с ПВГ с истончением пСНВС в большинстве случаев — 76,0% (в 38 из 50 случаев) — выявлено снижение амплитуды ЗВП. Однако даже у детей с нормальной амплитудой и латентностью ЗВП (12 глаз) отмечено снижение средней толщины пСНВС от 5 до 41% от нормы.

Таким образом, одним из наиболее чувствительных показателей поражения ДЗН при ПВГ у детей можно считать снижение средней толщины пСНВС, особенно в височных секторах. Четкого соответствия между параметрами ЗВП на вспышку и истончением пСНВС нами не выявлено.

Для определения дополнительных объективных критериев ГОН мы провели анализ минимальной ширины нейроретинального пояса (НРП) (16 глаз). Этот показатель варьировал от 87 до 336 мкм при норме, согласно данным М.О. Кирилловой и соавт. [14], в 330 мкм, т. е. был снижен у большинства детей (14 (87,5%) из 16), однако тесная связь со стадией ПВГ на нашем материале выявлена только при существенном снижении ширины НРП (менее 150 мкм).

У всех этих детей зарегистрировано снижение амплитуды ЗВП при нормальных показателях латентности. При этом в подавляющем большинстве случаев (87,5%) общая ЭРГ была в пределах нормальных значений. В 76,9% (10 из 13 глаз) случаев зарегистрировано снижение толщины слоя ГК сетчатки от 7 до 40%, однако убедительных данных о взаимосвязи истончения ГК и ширины НРП на нашем материале не выявлено ($r = -0,1$).

Важно, что анализ корреляционной связи между минимальной шириной НРП и глубиной экскавации показал сильную обратную корреляцию ($r = -0,69$). Особенно сильная обратная взаимосвязь выявлена между толщиной НРП и шириной экскавации ($r = -0,93$).

Нами выявлена также сильная прямая корреляционная связь между минимальной шириной НРП и средней пСНВС ($r = 0,79$), а также толщиной СНВС в верхне- и нижневисочных секторах ($r = 0,81$ и $r = 0,88$ соответственно).

Таким образом, минимальная ширина НРП снижена у большинства обследуемых (87,5%). Стоит отметить сильную корреляцию ширины НРП с глубиной и шириной экскавации на всех глазах, в то время как такая связь с толщиной пСНВС наблюдалась только в тяжелых случаях (при снижении толщины пСНВС более 30%).

По нашему мнению, выявленные корреляции пСНВС и минимальной ширины НРП будут полезны в клинической практике. Так, у детей более младшего возраста целесообразно выполнять исследование толщины пСНВС, учитывая, что ее определение не требует долгой фиксации взгляда. Детям старшего возраста можно рекомендовать исследование минимальной ширины НРП как дополнительного диагностического критерия, так как анатомические диспропорции у них менее выражены, тем более значимым является обнаруженная взаимосвязь ширины НРП с глубиной и шириной экскавации.

Анализ толщины *слоя ганглиозных клеток (ГК)* на 17 глазах показал, что этот параметр варьирует от 8 до 23 мкм, составляя в среднем $14,64 \pm 4,89$ мкм (при норме, по данным М.О. Кирилловой и соавт. [14], $14,1$ мкм), однако в большинстве случаев — 64,7% (11 глаз) — зарегистрировано его снижение.

Однако даже в глазах с нормальной толщиной слоя ГК сетчатки (ГКС) во всех случаях выявлено снижение толщины пСНВС как в среднем, так и в верхне- и нижневисочном секторах, и выявлена корреляционная связь между толщиной слоя ГК и средним значением толщины пСНВС ($r = 0,49$) и СНВС в нижнеуловном ($r = 0,48$) и носовом ($r = 0,63$) секторах.

Таким образом, по нашим данным, снижение толщины ГК является менее чувствительным параметром, чем амплитуда ЗВП и толщина пСНВС, и может служить только дополнительным критерием оценки поражения ДЗН при ПВГ.

Поскольку ОП отражают активность внутренних слоев сетчатки и могут служить более ранним критерием функционального поражения зрительного анализатора [15, 16], нами проведен анализ ОП на 27 глазах с ПВГ. Во всех случаях отмечено его снижение на 40% и более ($6,31 \pm 2,33$) по сравнению с группой контроля ($20,24 \pm 6,28$), $p < 0,05$. На этих глазах истончение пСНВС зарегистрировано в 90,9% случаев — как по среднему показателю ($p < 0,05$), так и в верхне- и нижневисочном секторах ($p < 0,05$). Таким образом, установлено, что ОП — единственный функциональный параметр, который коррелирует с морфометрическими, что говорит о наиболее раннем его изменении и возможности использования на практике для раннего выявления ГОН у детей с ПВГ.

Установлено, что при снижении ОП чаще снижалась толщина пСНВС. По нашим данным, амплитуда ОП достоверно снижена по сравнению с группой контроля на всех глазах на всех стадиях ПВГ ($p < 0,05$). В связи с этим ОП можно считать более чувствительным электрофизиологическим показателем, чем амплитуда ЗВП, отражающим, наряду с толщиной пСНВС, раннее поражение зрительного анализатора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хотя снижение зрительных функций при ПВГ носит комбинированный характер, но именно развитие ГОН ведет к необратимой потере зрения: на момент нашего исследования в половине случаев (54,7%) дети с ПВГ и ГОН были уже слепыми (24,5%) или слабовидящими (30,2%). Анализ соотношения офтальмоскопических и морфометрических признаков ГОН выявил несоответствие многих из них классификационной стадии ПВГ, при этом офтальмоскопичес-

кая картина часто недооценивала степень глаукоматозного поражения в сравнении с ОКТ. Отсутствие существенной корреляционной связи между глубиной экскавации и увеличением ПЗО (выше возрастной нормы) и между диаметром экскавации и увеличением ПЗО обусловлено изменением объемных показателей ДЗН при растяжении глаза: уменьшается объем экскавации, но увеличивается ее площадь, поэтому даже при объективной оценке (ОКТ) ширины и глубины экскавации часто выявляется несоответствие стадии ПВГ у детей. Анализ ОКТ, проведенный нами на большом клиническом материале (53 глаза с ПВГ), позволил сделать вывод о том, что чувствительными параметрами для объективной оценки состояния ДЗН и развития ГОН при ПВГ являются толщина пСНВС, ширина НРП и осцилляционные потенциалы, имеющие наибольшую диагностическую значимость.

Нами установлено, что средняя величина пСНВС глаз детей с ПВГ составляет $71,67 \pm 18,2$ мкм (от 32 до 120 мкм), в 83,0% случаев выявлено истончение пСНВС с тенденцией к прогрессирующему истончению пСНВС по мере увеличения стадии глаукомы.

По нашим данным, одним из наиболее чувствительных параметров поражения ДЗН при ПВГ у детей можно считать снижение средней толщины пСНВС. При этом наиболее выражено поражение верхне- и нижневисочного секторов (90,6%), что свидетельствует о том, что этот параметр наиболее ярко отражает степень атрофии ДЗН и подтверждает результаты, полученные нами ранее, а также описанные в литературе [1–4, 11].

Учитывая данные литературы, согласно которым у здоровых детей толщина СНВС в верхне- и нижневисочном секторах выше, чем у здоровых взрослых [17, 18], и тот факт, что нами использована идентичная нормативная база прибора Spectralis, мы вправе предположить, что истончение пСНВС в эти секторах глазного дна у детей выражено еще в большей степени, чем нами выявлено.

Впервые проведенное нами исследование минимальной толщины НРП у детей с ПВГ выявило, что ширина НРП снижена у большинства из них (87,5%). Обнаруженная сильная прямая корреляционная связь между снижением средней толщины НРП и пСНВС позволяет использовать оба параметра для оценки тяжести ГОН у детей разных возрастных групп.

На нашем материале толщина ГКС оказалась менее чувствительным параметром, чем амплитуда ЗВП и толщина пСНВС, т. е. исследование толщины слоя ГК может пока служить дополнительным диагностическим методом для оценки состояния ДЗН.

Впервые проведенное нами исследование ОП у детей с ПВГ показало, что ОП могут быть перспективным электрофизиологическим показателем, объективно отражающим поражение зрительного анализатора у детей с ПВГ, поскольку амплитуда ОП оказалась достоверно сниженной на всех глазах, на всех стадиях ПВГ и на парных здоровых глазах детей с ПВГ в сравнении с группой контроля ($p < 0,05$).

Для выявления новых объективных клинико-функциональных критериев оценки тяжести и степени ГОН, а также подтверждения наших результатов необходимы дальнейшие исследования.

Литература/References

1. Катаргина Л.А., Мазанова Е.В., Тарасенков А.О., Рябцев Д.И. Современные методы диагностики глаукомной оптической нейропатии при врожденной глаукоме у детей. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2012; (1): 18–21. [Katargina L.A., Mazanova E.V., Tarasenkov A.O.,

- Rjabcev D.I. Modern methods of diagnosing glaucomatous optic neuropathy in children congenital glaucoma. *Rossijskaja pediatričeskaja oftal'mologija*. 2012; (1): 18–21 (In Russ.).
2. Morales-Fernandez L, Jimenez-Santos M, Martinez-de-la-Casa JM, et al. Diagnostic capacity of SD-OCT segmented ganglion cell complex versus retinal nerve fiber layer analysis for congenital glaucoma. *Eye*. 2018; 32 (8): 1338–44. doi: 10.1038/s41433-018-0077-4
 3. Prakalapakorn SG, Freedman SF, Lokhnygina Y, et al. Longitudinal reproducibility of optical coherence tomography measurements in children. *J AAPOS*. 2012; 16 (6): 523–8. doi: 10.1016/j.jaapos.2012.08.011
 4. Ghasia FF, El-Dairi M, Freedman SF, Rajani A, et al. Reproducibility of spectral-domain optical coherence tomography measurements in adult and pediatric glaucoma. *J Glaucoma*. 2015; 24 (1): 55–63. doi: 10.1097/IJG.0b013e31829521db
 5. Peruch-González L, de la Casa JMM, Sáenz-Francés F, et al. Retinal nerve fiber layer thickness in children with primary congenital glaucoma measured by spectral domain optical coherence tomography. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2019; 23 (2): 94. doi: 10.1016/j.jaapos.2017.03.023
 6. Chen TC, Hoguet A, Junk AK, et al. Spectral-domain OCT: helping the clinician diagnose glaucoma: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2018; 125 (11): 1817–7. doi: 10.1016/j.ophtha.2018.05.008
 7. Lever M, Halfwassen C, Unterlauff JD, et al. Retinal nerve fibre layer thickness measurements in childhood glaucoma: the role of scanning laser polarimetry and optical coherence tomography. *Graefes's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2021; 259 (12): 3777–86.
 8. Wen Y, Zhu Y, Zhuo Y. Changes of peripapillary retinal nerve fiber layer in childhood glaucoma: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine*. 2021; (8): 740152. doi: 10.3389/fmed.2021.740152
 9. Lever M, Halfwassen C, Unterlauff JD, et al. The paediatric glaucoma diagnostic ability of optical coherence tomography: a comparison of macular segmentation and peripapillary retinal nerve fibre layer thickness. *Biology*. 2021 Mar 25; 10 (4): 260. doi: 10.3390/biology10040260
 10. Srinivasan S, Addepalli UK, Rao HL, et al. Spectral domain optical coherence tomography in children operated for primary congenital glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2014 Feb; 98 (2): 162–5. doi: 10.1136/bjophthalmol-2012-302486
 11. Ely AL, El-Dairi MA, Freedman SF. Cupping reversal in pediatric glaucoma—evaluation of the retinal nerve fiber layer and visual field. *American Journal of Ophthalmology*. 2014; 158 (5): 905–15.
 12. Аветисов Э.С., Ковалевский Е.И., Хватова А.В. Руководство по детской офтальмологии. Москва: Медицина; 1987. [Avetisov E.S., Kovalevskij E.I., Khvatova A.V. Guide to Pediatric Ophthalmology. Moscow: Medicina; 1987 (In Russ.).]
 13. Сомов Е.Е. Первичная глаукома. Санкт-Петербург: Медиздат; 1992. [Somov E.E. Primary glaucoma. SPb.: Medizdat; 1992 (In Russ.).]
 14. Кириллова М.О., Журавлева А.Н., Зуева М.В., Цапенко И.В. Структурно-функциональные корреляции в препериметрической и начальной стадиях глаукомной оптической нейропатии. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (2): 14–22 [Kirillova M.O., Zhuravleva A.N., Zueva M.V., Tsapenko I.V. Structural and functional correlations in the pre-perimetric and the initial stages of glaucomatous optic neuropathy. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (2): 14–22 (In Russ.).] <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-14-22>
 15. Бобр Т.В., Рожко Ю.И. Осцилляторные потенциалы у больных сахарным диабетом. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности*. 2009; 2: 74–8. [Bobr T.V., Rozhko Yu. Oscillatory potentials in patients with diabetes mellitus. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedejatel'nosti*. 2009; 2: 74–8 (In Russ.).]
 16. Шамшинова А.М., Важенков С.Н. Роль осцилляторных потенциалов в анализе патогенетических механизмов нейрональных нарушений у больных первичной открытоугольной глаукомой с нормализованным внутриглазным давлением. *Офтальмология*. 2011; 8 (1): 27–31. [Shamshinova A.M., Vazhenkov S.N. The role of oscillatory potentials in the analysis of pathogenetic mechanisms of neuronal disorders in patients with primary open-angle glaucoma with normalized intraocular pressure. *Oftal'mologiya*. 2011; 8 (1): 27–31 (In Russ.).]
 17. Yanni SE, Wang J, Cheng CS, et al. Normative reference ranges for the retinal nerve fiber layer, macula, and retinal layer thicknesses in children. *Am J Ophthalmol*. 2013; 155 (2): 354–60.e1. doi: 10.1016/j.ajo.2012.08.010
 18. Wang CY, Zheng YF, Liu B, et al. Retinal nerve fiber layer thickness in children: the Gobi desert children eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018; 59 (12): 5285–91. doi: <https://doi.org/10.1167/jovs.18-25418>

Вклад авторов в работу: Л.А. Катаргина — замысел и разработка дизайна исследования, редактирование и окончательное одобрение статьи для опубликования; Н.Н. Арестова — анализ и интерпретация результатов, редактирование статьи; Е.Н. Демченко — проведение электрофизиологических исследований, статистическая обработка данных; А.Ю. Панова — сбор и анализ данных, написание статьи; А.А. Сорокин — сбор, анализ и интерпретация данных, написание и оформление статьи.

Authors' contribution: L.A. Katargina — concept and design of the study, editing and final approval of the article for publication; N.N. Arestova — analysis and interpretation of the results, editing of the article; E.N. Demchenko — conducting electrophysiological studies, statistical data processing; A.Yu. Panova — data collection and analysis, writing of the article; A.A. Sorokin — data collection, analysis and interpretation, writing of the article.

Поступила: 29.06.2022. Переработана: 03.07.2022. Принята к печати: 04.07.2022

Originally received: 29.06.2022. Final revision: 03.07.2022. Accepted: 04.07.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая Черногорязская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

² ФПДО ГБОУ ВПО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Десятская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Людмила Анатольевна Катаргина — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, начальник отдела патологии глаз у детей¹, ORCID 0000-0002-4857-0374

Наталья Николаевна Арестова — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии глаз у детей¹, доцент кафедры глазных болезней², ORCID 0000-0002-8938-2943

Елена Николаевна Демченко — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии глаз у детей¹, ORCID 0000-0001-6523-5191

Анна Юрьевна Панова — канд. мед. наук, младший научный сотрудник отдела патологии глаз у детей¹, ORCID 0000-0003-2103-1570

Александр Александрович Сорокин — аспирант отдела патологии глаз у детей¹, ORCID 0000-0002-8213-8518

Для контактов: Александр Александрович Сорокин, a.a.sorokin@inbox.ru

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

² Moscow Evdokimov State Medical Stomatologic University, Faculty of Postgraduate Education, 20, bild. 1, Delegatskaya st., Moscow, 127473, Russia

Lyudmila A. Katargina — Dr. of Med. Sci., professor, deputy director¹, ORCID 0000-0002-4857-0374

Nataliya N. Arestova — Dr. of Med. Sci., leading researcher, department of children eye pathology¹, associate professor, chair of ophthalmology², ORCID 0000-0002-8938-2943

Elena N. Demchenko — Cand. of Med. Sci., researcher, department of children's eye pathology¹, ORCID 0000-0001-6523-5191

Anna Yu. Panova — Cand. of Med. Sci., junior researcher, department of children's eye pathology¹, ORCID 0000-0003-2103-1570

Aleksandr A. Sorokin — PhD student, department of children's eye pathology¹, ORCID 0000-0002-8213-8518

Contact information: Aleksandr A. Sorokin, a.a.sorokin@inbox.ru