



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-2-40-46>

Эхографические диагностические критерии передней ишемической оптической нейропатии и оптического неврита

В.В. Нероев^{1, 2}, Т.Н. Киселева¹, Е.К. Елисева¹ ✉, А.В. Баева², К.В. Луговкина¹, М.В. Рябина¹, В.Э. Танковский¹

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

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Цель работы — определить объективные эхографические критерии для дифференциальной диагностики передней ишемической оптической нейропатии (ПИОН) и оптического неврита (ОН). **Материал и методы.** Обследовано 60 пациентов в возрасте от 40 до 60 лет (в среднем $40,36 \pm 8,23$ года), из них 30 пациентов с подозрением на ПИОН и 30 — с подозрением на ОН. Группу контроля составили 40 здоровых добровольцев. Помимо стандартного офтальмологического обследования всем пациентам выполняли ультразвуковое исследование зрительного нерва (ЗН) с измерением толщины ЗН и акустической плотности (АП) паренхимы и оболочек ЗН. Оценка кровотока в ретробульбарных сосудах осуществлялась в режимах цветового доплеровского картирования и импульсной доплерографии. **Результаты.** Средние эхографические показатели толщины ЗН у пациентов с ПИОН и ОН достоверно не различались. У пациентов с ОН отмечалось статистически значимое снижение среднего показателя АП ЗН по сравнению с таковым у пациентов с ПИОН и у здоровых добровольцев ($106,02 \pm 5,40$, $146,58 \pm 9,70$ и $135,3 \pm 2,1$ у. е. соответственно). Значения АП ЗН у всех пациентов с ПИОН оказались не менее 133 у. е., при ОН — не более 132 у. е. Оценка параметров гемодинамики в сосудах глаза продемонстрировала статистически достоверное снижение максимальной систолической (V_{syst}) и конечной диастолической (V_{diast}) скорости кровотока в центральной артерии сетчатки и медиальных и латеральных задних коротких цилиарных артериях (ЗКЦА) у пациентов с ПИОН (в 2 раза) по сравнению с ОН и в норме ($p < 0,001$). Достоверных различий между показателями кровотока у пациентов с ОН и здоровых добровольцев не отмечено. Не обнаружено также достоверных межгрупповых различий показателей гемодинамики в глазной артерии ($p > 0,05$). **Заключение.** Показатели АП ЗН и параметры линейной скорости кровотока V_{syst} и V_{diast} в медиальных и латеральных ЗКЦА можно отнести к диагностическим критериям ПИОН и ОН.

Ключевые слова: зрительный нерв; ультразвуковое исследование; передняя ишемическая оптическая нейропатия; оптический неврит; акустическая плотность; кровотоки; задние короткие цилиарные артерии

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Для цитирования: Нероев В.В., Киселева Т.Н., Елисева Е.К., Баева А.В., Луговкина К.В., Рябина М.В., Танковский В.Э. Эхографические диагностические критерии передней ишемической оптической нейропатии и оптического неврита. Российский офтальмологический журнал. 2023; 16 (2): 40-6. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-2-40-46>

Ultrasound diagnostic criteria of anterior ischemic optic neuropathy and optic neuritis

Vladimir V. Neroev^{1, 2}, Tatiana N. Kiseleva¹, Elena K. Eliseeva¹ ✉, Alena V. Baeva², Kseniya V. Lugovkina¹, Marina V. Ryabina¹, Vladimir E. Tankovsky¹

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

² Moscow Evdokimov State Medical Stomatological University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia
eliseevaek@ya.ru

Purpose: to determine objective echographic criteria for the differential diagnosis of anterior ischemic optic neuropathy (AION) and optic neuritis (ON). **Material and methods.** The research involved 60 patients aged 40 to 60 years, including 30 patients with suspected AION and 30 patients with suspected ON. The control group consisted of 40 healthy volunteers. In addition to the standard ophthalmological examination, all patients underwent ultrasound optic nerve's examination with measurement of the optic nerve thickness and acoustic density (AD) of the parenchyma and optic nerve sheaths. Assessment of blood flow in retrobulbar vessels was carried out in the modes of Color Doppler Imaging and pulse dopplerography. **Results.** There were no statistically significant differences in average echographic parameters of the optic nerve's thickness between the groups of patients with AION and ON. In patients with ON there was a statistically significant decrease in the average AD index compared to that in patients with AION and in healthy volunteers (106.02 ± 5.40 y. e., 146.58 ± 9.70 y. e. and 135.3 ± 2.1 y. e., accordingly). The AD values in all patients with AION exceeded 133 y. e., in patients with ON this index was less than 132 y. e. Evaluation of hemodynamic parameters in the vessels of the eye demonstrated a statistically significant decrease in the peak systolic velocity (V_{syst}) and end-diastolic velocity (V_{diast}) blood flow in the central retinal artery and medial and lateral short posterior ciliary arteries in patients with AION (in 2-fold) compared with ON and normal indices ($p < 0.001$). There were no statistically significant differences between parameters of blood flow in patients with ON and in healthy volunteers. In addition, there were no significant intergroup differences of hemodynamic parameters of the ophthalmic artery ($p > 0.05$). **Conclusions.** AD of the optic nerve and parameters of blood flow velocities (V_{syst} and V_{diast}) in medial and lateral short posterior ciliary arteries can be attributed to the diagnostic criteria of the AION and ON.

Keywords: optic nerve; ultrasound examination; anterior ischemic optic neuropathy; optic neuritis; acoustic density; blood flow; posterior short ciliary arteries

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

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

For citation: Neroev V.V., Kiseleva T.N., Eliseeva E.K., Baeva A.V., Lugovkina K.V., Tankovsky V.E. Ultrasound diagnostic criteria of anterior ischemic optic neuropathy and optic neuritis. Russian ophthalmological journal. 2023; 16 (2): 40–6 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2023-16-2-40-46>

Заболевания зрительного нерва (ЗН) по-прежнему остаются одной из актуальных проблем клинической офтальмологии, поскольку в 12% случаев приводят к инвалидизации лиц трудоспособного возраста. Среди поражений ЗН наиболее часто встречаются оптические невриты (ОН) и передняя ишемическая оптическая нейропатия (ПИОН) [1, 2].

ПИОН — острая ишемия переднего отдела ЗН, характеризующаяся быстрым и стойким снижением зрительных функций с последующим развитием полной или частичной атрофии ЗН. Распространенность заболевания составляет 2,3–10,2 на 100 тыс. населения. ПИОН отмечается преимущественно у лиц среднего и пожилого возраста (старше 40 лет) и возникает в результате нарушения кровотока в системе задних коротких цилиарных артерий (ЗКЦА), кровоснабжающих ЗН. К наиболее частым причинам ишемического поражения ЗН относятся атеросклероз и артериальная гипертензия, окклюзии сонных артерий, сахарный диабет, васкулит и др. [1–3].

ОН — острая полиэтиологическая патология, поражающая ЗН вследствие воспалительного или демиелинизирующего процесса, приводящая к значительному снижению остроты зрения. Существуют различные причины, вызыва-

ющие ОН, среди них преобладают аутоиммунные заболевания, инфекционные поражения и паранеопластические процессы, демиелинизирующие заболевания центральной нервной системы. ОН встречается как у лиц молодого, так и среднего возраста (от 18 до 50 лет). В 22–25% случаев ОН приводит к развитию частичной или полной атрофии ЗН [4, 5]. По клинической картине ОН подразделяют на папиллит с поражением интраокулярного отдела ЗН, проявляющийся в виде отека диска зрительного нерва (ДЗН), и ретробульбарный неврит — с вовлечением в процесс интраорбитального отдела ЗН. При ретробульбарном неврите патологические проявления на глазном дне часто отсутствуют, в таких случаях существенную роль в диагностике заболевания играют методы нейровизуализации и функциональные исследования [6].

ПИОН и ОН могут иметь схожую клиническую картину, трудности дифференциальной диагностики возникают в основном у лиц среднего возраста [7–9]. В отечественной и зарубежной литературе представлены сведения об использовании в дифференциальной диагностике ПИОН и ОН различных инструментальных методов, включающих электрофизиологические исследования (ЭФИ), оптическую

когерентную томографию (ОКТ), флюоресцентную ангиографию (ФАГ), магнитно-резонансную томографию (МРТ). Однако до сих пор ведется поиск новых диагностических критериев на основе использования неинвазивных и простых методов исследования ЗН [10, 11].

В настоящее время ультразвуковое исследование (УЗИ) применяется для измерения биометрических параметров ЗН и определения его структурных характеристик [9]. Доказана высокая информативность цветового доплеровского картирования (ЦДК) и импульсной доплерографии (ИД) в диагностике и определении тактики лечения сосудистой патологии глаза [2]. Преимуществами УЗИ являются неинвазивность, доступность, воспроизводимость результатов, возможность многократного использования и исследования глазного кровотока при непрозрачных оптических средах, метод не требует введения контрастных веществ и исключает лучевую нагрузку.

ЦЕЛЬ работы — определение объективных эхографических критериев для дифференциальной диагностики ПИОН и ОН.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С января 2020 г. по июнь 2022 г. обследовано 60 пациентов в возрасте 40–60 лет, из них 30 пациентов с подозрением на ПИОН (средний возраст — $52,92 \pm 4,76$ года) и 30 пациентов с подозрением на ОН (средний возраст — $47,25 \pm 4,98$ года). Группа контроля сопоставимого полового и возрастного состава включала 40 здоровых добровольцев.

Помимо стандартного офтальмологического обследования, включающего визометрию, биомикроскопию, тонометрию, офтальмоскопию, компьютерную периметрию, всем пациентам проводили УЗИ ЗН с помощью многофункционального сканера Voluson E8 (GE Healthcare) и линейного датчика с частотой 10,0–18,5 МГц при средне-низких значениях коэффициента усиления сигнала (Gain) по представленной ранее методике [8]. Акустическую мощность диагностического прибора корректировали с учетом соответствующих рекомендаций международных профессиональных организаций (Food and Drug Administration (FDA), Американского института ультразвука в медицине (AIUM)), согласно которым экспозицию и интенсивность выходного акустического сигнала снижают до уровня, позволяющего регистрировать изображение оптимального качества [12].

Оценка акустических характеристик включала определение хода ЗН в орбите (изменен или не изменен), его экзогенности на всем протяжении и внутренней структуры паренхимы и оболочек (однородная или неоднородная). С помощью аксиального горизонтального сканирования ЗН на расстоянии 3 мм от центра ДЗН измеряли толщину ЗН обоих глаз с оболочками (ТОЗН) и без оболочек (ТБОЗН). При помощи эходенситометрии в режиме «серой шкалы» осуществлялась оценка акустической плотности (АП) паренхимы и оболочек ЗН с построением двухмерных гистограмм в трех точках и расчетом среднего значения в условных единицах (у. е.) цифрового анализа изображения.

Кроме того, выполняли УЗИ в режиме ЦДК и ИД для исследования кровотока в орбитальных сосудах: глазной артерии (ГА), центральной артерии сетчатки (ЦАС), ЗКЦА с латеральной и медиальной стороны (лат. ЗКЦА и мед. ЗКЦА). Регистрировали основные количественные параметры гемодинамики в сосудах: максимальную систолическую скорость кровотока (V_{syst}), конечную диастолическую скорость кровотока (V_{diast}) и индекс резистентности (RI).

По показаниям дополнительно проводились ЭФИ, ОКТ, МРТ с анализом изображений головного мозга, ла-

бораторные исследования и консультации смежных специалистов (невролога, кардиолога, ревматолога и др.)

Статистическая обработка данных проводилась на персональном компьютере с помощью программы Microsoft Excel, 2019. Достоверность результатов определялась по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Показатели максимально скорректированной остроты зрения (МКОЗ) у пациентов обеих групп были сопоставимы и варьировали от 0,3 до 1,0. Внутриглазное давление (ВГД) находилось в пределах нормальных значений. Компьютерная периметрия показала наличие скотом и квадрантных выпадений поля зрения как при ПИОН, так и при ОН. В 20% (6 глаз) случаях с ПИОН наблюдались типичные альтитудинальные скотомы.

Офтальмоскопическое исследование при ПИОН показало в 70% случаев (21 глаз) отек ДЗН с единичными геморрагиями на ДЗН и в перипапиллярной зоне — 20% (6 глаз), в остальных случаях отмечалось побледнение ДЗН с изменением калибра и хода ретинальных сосудов. У 12 (40%) из 30 пациентов с ОН патологические изменения на глазном дне не визуализировались.

При проведении эхографии орбиты на глазах с ОН у 9 (30%) из 30 пациентов определялась неоднородность внутренней структуры ЗН, преимущественно в области переднего отдела ретробульбарной части. Лишь у 3 (10%) пациентов на эхограмме при вертикальном поперечном сканировании выявлялись изменения в виде анэхогенного полумесяца или кольца вокруг паренхимы ЗН — «симптом бублика». У 12 (40%) из 30 пациентов с ОН на эхограмме выявлялась проминенция ДЗН.

У пациентов с ПИОН эхоструктура ЗН пораженного глаза не отличалась от таковой на парном здоровом глазу, проминенция ДЗН визуализировалась у большинства пациентов (26 глаз, 86%).

Биометрическая оценка поперечного диаметра ретробульбарного отдела ЗН показала отсутствие межгрупповых достоверных изменений средних показателей толщины ЗН при ПИОН и ОН. У всех пациентов с ПИОН и ОН определялось умеренное расширение периневрального пространства с утолщением оболочек ЗН, средние значения ТБОЗН и ТОЗН при ПИОН составили $2,65 \pm 0,19$ и $5,10 \pm 0,39$ мм соответственно; в группе с ОН — $2,89 \pm 0,53$ и $5,65 \pm 0,54$ мм соответственно (рис. 1, А, Б). У 3 пациентов с ОН значения ТОЗН превышали 6,0 мм (6,4, 6,5 и 6,8 мм). В норме биометрические показатели были следующими: ТБОЗН — $2,64 \pm 0,21$ мм и ТОЗН — $4,60 \pm 0,34$ мм. Показатели ТОЗН при ОН достоверно превышали значения этого параметра в норме ($p < 0,001$).

У пациентов с ПИОН средние значения АП ЗН находились в диапазоне от 160,3 до 133,9 у. е., а при ОН показатели АП колебались в интервале от 132,2 до 82,0 у. е. (рис. 2). Средний показатель АП ЗН при ПИОН достоверно превышал таковой при ОН ($146,58 \pm 9,70$ и $106,02 \pm 5,40$ у. е. соответственно) и в группе контроля ($135,3 \pm 2,1$ у. е.).

Анализ параметров гемодинамики показал статистически достоверное снижение V_{syst} и V_{diast} кровотока в латеральных и медиальных ЗКЦА у пациентов с ПИОН, а также увеличение индекса периферического сопротивления (RI) по сравнению с нормой (таблица, рис. 3, А–В). Кроме того, у пациентов с ПИОН регистрировали умеренное снижение максимальной V_{syst} кровотока в ЦАС ($p < 0,05$). У пациентов с ОН статистически достоверных изменений показателей кровотока в сосудах глаза по сравнению с нормой не отме-

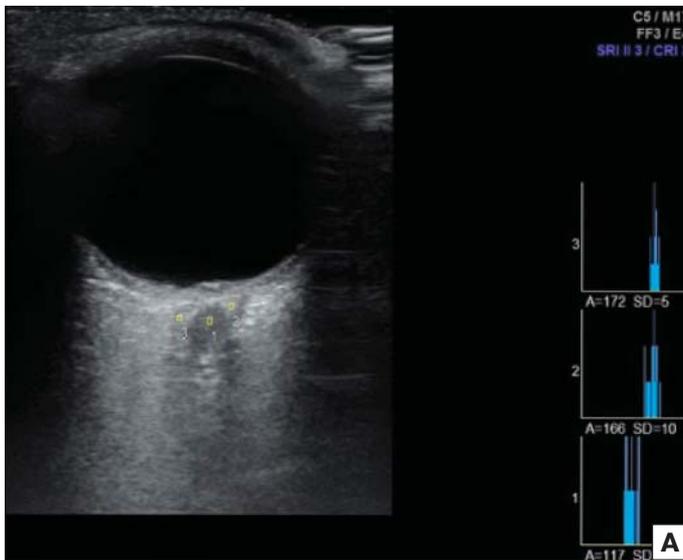


Рис. 1. Эхограмма ЗН, показатели АП паренхимы и оболочек ЗН у пациента с ПИОН. А — пораженный глаз: отек ДЗН, расширение поперечного диаметра ЗН (ТОЗН) до 6,0 мм, среднее значение АП — 151 у. е. Б — парный здоровый глаз: толщина ЗН в норме (ТОЗН = 4,8 мм), среднее значение АП — 132 у. е.

Fig. 1. Optic nerve echogram, acoustic density parameters of parenchyma and optic nerve sheets of patient with anterior ischemic optic neuropathy. А — damaged eye — optic nerve head edema, optic nerve thickness (with sheets) up to 6.0 mm, average value of acoustic density — 151 conv. units. Б — fellow healthy eye — optic nerve thickness (with sheets) 4.8 mm (normal value), average value of acoustic density — 132 conv. units

чалось ($p > 0,05$). При ПИОН наблюдалось недостоверное снижение показателей скорости кровотока (V_{syst} и V_{diast}) в ГА по сравнению с таковыми при ОН и в норме.

Пациенты с выявленной патологией были направлены в специализированное клиническое подразделение, где дальнейшее обследование с использованием высокотехнологичных инструментальных методов (ЭФИ, ОКТ, ОКТ-ангиография, ФАГ, МРТ) и лабораторных исследований позволило подтвердить диагноз и своевременно выбрать адекватные патогенетические методы лечения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературы демонстрирует высокую информативность УЗИ в оценке состояния ретробульбарного отдела ЗН. С помощью В-сканирования можно оценить ход ЗН в орбите, состояние внутренней структуры паренхимы и оболочек нерва (однородная или неоднородная), размер поперечного диаметра (толщину) с оболочками и без оболочек, патологические изменения в области ДЗН (проминенция, экскавация, колобома, друзы и др.). При ПИОН и ОН в большинстве случаев на эхограмме удастся определить утолщение переднего отдела ЗН или расширение периневрального пространства и отек ДЗН [7].

Ряд публикаций посвящен исследованию биометрических параметров ЗН, которые показывают значимое увеличение ТОЗН при ОН. А. Dehghani и соавт. [13] выявили достоверные различия поперечного диаметра ЗН при ОН с таковым при ПИОН и в норме ($3,90 \pm 0,53$, $3,28 \pm 0,54$ и $3,250 \pm 0,005$ мм соответственно, $p < 0,017$). Аналогичные данные были получены ранее J. Gerling и соавт. [14] при изучении биометрических параметров ЗН у пациентов с ПИОН и идиопатическим ОН. Кроме того, авторы выявили различие в среднем диаметре ЗН у пациентов с ОН при наличии отека ДЗН и без его признаков. В зарубежных исследованиях не установлено достоверных отличий между показателями ТОЗН на пораженном глазу и парном здоровом глазу при ПИОН, а также при сравнении с нормальными показателями [15, 16]. Результаты нашего исследования согласуются

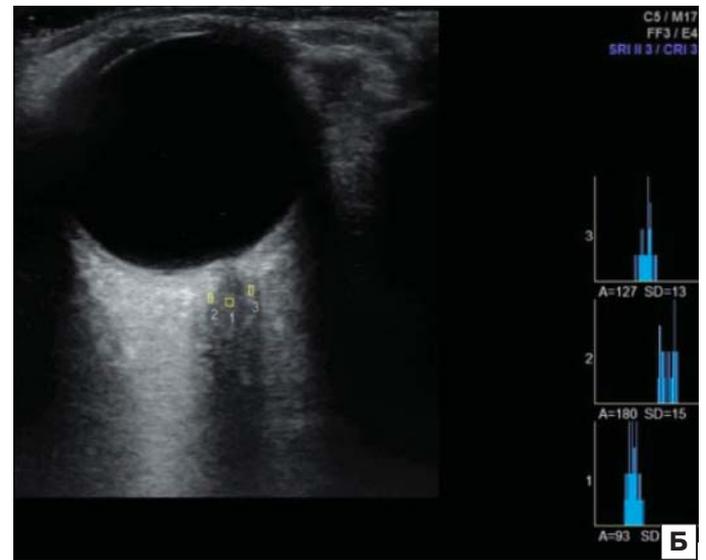


Рис. 2. Показатели АП паренхимы и оболочек ЗН у пациента с ОН: признаки отека ДЗН, расширение поперечного диаметра ЗН (ТОЗН = 5,8 мм), среднее значение АП — 109 у. е.

Fig. 2. Acoustic density parameters of parenchyma and optic nerve sheets of patient with optic neuritis: signs of optic nerve head edema, increase of the optic nerve thickness (with sheets) up to 5.8 mm, average value of acoustic density — 109 conv. units

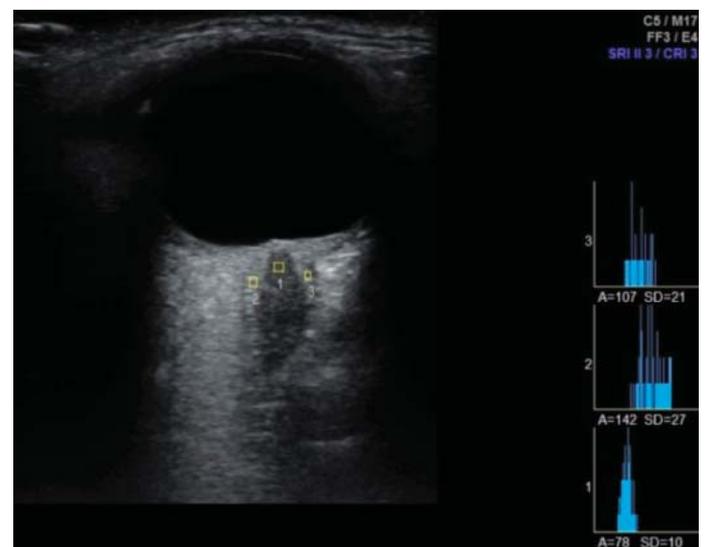


Рис. 3. Показатели АП паренхимы и оболочек ЗН у пациента с ОН: признаки отека ДЗН, расширение поперечного диаметра ЗН (ТОЗН = 5,8 мм), среднее значение АП — 109 у. е.

Fig. 3. Acoustic density parameters of parenchyma and optic nerve sheets of patient with optic neuritis: signs of optic nerve head edema, increase of the optic nerve thickness (with sheets) up to 5.8 mm, average value of acoustic density — 109 conv. units

с данными литературы, однако в нашей работе впервые представлены средние биометрические параметры ТОЗН и ТБОЗН при этих заболеваниях, что подтверждает вовлечение преимущественно оболочек ЗН в патологический процесс при ОН.

Особенности внутренней структуры и параметры эхоплотности ЗН при ПИОН и ОН ранее не были описаны. Мы определили объективные критерии для оценки внутренней структуры ЗН с помощью режима эходенситометрии паренхимы и оболочек ЗН на основе построения двухмерных гистограмм и расчета среднего значения АП в у. е. цифрового

анализа изображения. При ПИОН отмечалось достоверное увеличение средних показателей АП ЗН по сравнению с ОН и нормой. В нашем исследовании определены пороговые значения АП ЗН при ПИОН — не менее 133 и при ОН — не более 132 у. е.

Следует отметить, что ограничением нашего исследования явилась небольшая выборка пациентов и отсутствие разделения пациентов на подгруппы с отеком ДЗН и без него, поскольку у большинства пациентов (70%) с ПИОН был отек ДЗН, в отличие от пациентов с ОН, у которых лишь в 30% случаев отмечались симптомы папиллита. Это не позволило нам более детально проанализировать биометрические параметры и экстенсивность ЗН в зависимости от степени вовлечения в патологический процесс интраокулярного отдела ЗН.

Известно, что передний отдел ЗН преимущественно кровоснабжается из системы ЗКЦА, поэтому исследование гемодинамики в этих сосудах представляет существенный интерес. В литературе имеются сведения о применении УЗИ с оценкой кровотока в режимах ЦДК и ИД в диагностике нарушений кровообращения при патологии ЗН. Ряд авторов выявили достоверное снижение линейной скорости кровотока в ЦАС и ЗКЦА при ПИОН [17–21]. Наши результаты впервые продемонстрировали возможность регистрации кровотока в отдельных ЗКЦА для определения дефицита кровотока в латеральных и медиальных участках переднего отдела ЗН и подтвердили достоверное снижение показателей скорости локального кровотока при ПИОН, в отличие от ОН. В ЦАС отмечалось снижение лишь максимальной V_{syst} кровотока при ПИОН по сравнению с другими группами. Учитывая наиболее выраженное снижение линейной скорости кровотока (и V_{diast}) в латеральных и медиальных ЗКЦА у пациентов с ПИОН (в 2 раза и более) по сравнению с таковыми при ОН и в норме, эти показатели можно считать достоверными критериями нарушения кровообращения при ишемической оптической нейропатии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное УЗИ с эходенситометрией и оценкой кровотока в режимах ЦДК и ИД является высокоинформативным, неинвазивным, доступным методом диагностики и дифференциальной диагностики ПИОН и ОН, которые могут быть использованы наряду с другими инструментальными методами исследования. Наши были разработаны объективные эхографические критерии, которые включают в себя показатели АП ЗН и параметры линейной V_{syst} и V_{diast} кровотока в медиальных и латеральных ЗКЦА. Снижение показателей V_{syst} и V_{diast} в лат. ЗКЦА и мед. ЗКЦА в 2 раза и более по сравнению с нормой и среднее значение АП ≥ 133 у. е. могут свидетельствовать об ишемической нейропатии, а нормальные значения кровотока в ЗКЦА и АП ≤ 132 у. е. могут указывать на наличие ОН.

Таблица. Средние показатели кровотока в сосудах глаза и акустической плотности ЗН у пациентов с подозрением на ПИОН, ОН и в группе контроля ($M \pm m$)

Table. Average values of blood flow parameters in eye vessels and optic nerve acoustic density of patients with suspicion of anterior ischemic optic neuropathy (AION) and optic neuritis (ON) and control group ($M \pm m$)

Показатели кровотока Blood flow parameters	ПИОН AION n = 30	ОН ON n = 30	Группа контроля Control group n = 40
ГА Ophthalmic artery			
V_{syst}	38,39 \pm 8,67	43,60 \pm 4,59	45,52 \pm 4,71
V_{diast}	10,93 \pm 3,16	13,02 \pm 2,71	12,57 \pm 1,84
RI	0,72 \pm 0,09	0,71 \pm 0,06	0,73 \pm 0,06
ЦАС Central retinal artery			
V_{syst}	8,42 \pm 1,90*, **	13,08 \pm 2,64	11,84 \pm 1,47
V_{diast}	2,60 \pm 1,54	3,73 \pm 1,15	3,56 \pm 0,99
RI	0,80 \pm 0,18	0,71 \pm 0,05	0,70 \pm 0,07
Лат. ЗКЦА Lateral posterior short ciliary artery			
V_{syst}	7,2 \pm 0,4*, **	15,99 \pm 1,98	15,6 \pm 0,7
V_{diast}	2,6 \pm 0,3*, **	5,95 \pm 0,23	5,2 \pm 0,6
RI	0,69 \pm 0,13*	0,63 \pm 0,05	0,65 \pm 0,07
Мед. ЗКЦА Medial posterior short ciliary artery			
V_{syst}	6,8 \pm 0,3*, **	15,21 \pm 2,85	14,8 \pm 0,5
V_{diast}	1,9 \pm 0,3*, **	6,09 \pm 1,61	4,5 \pm 0,2
RI	0,70 \pm 0,09*	0,60 \pm 0,06	0,69 \pm 0,04
Акустическая плотность, у. е. Acoustic density, conv. units			
	146,58 \pm 9,70*, **	106,02 \pm 5,40	135,3 \pm 2,1

Примечание. * — $p < 0,05$, достоверно относительно показателей в группе с ОН; ** — $p < 0,05$, достоверно относительно показателей в группе контроля.

Note. * — $p < 0,05$, difference with parameters of ON group is significant; ** — $p < 0,05$, difference with parameters of control group is significant.

Литература/References

1. Нероев В.В. Организация офтальмологической помощи населению Российской Федерации. *Вестник офтальмологии*. 2014; 130 (6): 8–12. [Neroev V.V. Eye care management in Russian Federation. *Vestnik oftal'mologii*. 2014; 130 (6): 8–12 (In Russ.).]
2. Тарасова Л.Н., Киселева Т.Н., Фокин А.А. *Глазной ишемический синдром*. Москва: Медицина; 2003. [Tarasova L.N., Kiseleva T.N., Fokin A.A. *Ocular ischemic syndrome*. Moscow: Meditsina; 2003 (In Russ.).]
3. Курицына О.А., Рыкун В.С., Певтина 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. *Ultrazvukovaja i funkcional'naja diagnostika*. 2002; 18: 307 (In Russ.).]
4. Елисева Е.К., Нероев В.В., Зуева М.В., Цапенко И.В., Захарова М.Н. Оптический неврит на фоне рассеянного склероза (обзор литературы и результаты собственного исследования). *Точка зрения. Восток — Запад*. 2018; 2: 112–5. [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 Russ.). <https://doi.org/10.25276/2410-1257-2018-2-112-115>
5. Neroev V.V., Eliseeva E.K., Zueva M.V. et al. Demyelinating optic neuritis: Optical coherence tomography and multifocal electroretinography data correlation. *Human Physiology*. 2016; 42 (8): 879–84. <https://doi.org/10.1134/S0362119716080090>
6. Лантукх Е.П., Цапенко И.В., Зуева М.В. и др. Корреляция изменений структуры, функции и сосудистого русла в макулярной области сетчатки у больных с рассеянным склерозом. *Точка зрения. Восток — Запад*. 2016; 2: 98–101. [Lantukh E.P., Tsapenko I.V., Zueva M.V., et al. Correlation of changes in structure, function and vascular bed in retinal macular area in patients with multiple sclerosis. *Point of View. East — West*. 2016; 2: 98–101 (In Russ.).]
7. Нероев В.В., Киселева Т.Н., ред. *Ультразвуковые исследования в офтальмологии: Руководство для врачей*. 1-е издание. Москва: Издательство

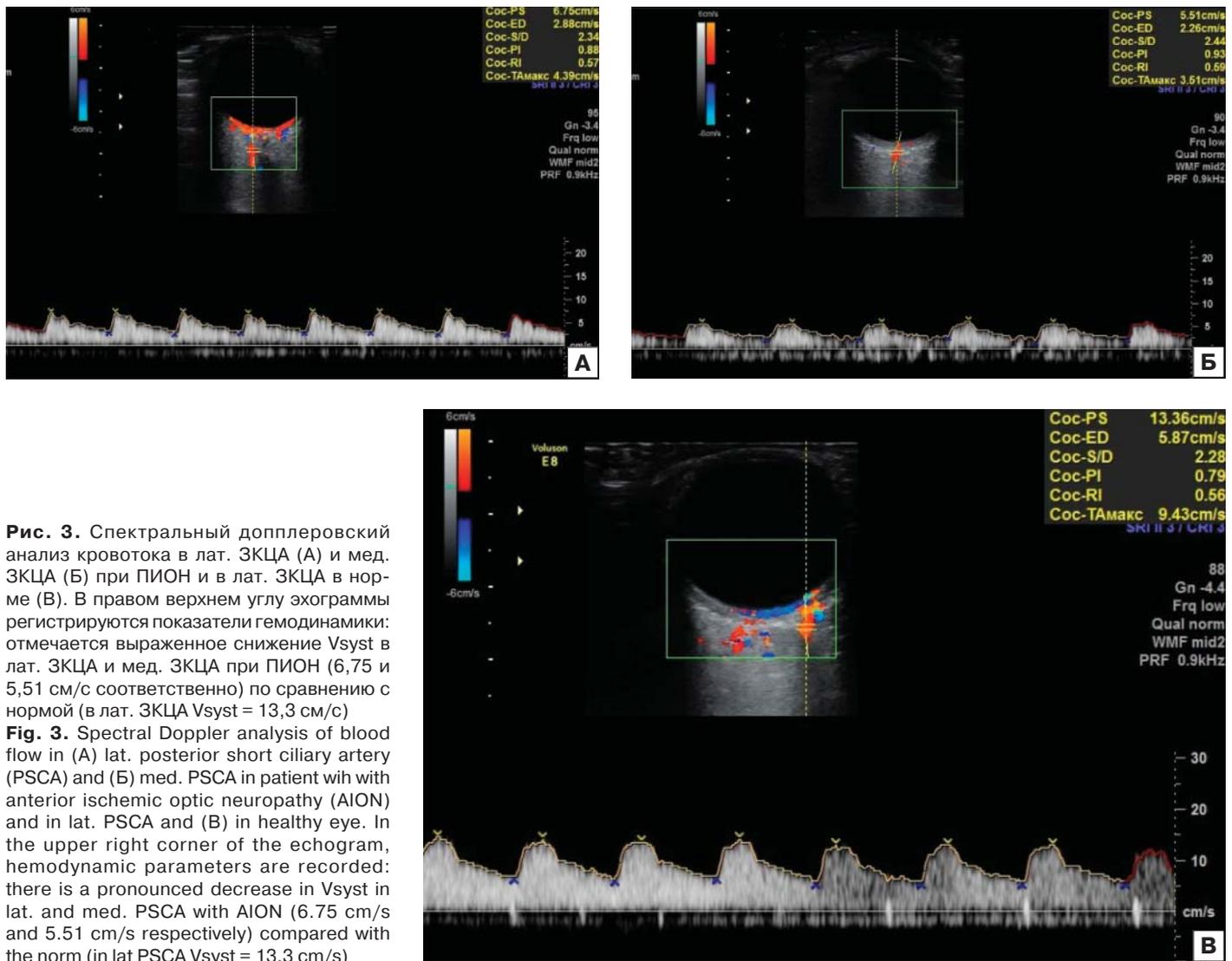


Рис. 3. Спектральный доплеровский анализ кровотока в лат. ЗКЦА (А) и мед. ЗКЦА (Б) при ПИОН и в лат. ЗКЦА в норме (В). В правом верхнем углу эхограммы регистрируются показатели гемодинамики: отмечается выраженное снижение V_{syst} в лат. ЗКЦА и мед. ЗКЦА при ПИОН (6,75 и 5,51 см/с соответственно) по сравнению с нормой (в лат. ЗКЦА $V_{syst} = 13,3$ см/с)

Fig. 3. Spectral Doppler analysis of blood flow in (A) lat. posterior short ciliary artery (PSCA) and (B) med. PSCA in patient with anterior ischemic optic neuropathy (AION) and in lat. PSCA and (B) in healthy eye. In the upper right corner of the echogram, hemodynamic parameters are recorded: there is a pronounced decrease in V_{syst} in lat. and med. PSCA with AION (6.75 cm/s and 5.51 cm/s respectively) compared with the norm (in lat PSCA $V_{syst} = 13.3$ cm/s)

- «ИКАР». 2019. [Neroev V.V., Kiseleva T.N., eds. *Ultrasound in ophthalmology: a guide for doctors*. 1st edition. Moscow: IKAR. 2019 (In Russ.)].
- Ahmad R, Begum A, Umbreen S, et al. Noninvasive ultrasound assessment of the normal optic nerve sheath diameter in healthy adults: an Islamabad-based Pakistani population study. *Journal of Ophthalmology and Research*. 2020; 3 (4): 86–95. <https://doi.org/10.26502/fjor.2644-00240027>
 - Киселева Т.Н., Баева А.В., Елисеєва Е.К., Макухина В.В. Роль ультразвуковых методов в оценке биометрических характеристик зрительного нерва. *Российский офтальмологический журнал*. 2020; 13 (3): 97–102 [Kiseleva T.N., Baeva A.V., Eliseeva E.K., Makhina 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 Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2020-13-3-97-102>
 - Кротенкова И.А., Брюхов В.В., Коновалов Р.Н., Захарова М.Н., Кротенкова М.В. Магнитно-резонансная томография в дифференциальной диагностике рассеянного склероза и других демиелинизирующих заболеваний. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (4): 229–36. [Krotchenkova I.A., Bryukhov V.V., Kononov R.N., Zakharova M.N. Krotchenkova M.I. Magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of multiple sclerosis and other demyelinating diseases. *Journal of radiology and nuclear medicine*. 2019; 100 (4): 229–36 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-4-229-236>
 - Кривошеева М.С., Иойлева Е.Э. Оптическая когерентная томография — ангиография как метод неинвазивной диагностики патологии микроциркуляторного русла зрительного нерва и макулярной зоны сетчатки. *Российский офтальмологический журнал*. 2021; 14 (2): 90–5. [Krivosheeva M.S., Ioyleva E.E. Optical coherence tomography-angiography as a non-invasive method of pathology diagnosis of the microcirculatory bed of the optic nerve and macula. *Russian ophthalmological journal*. 2021; 14 (2): 90–5 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-90-95>
 - Guidance for Industry and FDA staff. Information for Manufacturers Seeking Marketing Clearance of Diagnostic Ultrasound Systems and Transducers. *Silver Spring*. 2008; 64: 25. <https://docviewer.yandex.ru>
 - Dehghani A, Giti M, Akhlaghi MR, Karami M, Salehi F. Ultrasonography in distinguishing optic neuritis from nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Adv Biomed Res*. 2012; 1: 3. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.94425>
 - Gerling J, Janknecht P, Hansen LL, Kommerell G. Diameter of the optic nerve in idiopathic optic neuritis and in anterior ischemic optic neuropathy. *International ophthalmology*. 1997; 21 (3): 131–5. <https://doi.org/10.1023/A:1026422819404>
 - Lieb WE. Color Doppler ultrasonography of the eye and orbit. *Current Opin. Ophthalmol*. 1993; 4: 68–75. <https://doi.org/10.1097/00055735-199306000-00012>
 - Киселева Т.Н., Зайцев М.С., Рамазанова К.А., Луговкина К.В. Возможности цветового дуплексного сканирования в диагностике сосудистой патологии глаза. *Российский офтальмологический журнал*. 2018; 11 (3): 84–94. [Kiseleva T.N., Zaitsev M.S., Ramazanova K.A., Lugovkina K.V. Possibilities of color duplex imaging in the diagnosis of ocular vascular pathology. *Russian ophthalmological journal*. 2018; 11 (3): 84–94 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94>
 - Adzhemian NA, Neroev V, Kiseleva T, et al. Retinal vascular caliber, ocular blood flow and endothelin-1 level in blood serum in patients with subclinical atherosclerosis. *Atherosclerosis*. 2016; 252: 194. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.07.891>
 - Киселева Т.Н., Ежов М.В., Аджемян Н.А., Танковский В.Э., Ильина Н.В. Особенности регионарного глазного кровотока при артериальной гипертензии I–II степени и субклиническом атеросклерозе. *Российский офтальмологический журнал*. 2016; 9 (3): 26–33. [Kiseleva T.N., Ezhov M.V., Adzhemyan N.A., Tankovskii V.E.,

- Il'ina N.V. Regional ocular blood flow in patients with I–II stage hypertension and subclinical atherosclerosis. *Russian ophthalmological journal*. 2016; 9 (3): 26–33 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2016-9-3-26-33>
19. Neroev VV, Kiseleva T, Vlasov S, et al. Visual outcomes after carotid reconstructive surgery for ocular ischemia. *Eye*. 2012; 26: 1281–7. <https://doi.org/10.1038/eye.2012.118>
20. Castilla-Guerra L, Gómez Escobar A, Gómez Cerezo JF. Utility of Doppler ultrasound for the study of ocular vascular disease. *Revista Clínica Española*. 2021; 221 (7): 418–25. <https://doi.org/10.1016/j.rceng.2020.11.007>
21. Jianu DC, Jianu SN, Petrica L, et al. Clinical and color Doppler imaging features of one patient with occult giant cell arteritis presenting arteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Rom J Morphol Embryol*. 2016; 57: 579–83. PMID: 27516038

Вклад авторов в работу: В.В. Нероев — руководство проектом; Т.Н. Киселева — научное редактирование текста статьи, курирование данных; Е.К. Елисеева — сбор и анализ литературных источников, редактирование текста статьи; А.В. Баева — сбор и анализ литературных источников, проведение исследований, написание текста статьи; К.В. Луговкина, В.Э. Танковский — проведение исследований, анализ результатов; М.В. Рябина — сбор данных.

Authors' contribution: V.V. Neroev — project administration; T.N. Kiseleva — science editing, data analysis; E.K. Eliseeva — literature data collection and analysis, editing of the article; A.V. Baeva — literature data collection and analysis, patients examination, writing of the article; K.V. Lugovkina, V.E. Tankovsky — patients examination, data analysis; M.V. Ryabina — data collection.

Поступила: 06.09.2022. Переработана: 09.10.2022. Принята к печати: 12.10.2022
Originally received: 06.09.2022. Final revision: 09.10.2022. Accepted: 12.10.2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России, ул. Де-легатская, д. 20, стр. 1, Москва, 127473, Россия

Владимир Владимирович Нероев — академик РАН, д-р мед. наук, профессор, директор¹, заведующий кафедрой глазных болезней²
Татьяна Николаевна Киселева — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела, главный научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований¹

Елена Константиновна Елисеева — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований¹

Алена Витальевна Баева — аспирант кафедры глазных болезней²

Ксения Вадимовна Луговкина — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований¹

Марина Владимировна Рябина — канд. мед. наук, старший научный сотрудник офтальмологического отделения по лечению патологии сетчатки и зрительного нерва¹

Владимир Эдуардович Танковский — д-р мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва¹, доцент кафедры непрерывного медицинского образования¹

Для контактов: Елена Константиновна Елисеева, eliseevaek@ya.ru

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

² Evdokimov Moscow State Medical Stomatological University of Medicine and Dentistry, 20/1, Delegatskaya St., Moscow, 127473, Russia

Vladimir V. Neroev — Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Med. Sci., professor, director¹, head of chair of ophthalmology²

Tatiana N. Kiseleva — Dr. of Med. Sci., professor, head of ultrasound diagnostic department¹

Elena K. Eliseeva — Cand. of Med. Sci., researcher of ultrasound diagnostic department¹

Alena V. Baeva — PhD student, chair of ophthalmology²

Kseniya V. Lugovkina — Cand. of Med. Sci., senior researcher of ultrasound diagnostic department¹

Marina V. Ryabina — Cand. of Med. Sci., senior researcher of ophthalmic department of treatment of the pathology of retina and optic nerve¹

Vladimir E. Tankovsky — Dr. of Med. Sci., senior researcher of the department of retina and optic nerve pathology¹, assistant professor of chair of continuing medical education¹

Contact information: Elena K. Eliseeva, eliseevaek@ya.ru