

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-3-97-102>



Роль ультразвуковых методов в оценке биометрических характеристик зрительного нерва

Т.Н. Киселева, А.В. Баева, Е.К. Елисеева, В.В. Макухина

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

Диагностика патологии зрительного нерва (ЗН) основывается на результатах клинико-инструментального обследования, электрофизиологического исследования, компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Возможности этих методов нередко ограничены, а стоимость высока. Ультразвуковое исследование является неинвазивным, высокоинформативным и относительно недорогим методом. Обзор посвящен роли эхографии в дифференциальной диагностике заболеваний ЗН, представлены сведения о технике измерения диаметра ЗН и его нормативных параметрах. Помимо офтальмопатологии, В-сканирование ЗН является необходимым диагностическим методом при заболеваниях головного мозга и системной патологии. В клинической практике для оценки степени тяжести поражения и эффективности лечения заболеваний ЗН огромное значение имеет определение его основных акустических и биометрических характеристик. Требуется дальнейшее изучение сопоставимости результатов измерения интраокулярной и ретробульбарной частей ЗН с использованием различных методов визуализации.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование; В-сканирование; диаметр зрительного нерва; компьютерная томография; магнитно-резонансная томография

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Киселева Т.Н., Баева А.В., Елисеева Е.К., Макухина В.В. Роль ультразвуковых методов в оценке биометрических характеристик зрительного нерва. Российский офтальмологический журнал. 2020; 13 (3): 97-102. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-3-97-102>

The role of ultrasound methods in the assessment of biometric characteristics of the optic nerve

Tatiana N. Kiseleva, Alena V. Baeva, Elena K. Eliseeva, Viktoriya V. Makukhina

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

The diagnostics of the optic nerve (ON) pathology relies on the results of clinical and instrumental examinations, electrophysiological tests, computer tomography and magnetic resonance imaging. The potentials of these techniques are often limited, and the costs high. Ultrasound examination is noninvasive, informative and relatively inexpensive. The literature review is focused on the role of echography in the diagnosis and diagnostic differentiation of optic nerve pathologies. The data on the techniques of measurements of the optic nerve sheath diameter (ONSD) and its normal parameters are presented. In addition to eye pathology, B-scanning of the optic nerve is a very useful diagnostic method in cerebral pathology and systemic diseases. In clinical practice, the measurement of the main acoustic and biometric characteristics of ON plays a crucial role in the assessment of severity of damage and treatment effectiveness of ON pathology. The comparability of measurements of intraocular and retrobulbar ON parts using the different imaging techniques will require further studies.

Keywords: ultrasound; B-scan; optic nerve sheath diameter; computed tomography; magnetic resonance imaging

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: Kiseleva T.N., Baeva A.V., Eliseeva E.K., Makukhina V.V. The role of ultrasound methods in the assessment of biometric characteristics of the optic nerve. Russian ophthalmological journal. 2020; 13 (3): 97-102 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-3-97-102>

Патология зрительного нерва (ЗН) — одна из главных причин слепоты и слабовидения, изучение этой проблемы включено в ряд важнейших задач клинической офтальмологии [1]. Этиология заболеваний ЗН разнообразна и включает в себя врожденные аномалии развития, атрофии, воспалительные поражения, вторичные изменения — травматические, сосудистые, застойные явления в результате внутричерепной патологии, а также опухолевые процессы. В патологический процесс могут вовлекаться различные участки зрительных путей: интрабульбарный, интраорбитальный, интраканаликулярный и интракраниальный. Своевременное выявление, оценка локализации и характера структурно-функциональных поражений имеют большое значение для определения эффективных методов лечения с целью предотвращения прогрессирования заболеваний ЗН и улучшения прогноза.

Диагностика патологии ЗН основывается на результатах клинико-инструментального обследования, электрофизиологического исследования, компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Современные методы визуализации, включающие оптическую когерентную томографию (ОКТ), спектральную ОКТ (С-ОКТ), ОКТ с функцией ангиографии (ОКТ-А), гейдельбергскую ретинальную томографию (HRT) являются неинвазивными высокоинформативными исследованиями интраокулярного отдела ЗН, с помощью которых можно получить изображение поперечного среза тканей *in vivo*, изучить структуру сетчатки и диска зрительного нерва (ДЗН) с количественной оценкой морфометрических параметров, а также проанализировать состояние перипапиллярного кровотока. Однако эти методы отличаются дороговизной и имеют ряд ограничений, в том числе затруднение проведения исследования у младенцев и маленьких детей, у пациентов с нарушением фиксации и низкой остротой зрения.

КТ и/или МРТ являются золотым стандартом диагностики внутричерепной патологии и заболеваний ЗН. Благодаря использованию КТ и МРТ, доступными для визуализации становятся орбитальный, интраканаликулярный и интракраниальный отделы ЗН. Однако, несмотря на очевидные преимущества и точность методов, существует целый ряд противопоказаний к проведению этих исследований. Так, детям до 5 лет КТ и МРТ выполняются в состоянии медикаментозного сна.

Ультразвуковое сканирование позволяет визуализировать ретробульбарную часть (примерно две трети орбитального отдела) ЗН и определить не только анатомическое состояние нерва, но и его соотношение с окружающими тканями. Кроме того, эхография в режиме В-сканирования позволяет оценить толщину или диаметр ЗН, а также изменения оболочек глаза вблизи ДЗН [2–4].

Высокая воспроизводимость результатов, методическая простота и информативность определяют интерес к ультразвуковому исследованию (УЗИ) ЗН в офтальмологической практике. Несмотря на то, что изображение ЗН при стандартной МРТ считается более качественным, эхография имеет целый ряд преимуществ. К основным достоинствам ультразвукового метода относятся безопасность и безвредность исследования, возможность его многократного применения у пациентов любого возраста без опасения возникновения каких-либо нежелательных последствий, отсутствие необходимости особой предварительной подготовки больных к проведению исследования, его экономичность и относительная быстрота, а также отсутствие абсолютных противопоказаний. Недостатком является затруднение визуализации структур у вершины орбиты, что связано с

ограничением проникновения ультразвуковой волны в эту анатомическую зону.

Для визуализации сосудистых структур дополнительно осуществляется цветное дуплексное сканирование (ЦДС) — визуализация кровотока в просвете сосуда с последующей регистрацией основных показателей гемодинамики.

Техника и параметры проведения ультразвукового исследования. Исследование ЗН в В-режиме рекомендуют выполнять при средненизких значениях коэффициента усиления сигнала Gain [5, 6]. Вначале можно применять высокий уровень Gain, постепенно снижая его до момента получения наиболее качественного изображения орбитальных структур. Сравнительная оценка изображений ЗН правого и левого глаза проводится с использованием одинаковых значений Gain [3, 7]. Для визуализации ЗН в орбите осуществляется аксиальное сканирование по горизонтальной и вертикальной плоскости. Ультразвуковой датчик устанавливается транспальпебрально при фиксации взгляда пациента прямо или парацентрально, чуть кнаружи по горизонтальному меридиану (т. е. на 3 ч справа и на 9 ч слева) при взгляде пациента немного кнутри (продольное сканирование). Такая техника обеспечивает перпендикулярное направление ультразвукового луча, который, минуя хрусталик, напрямую проходит через задний полюс глаза и ЗН с получением его качественного изображения. На двухмерных эхограммах ЗН представляет собой гипэхогенную, тубулярной формы структуру с S-образным изгибом, которая прослеживается от заднего полюса вдоль видимой части орбиты. Область ДЗН в норме на эхограмме не дифференцируется. Исключение составляют пациенты детского возраста, у которых нередко выявляется незначительная проминенция ЗН в стекловидное тело, симметричная с обеих сторон. На протяжении, от выхода из глазного яблока до входа в зрительный канал, нерв имеет три оболочки: твердую, паутинную и мягкую. При УЗИ в более глубоких отделах орбиты в норме выявляется эффект затухания эхосигнала от оболочек ЗН, которые наиболее четко визуализируются при расширении субарахноидального пространства.

При эхографической оценке состояния ЗН принимают во внимание следующие характеристики: 1) ход зрительного нерва в орбите (не изменен или изменен); 2) диаметр поперечного сечения зрительного нерва и его оболочек; 3) эхогенность зрительного нерва на его протяжении; 4) внутренняя структура (однородная или неоднородная).

Ультразвуковые методы в дифференциальной диагностике патологии ЗН. Наряду с разрабаткой и совершенствованием диагностической аппаратуры в настоящее время в зарубежной и отечественной литературе достаточно подробно описана эхографическая структура ЗН в норме и при различных заболеваниях.

Эхография ЗН в В-режиме помогает дифференцировать различные патологические процессы данной локализации [2, 5, 8–10]. Например, при увеличении диаметра ЗН в 2 раза и более по сравнению с нормой следует заподозрить наличие опухоли. Эхографическая картина воспалительного процесса характеризуется утолщением, преимущественно переднего отдела ретробульбарной части нерва. Увеличение диаметра ЗН может быть связано с утолщением его паренхимы, расширением периневрального пространства и нарушением продукции/резорбции ликвора.

В настоящее время имеются сведения о нормативных биометрических параметрах ЗН у здоровых лиц разного возраста. Измерение диаметра (толщины) ЗН обычно проводят на расстоянии 3 мм от заднего полюса (внутреннего контура) глаза [3]. У взрослых поперечный диаметр ретробульбарной

части ЗН с оболочками не превышает 5 мм, у детей в возрасте от 1 года до 15 лет — 4,5 мм, у младенцев до 1 года — 4 мм. Разница межжулярной толщины ЗН составляет не более 0,5 мм [3, 7].

По данным К. Oluseyi, I. Ukamaka [11], при проведении стандартной эхографии орбитальной части ЗН с помощью multifunctionального ультразвукового сканера и линейного датчика частотой 7,5 МГц у 150 здоровых добровольцев (300 глаз) среднее значение диаметра ЗН с оболочками составило $4,20 \pm 0,38$ мм (от 3,91 до 5,21 мм). Авторы не обнаружили достоверных различий между параметрами толщины ЗН правого и левого глаза, а также их зависимости от пола и возраста.

Большинство исследователей указывают на высокий уровень воспроизводимости результатов биометрии ЗН при соблюдении стандартной техники транспальпебрального В-сканирования с использованием датчиков частотой от 7,5 до 16 МГц и методики трех- или четырехкратного измерения толщины нерва в 3 мм от заднего полюса с фиксацией средней величины [12, 13].

R. Maude и соавт. [13] представили небольшой диапазон колебаний показателей толщины ЗН с оболочками: от 4,24 до 4,83 мм у 136 здоровых добровольцев при использовании высокочастотного датчика 15 МГц. Другие авторы обнаружили более значительный размах значений этих показателей независимо от частоты диагностического ультразвука: от 4,3 до 5,7 мм и от 4,3 до 7,6 мм с применением датчиков 7,5 МГц и 13 МГц соответственно. Отличия нормативных значений толщины ЗН, полученных разными авторами, вероятно, обусловлены различием техники сканирования, числом пациентов, видом ультразвуковых сканеров и частотой датчиков.

S. Ballantyne и соавт. [14] проводили измерение толщины ЗН у одного и того же пациента несколькими специалистами в одинаковых условиях. Сравнительная оценка полученных результатов показала незначительный разброс значений этого показателя, что подтверждает информативность В-сканирования в определении биометрических параметров ЗН [15]. Точность показателей толщины ЗН напрямую связана с увеличением частоты ультразвукового датчика. Уменьшение диапазона нормативных значений диаметра ЗН отмечалось при использовании высокочастотных датчиков 13–15 МГц [16, 17].

Известно, что КТ и МРТ позволяют получить не только высококачественное изображение орбитальных структур, но и определить биометрические показатели ЗН. J. Bäuerle и соавт. [18] установили высокую достоверную корреляцию между средними значениями толщины ЗН, зафиксированными с помощью ультразвукового метода и МРТ (5,4 и 5,6 мм соответственно). Однако в литературе отсутствуют сведения о соотношении биометрических параметров ЗН, полученных с помощью этих двух методов.

Благодаря высокой информативности В-сканирования в оценке состояния ЗН методика нашла широкое применение в клинической практике. Ряд публикаций посвящен использованию УЗИ ЗН в диагностике повышенного внутричерепного давления (ВЧД) [18–22]. Внутричерепная гипертензия (ВЧГ) считается не самостоятельным заболеванием, а патологическим состоянием, возникающим на фоне различных болезней, черепно-мозговой травмы или нарушения кровообращения головного мозга, и характеризуется стойким повышением ВЧД до 20 мм рт. ст. и более [23]. К. Hansen, Н. Helmke [24] впервые с помощью эхографии изучили влияние высокого ВЧД на толщину ЗН в эксперименте на 20 кадаверных препаратах до и после введения в субарахноидальное пространство 20%-ного раствора же-

латина, разогретого до 40 °С. Авторы проводили измерение диаметра ЗН на расстоянии 3 мм от оболочек глаза (область луковичного сегмента) в продольной плоскости и установили расширение этого участка в 60 % случаев. Утолщение нерва на расстоянии 10 мм от заднего полюса глаза наблюдалось лишь в 35 % случаев, что позволило сделать вывод о целесообразности проведения биометрии в зоне наиболее податливого участка ЗН, в 3 мм от заднего полюса глаза при использовании техники продольного сканирования [24].

В последние годы УЗИ ЗН называют золотым стандартом диагностики ВЧГ. L. Chen и соавт. [25] проводили эхографию ЗН в режиме реального времени пациентам за 5 мин до люмбальной пункции и через 5 мин после процедуры и установили положительную корреляционную взаимосвязь между уровнем ВЧД и толщиной ЗН.

D. Kim и соавт. [26] показали наиболее высокую информативность коэффициента соотношения толщины ЗН к передне-задней оси (ПЗО) глаза для определения риска ВЧГ у пациентов с черепно-мозговыми травмами (ЧМТ) по сравнению с измерением диаметра ЗН. Авторы отметили, что диагностическая значимость биометрических параметров не зависит от метода исследования ЗН (УЗИ, КТ или МРТ).

В структуре заболеваний ЗН лидирующие позиции занимают оптический неврит (30–40 % случаев) и ишемическая оптическая нейропатия (59 % случаев). До внедрения в офтальмологическую практику ОКТ эхография оставалась единственным объективным методом диагностики папиллиты и ретробульбарного неврита (РБН) [27–29]. Комплексное исследование ЗН с использованием ОКТ и УЗИ у пациентов с папиллитом показало одно- или двустороннюю проминенцию ДЗН более чем на 1 мм и утолщение орбитальной части ЗН с расширением периневрального пространства при РБН [29].

Эхографическая картина передней ишемической оптической нейропатии характеризуется отеком ДЗН, расширением периневрального пространства и утолщением оболочек ЗН и отсутствием видимых изменений при задней ишемической нейропатии. При отеке ДЗН следует проводить сравнение полученного изображения с парным глазом, поскольку на эхограмме пораженного глаза зона ДЗН увеличена в размерах и проминирует в стекловидное тело. Акустическая плотность отечного диска низкая, лишь его поверхность дифференцируется в виде гиперэхогенной полосы [27, 30, 31]. Дополнительное применение ЦДС орбиты в режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) и импульсной доплерографии позволяет выявить локальные нарушения кровотока в области ЗН при этой патологии [32, 33].

УЗИ является высокоинформативным методом в диагностике глубокорасположенных друз ДЗН, когда они не определяются офтальмоскопически, а клиническая картина диска напоминает истинный застойный ДЗН. Эхографически друзы определяются в виде гиперэхогенных, высокой акустической плотности, округлой формы структур в области головки ЗН, аваскулярных в режиме ЦДК [34–36].

В работе Н.М. Елисевой и соавт. [37] проводилась оценка возможностей В-сканирования ЗН при ВЧГ, сопоставление полученных результатов с данными нейроофтальмологического обследования и их динамикой после хирургического лечения. Авторы предложили транспальпебральную методику сканирования в двух проекциях (аксиальной, сагитальной) в положении пациента сидя или лежа. С помощью эхографии в В-режиме определяли проминенцию ДЗН, диаметр орбитальной части нерва с оболочками и подоболочечное пространство. Измерение проводилось от точки наибольшего выстояния ДЗН в стекловидное тело до решетчатой

пластинки. Толщину подболобочечного пространства ретробульбарного отдела ЗН регистрировали трехкратно в двух проекциях сканирования в 8 мм от глазного яблока (от решетчатой пластинки). После нейрохирургического вмешательства в динамике проводили биометрию основных показателей ЗН, результат считался положительным при уменьшении диаметра подболобочечного пространства более чем на 0,2 мм [37]. Аналогичная техника сканирования ЗН представлена М.И. Андрейцевой и соавт. [22] при ВЧГ у пациентов с внутримозговыми кровоизлияниями.

Т.Н. Юрьева и соавт. [38] представили наиболее информативные биометрические параметры ЗН в диагностике и мониторинге РБН. Для объективной оценки состояния ЗН и его оболочек авторы вычисляли среднее значение диаметра ЗН по формуле: $\text{Дср} = (\text{Д1} + \text{Д2} + \text{Д3}) / 3$, где Д1, Д2 и Д3 — диаметры нерва, полученные в результате первого, второго и третьего измерений. Кроме того, особое внимание уделяли таким параметрам, как максимальный показатель просвета периневрального пространства и площадь передней части орбитального отдела ЗН. Данное обследование проводилось до начала лечения и в динамике на 7-й и 14-й день терапии. Во всех случаях РБН выявлено увеличение диаметра и площади передней части орбитального отдела ЗН по сравнению с нормой на 33,26 и 91,75 % соответственно. Изменение состояния периневрального пространства в виде его расширения или заполнения патологическим содержимым отмечено в 60 % случаев [38].

Ультразвуковое исследование в В-режиме играет важную роль в оценке состояния интраокулярного и интраорбитального отделов ЗН при травме глаза. В большинстве случаев визуализируется утолщение ЗН, наличие кровоизлияний в периневральном пространстве (внутриоболочечная гематома) и орбите в виде гипоехогенных участков. Кроме того, можно обнаружить эхографические признаки внутриглазных изменений, соответствующих травматическому повреждению глаза. При закрытой травме глаза помимо утолщения оболочек в парамакулярной области может визуализироваться проминенция ДЗН и утолщение ретробульбарной части ЗН [39, 40]. Сравнительная оценка результатов УЗИ и МРТ при закрытой травме глаза показала соответствие биометрических параметров ЗН, полученных с помощью этих методов [41].

ЦДК может помочь дифференцировать компрессию ЗН, вызванную орбитальным кровоизлиянием, от других причин его поражения, оценить перфузию в ДЗН [42]. При отрыве ЗН в остром периоде В-сканирование дает возможность выявить наличие склерального разрыва вблизи места его выхода, множественные гиперэхогенные включения (геморрагии) в стекловидном теле в проекции перипапиллярной зоны, утолщение ретробульбарной части ЗН. В некоторых случаях определяется расширение эписклерального пространства в области заднего полюса [30].

Исследование биометрических параметров ЗН по стандартной вышеописанной методике нашло широкое применение в клинической практике для оценки степени тяжести эклампсии у беременных женщин: диаметр ЗН с оболочками более 5,0 мм является независимым дополнительным критерием ее тяжести [43, 44]. Благодаря неинвазивности, простоте и доступности эхографического контроля состояния ЗН, метод используется в отделениях анестезиологии и реанимации родильных домов и перинатальных центров.

Большой интерес представляет анализ сопоставимости результатов исследования ЗН, полученных с использованием разных методов визуализации: УЗИ (В-режим), КТ и/или МРТ. Ряд авторов определили высокую корреляцию

биометрических показателей, полученных с помощью этих трех методов. Однако отмечают несомненные преимущества В-сканирования, в особенности у детей и тяжелобольных, возможность проведения обследования в динамике и отсутствие нежелательного лучевого воздействия [45–48]. В качестве положительного момента упоминаются мобильность ультразвуковой аппаратуры и возможность проведения исследования у постели больного.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, УЗИ является наиболее простым и высокоинформативным методом оценки состояния ЗН. Помимо офтальмопатологии, В-сканирование ЗН остается важным диагностическим методом при заболеваниях головного мозга и системной патологии. Однако остаются дискуссионные вопросы о нормативных параметрах толщины ЗН у лиц разных возрастных групп, их изменениях при различных заболеваниях центральной нервной системы. Требуется дальнейшее изучение сопоставимости результатов измерения интраокулярной и ретробульбарной частей ЗН с использованием различных методов визуализации.

Литература/References

1. *Елисеєва Е.К., Нероев В.В., Зуева М.В., Цапенко И.В., Захарова М.Н.* Оптичний неврит на фоні розсіяного склерозу (обзор литературы и результаты собственного исследования). Точка зрения. Восток — Запад. 2018; 2: 112–5. <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-2-112-115> [Eliseeva E.K., Neroev V.V., Zueva M.V., Tsapenko I.V., Zakharova M.N. Optic neuritis with multiple sclerosis (review of literature and own data). Point of View. East — West. 2018; 2: 112–5 (in Russian). <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-2-112-115>]
2. *Dutton J.J., Byrne S.F., Proia A.D.* Diagnostic atlas of Orbital Diseases. Philadelphia, WB Saunders. 2000. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(01\)00857-1](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(01)00857-1)
3. *Patrick G., Zeiler F., Unger B., Karakitsos D., Gillman L.* Ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in healthy volunteers. Journal of critical. 2016; 31 (1): 168–71. <https://doi.org/10.1016/j.jcr.2015.10.009>
4. *Siebler M.* Neuro-orbital ultrasound. Manual of Neurosonology. 2016: 300. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107447905.031>
5. *Green R.L., Byrne S.F.* Diagnostic ophthalmic ultrasound. Basic Science, Inherited Retinal Disease and Tumors. Retina. 2006; 1 (4). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-02598-0.50020-3>
6. *Kendall C.J., Prager T.C., Cheng H., Gombos D., Tang R.A., Schiffman J.S.* Diagnostic ophthalmic ultrasound for radiologists. Neuroimaging Clinics. 2015; 25 (3): 327–65. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2015.05.001>
7. *Lochner P., Leone M.A., Coppo L., et al.* B-mode transorbital ultrasonography for the diagnosis of acute optic neuritis. A systematic review. Clinical Neurophysiology. 2016; 127 (1): 803–9.
8. *Lochner P., Brigo F., Nardone R., Lesmeister M., Fassbender K.* Diagnosis and classification of optic neuropathies. The Lancet Neurology. 2017; 16 (5): 342–3. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(17\)30092-3](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(17)30092-3)
9. *Samyukta S.K., Khader S.M.A., Pawar N., et al.* Optic disk contractility in morning glory disk anomaly. Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. 2018; 22 (2): 154–6. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2017.10.017>
10. *Wall P.B., Traboulsi E.I.* Optic nerve malformations. Practical management of pediatric ocular disorders and strabismus. 2016: 395–406. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2745-6_38
11. *Oluseyi K.Y.H., Ukamaka I.* Ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. Annals of International Medical and Dental Research. 2017; 3 (2): 30. <https://doi.org/10.21276/aimdr.2017.3.2.rd9>
12. *Bidur K.C., Thapa A.* Study of optic nerve sheath diameter in normal Nepalese adults using ultrasound. Birat Journal of Health Sciences. 2018; 3 (1): 357–60.
13. *Maude R.R., Hossain M.A., Hassan M.U., et al.* Transorbital sonographic evaluation of normal optic nerve sheath diameter in healthy volunteers in Bangladesh. PLOS ONE. 2013; 8 (12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081013>
14. *Ballantyne S.A., O'Neill G., Hamilton R., Hollman A.S.* Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. European journal of ultrasound. 2002; 15 (3): 145–9. [https://doi.org/10.1016/s0929-8266\(02\)00036-8](https://doi.org/10.1016/s0929-8266(02)00036-8)
15. *Asghar A., Hashmi M., Hussain A.* Optic nerve sheath diameter evaluated by transorbital sonography in healthy volunteers from Pakistan. Anaesthesia,

- Pain & Intensive Care. 2015; 19 (3): 282–6. https://ecommons.aku.edu/pakistan_fhs_mc_anesth/128
16. *Du Toit G.J., Hurter D., Nel M.* How accurate is ultrasound of the optic nerve sheath diameter performed by inexperienced operators to exclude raised intracranial pressure? South African Journal of Radiology. 2015 19 (1):1–5. <https://doi.org/10.4102/sajr.v19i1.745>
17. *Shrestha G.S.* Transorbital sonographic evaluation of normal optic nerve sheath diameter in healthy Nepalese adults. Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care. 2016; 3 (02): 115–8. <https://doi.org/10.4103/2348-0548.182343>
18. *Bäuerle J., Schuchardt F., Schroeder L., et al.* Reproducibility and accuracy of optic nerve sheath diameter assessment using ultrasound compared to magnetic resonance imaging. BMC neurology. 2013; 13 (1): 187. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-13-187>
19. *Thotakura A.K., Marabathina N.R., Danaboyina A.R., Mareddy R.R.* Role of serial ultrasonic optic nerve sheath diameter monitoring in head injury. Neurochirurgie. 2017; 63 (6): 444–8. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2017.06.001>
20. *Steinborn M., Fiegler J., Ruedisser K., et al.* Measurement of the optic nerve sheath diameter in children: comparison between transbulbar sonography and magnetic resonance imaging. Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound. 2011; 33 (6): 569–73. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273491>
21. *Agrawal A., Cheng R., Tang J., Madhok D.Y.* Comparison of two techniques to measure optic nerve sheath diameter in patients at risk for increased intracranial pressure. Critical Care Medicine. 2019; 47 (6): 495–501. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000003933>
22. *Андрейцева М.И., Петриков С.С., Хамидова Л.Т., Солодов А.А.* Ультразвуковое исследование структур канала зрительного нерва в диагностике внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями. Журнал им. Н.В. Склифосовского. Неотложная медицинская помощь. 2018; 7 (4): 349–56. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356> [Andreyceva M.I., Petrikov S.S., Hamidova L.T., Solodov A.A. Ultrasound examination of the structures of the optic nerve channel in the diagnosis of intracranial hypertension in patients with intracranial hemorrhages. Zhurnal imeni N.V. Sklifosovskogo. Neotlozhnaya medicinskaja pomosh. 2018; 7 (4): 349–56 (in Russian). <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2018-7-4-349-356>]
23. *Петриков С.С., Крылов В.В.* Нейромониторинг у больных с внутричерепными кровоизлияниями. Часть 1. Мониторинг внутричерепного давления, церебральной оксигенации и метаболизма. Нейрохирургия. 2009; (4): 10–8. [Petrikov S.S., Krylov V.V. Neuromonitoring in patients with intracranial hemorrhages. Part 1. Monitoring of intracranial pressure, cerebral oxygenation and metabolism. Neurosurgery. 2009; 4: 10–8 (in Russian)].
24. *Hansen H.C., Helmke K.* Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. Journal of neurosurgery. 1997; 87 (1): 34–40. <https://doi.org/10.3171/jns.1997.87.1.0034>
25. *Chen L.M., Wang L.J., Hu Y., et al.* Ultrasonic measurement of optic nerve sheath diameter: a non-invasive surrogate approach for dynamic, real-time evaluation of intracranial pressure. Br. J. Ophthalmol. 2019; 103 (4): 437–41. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-312934>
26. *Kim D.H., Jun J.S., Kim R.* Ultrasonographic measurement of the optic nerve sheath diameter and its association with eyeball transverse diameter in 585 healthy volunteers. Scientific reports. 2017; 7 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16173-z>
27. *Киселева Т.Н.* Передняя ишемическая нейропатия. В кн.: Аветисов С.Э., Егоров Е.А., Мошетова Л.К., Нероев В.В., Тахчиди Х.П., ред. Офтальмология. Национальное руководство: 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2018: 671–8. [Kiseleva T.N. Anterior ischemic neuropathy. In: Avetisov S.E., Egorov E.A., Moshetova L.K., Neroyev V.V., Takhchidi H.P., eds. Ophthalmology. National leadership: 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: GEOTAR-Media; 2018: 671–8 (in Russian)].
28. *Курицына О.А., Рыкун В.С., Пеутина Н.В.* Использование современных комплексных ультразвуковых исследований в диагностике поражений зрительного нерва. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2002; 18: 307. [Kuricyna O.A., Rykun V.S., Peutina N.V. The integrated use of modern ultrasound in the diagnosis of lesions of the optic nerve. Ultrazvukovaya i funktsionalnaya diagnostika. 2002; 18: 307 (in Russian)].
29. *Мамиконян В.Р., Гавриленко А.В., Галоян Н.С. и др.* Глазной кровоток при патологии сонных артерий. Вестник офтальмологии. 2015; 131 (2): 19–25. <https://doi.org/10.17116/oftalma2015131219-25> [Mamikonyan V.R., Gavrilenko A.V., Galoyan N.S., et al. Ocular blood flow and carotid artery malfunction. Vestnik oftalmologii. 2015; 131 (2): 19–25 (in Russian). <https://doi.org/10.17116/oftalma2015131219-25>]
30. *Нероев В.В., Киселева Т.Н., ред.* Ультразвуковые исследования в офтальмологии: Руководство для врачей. 1-е издание. Москва: Издательство ИКАР. 2019. [Neroyev V.V., Kiseleva T.N., eds. Ultrasound in ophthalmology: a guide for doctors. 1st edition. Moscow: IKAR. 2019 (in Russian)].
31. *Шеремет Н.Л., Ронзина И.А., Галоян Н.С., Казарян Э.Э.* Современные методы исследования зрительного нерва при оптических нейропатиях различного генеза. Вестник офтальмологии. 2011; 127 (2): 15–8. [Sheremet N.L., Ronzina I.A., Galoyan N.S., Kazaryan E.E. Up to date methods of optic nerve evaluation in patients with optic neuropathy of various etiology. Vestnik oftalmologii. 2011; 127 (2): 15–8 (in Russian)].
32. *Сашнина А.В., Киселева Т.Н., Азоева А.В., Солонский Д.С.* Ультразвуковые методы исследования в диагностике ишемических поражений органа зрения при патологии сонных артерий. Паллиативная медицина и реабилитация. 2004; (2): 98–101. [Sashnina A.V., Kiseleva T.N., Azoeva A.V., Solonkskiy D.S. Ultrasound methods of investigation in the diagnosis of ischemic lesions of the visual organ in carotid artery pathology. Palliativnaya medicina i reabilitatsiya. 2004; (2): 98–101 (in Russian)].
33. *Влазнева И.Н.* Ультразвуковая цветная доплерография в дифференциальной диагностике передней и задней оптической нейропатии. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016; 21 (4): 1477–81. [Vlazneva I.N. Ultrasound color dopplerography in the differential diagnosis of anterior and posterior optic neuropathy. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2016; 21 (4): 1477–81 (in Russian). doi: 10.20310/1810-0198-2016-21-4-1477-1481]
34. *Шеремет Н.Л., Харлап С.И., Киселева Т.Н., Будзинская М.В., Кравчук Е.А.* Друзы диска зрительного нерва. Сообщение 1. Возможности диагностики. Вестник офтальмологии. 2010; 126 (2): 8–11. [Sheremet N.L., Kharlap S.I., Kiseleva T.N., Budzinskaya M.V., Kravchuk E.A. Optic disc drusen. Communication 1. The possibilities of diagnosis. Vestnik oftalmologii. 2010; 126 (2): 8–11 (in Russian)].
35. *Щуко А.Г., Самсонов Д.Ю., Жукова С.И., Юрьева Т.Н.* Диагностика друз диска зрительного нерва у детей. Офтальмология. 2015; 12 (4): 40–5. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2015-4-40-45> [Shchuko A.G., Samsonov D.U., Zhukova S.I., Yureva T.N. Diagnosis of optic disk drusen in children. Ophthalmology in Russia. 2015; 12 (4): 40–5 (in Russian). <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2015-4-40-45>]
36. *Мамиконян В.Р., Галоян Н.С., Шеремет Н.Л. и др.* Дифференциация сопутствующей глаукомной оптической нейропатии при друзах диска зрительного нерва. Вестник офтальмологии. 2013; 129 (5): 67–73. [Mamikonyan V.R., Galoian N.S., Sheremet N.L., et al. Differentiation of concomitant glaucomatous optic neuropathy in optic disc drusen. Vestnik oftalmologii. 2013; 129 (5): 67–73 (in Russian)].
37. *Елисеева Н.М., Серова Н.К., Шифрин М.А.* Ультразвуковое исследование зрительных нервов при внутричерепной гипертензии. Вестник офтальмологии. 2008; 124 (6): 29–33. [Eliseeva N.M., Serova N.K., Shifrin M.A. Ultrasound study of optic nerves in intracranial hypertension. Vestnik oftalmologii. 2008; 124 (6): 29–33 (in Russian)].
38. *Юрьева Т.Н., Булакова Е.В., Худоногов А.А., Аюева Е.К., Сухарчук О.В.* Визуализация зрительного нерва в диагностике и мониторинге ретробульбарного неврита. Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2011; 6 (82): 133–6. [Yurieva T.N., Burlakova E.V., Khudonogov A.A., Ajueva E.K., Suharchuk O.V. Optic nerve visualization in diagnostics and monitoring of optic neuritis. Bulleten VSNC SO RAMN. 2011; 6 (82): 133–6 (in Russian)].
39. *Киселева Т.Н., Цапченко И.В., Зуева М.В., Бедретдинов А.Н.* Изменения кровотока и функционального состояния сетчатки и зрительного нерва при закрытой травме глаза. Российский офтальмологический журнал. 2016; 9 (1): 32–8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2016-9-1-32-38> [Kiseleva T.N., Tsapenko I.V., Zueva M.V., Bedredinov A.N. Blood flow and functional changes in the retina and the optic nerve due to blunt eye trauma. Russian ophthalmological journal. 2016; 9 (1): 32–8 (in Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2016-9-1-32-38>]
40. *Зеленцов К.С., Иойлева Е.Э., Зеленцов С.Н.* Ультразвуковое исследование зрительного нерва у больных с контузией глаза. Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016; 21 (4): 1544–6. <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2016-21-4-1544-1546> [Zelentsov K.S., Ioyleva E.E., Zelentsov S.N. Ultrasound examination of optic nerve among people having eye contusion. Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2016; 21 (4): 1544–6 (in Russian). <https://doi.org/10.20310/1810-0198-2016-21-4-1544-1546>]
41. *Сангаева Л.М., Серова Н.С., Выкляк М.В., Буланова Т.В.* Лучевая диагностика травм глаза и структур орбиты. Вестник рентгенологии и радиологии. 2007; 2: 60–4. [Sangaeva L.M., Serova N.S., Vykyuk M.V., Bulanova T.V. Radiodiagnosis of injuries to the eye and orbital structures. Vestnik Rentgenologii Radiologii. 2007; 2: 60–4 (in Russian)].
42. *Majeed G., Kashyap S., Menoni R., Miulli D., Swiss R.* A noninvasive method for the estimation of increased intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury using optic nerve sheath diameter measured on computed tomography head. Surgical Neurology International. 2019; 10: 97. <https://doi.org/10.25259/sni-120-2019>
43. *Богданова А.С., Куликов А.В., Жилин А.В. и др.* Ультразвуковое измерение оболочки диска зрительного нерва в оценке тяжести преэклампсии. Медицинский вестник Башкортостана. 2016; 1 (61): 27–30. [Bogdanova A.S., Kulikov A.V., Zhilin A.V., et al. Ultrasound study of optic nerve sheath diameter in assessing the severity of preeclampsia. Medicinskij vestnik Bashkortostana. 2016; 1 (61): 27–30 (in Russian)].

44. *Коленко О.В., Сорокин Е.Л., Егоров В.В.* Влияние преэклампсии на параметры макулярной сетчатки. Современные технологии в офтальмологии. 2015; 2: 202–4. [*Kolenko O.V., Sorokin E.L., Egorov V.V.* Influence of preeclampsia on the parameters of macular retina. *Sovremennye tekhnologii v oftal'mologii*. 2015; 2: 202–4 (in Russian)].
45. *Qayyum H., Ramlakhan S.* Can ocular ultrasound predict intracranial hypertension? A pilot diagnostic accuracy evaluation in a UK emergency department. *European Journal of Emergency Medicine*. 2013; 20 (2): 91–7. <https://doi.org/10.1097/mej.0b013e32835105c8>
46. *Sahin S., Carman K.B., Yazar C.* Optic nerve sheath diameter measurement in children presenting to a pediatric emergency department with head trauma. *Turkish Journ. of Pediatric Emergency & Intensive Care Medicine*. 2019; 6 (1): 7–13. <https://doi.org/10.4274/cayd.galenos.2019.47450>
47. *Padayachy L.C., Padayachy V., Galal U., Gray R., Fieggen A.G.* The relationship between transorbital ultrasound measurement of the optic nerve sheath diameter (ONSD) and invasively measured ICP in children. *Child's nervous system*. 2016; 32 (10): 1769–78. <https://doi.org/10.1007/s00381-016-3068-4>
48. *Steinborn M., Fiegler J., Ruedisser K., et al.* Measurement of the optic nerve sheath diameter in children: comparison between transbulbar sonography and magnetic resonance imaging. *Ultraschall Med*. 2011; 33 (6): 569–73. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273491>

Вклад авторов в работу: Т.Н. Киселева — разработка концепции и дизайна исследования, финальная подготовка статьи к публикации; А.В. Баева — сбор и обработка данных литературы, участие в написании статьи; Е.К. Елисеева — анализ данных литературы, написание и редактирование статьи; В.В. Макухина — сбор и обработка данных литературы.

Поступила: 02.02.2020
Переработана: 10.02.2020
Принята к печати: 16.02.2020

Originally received: 02.02.2020
Final revision: 10.02.2020
Accepted: 16.02.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия
Татьяна Николаевна Киселева — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела ультразвуковых исследований
Алена Витальевна Баева — аспирант кафедры глазных болезней
Елена Константиновна Елисеева — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований
Виктория Валерьевна Макухина — врач-ординатор
Для контактов: Елена Константиновна Елисеева, eliseevaek@ya.ru

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
Tatiana N. Kiseleva — Dr. of Med. Sci., Professor, head of ultrasound diagnostic department
Alena V. Baeva — Phd student of chair of eye diseases
Elena K. Eliseeva — Cand. of Med. Sci., researcher of ultrasound diagnostic department
Viktoriya V. Makukhina — resident doctor
Contact information: Elena K. Eliseeva, eliseevaek@ya.ru