

Возможности цветового дуплексного сканирования в диагностике сосудистой патологии глаза

Т.Н. Киселева — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела ультразвуковых исследований

М.С. Зайцев — младший научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований

К.А. Рамазанова — канд. мед. наук, заведующая отделением ультразвуковой диагностики

К.В. Луговкина — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела ультразвуковых исследований

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

Представлены результаты отечественных и зарубежных исследований состояния кровотока в артериях, венах глаза и орбиты с использованием цветового доплеровского картирования (ЦДК) и импульсной доплерографии. Эти методы позволяют получить информацию о линейной скорости кровотока и вазорезистентности в различных участках сосудистой системы глаза и установить их связь со степенью тяжести васкулярных поражений. ЦДК показало возможность его многократного применения для получения достоверных результатов в диагностике и оценке эффективности лечения сосудистой патологии глаза.

Ключевые слова: цветное доплеровское картирование, импульсная доплерография, глазной кровотока.

Для цитирования: 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. doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94

Исследование гемодинамики в микрососудах глаза необходимо для фундаментального подхода к изучению патофизиологии системных нарушений кровообращения (при артериальной гипертензии, сахарном диабете и др.) и изменений регионарного кровотока при патологии органа зрения. Изучение состояния глазного кровотока с помощью современных диагностических технологий нашло широкое применение в клинической офтальмологии, поскольку нарушение кровообращения в сосудистой системе глаза является одним из основных проявлений различных офтальмопатологий [1–3]. К наиболее информативным диагностическим методам относят комбинированное ультразвуковое исследование (УЗИ), включающее доплеровский режим. Регистрация кровотока при этом исследовании основана на изменении частоты ультразвукового сигнала при отражении его от движущихся частиц крови, основную массу которых составляют эритроциты (эффект Допплера) [4, 5]. Таким об-

разом, этот метод позволяет получать объективную информацию о кровотоке внутри практически любого сосуда в организме человека.

В связи с малым калибром сосудов глаза их визуализация и качественная оценка изменений с использованием В-режима практически невозможна. Ведущая роль при изучении кровотока в таких сосудах (диаметром менее 1 мм) принадлежит цветовому доплеровскому картированию (ЦДК) и энергетическому картированию (ЭК) [6].

Цветовой доплеровский режим широко применяется в клинической офтальмологической практике более 20 лет. Этот метод впервые позволил регистрировать доплеровский сигнал в орбитальных артериях и венах, кодировать потоки крови цветом и определять количественные параметры кровотока в определенной точке сосуда [1, 7].

Для проведения ЦДК применяют многофункциональные ультразвуковые диагностические системы и линейные датчики с частотой от 7,5 до

20 МГц. В соответствии с рекомендациями международной профессиональной организации — Администрации по продуктам питания и медикаментам (Food and Drug Administration, FDA) и Положением Американского института ультразвука в медицине (American Institute of Ultrasound in Medicine) параметры УЗИ глазного яблока должны соответствовать следующим нормативам: термический индекс (TIS) — не более 1,0; механический индекс (MI) — не более 0,23; интенсивность ультразвукового потока — не более 50 мВ/см²; величина фильтра при ультразвуковой доплерографии (УЗДГ) — не более 50 Гц [8].

Для того чтобы получить достоверные и воспроизводимые данные при использовании режима ЦДК, важно обладать знаниями об анатомическом расположении сосудов в ретробульбарном пространстве, определять направление потока крови и учитывать форму доплеровской кривой (огibaющей доплеровского спектра) в разных сосудах и участках, которые обычно выбирают для измерения параметров кровотока [1, 8].

При проведении исследования глаза и орбиты через веки ультразвуковой сигнал по существу идет параллельно орбитальным и глазным сосудам, при этом большинство артериальных потоков отображаются красным цветом, а большинство венозных — синим. Поток по направлению к датчику обозначен красным цветом, а от датчика — синим цветом. Цветовая насыщенность изображения представляет среднюю величину доплеровских частот при анализе доплеровского спектра. Цвета становятся

более светлыми при увеличении скорости, низкие скорости кодируются темными тонами красного и синего. Уровни порога цвета при исследовании в режиме ЦДК адаптированы к минимизации артефактов, вызванных движением век или произвольными движениями глаз [5, 9].

Исследование гемодинамики в центральной артерии сетчатки (ЦАС) и центральной вене сетчатки (ЦВС) осуществляется в толще зрительного нерва на участке от 1,0 до 3,0 мм от заднего полюса глазного яблока (рис. 1) [1]. Большинство специалистов определяют ЦАС не только по ее красному цветовому коду, но и по спектру доплеровского сдвига частот (СДСЧ) [7–9]. ЦВС проходит вблизи ЦАС, и спектры этих сосудов обычно накладываются друг на друга. В отличие от артериального спектра с высоким пиком в систолу, в вене регистрируется непрерывный поток с минимальными колебаниями во время систолы и диастолы.

Установлено, что носовые и височные ветви задних коротких цилиарных артерий (ЗКЦА) визуализируются по обеим сторонам зрительного нерва (рис. 1), до области их проникновения в склеру, и исследуются в зоне, близкой к зрительному нерву и впереди, избегая при этом регистрации шумовых сигналов от хориоидеи [8, 9]. Задние длинные цилиарные артерии (ЗДЦА) отличаются от ЗКЦА по сосудистой структуре и потоку крови. Если сосуд в аксиальной плоскости сканирования визуализируется параллельно и рядом со зрительным нервом, а поток крови направлен строго в сторону глазного яблока, данный сосуд характеризуется как ЗКЦА.

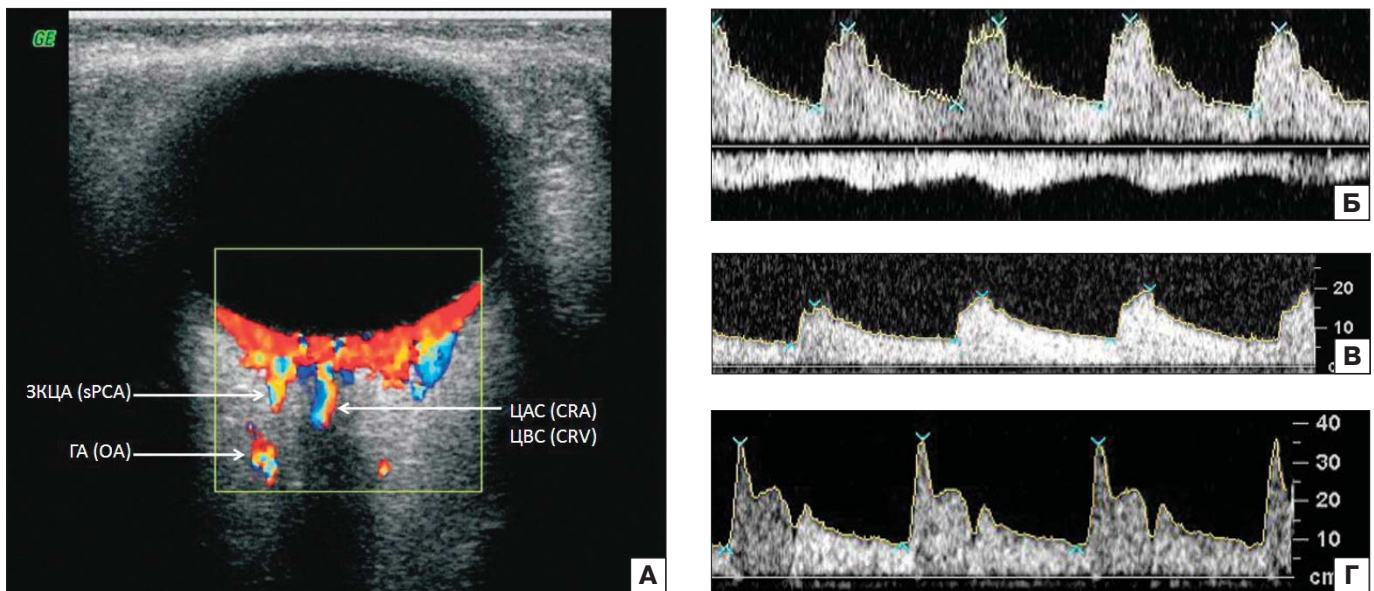


Рис. 1. Эхограмма глаза и орбиты в режиме ЦДК и импульсной доплерографии. А — визуализация сосудов глаза в режиме ЦДК. Б — доплеровский спектр кровотока в центральной артерии сетчатки (ЦАС) (выше изолинии) и центральной вене сетчатки (ЦВС) (ниже изолинии). В — доплеровский спектр кровотока в задних коротких цилиарных артериях (ЗКЦА). Г — доплеровский спектр кровотока в глазной артерии (ГА).

Fig. 1. Sonograms of the eye and orbit using Color Doppler mode and pulsed dopplerography. А — Color Doppler Imaging of ocular vessels. Б — Doppler Spectrum of the central retinal artery (CRA) (above baseline), the central retinal vein (CRV) (below baseline). В — Doppler Spectrum of the short posterior ciliary artery (sPCA). Г — Doppler Spectrum of the ophthalmic artery (OA).

Поток, который частично огибает задний полюс глазного яблока параллельно цветовой карте хориоидеи и входит в него дистальнее в той же плоскости, идентифицируется как ЗДЦА [9]. Вследствие извилистого хода и малого калибра ЗКЦА возникают трудности с регистрацией кровотока в этих сосудах в режиме ЦДК. Показатели гемодинамики в ЗКЦА характеризуются большей вариабельностью по сравнению с таковыми в других сосудах глаза [10].

Кровоток в глазной артерии (ГА) определяют внутри от зрительного нерва на отрезке до образования ею дуги над зрительным нервом. Наилучшим образом кровоток определяется в правой ГА при взгляде пациента в левую сторону, и наоборот, при регистрации кровотока в левой ГА — в правую сторону [1].

Для количественной оценки СДСЧ кровотока в сосудах используют два основных показателя: максимальную систолическую скорость кровотока (V_{syst}) и конечную диастолическую скорость кровотока (V_{diast}). Средняя скорость потока рассчитывается согласно данным анализа доплеровского спектра как частота среднего значения (V_{mean}). Этот показатель в меньшей степени зависит от таких факторов, как частота сердечных сокращений, общая перифе-

рическая сопротивляемость, лучше коррелирует с перфузией органа и обладает меньшей вариабельностью [5, 6].

Учитывая, что скорость кровотока в сосуде содержит информацию о резистентности дистального сосудистого русла, для ее качественной оценки рассчитывают индекс периферического сопротивления, или индекс резистентности (RI) по формуле: $RI = (V_{syst} - V_{diast}) / V_{syst}$. В литературе содержатся примерно одинаковые средние гемодинамические параметры кровотока в ГА, ЦАС, ЗКЦА и орбитальных венах: ЦВС, вортикозных венах, верхней глазной вене в норме (табл. 1, 2) [1, 7, 9, 11–19].

Однако до сих пор отсутствуют единые нормативы показателей кровотока в сосудах глаза, поскольку на результат ЦДК влияет целый ряд факторов. Его недостатками являются: операторозависимость метода (аппаратура, датчики и квалификация врача), зависимость показателей гемодинамики от физиологических параметров (уровень артериального давления, сердечный ритм, стенозы и деформации магистральных артерий головы и т. д.). Ряд исследований показал суточную вариабельность показателей кровотока в сосудах глаза [14, 16], а также их неустойчивый характер в течение недели и одного месяца [10].

Таблица 1. Средние показатели скорости кровотока в артериях глаза в норме, $M \pm m$, см/с
Table 1. The mean indices of blood flow velocities in ocular vessels in normal subjects, $M \pm m$, cm/s

Авторы Authors	n	ЗКЦА SPCAs		ЦАС CRA		ГА OA	
		V_{syst}	V_{diast}	V_{syst}	V_{diast}	V_{syst}	V_{diast}
Т. Williamson и соавт., 1995 [11]	80	11,3 ± 2,2	3,6 ± 1,2	9,6 ± 1,4	2,4 ± 0,8	37,7 ± 7,0	8,8 ± 2,8
W. Goebel и соавт., 1995 [9]	70	11,2 ± 1,2	3,4 ± 1,2	9,4 ± 1,2	2,4 ± 0,8	35,9 ± 5,1	8,5 ± 2,5
D. Greenfield и соавт., 1995 [12]	53	10,6 ± 3,5	4,4 ± 2,1	11,0 ± 2,5	4,0 ± 1,4	37,9 ± 10,8	10,6 ± 4,3
H. Kaiser и соавт., 1996 [2]	189	11,2 ± 1,7	3,7 ± 1,0	11,0 ± 1,8	3,3 ± 0,9	39,2 ± 5,3	9,1 ± 2,5
С.И. Харлап, В.В. Шершнев, 1998 [7]	40	14,7 ± 1,7	4,2 ± 1,1	10,6 ± 0,8	2,9 ± 0,3	32,7 ± 3,7	9,2 ± 2,1
Л.Н. Тарасова и соавт., 2003 [1]	40	15,6 ± 1,8	5,9 ± 0,3	14,7 ± 0,3	5,60 ± 0,08	38,4 ± 1,1	14,7 ± 0,4
F. Tranquart и соавт., 2003 [13]	117	13,3 ± 3,5	6,4 ± 1,5	17,3 ± 2,6	6,2 ± 2,7	45,3 ± 10,5	11,8 ± 4,3
A. Ustymowicz и соавт., 2005 [14]	140	13,8 ± 2,6	5,7 ± 1,5	9,9 ± 1,8	3,7 ± 0,9	40,6 ± 8,9	11,2 ± 3,7
M. Fukukita и соавт., 2011 [15]	30	10,2 ± 2,8	3,9 ± 1,2	11,3 ± 3,1	4,1 ± 1,1	35,8 ± 8,4	8,0 ± 2,4
C. Dellafiore и соавт., 2015 [16]	32	15,59 ± 2,01	5,27 ± 0,09	9,61 ± 0,20	3,36 ± 0,06	36,49 ± 0,91	8,07 ± 0,31
M. Modrzejewska и соавт., 2015 [17]	162	13,72 ± 3,77	5,53 ± 2,31	13,76 ± 3,30	4,78 ± 2,95	53,61 ± 8,17	11,19 ± 0,54
L. Abegão Pinto и соавт., 2016 [18]	140	10,1 ± 3,4	3,25 ± 1,20	11,2 ± 4,4	3,01 ± 1,10	36,5 ± 14,6	6,44 ± 3,40

Примечание. n — число наблюдений, ЗКЦА — задняя короткая цилиарная артерия, ЦАС — центральная артерия сетчатки, ГА — глазная артерия, V_{syst} — максимальная систолическая скорость кровотока, V_{diast} — конечная диастолическая скорость кровотока.
Note. n — number of observations, SPCAs — short-posterior ciliary arteries, CRA — central retinal artery, OA — ophthalmic artery, V_{syst} — peak systolic blood flow velocity, V_{diast} — end diastolic blood flow velocity.

Таблица 2. Средние показатели кровотока в орбитальных венах в норме, $M \pm m$, см/с
Table 2. The mean indices of blood flow velocities in orbital veins in normal subjects, $M \pm m$, cm/s

Авторы Authors	n	ЦВС CRV		Вортикозная вена Vorticolate vein		Верхняя глазная вена Upper ocular vein	
		Vsyst	Vdiast	Vsyst	Vdiast	Vsyst	Vdiast
F. Tranquart и соавт., 2003 [13]	117	6,7 ± 2,4	2,7 ± 0,7	8,5 ± 2,2	—	10,2 ± 3,8	4,3 ± 2,4
T. Williamson и соавт., 1995 [11]	80	4,2 ± 0,8	—	—	—	7,6 ± 1,8	—
С.И. Харлап, В.В. Шершнева, 1998 [7]	40	4,3 ± 0,7	—	—	—	8,3 ± 1,7	—
Н.И. Курышева и соавт., 2012 [19]	44	6,9 ± 1,1	5,2 ± 0,9	7,1 ± 1,0	4,3 ± 1,4	10,4 ± 1,8	6,4 ± 2,7

Примечание. n — число наблюдений. ЦВС — центральная вена сетчатки, Vsyst — максимальная систолическая скорость кровотока, Vdiast — конечная диастолическая скорость кровотока.

Note. n — number of observations, CRV — central retinal vein, Vsyst — peak systolic blood flow velocity, Vdiast — end diastolic blood flow velocity.

Цветовое дуплексное сканирование нашло широкое применение в диагностике нарушений кровообращения при сосудистой патологии глаза.

Известно, что изучение ретинальных сосудистых поражений является областью флуоресцентной ангиографии [3] и оптической когерентной томографии с функцией ангиографии [20]. Однако ЦДК с импульсным доплером дают дополнительную информацию о кровотоке в ЦАС в ретробульбарном пространстве, в особенности при затруднении визуализации глазного дна (помутнение хрусталика, гемофтальм). У пациентов с окклюзией ЦАС в острую фазу заболевания на эхограмме орбиты в режиме ЦДК отсутствует цветовая картограмма артериального потока в толще зрительного нерва (рис. 2). Кроме того, при окклюзии ретинальных артерий отмечаются выраженные изменения СДСЧ и снижение показателей скорости (Vsyst и Vdiast) кровотока в орбитальном отделе ЦАС [21]. При обследовании 31 пациента с окклюзией вет-

вей ЦАС нами выявлено снижение максимальной Vsyst в 2 раза, увеличение индекса резистентности в 1,5 раза по сравнению с нормой, снижение значений Vdiast в интервале от 0,35 до 0,5 см/с (рис. 3) [1]. Имеются сообщения о регистрации ретроградного кровотока в ГА у пациентов с окклюзией ЦАС, что является показателем коллатерального кровообращения через систему наружной сонной артерии и может свидетельствовать о наличии окклюзионно-стенотического поражения внутренней сонной артерии (ВСА) [1, 22, 23].

Ряд публикаций посвящен изучению состояния кровотока в сосудах глаза при окклюзионном поражении ЦВС и ее ветвей [10, 13, 24]. В нашем исследовании обнаружено снижение кровотока в ЦАС на 20–50 % по сравнению с парным глазом при окклюзии ветвей ЦВС и отсутствие диастолического компонента СДСЧ в ЦАС при окклюзии ЦВС. С использованием ЦДК были определены диагностические и прогностические критерии ишемиче-

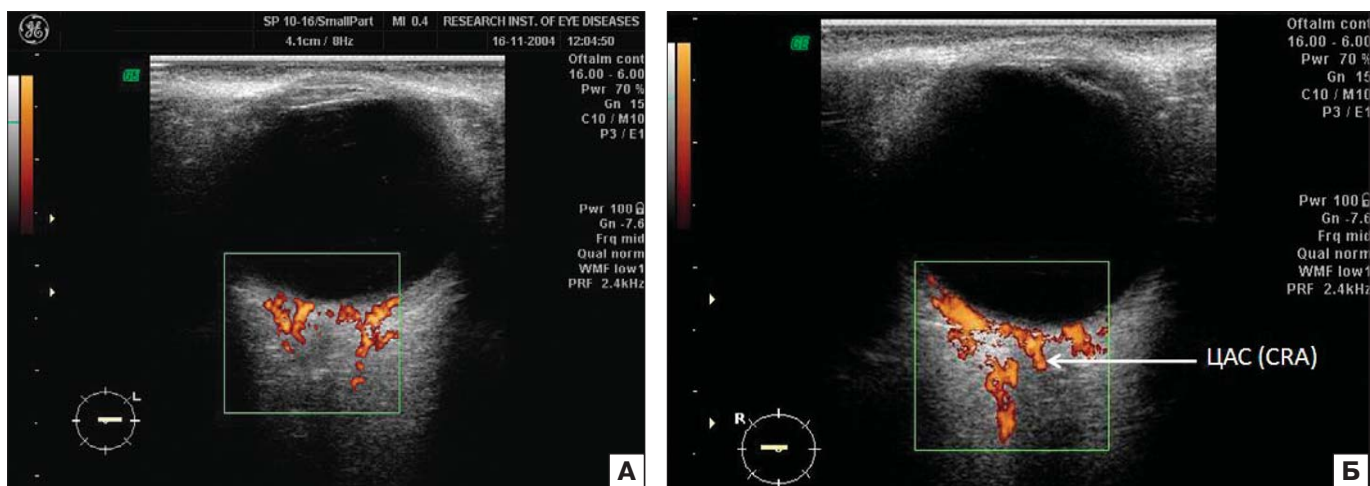


Рис. 2. Эхограмма орбиты в режиме энергетического картирования у пациента с окклюзией ЦАС левого глаза. А — отсутствие цветовой картограммы потока, соответствующего ЦАС, в толще зрительного нерва. Б — парный здоровый глаз.

Fig. 2. Sonograms of the orbit in patient with central retinal artery occlusion of left eye using Power Doppler. А — absence of color flow pattern of the central retinal artery (CRA) in the optic nerve. Б — unaffected contralateral eye.

ского типа окклюзии ЦВС, включающие отсутствие диастолического компонента СДСЧ (рис. 4) и значительное увеличение индекса резистентности в ЦАС (в пределах от 0,9 до 1,0), выраженное снижение V_{syst} в ЦВС (менее 4,0 см/с). Установлено, что через 6 мес после начала медикаментозной терапии у всех пациентов с неишемическим типом показатели кровотока в ЦАС восстанавливались до возрастной нормы, а у пациентов с ишемическим типом индекс резистентности в ЦАС оставался высоким [24].

Диабетическая ретинопатия (ДР) относится к микроангиопатиям, поэтому исследование гемодинамики в сосудах глаза при сахарном диабете (СД) играет важную роль. До сих пор остаются противоречивыми сведения о состоянии глазного кровотока при этом заболевании. Большинство авторов определили снижение показателей скорости кровотока в сосудах глаза при СД [1, 2, 8, 9, 25–27]. По данным G. Yilmaz Ovali и соавт. [28], регистрируется увеличение линейной скорости кровотока в ГА при СД без признаков ДР. Т. Kawagishi и соавт. [26] выявили снижение V_{syst} и V_{diast} , повышение RI в ЦАС у пациентов, страдающих СД I типа. Установлена корреляция между RI в ЦАС и уровнем глюкозы в плазме крови, позволившая авторам сделать вывод о том, что у пациентов с СД I типа и гипергликемией изменение гемодинамики в ЦАС происходит до появления клинических симптомов ДР. А. Mendivil [27] определил достоверное снижение V_{syst} и V_{diast} кровотока в ГА и ЦАС у 25 пациентов с пролиферативной ДР по сравнению с группой контроля (30 здоровых лиц).

В исследовании J. MacKinnon и соавт. [29] установлено снижение V_{syst} и V_{diast} в ЦАС у больных СД с ДР и без ДР. Наибольшее снижение параметров скорости кровотока и увеличение RI наблюдалось у пациентов с препролиферативной ДР и пролиферативной ДР. С использованием ЦДК и импульсной доплерографии установлено снижение V_{syst} и V_{diast} в ЦАС у 44 пациентов с разными стадиями ДР, степень изменений этих показателей коррелировала с прогрессированием заболевания. Отмечено повышение V_{syst} в ГА у больных с препролиферативной ДР и пролиферативной ДР. А. Valli и соавт. [30] регистрировали кровотоки в тонких новообразованных сосудах при пролиферативной ДР.

В наших исследованиях у пациентов с непролиферативной ДР выявлено достоверное снижение V_{syst} и V_{diast} и увеличение RI в ГА. Наиболее значительные изменения кровотока отмечались в ЦАС, где регистрировали снижение V_{diast} в 2 раза и увеличение RI в 2,5 раза по сравнению с группой здоровых лиц (рис. 5). Аналогичные, но менее выраженные изменения гемодинамических показателей имели место в латеральных и медиальных ЗКЦА [31]. В другом исследовании цветное дуплексное сканирование позволило нам определить критерии риска прогрессирования осложненной пролиферативной ДР: выраженный дефицит ретинального кровотока в

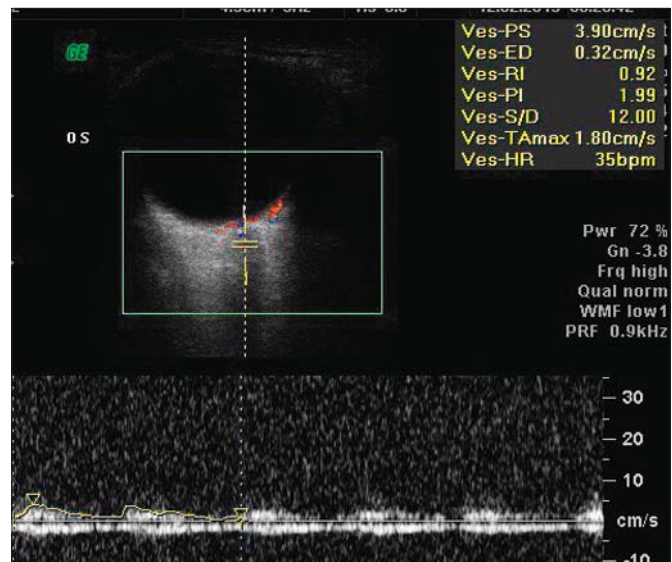


Рис. 3. Допплеровский спектр кровотока в ЦАС у пациента с окклюзией нижневисочной ветви ЦАС: выраженное снижение максимальной систолической скорости кровотока (V_{syst}) и увеличение вазорезистентности в ЦАС.

Fig. 3. Doppler Spectrum of the central retinal artery in patient with the occlusion of temporal inferior branch of the central retinal artery: significant decrease of the peak systolic velocity (V_{syst}) and increase of vasoresistance in the central retinal artery.

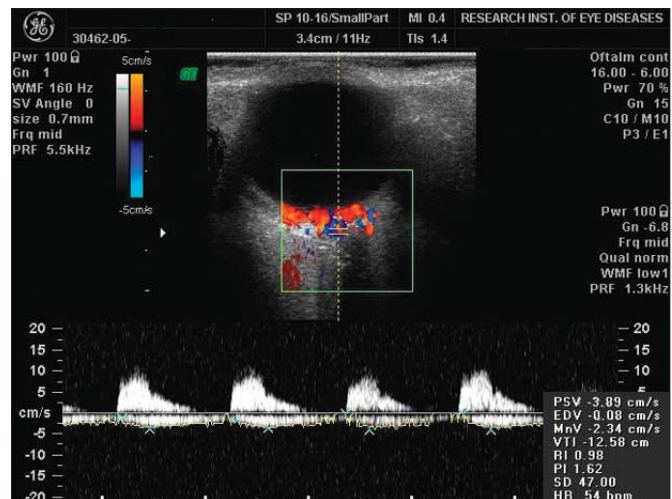


Рис. 4. Эхограмма глаза и орбиты в режимах ЦДК и импульсной доплерографии у пациента с ишемическим типом окклюзии ЦВС. Допплеровский спектр кровотока в ЦАС и ЦВС: отсутствие диастолического компонента СДСЧ в ЦАС, снижение кровотока в ЦВС ($V_{syst} = 3,89$ см/с).

Fig. 4. Color Doppler sonograms (CDI and pulsed dopplerography) in patient with the ischemic type of central retinal vein (CRV) occlusion. Doppler Spectrum of the central retinal artery (CRA) and the CRV: absence of diastolic flow of Doppler spectrum in CRA, decrease of the peak systolic velocity (V_{syst}) in the CRV ($V_{syst} = 3.89$ cm/s).

ЦАС, изменение кровотока в ГА, сопровождающееся уменьшением разницы между показателями V_{syst} и V_{diast} на 22 % и более от нормы [32].

В настоящее время хорошо известны ключевые доказательства роли гемодинамического фактора в патогенезе первичной открытоугольной глаукомы

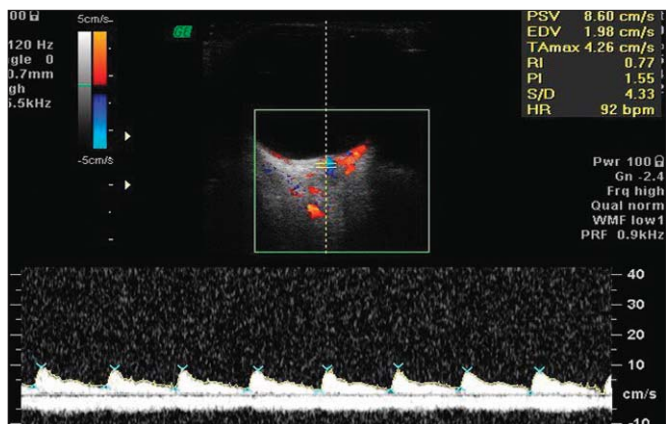


Рис. 5. Эхограмма глаза и орбиты в режимах ЦДК и импульсной доплерографии у пациента с непролиферативной диабетической ретинопатией. Допплеровский спектр кровотока в ЦАС и ЦВС: снижение показателей скорости кровотока в ЦАС ($V_{syst} = 8,6$ см/с; $V_{diast} = 1,9$ см/с).

Fig. 5. Color Doppler sonograms (CDI and pulsed dopplerography) in patient with non-proliferative diabetic retinopathy. Doppler Spectrum of the central retinal artery (CRA) and central retinal vein (CRV): decrease of indices of the blood flow velocity in the CRA ($V_{syst} = 8.6$ cm/s; $V_{diast} = 1.9$ cm/s).

(ПОУГ). Проведенные за последние 20 лет эпидемиологические исследования (Baltimore Eye Survey, Barbados Eye Study, Rotterdam Study) продемонстрировали, что изменение глазного перфузионного давления (ГПД), в особенности диастолического, связано с развитием ПОУГ [2, 10]. Благодаря широкому спектру инструментальных методов исследования установлено ухудшение глазного кровотока у пациентов с ПОУГ. Ряд авторов указывают на изменение гемодинамики глаза у пациентов с ПОУГ под влиянием системной и местной медикаментозной терапии [2, 18, 33, 34]. В эксперименте доказано ишемическое поражение зрительного нерва и необходимость медикаментозной коррекции внутриглазного давления (ВГД) при глаукомной оптической нейропатии (ГОН). Кроме того, у пациентов с дефицитом кровотока по ГА наиболее высока вероятность развития и прогрессирования ГОН, несмотря на коррекцию ВГД [10, 20].

Проведенные нами ультразвуковые доплеровские исследования гемодинамики глаза продемонстрировали выраженное снижение показателей скорости кровотока (V_{syst} и V_{diast}) и увеличение RI в ГА и ЦАС у пациентов с ГОН. Ультразвуковое дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий, выполненное у 30 пациентов (54 глаза) со стабилизированным течением ПОУГ и у 34 пациентов (59 глаз) с глаукомой нормального давления (ГНД) позволило установить высокую частоту атеросклеротического поражения внутренней сонной артерии (ВСА), однако характер его был различен. У большей части больных ГНД (56 %) наблюдался выраженный стеноз с наличием гиперэхогенных с неровной изъязвленной поверхностью атеросклеротических бляшек, потенциально опасных в плане сосудистых

эмболий. У 6 (17 %) пациентов этой группы стенозирующий атеросклероз сочетался с патологической извитостью ВСА. У половины больных ПОУГ выявлен малый стеноз и лишь у 3 больных — средний стеноз ВСА [35].

Недавно опубликованные нами результаты дуплексного сканирования орбитальных сосудов в режимах ЦДК и импульсной доплерографии показали, наряду с дефицитом артериального кровотока в системе ЦАС и ЗКЦА, существенное снижение скорости венозного кровотока у больных ПОУГ по сравнению со здоровыми лицами [19, 20].

Анализ показателей скорости кровотока в ЦВС, вортикозных венах и верхней глазной вене показал, что венозный кровоток снижен уже на ранних этапах глаукомного процесса и сам по себе влияет на его развитие. Причина этого явления не совсем ясна и не может быть объяснена лишь снижением артериального кровотока, отмеченного при глаукоме другими авторами и нами в предыдущих работах [19, 34, 35]. Нельзя, по-видимому, объяснить затруднения венозного оттока из глаза повышенным офтальмотонусом (хотя, безусловно, это повышение не может не влиять на нарушения оттока крови по ЦВС). Можно предположить, что одной из причин обнаруженного феномена является сужение просвета ЦВС в месте выхода ее из глаза через решетчатую мембрану склеры, на что указывает J. Jonas [36]. Необходимы дальнейшие исследования по изучению взаимосвязей между морфофункциональными изменениями и нарушением локального артериального и венозного кровотока при глаукоме, что, безусловно, откроет новые перспективы лечения этого заболевания.

Известно, что одним из основных звеньев патогенеза возрастной макулярной дегенерации (ВМД) являются первичные сосудистые изменения хориоидеи, приводящие к гипоксии с нарушением тканевой перфузии в ретинальном пигментном эпителии [37, 38]. В последние годы эта гипотеза все больше подтверждается результатами исследований, которые указывают на патологические изменения кровообращения в хориоидальных и ретинальных сосудах при различных клинических формах ВМД по данным ЦДК [10, 13]. E. Friedman [39], используя этот метод, пришел к выводу, что клинические симптомы ВМД могут быть обусловлены ухудшением хориоидальной перфузии и замедлением кровотока в ЗКЦА. T. Ciulla и соавт. [40] выявили снижение кровотока в ГА у больных ВМД. На ранних стадиях заболевания зафиксировано снижение показателей скорости кровотока и увеличение RI в задних цилиарных артериях (ЗЦА) [37].

Установлено, что при сухой форме ВМД на одном глазу и влажной форме ВМД на парном глазу индекс периферического сопротивления в ЗКЦА значительно выше на глазах с более выраженным поражением сетчатки [10]. T. Williamson и соавт. [11]

определили, что у пациентов с влажной ВМД кровотока в ЦАС и ЗКЦА по всем параметрам находится в пределах нормы, а у пациентов с атрофией ретинального пигментного эпителия (РПЭ) регистрируется умеренное снижение кровотока в ЦАС, сопровождающееся заметным дефицитом кровотока в ЗКЦА.

По результатам нашего исследования у 120 пациентов (240 глаз) с ранними стадиями ВМД выявлено снижение V_{syst} и V_{diast} и увеличение RI в ГА, ЦАС и ЗКЦА по сравнению с нормой. В ЗДЦА достоверных изменений показателей кровотока не наблюдалось [37].

Другое наше исследование включало 35 пациентов (70 глаз) с влажной формой ВМД на одном глазу (35 глаз) и сухой формой ВМД на парном (35 глаз). С помощью ЦДК и импульсной доплерографии определили достоверное снижение V_{syst} в ГА, ЦАС и ЗКЦА при сухой форме ВМД. Повышение RI было зафиксировано во всех исследуемых сосудах, статистически значимое увеличение этого показателя отмечалось в ГА ($p < 0,05$). При влажной форме ВМД регистрировали достоверное снижение V_{syst} в ЗКЦА ($p < 0,05$), а также повышение RI в ЦАС и ЗКЦА по сравнению с таковыми показателями у здоровых лиц [41].

Многие авторы продемонстрировали высокую информативность ЦДК в диагностике передней ишемической нейрооптикопатии (ПИН) [8, 13, 42]. При неартериитной форме ПИН обнаружены наиболее выраженные изменения параметров кровотока в ЗКЦА: V_{syst} снижена в 2 раза, RI увеличен в 1,5 раза по сравнению с нормой, диастолический компонент СДСЧ в медиальной ЗКЦА практически не регистрируется [43] (рис. 6). Имеются сведения об

использовании данного метода в дифференциальной диагностике ПИН и оптического неврита [8].

Данные цветового дуплексного сканирования орбитальных сосудов необходимо принимать во внимание при комплексном клинико-инструментальном обследовании пациентов с артериальной гипертензией I–II степени и ранними признаками системного атеросклероза (субклинический атеросклероз). Наряду с изменениями ретинальных сосудов на глазном дне у этих пациентов были выявлены нарушения гемодинамики в сосудах глаза, характеризующиеся повышением вазорезистентности в ГА, ЦАС и ЗКЦА [43, 44].

Известно, что гипоперфузия глаза при глазном ишемическом синдроме (ГИС) чаще возникает вследствие стенозирующего атеросклероза сонных артерий. В связи с этим цветное дуплексное сканирование имеет огромное значение в исследовании состояния кровотока в сосудах глазного яблока и сонных артерий [1, 3, 7, 8, 23]. С помощью дуплексного сканирования в режимах ЦДК и импульсной доплерографии были определены следующие изменения гемодинамики в сосудах глаза при ГИС:

- сглаженность систолического пика СДСЧ кровотока ГА, ЦАС и ЗКЦА;
- ретроградный кровоток в ГА у 19–24 % больных;
- отсутствие кровотока в ЦАС при ее окклюзии,
- отсутствие диастолического компонента СДСЧ кровотока ЦАС (нулевой диастолический кровоток);
- при острых и хронических нарушениях кровообращения в ДЗН — отсутствие диастолического компонента СДСЧ кровотока ЗКЦА;
- снижение систолической скорости кровотока в 1,5–2,5 раза, повышение индекса резистентности в 1,5–2 раза по сравнению с нормой во всех исследуемых артериях;
- отсутствие изменений гемодинамики у пациентов с преходящими нарушениями зрения (*amaurosis fugax*) в межприступном периоде [1].

Критерием эффективности выполненных реконструктивных операций на сонных артериях многие авторы считают улучшение кровотока в ГА и внутренней сонной артерии (ВСА). Допплеровские исследования кровотока в ГА, ЦАС и ЗКЦА, выполненные у 180 больных с ГИС, позволили определить значительное увеличение скорости кровотока и снижение вазорезистентности в орбитальных сосудах после реконструктивных операций на ВСА в отдаленном послеоперационном периоде (рис. 7) [1, 45, 46]. У наблюдаемых нами пациентов с острым и хроническим типом течения ГИС в послеоперационном периоде зафиксировано повышение V_{syst} , снижение RI в ГА, ЦАС и ЗКЦА (см. рис. 7). Кроме того, после выполнения реконструктивных операций на сонных артериях у пациентов с дооперационным

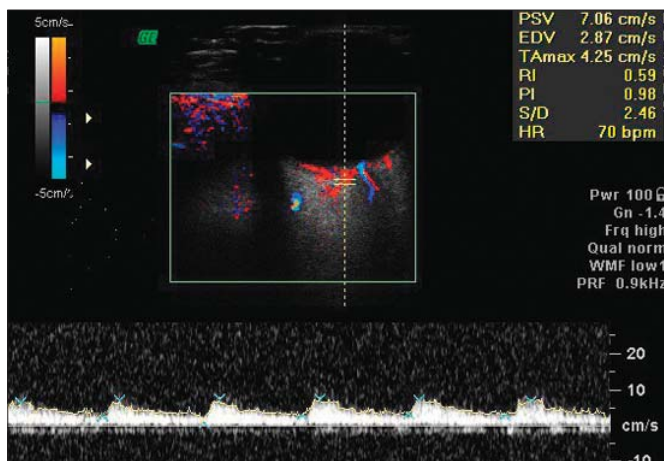


Рис. 6. Эхограмма глаза и орбиты в режимах ЦДК и импульсной доплерографии у пациента с передней ишемической нейрооптикопатией. Допплеровский спектр кровотока в ЗКЦА: снижение максимальной систолической скорости кровотока в ЗКЦА ($V_{syst} = 7,06$ см/с).

Fig. 6. Color Doppler sonograms (CDI and pulsed dopplerography) in patient with anterior ischemic optic neuropathy. Doppler Spectrum of the short posterior ciliary artery (sPCA): decrease of the peak systolic velocity in the in sPCA ($V_{syst} = 7.06$ cm/s).

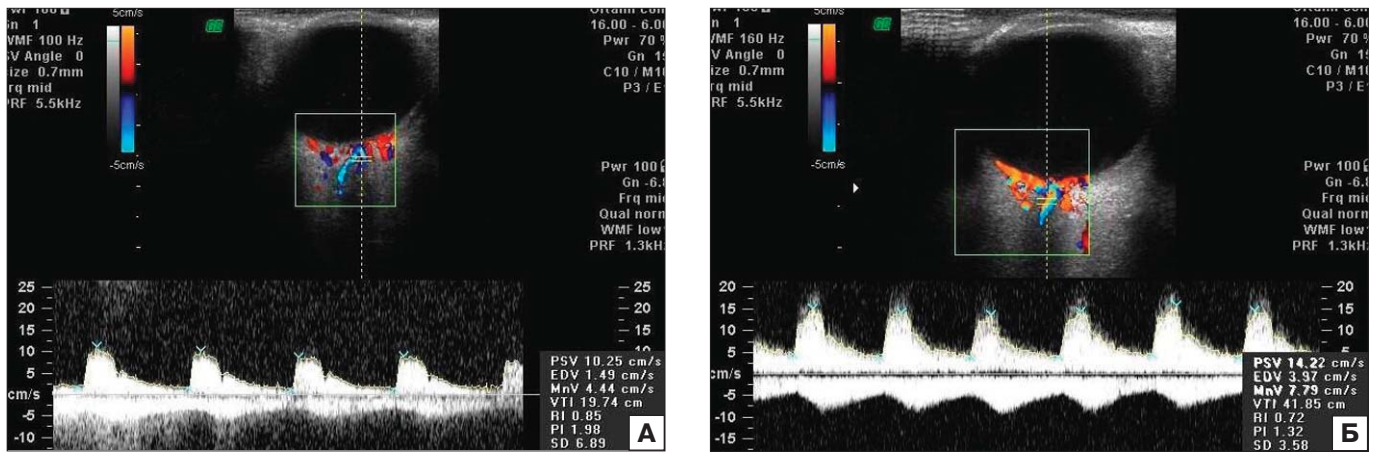


Рис. 7. Эхограмма глаза и орбиты в режимах ЦДК и импульсной доплерографии у пациента с глазным ишемическим синдромом правого глаза и окклюзией правой ВСА. Допплеровский спектр кровотока в ЦАС и ЦВС. А — до реконструктивной операции на ВСА. Б — через год после операции.

Fig. 7. Color Doppler sonograms (CDI and pulsed dopplerography) in patient with ocular ischemic syndrome of right eye and internal carotid artery occlusion. Doppler Spectrum of the central retinal artery (CRA) and central retinal vein (CRV). А — before carotid surgery. Б — 1 year after carotid surgery.

ретроградным кровотоком в ГА регистрировали антеградный кровоток.

Для прогноза послеоперационного течения ГИС нами был использован показатель каротидно-офтальмического соотношения (КОС), который представляет собой соотношение RI кровотока ВСА к RI кровотока ГА: RI_{BCA} / RI_{GA} . У пациентов с острым течением ГИС показатель КОС до операции находился в пределах от 0,78 до 0,85, а после операции — от 0,86 до 1,0. При хроническом течении ГИС показатель КОС до операции варьировал в пределах от 0,76 до 0,84, а после операции — от 0,87 до 1,1. Длительное динамическое наблюдение (3–5 лет) за оперированными пациентами свидетельствовало о благоприятном течении ГИС при КОС выше 0,86 и неблагоприятном при КОС ниже 0,85 [1].

Перспективным направлением является применение метода ЦДК в изучении фармакологического влияния лекарственных препаратов на глазной кровоток. Большинство сообщений посвящено исследованию влияния инстилляций антиглаукоматозных препаратов на гемодинамику сосудов глаза [10, 30, 34, 47–49]. Применение цветового дуплексного сканирования позволило определить повышение V_{diast} и снижение RI в ЦАС и ЗКЦА у всех больных ПОУГ после компенсации ВГД под местным воздействием β -блокаторов. G. Feke и соавт. [47] выявили нормализацию ретинального кровотока у больных ГНД, которым проводился 8-недельный курс инстилляций бримонидина. Ряд исследований с помощью цветового дуплексного сканирования продемонстрировал улучшение гемодинамики в латеральных и медиальных ЗКЦА под влиянием аналогов простагландинов у пациентов с ПОУГ и ингибиторов карбоангидразы [10, 18, 34, 48, 49].

Метод цветового дуплексного сканирования является высокоинформативным в оценке эффек-

тивности лечения пациентов с ВМД и признаками нарушения глазного кровообращения. Изучено влияние ноотропных и вазоактивных препаратов на гемодинамику глаз больных неэкссудативными формами ВМД. После курса комплексной терапии с применением фезама у пациентов с ранней стадией ВМД регистрировали улучшение гемодинамики в ГА, ЦАС и ЗКЦА, отмечалось достоверное повышение показателей V_{syst} и V_{diast} в ГА ($p < 0,01$), ЦАС ($p < 0,001$), ЗКЦА ($p < 0,05$) по сравнению с возрастной нормой. В нашем исследовании было показано, что при сухой форме ВМД увеличение показателей V_{syst} и V_{diast} в ГА, ЦАС, ЗКЦА и снижение вазорезистентности под воздействием вазоактивных препаратов можно интерпретировать как улучшение кровоснабжения оболочек глаза, что является благоприятным признаком для прогноза заболевания [38]. Аналогичные результаты были получены при исследовании гемодинамических параметров в сосудах глаза у пациентов с ранней и промежуточной стадиями ВМД через 9 мес после приема фенофибрат Трайкор [50].

В другом нашем исследовании продемонстрировано влияние интравитреальных инъекций ранибизумаба на глазной кровоток у пациентов с экссудативной ВМД. Анализ результатов исследования гемодинамических показателей на фоне лечения ранибизумабом показал отсутствие существенного влияния интравитреальных инъекций ранибизумаба в период наблюдения до 3 мес на состояние гемодинамики глаза. Показана нормализация индекса периферического сопротивления в системе ЦАС и ЗКЦА в раннем периоде после 2-й инъекции ранибизумаба. Отсутствие достоверных изменений показателей V_{syst} и снижение повышенных значений индекса периферического сопротивления в ЦАС и ЗКЦА после введения ранибизумаба может

свидетельствовать об отсутствии нарушений кровообращения в ретинальных и хориоидальных сосудах и нормализации вазорезистентности на фоне антиангиогенной терапии [41].

В последние годы единичные работы посвящены исследованию влияния различных антиоксидантов на глазной кровоток при сосудистой патологии глаза. В эксперименте на крысах при моделировании ишемии-реперфузии сетчатки установлено улучшение гемодинамики в сосудах глаза на фоне длительного приема антиоксиданта Ресвератрола (от 1 до 2 мес) [51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цветовое дуплексное сканирование обладает значительным диагностическим потенциалом в оценке гемодинамических параметров сосудов глазного яблока и орбиты. Этот метод позволяет получить достоверную информацию о линейной скорости кровотока и состоянии вазорезистентности в разных участках сосудистой системы глаза и установить связь изменений параметров гемодинамики со степенью выраженности васкулярных поражений. Метод ЦДК произвел революцию среди неинвазивных методов диагностики, обеспечив новый подход к изучению сосудистых изменений при различных заболеваниях глаза. В настоящее время доказана возможность многократного применения ЦДК с целью получения достоверных результатов в оценке эффективности лечения офтальмопатологии.

Конфликт интересов: отсутствует.

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

Литература/References

1. *Tarasova L.N., Kiseleva T.N., Fokin A.A.* Глазной ишемический синдром. Москва: Медицина; 2003.
Tarasova L.N., Kiseleva T.N., Fokin A.A. Ocular ischemic syndrome. Moscow: Meditsina; 2003 (in Russian).
2. *Kaiser H.J., Flammer J., Hendrickson P.* Ocular blood flow. Basel: Karger; 1996.
3. *Кацнельсон Л.А., Форофонова Т.И., Бунин А.Я.* Сосудистые заболевания глаза. Москва: Медицина; 1990.
Katsnelson L.A., Forofonova T.I., Bunin A.Ya. Vascular diseases of the eye. Moscow: Meditsina; 1990 (in Russian).
4. *Kelley R.E., Chang J.Y., Scheinman N.J., Levin B.E., Duncan R.C.* Transcranial Doppler assessment of cerebral flow velocity during cognitive tasks. *Stroke.* 1992; 23 (1): 9–14.
5. *Мутков В.В.* Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. Москва: Видар. 1997.
Mit'kov V.V. Clinical guidelines for ultrasound diagnostics. Moscow: Vidar. 1997 (in Russian).
6. *Polak J.F.* Peripheral vascular sonography. Baltimore: Williams & Wilkins. 1992.
7. *Харлап С.И., Шершнев В.В.* Гемодинамические характеристики центральной артерии сетчатки и глазничной артерии при атеросклеротических поражениях сонных артерий по данным ультразвуковых методов исследования. *Вестник офтальмологии.* 1998; 5: 39–44.
Kharlap S.I., Shershnev V.V. Hemodynamic characteristics of the central artery of the retina and orbital artery in atherosclerotic lesions of carotid arteries as assessed by ultrasound methods. *Vestnik Oftal'mologii.* 1998; 5: 39–44 (in Russian).
8. *Lieb W.E.* Color Doppler ultrasonography of the eye and orbit. *Current Opin. Ophthalmol.* 1993; 4: 68–75.
9. *Goebel W., Lieb W.E., Ho A., et al.* Color Doppler imaging: A new technique to assess orbital blood flow in patients with diabetic retinopathy. *Invest. Ophthalmol.* 1995; 199: 864–70.
10. *Schmetterer L.* Ocular blood flow. New York: Springer. 2012: 147–59.
11. *Williamson T., Baxter G., Pyott A., Wykes W., Dutton G.N.* A comparison of color Doppler imaging of orbital vessels and other methods of blood flow assessment. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 1995; 233 (2): 80–4.
12. *Greenfield D.S., Heggerick P.A., Hedges T.R.* Color Doppler imaging of normal orbital vasculature. *Ophthalmology.* 1995; 102: 1598–605.
13. *Tranquart F., Berges O., Koskas P., Pourcelot L.* Color Doppler imaging of orbital vessels: personal experience and literature review. *J. Clin. Ultrasound.* 2003; 31 (5): 258–73.
14. *Ustymowicz A., Mariak Z., Weigle J., et al.* Normal reference intervals and ranges of side-to-side and day-to-day variability of ocular blood flow Doppler parameters. *Ultrasound Med Biol.* 2005; 31 (7): 895–903. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2005.03.013>
15. *Fukukita M., Ido M., Osawa S., Sasoh M., Furuta M.* Retrobulbar hemodynamic effects of nipradilol in normal and normal-tension glaucoma eyes. *J. Ophthalmol.* 2011; 652–904. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2011/652904>
16. *Dellafiore C., Lava M., Cutolo C.A., et al.* Reproducibility of retrobulbar blood flow velocity measurements in normal subjects using two different CDI devices. *Radiol. Med.* 2015; 120 (8): 737–44. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11547-015-0522-4>
17. *Modrzejewska M., Siesky B., Amireskandari A., et al.* Parameters characterizing age-dependent retrobulbar circulation in healthy subjects measured by color Doppler ultrasonography. *Curr. Eye Res.* 2015; 40 (7): 729–36. doi: <http://dx.doi.org/10.3109/02713683.2014.954675>
18. *Abegão Pinto L., Willekens K., Van Keer K., et al.* Ocular blood flow in glaucoma – the Leuven Eye Study. *Acta Ophthalmol.* 2016; 94 (6): 592–8. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/aos.12962>
19. *Курешева Н.И., Киселева Т.Н., Иртегова Е.Ю.* Особенности венозного кровотока при первичной открытоугольной глаукоме. *Глаукома.* 2012; 4: 24–30.
Kuryshева N.I., Kiseleva T.N., Irteгова E.Yu. Features of venous blood flow in primary open-angle glaucoma. *Glaucoma.* 2012; 4: 24–30 (in Russian).
20. *Kuryshева N.I., Parshunina O.A., Shatalova E.O., et al.* Value of structural and hemodynamic parameters for the early detection of primary open-angle glaucoma. *Curr. Eye Res.* 2016: 1–7. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/02713683.2016.1184281>
21. *Peternal P., Keber D., Videcnik V.* Carotid arteries in central retinal vessel occlusion as assessed by Doppler ultrasound. *Br. J. Ophthalmol.* 1989; 73 (11): 880–3.
22. *Гавриленко А.В., Куклин А.В., Киселева Т.Н. и др.* Ультразвуковая диагностика ишемии глаза у больных со стенозами сонных артерий. Клиническая физиология кровообращения. 2017; 14 (1): 34–44.
Gavrilenko A.V., Kuklin A.V., Kiseleva T.N., et al. Ultrasonic diagnosis of ocular ischemia in patients with carotid arteries stenosis. *Clinical physiology of blood circulation.* 2017; 14 (1): 34–44 (in Russian).
23. *Hu H.H., Sheng W.Y., Yen M.Y., Lai S.T., Teng M.M.* Color Doppler imaging of orbital arteries for detection of carotid occlusive disease. *Stroke.* 1993; 24 (8): 1196–203.
24. *Киселева Т.Н., Кошевская О.П., Будзинская М.В., Шеголева И.В., Кравчук Е.А.* Значение цветового доплеровского картирования в диагностике окклюзионных поражений вен сетчатки. *Вестник офтальмологии.* 2006; 5: 4–7.
Kiseleva T.N., Koshevaya O.P., Budzinskaya M.V., Shchegoleva I.V., Kravchuk E.A. Value of color doppler imaging in the diagnosis of occlusive retinal venous lesions. *Vestnik oftal'mologii.* 2006; 5: 4–7 (in Russian).
25. *Колчин А.А., Киселева Т.Н., Зуева М.В., Рябина М.В.* Глазной

- кровоток и его изменения у больных сахарным диабетом. Вестник офтальмологии. 2012; 128 (2): 60–5.
- Kolchin A.A., Kiseleva T.N., Zueva M.V., Ryabina M.V. Ocular blood flow and its changes in patients with diabetes mellitus. Vestnik oftal'mologii. 2012; 128 (2): 60–5 (in Russian).
26. Kawagishi T., Nishizawa Y., Emoto M., et al. Impaired retinal artery blood flow in IDDM patients before clinical manifestation of diabetic retinopathy. Diabetes Care. 1995; 18: 1544–9.
 27. Mendivil A. Ocular blood flow velocities in patients with proliferative diabetic retinopathy after panretinal photocoagulation. Surv. Ophthalmol. 1997; 42: 89–95.
 28. Yilmaz Ovali G., Ersoy B., Tuncyurek O., et al. Doppler ultrasonography imaging of hemodynamic alteration of retrobulbar circulation in type 1 diabetic children and adolescents without retinopathy. Diabetes Res. Clin. Pract. 2008; 79 (2): 243–8.
 29. MacKinnon J.R., McKillop G., O'Brien C., et al. Color Doppler imaging of the ocular circulation in diabetic retinopathy. Acta Ophthalmol. Scand. 2000; 78 (4): 386–9.
 30. Valli A., Bellone A., Protti R., Balla N. Color Doppler imaging to evaluate the action of a drug in ocular pathology. Ophthalmologica. 1995; 100 (3): 312–7.
 31. Нероев В.В., Колчин А.А., Киселева Т.Н. и др. Изменение гемодинамики глаза и функциональной активности сетчатки у пациентов с непролиферативной диабетической ретинопатией. Российский офтальмологический журнал. 2013; 6 (2): 58–64. Nerov V.V., Kolchin A.A., Kiseleva T.N., et al. Ocular hemodynamics and retinal functional activity alterations in patients with nonproliferative diabetic retinopathy. Russian Ophthalmological Journal. 2013; 6 (2): 58–64.
 32. Нероев В.В., Зайцева О.В., Киселева Т.Н., Рамазанова К.А., Курчаева З.В. Особенности глазного кровотока у пациентов с осложненной пролиферативной диабетической ретинопатией. Медицинская визуализация. 2016; 1: 18–24. Nerov V.V., Zaitseva O.V., Kiseleva T.N., Ramazanova K.A., Kurchaeva Z.V. Ocular blood flow in patients with complicated proliferative diabetic retinopathy. Medical Visualization. 2016; 1: 18–24 (in Russian).
 33. Galassi F., Nuzzaci G., Sodi A., Casi P., Vielmo A. Color Doppler imaging in evaluation of optic nerve blood supply in normal and glaucomatous subjects. Int. Ophthalmol. 1992; 16: 273–6.
 34. Harris A., Sergott R.C., Spaeth G.L., et al. Color Doppler analysis of ocular vessel blood velocity in normal-tension glaucoma. Amer. J. Ophthalmol. 1994; 118 (5): 642–9.
 35. Киселева Т.Н., Григорьева Е.Г., Тарасова Л.Н. Глаукоматозная нейропатия в сочетании с патологией сонных артерий: особенности патогенеза и диагностики. Вестник офтальмологии. 2003; 119 (6): 5–7. Kiseleva T.N., Grigor'eva E.G., Tarasova L.N. Glaucomatous neuropathy, combined with carotid disease: specificity of pathogenesis and diagnostics. Vestnik oftal'mologii. 2003; 119 (6): 5–7 (in Russian).
 36. Jonas J.B. Central retinal artery and vein collapse pressure in eyes with chronic open angle glaucoma. Br. J. Ophthalmol. 2003; 87 (8): 949–51.
 37. Киселева Т.Н., Лагутина Ю.М., Кравчук Е.А. и др. Особенности глазного кровотока и состояния брахиоцефальных артерий у больных с неэкссудативной возрастной макулярной дегенерацией. Вестник офтальмологии. 2006; 5: 12–4. Kiseleva T.N., Lagutina Yu.M., Kravchuk E.A., et al. The specific features of ocular blood flow and brachiocephalic arteries in patients with non-exudative senile macular degeneration. Vestnik oftal'mologii. 2006; 5: 12–4 (in Russian).
 38. Киселева Т.Н., Лагутина Ю.М., Кравчук Е.А. Влияние фезама на гемодинамику глаз больных возрастной макулярной дегенерацией. Вестник офтальмологии. 2005; 121 (4): 26–8. Kiseleva T.N., Lagutina Yu.M., Kravchuk E.A. Effect of Fezam on the ocular hemodynamics in patients with age-related macular degeneration. Vestnik oftalmologii. 2005; 121 (4): 26–8 (in Russian).
 39. Friedman E. The pathogenesis of age related macular degeneration. Am. J. Ophthalmol. 2008; 146: 348–9.
 40. Ciulla T.A., Kagemann L., Harris A. Imaging fundamentals. Retina and optic nerve imaging. In: Ciulla T.A., Regillo C.D., Harris A., eds. Lippincott Williams and Wilkins Philadelphia. 2003: 1–11.
 41. Нероев В.В., Киселева Т.Н., Рябина М.В., Карапетян Л.В., Рамазанова К.А. Оценка влияния ранибизумаба на гемодинамику глаза у пациентов с неоваскулярной формой возрастной макулярной дегенерации. Офтальмология. 2013; 10 (2): 38–43. doi: 10.18008/1816-5095-2013-2-38-43
 42. Нероев В.В., Киселева Т.Н., Рябина М.В., Карапетян Л.В., Рамазанова К.А. Assessment of effect of intravitreal ranibizumab injection on the ocular blood flow in patients with neovascular age-related macular degeneration. Ophthalmology in Russia. 2013; 10 (2): 38–43. (in Russian) doi: 10.18008/1816-5095-2013-2-38-43
 43. 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: краткое издание. Москва: ГЕОТАР-МЕДИА; 2014: 545–52. Kiseleva T.N. Anterior ischemic optic neuropathy. In: Avetisov S.E., Egorov E.A., Moshetova L.K., Nerov V.V., Takhchidi Kh.P., eds. Ophthalmology. National Guidelines. Moscow: GEOTAR-MEDIA; 2014: 545–52 (in Russian).
 44. Adzhemian N., Nerov 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. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2016.07.891
 45. 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 Russian).
 46. Гавриленко А.В., Ку克林 А.В., Киселева Т.Н. Каротидная эндартерэктомия у больных со стенозом сонных артерий и хроническим нарушением зрения. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2016; 9 (2): 19–23. Gavrilenko A.V., Kuklin A.V., Kiseleva T.N. Carotid endarterectomy in patients with carotid stenosis and chronic visual impairment. Cardiology and Cardiovascular Surgery 2016; 9 (2): 19–23 (in Russian).
 47. Нероев В.В., Киселева Т.Н., Власов С.К., et al. Visual outcomes after carotid reconstructive surgery for ocular ischemia. Eye. 2012; 26 (10): 1281–7. doi: 10.1038/eye.2012.118
 48. Feke G.T., Vex P.J., Taylor C.P., et al. Effect of brimonidine on retinal vascular autoregulation and short-term visual function in normal tension glaucoma. Am. J. Ophthalmol. 2014; 158 (1): 105–12.
 49. Ловпаче Д.Н., Киселева Т.Н., Рамазанова К.А. Опыт применения аналога простагландина препарата Глаупрост 0,005 % при лечении первичной открытоугольной глаукомы. Возможности его комбинации с другими препаратами. Российский офтальмологический журнал. 2012; 5 (1): 42–5. Lovpache D.N., Kiseleva T.N., Ramazanova K.A. The use of Glauprost 0,005 %, a prostaglandin analogue, in the treatment of patients with primary open angle glaucoma and its potentials for combined therapy. Russian Ophthalmological Journal. 2012; 5 (1): 42–5 (in Russian).
 50. Siesky B., Harris A., Sines D., et al. A comparative analysis of the effects of the fixed combination of timolol and dorzolamide versus latanoprost plus timolol on ocular hemodynamics and visual function in patients with primary open-angle glaucoma. J. Ocul. Pharmacol. Ther. 2006; 22 (5): 353–61.
 51. Нероев В.В., Киселева Т.Н., Еремеева Е.А., Рябина М.В., Рамазанова К.А. Влияние препарата Трайкор на гемодинамику глаза у пациентов с сухой формой возрастной макулярной дегенерации. Российский офтальмологический журнал. 2014; 7 (4): 40–4. Nerov V.V., Kiseleva T.N., Eremeeva E.A., Ryabina M.V., Ramazanova K.A. The effect of Tricor on the ocular blood flow in patients with the dry form of age-related macular degeneration. Russian Ophthalmological Journal. 2014; 7 (4): 40–4 (in Russian).

51. *Нероев В.В., Киселева Т.Н., Чудин А.В., Щипанова А.И., Рамазанова К.А.* Влияние антиоксиданта растительного происхождения (ресвератрола) на глазной кровоток в эксперименте. Вестник офтальмологии. 2016; 132 (4): 55–61.

Neroev V.V., Kiseleva T.N., Chudin A.V., Shchipanova A.I., Ramazanova K.A. Assessing resveratrol effect on ocular blood flow in experiment. Vestnik oftal'mologii. 2016; 132 (4): 55–61 (in Russian).

Поступила: 20.11.2017

Possibilities of color Duplex Imaging in the diagnosis of ocular vascular pathology

T.N. Kiseleva — Dr. Med. Sci., Professor, head of ultrasound diagnostic department

M.S. Zaitsev — junior researcher, ultrasound diagnostic department

K.A. Ramazanova — Cand. Med. Sci., head of clinical unit, ultrasound diagnostic department

K.V. Lugovkina — Cand. Med. Sci., researcher, ultrasound diagnostic department

Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
tkisseleva@yandex.ru

The literary review presents the results of domestic and foreign studies of blood flow in the arteries and veins of the eye and orbit using color Doppler Imaging (CDI) and pulsed dopplerography. These methods are used to obtain the data on linear blood flow velocity and vascular resistance in different areas of the ocular vascular system and detect the correlation thereof with the severity of vascular disorders. CDI demonstrates the possibilities of multiple application in order to obtain reliable results in the diagnosis and evaluation of the effectiveness of treatment of the vascular pathology of the eye.

Keywords: color Doppler Imaging, pulsed dopplerography, ocular blood flow

For citation: 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 Russian). doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94

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.

Для контактов: Киселева Татьяна Николаевна
E-mail: tkisseleva@yandex.ru