

Особенности венозного кровотока в сосудах глаза при активной ретинопатии недоношенных

© И.Г. ТРИФАНЕНКОВА, А.В. ТЕРЕШЕНКО, Е.В. ЕРОХИНА

Калужский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Калуга, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Изучение особенностей состояния венозного кровообращения глаза при ретинопатии недоношенных (РН) в ходе исследования кровотока в центральной вене сетчатки и верхней глазничной вене у пациентов с различными формами, стадиями и типами течения заболевания.

Материал и методы. Цветовое дуплексное сканирование центральной вены сетчатки и верхней глазничной вены в режимах цветового доплеровского картирования и импульсной доплерографии выполнено 55 недоношенным детям (55 глаз) с активной РН и 8 недоношенным детям (8 глаз) без признаков РН, рожденным на сроке гестации 25—32 нед, с массой тела при рождении 680—1760 г.

Результаты. Характерной для гемодинамических показателей в центральной вене сетчатки (ЦВС) особенностью на 1—3-й стадиях активной РН явилось снижение как максимальной, так и минимальной скорости кровотока. У пациентов с задней агрессивной РН было зафиксировано повышение максимальной скорости кровотока в ЦВС, которое возникает в ответ на венозный застой, характерный для данной формы заболевания. Проведенная статистическая оценка прогностической значимости показателей гемодинамики ЦВС в отношении типа течения активной РН выявила высокую информативность минимальной скорости кровотока, что является перспективным для раннего определения неблагоприятного течения заболевания с целью своевременного проведения лечения. Кровоток в верхней глазничной вене отличался отсутствием каких-либо взаимосвязей с характером течения заболевания, что не позволяет говорить об информативности и прогностической ценности его показателей.

Заключение. Выявленные особенности венозного кровотока у пациентов с активной РН помогают расширить представления о сосудистых изменениях при данной патологии, а также могут быть применены в клинической практике для повышения точности прогноза течения заболевания.

Ключевые слова: ретинопатия недоношенных, венозный кровоток, центральная вена сетчатки, верхняя глазничная вена.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Трифаненкова И.Г. — <https://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Терешенко А.В. — <https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Ерохина Е.В. — <https://orcid.org/0000-0003-0678-884X>

Автор, ответственный за переписку: Трифаненкова И.Г. — e-mail: nauka@eye-kaluga.com

КАК ЦИТИРОВАТЬ:

Трифаненкова И.Г., Терешенко А.В., Ерохина Е.В. Особенности венозного кровотока в сосудах глаза при активной ретинопатии недоношенных. *Вестник офтальмологии*. 2021;137(4):65–71. <https://doi.org/10.17116/oftalma202113704165>

Venous blood flow in ocular vessels of patients with active retinopathy of prematurity

© I.G. TRIFANENKOVA, A.V. TERESHCHENKO, E.V. EROKHINA

Kaluga Branch of the S.N. Fedorov National Medical Research Center «MNTK «Eye Microsurgery», Kaluga, Russia

ABSTRACT

Purpose — to study the characteristics of venous circulation in the eyes with retinopathy of prematurity (ROP) observed in examination of blood flow in the central retinal vein and superior orbital vein in patients with different forms, stages and state of the disease.

Material and methods. Color duplex scanning of the central retinal vein and superior orbital vein was performed using color Doppler imaging and pulsed Doppler sonography in 55 premature babies (55 eyes) with active ROP and 8 premature babies (8 eyes) with no signs of ROP. All babies included in the study were born at 25—32 weeks of gestation, their birth weight was 680—1760 g.

Results. A characteristic feature of hemodynamic parameters in the central retinal vein at stages 1—3 of active ROP was a decrease in both the maximum and minimum blood flow velocities (V_{max} and V_{min}), indicating a serious disorder of ocular hemodynamics in this category of patients. An increase in V_{max} in the central retinal vein was recorded for patients with aggressive posterior ROP, which occurs in response to venous stasis that is common in this form of the disease. The performed statistical assessment of the prognostic significance of hemodynamic parameters of the central retinal vein in relation to the type of active ROP revealed a high information content of V_{min} , which is promising for early detection of unfavorable course of the disease helping to ensure timely treatment. The blood flow in the superior orbital vein showed distinctive absence of any correlations with the course of the disease, disallowing any immediate conclusions on the informativeness and predictive value of its parameters.

Conclusion. The revealed features of venous blood flow in patients with active ROP help expand the understanding of vascular changes in this pathology, and can also be applied in clinical practice to improve the accuracy of predicting the course of the disease.

Keywords: retinopathy of prematurity, venous blood flow, central retinal vein, superior orbital vein.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Trifanenkova I.G. — <https://orcid.org/0000-0001-9202-5181>

Tereshhenko A.V. — <https://orcid.org/0000-0002-0840-2675>

Erokhina E.V. — <https://orcid.org/0000-0003-0678-884X>

Corresponding author: Trifanenkova I.G. — e-mail: nauka@eye-kaluga.com

TO CITE THIS ARTICLE:

Trifanenkova IG, Tereshhenko AV, Erokhina EV. Venous blood flow in ocular vessels of patients with active retinopathy of prematurity.

The Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii. 2021;137(4):65–71. (In Russ.).

<https://doi.org/10.17116/oftalma202113704165>

Ретинопатия недоношенных (РН) — тяжелое заболевание сетчатки недоношенных младенцев, одна из ведущих причин слепоты и детской инвалидности по зрению в мире [1, 2].

Сосудистые изменения при активной РН очевидны. Аномальное состояние сосудов сетчатки определяют не только клинически, но и более детально в ходе морфометрических исследований, позволяющих объективно оценить количественные показатели ретинальных артерий и вен и их отклонение от нормы. При этом представляют интерес клинические признаки и данные морфометрии, которые дают возможность определить тип течения активной РН: благоприятный, когда высока вероятность самопроизвольного регресса, и неблагоприятный, когда риск прогрессирования РН максимален и требуется проведение лечебных мероприятий для предотвращения неблагоприятных исходов [3, 4].

В целом к настоящему времени в литературе достаточно подробно освещено состояние сосудов сетчатки у пациентов с активной РН по данным ретиноскопии и цифровой морфометрии [5–7]. Однако помимо клинических и морфометрических нарушений большой интерес представляет функциональное состояние сосудов глаза при активной РН.

Метод цветового дуплексного сканирования (ЦДС) позволяет определить качественные и количественные гемодинамические показатели, повышая точность диагностики при различной офтальмопатологии. В ряде публикаций представлены данные ЦДС на различных стадиях РН. В основном это касается глазной артерии, реже — центральной артерии сетчатки, встречаются работы с данными по задним коротким цилиарным артериям [8–13].

Изучение венозного кровотока в офтальмологии проводится при диагностике сосудистой патологии глаза [14, 15]. Чаще всего в доступной литературе нам встречались работы, посвященные использованию ЦДС при глаукоме [16–19]. Упоминание об исследовании кровотока в проекции центральной вены сетчатки (ЦВС) при РН найдено в един-

ственной работе, где сообщается о значительном увеличении максимальной скорости кровотока в ЦВС при развитии РН [9].

ЦВС — наиболее значимый сосуд глаза, несущий кровь от сетчатки. Верхняя глазничная вена (ВГВ) — главный венозный коллектор орбиты. Отсутствие данных о состоянии гемодинамики в них у пациентов с активной РН, а также об особенностях венозного кровотока при благоприятном и неблагоприятном типах течения заболевания определило актуальность данной работы.

Цель исследования — изучение особенностей состояния венозного кровообращения глаза при РН в ходе исследования кровотока в ЦВС и ВГВ у пациентов с различными формами, стадиями и типами течения заболевания.

Материал и методы

ЦДС ЦВС и ВГВ в режимах цветового доплеровского картирования и импульсной доплерографии выполнено 55 недоношенным детям (55 глаз) с активной РН и 8 недоношенным детям (8 глаз) без признаков РН, рожденным на сроке гестации 25–32 нед, с массой тела при рождении 680–1760 г.

Для диагностики различных стадий и типов РН применялись следующие клинические методы: обратная офтальмоскопия, цифровая ретиноскопия и морфометрия.

Среди детей с активной РН с 1-й стадией заболевания было 15 пациентов (из них 7 — с благоприятным типом течения, 8 — с неблагоприятным), со 2-й стадией — 16 (8 — с благоприятным типом течения и 8 — с неблагоприятным), с 3-й стадией — 17 (8 — с благоприятным, 9 — с неблагоприятным типом течения); у 7 пациентов была задняя агрессивная РН.

Основываясь на опубликованных данных о зависимости показателей кровотока в глазной артерии от постконцептуального возраста (ПКВ), а не от продолжительности жизни [20], исследование прово-

дили в однородном гестационном возрасте на момент обследования — на 37—38-й неделе ПКВ, или на 6—11-й неделе жизни.

Исследование выполняли под контролем, осуществляемым анестезиологом-реаниматологом. Использовался севофлюрановый ингаляционно-масочный наркоз, продолжительность которого не превышала 7—12 мин, под мониторным контролем функций дыхательной и сердечно-сосудистой систем ребенка.

Исследование проводили при помощи многофункционального ультразвукового диагностического прибора Logic E (GE, США) с использованием линейного датчика с частотой от 4 до 12 МГц при соблюдении стандартов безопасности ультразвукового исследования глазного яблока [TI — 0,0 (норма — не более 1,0), MI — 0,11—0,15 (норма — не более 0,23), интенсивность ультразвукового потока — не более 50 мВт/см²]. На первом этапе выполняли сканирование глазного яблока и ретробульбарного пространства в В-режиме. Для визуализации кровотока в ЦВС и ВГВ использовали режим цветового доплеровского картирования. В этих сосудах регистрировали спектр доплеровского сдвига частот (СДСЧ) и определяли количественные показатели кровотока: максимальную (V_{max}) и минимальную (V_{min}) скорость кровотока. Сканирование проводили на глубине 1—3 мм от заднего полюса глаза в проекции ствола зрительного нерва, чтобы избежать артефактов, обусловленных сосудистым паттерном хориоидеи. В проекции ЦВС спектр кровотока был расположен под базовой изолинией, низкоамплитудный, двух- или, реже, монофазный, с неглубокой инцизурой, был направлен от датчика (рис. 1). Спектр ВГВ был изолированный (рис. 2).

Для получения оптимальных значений кровотока измерение в каждом сосуде производили 3—4 раза. В анализ включали результаты исследования одного (выбранного случайным образом) глаза ребенка.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Statistica 13.3 (Tibco Software Inc., США). Для характеристики статистических рядов распределения использовались среднее значение (M) и средняя ошибка среднего (m). Для попарного сравнения использовался непараметрический критерий Манна—Уитни, для выявления корреляций показателей кровотока со стадией и типом течения РН применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r_s). Определение прогностического значения показателей кровотока в отношении типа течения активной РН выполняли с помощью ROC-анализа и комплексно методом дискриминантного анализа. Статистически достоверным считался уровень значимости $p < 0,05$.

Результаты

В результате количественного анализа доплеровского спектра были определены средние показатели V_{max} и V_{min} в ЦВС (табл. 1).

В ходе анализа была проведена сравнительная оценка показателей V_{max} и V_{min} в ЦВС при различных стадиях и типах течения РН с контрольными показателями (недоношенные дети без РН (см. табл. 1)).

Путем сравнения было выявлено значимое снижение V_{max} на 1-й стадии РН при обоих типах течения и на 2—3-й стадиях РН при благоприятном типе течения по сравнению с показателями контрольной группы ($p=0,034$; $p=0,043$; $p=0,021$; $p=0,034$ соответственно).

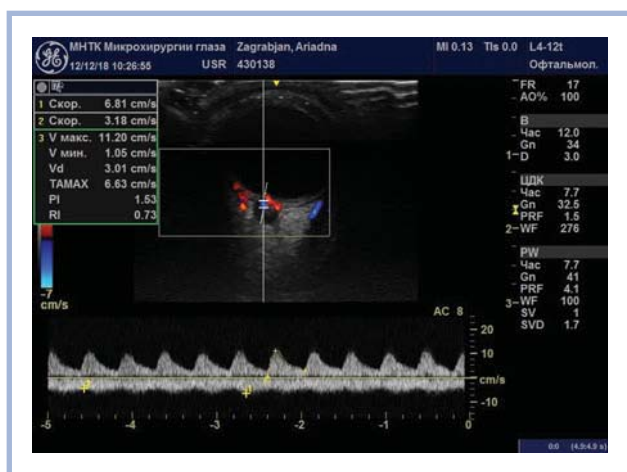


Рис. 1. Результаты цветового доплеровского картирования СДСЧ и показателей кровотока в ЦВС при задней агрессивной РН.

Fig. 1. Doppler frequency shift spectrum and indicators of blood flow in the central retinal vein in aggressive posterior retinopathy of prematurity.



Рис. 2. Результаты цветового доплеровского картирования СДСЧ и показателей кровотока в ВГВ на 3-й стадии РН с неблагоприятным типом течения.

Fig. 2. Doppler frequency shift spectrum and indicators of blood flow in the superior orbital vein in stage 3 retinopathy of prematurity with an unfavorable course.

Таблица 1. Средние значения V_{max} и V_{min} в центральной вене сетчатки у детей с различными стадиями и типами течения активной РН
Table 1. Mean values of V_{max} and V_{min} in the central retinal vein in children with different stages and types of active retinopathy of prematurity

Контроль/стадии активной РН	Тип течения РН	<i>n</i>	V_{max} , см/с	V_{min} , см/с
Недоношенные без РН		8	4,96±0,34	3,28±0,32
1-я стадия	Благоприятный	7	2,66±0,42*	0,80±0,09*
	Неблагоприятный	8	3,55±0,21*	1,53±0,09*
2-я стадия	Благоприятный	8	2,78±0,10*	1,03±0,04*
	Неблагоприятный	8	4,75±0,51*	1,46±0,17*
3-я стадия	Благоприятный	8	3,21±0,11*	1,14±0,03*
	Неблагоприятный	9	4,95±0,55	1,75±0,22*
Задняя агрессивная РН		7	6,62±0,20*	2,43±0,09

Примечание. * — различия с контролем (недоношенные без РН) статистически значимы, $p < 0,05$.

Таблица 2. Итоговая таблица дискриминантного анализа гемодинамических показателей ЦВС
Table 2. Summary table of discriminant analysis of hemodynamic parameters of the central retinal vein

Показатель	Итоговая таблица дискриминантного анализа данных					
	Число переменных: 2; Группирующие переменные: Тип (2 группы); лямбда Уилкса: 0,36473 F(2,58)=50,512 $p < 0,0000$	лямбда Уилкса	частная лямбда	F-критерий	<i>p</i> -value	толеран-тность
V_{max}	0,385613	0,945836	3,321410	0,0735540	0,746655	0,253346
V_{min}	0,516089	0,706713	24,07012	0,000008	0,746655	0,253346

Примечание. Значения статистически значимы при $p < 0,05$.

Результаты сравнительной оценки с контролем V_{min} в ЦВС показали ее значимое снижение при обоих типах 1–3-й стадий РН ($p=0,034$; $p=0,021$; $p=0,021$; $p=0,006$; $p=0,034$; $p=0,004$ соответственно).

Результаты сравнения V_{max} и V_{min} в ЦВС по критерию Манна—Уитни показали наличие различий у пациентов с благоприятным и неблагоприятным типами течения РН на 1–3 стадиях. V_{max} и V_{min} у всех вошедших в исследование пациентов с неблагоприятным типом течения РН была значимо выше, чем с благоприятным ($p=0,006$ и $p=0,001$ соответственно).

Поиск зависимостей гемодинамических показателей ЦВС от стадии РН с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена выявил высокую прямую зависимость V_{max} от стадии активной РН ($r_s=0,71$; $p < 0,05$). Зависимость V_{min} от стадии активной РН по критерию корреляции Спирмена характеризовалась как заметная ($r_s=0,55$; $p < 0,05$).

При задней агрессивной РН было выявлено значимое повышение V_{max} по сравнению с контрольной группой ($p=0,021$). При этом V_{min} достоверных отличий с контролем не имела ($p > 0,05$).

Кроме того, состояние кровотока в ЦВС у детей с задней агрессивной РН анализировалось в сравнении с группой с наиболее выраженными проявлениями классической РН — 3-й стадией с неблагоприятным течением. При задней агрессивной РН значения V_{max} были значимо выше, чем на 3-й стадии с неблагоприятным типом течения ($p=0,021$), что указывает на еще более выраженные гемодинамические сдвиги вследствие венозного застоя, характерного для задней агрессивной формы заболевания.

Нахождение количественных показателей кровотока в ЦВС позволило перейти к определению их прогностического значения в отношении типа течения активной РН (благоприятного или неблагоприятного), который играет ключевую роль в выборе тактики ведения и лечения пациентов с РН [21].

Проведенный ROC-анализ показал, что и V_{max} , и V_{min} в ЦВС практически в равной степени демонстрируют очень сильную связь с типом течения активной РН (AUC=0,959 и AUC=0,971 соответственно).

Для детализации данных ROC-анализа был проведен дискриминантный анализ гемодинамических показателей в ЦВС, результаты которого представлены в табл. 2.

Анализируя значения полученных результатов дискриминантного анализа, можно прийти к выводу, что наиболее значимым из гемодинамических показателей в ЦВС является V_{min} (большая лямбда Уилкса, меньшая частная лямбда, достоверный F-критерий по сравнению с показателями V_{max}). Это также подтверждалось абсолютными значениями стандартизированных коэффициентов дискриминантной функции (Standardized Coefficients for Canonical Variables) (для V_{max} — 0,337921, для V_{min} — 0,786333), из чего следует, что больший вклад в значение дискриминантной функции вносит переменная V_{min} .

Полученная в итоге дискриминантного анализа каноническая дискриминантная функция с гемодинамическими параметрами ЦВС в качестве переменных имела вид:

$$Y = 5,65 - 0,431 \cdot V_{max} - 3,105 \cdot V_{min},$$

где Y — тип течения активной РН. При значениях, близких к 1, определяется благоприятный тип тече-

Таблица 3. Средние значения V_{max} и V_{min} в ВГВ у детей с различными стадиями и типами течения активной РН
Table 3. Mean values of V_{max} and V_{min} in the superior orbital vein in children with different stages and types of active retinopathy of prematurity

Контроль/стадии активной РН	Тип течения РН	<i>n</i>	V_{max} , см/с	V_{min} , см/с
Недоношенные без РН		8	14,78±0,39	3,27±0,82
1-я стадия	Благоприятный	7	13,32±1,26	1,37±0,54
	Неблагоприятный	8	8,25±0,26	1,70±0,08
2-я стадия	Благоприятный	8	9,27±1,17	3,05±0,98
	Неблагоприятный	8	6,78±0,64	2,87±0,29
3-я стадия	Благоприятный	8	12,51±0,35	3,23±0,02
	Неблагоприятный	9	13,87±1,15	3,77±0,42
Задняя агрессивная РН		7	11,19±0,74	3,08±0,16

ния активной РН, а при значениях, близких к 2, неблагоприятный тип.

Вероятность классифицирования переменных по выходному параметру Y составила: для неблагоприятного типа течения активной РН — 87,09%, для благоприятного — 100%.

Исходя из вышеописанных результатов комплексного статистического анализа, было достоверно доказано, что наиболее информативным прогностическим гемодинамическим показателем в ЦВС в отношении типа течения активной РН является V_{min} .

Анализ показателей кровотока в ВГВ на разных стадиях РН показал, что для данной вены характерен широкий разброс значений как V_{max} , так и V_{min} (табл. 3), что полностью соответствует данным других исследователей, изучавших особенности кровотока в сосудах глаза, согласно которым V_{max} в ВГВ может колебаться от 4,5 до 14 см/с [22].

Как видно из табл. 3, их величина различна при разных стадиях и типах течения РН, каких-либо зависимостей и тенденций при переходе от стадии к стадии или от благоприятного типа к неблагоприятному на вошедшем в исследование клиническом материале выявлено не было.

Обсуждение

Патологические сосудистые нарушения при РН описаны в ряде публикаций [3–7]. При этом безусловный интерес представляет изучение регионарной гемодинамики, что может иметь несомненную практическую, и в первую очередь прогностическую значимость.

Как отечественными, так и зарубежными специалистами проводились отдельные исследования функционального состояния кровотока в сосудах глаза у пациентов с РН. При этом интерес исследователей в основном был направлен на артериальный кровоток (центральная артерия сетчатки, глазная артерия, реже — задние короткие цилиарные артерии) [8, 10–13, 20].

В доступной литературе найдена единичная публикация, где у 8 детей со 2-й стадией активной РН отмечено значительное увеличение максимальной

скорости в ЦВС (с $1,99±0,36$ см/с на $28±1$ -е сутки жизни до $3,72±0,61$ см/с на $64±13$ -е сутки жизни). Авторы предположили, что РН сопровождается усилением ретинального кровотока [9].

В настоящем исследовании нами впервые были изучены гемодинамические показатели венозного кровотока у детей с активной РН.

Анализ особенностей гемодинамики в ЦВС выявил, что для 1–3-й стадий активной РН характерным является снижение скорости кровотока (и V_{max} и V_{min}), что коррелирует с выявленной в ходе нашего параллельного исследования тенденцией к снижению диастолической скорости кровотока в артериальных сосудах глаза при РН [23]. При этом следует учитывать особенности строения венозной стенки: она тоньше, чем артериальная, внутренний эластический слой развит значительно слабее, поэтому легко спадается в систолу, когда происходит повышение офтальмотонуса, что отражается и на скорости кровотока. Очевидно, у недоношенных детей эта закономерность выявляется с большей степенью.

Напротив, в случаях задней агрессивной РН имело место достоверное увеличение V_{max} . В связи с этим в исследованиях В.П. Куликова и соавт. [24] сообщается, что нарушение венозного оттока любого генеза на интракраниальном уровне устанавливают при повышении скорости венозного кровотока. Следовательно, состояние венозного застоя, характеризующегося расширением вен, компенсируется увеличением скорости кровотока на всем протяжении вены. Становится очевидным, что выявленное повышение V_{max} в ЦВС при задней агрессивной РН отражает компенсаторную реакцию на венозный застой, являющийся одним из характерных клинических признаков этой формы заболевания.

В ходе исследования была показана прямая зависимость V_{max} и V_{min} от стадии заболевания ($r_s=0,71$ и $r_s=0,55$ соответственно; $p<0,05$). Основные межгрупповые различия были связаны с достоверным повышением значений V_{max} и V_{min} в группе детей с неблагоприятным типом течения 1–3-й стадий активной РН по сравнению с благоприятным.

Полученные результаты комплексной статистической оценки прогностической ценности гемодинами-

ческих показателей в ЦВС, включавшей проведение ROC-анализа и дискриминантного анализа, показавшие наибольшую прогностическую информативность V_{min} в ЦВС в отношении типа течения, согласуются с клиническими данными: V_{min} при неблагоприятном типе течения достоверно выше, чем при благоприятном ($p=0,001$), при этом по сравнению с недоношенными без РН значения V_{min} достоверно ниже ($p<0,05$). Кроме того, выявленное нами достоверное повышение V_{max} при неблагоприятном течении 1—3-й стадий ($p=0,006$) нашло свое отражение в высоком значении $AUC=0,959$, по данным ROC-анализа.

Анализ показателей кровотока в ВГВ на разных стадиях РН показал, что для данной вены характерен широкий разброс значений как V_{max} , так и V_{min} , что согласуется с данными проведенных ранее исследований [16]. Величина гемодинамических показателей ВГВ широко варьирует при различных стадиях и типах течения РН, что не позволяет говорить об их прогностической информативности в отношении характера течения заболевания.

Заключение

В нашем исследовании впервые были изучены особенности венозного кровотока в сосудах глаза при активной РН.

Характерной особенностью гемодинамических показателей в ЦВС на 1—3-й стадиях активной РН явилось снижение как максимальной, так и минимальной скорости кровотока.

У пациентов с задней агрессивной РН было зафиксировано повышение V_{max} в ЦВС, которое возникает в ответ на венозную застой, характерный для данной формы заболевания.

Проведенная статистическая оценка прогностической значимости показателей гемодинамики ЦВС в отношении типа течения активной РН выявила высокую информативность V_{min} , что является перспективным для раннего определения неблагоприятного течения заболевания с целью своевременного проведения лечения.

Кровоток в ВГВ отличался отсутствием каких-либо взаимосвязей с характером течения заболевания, что не позволяет говорить об информативности и прогностической ценности его показателей.

Выявленные особенности венозного кровотока у пациентов с активной РН помогают расширить представления о сосудистых изменениях при данной патологии, а также могут быть применены в клинической практике для повышения точности прогноза течения заболевания.

Участие авторов:

Концепция и дизайн исследования: И.Т., А.Т.

Сбор и обработка материала: И.Т., Е.Е.

Статистическая обработка: И.Т., Е.Е.

Написание текста: И.Т.

Редактирование: И.Т., А.Т.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Сидоренко Е.И. Офтальмопатия (ретинопатия) недоношенных — проблема на всю жизнь. *Таврический медико-биологический вестник*. 2015; 18(1):117-119.
Sidorenko EI. Ophthalmopathy (retinopathy) of prematurity — a problem for all over life. *Tavricheskij mediko-biologicheskij vestnik*. 2015;18(1):117-119. (In Russ.).
<https://cyberleninka.ru/article/n/oftalmopatiya-retinopatiya-nedonoshennyh-problema-na-vsju-zhizn/viewer>
2. Сидоренко Е.И., Асташева И.Б. Ретинопатия недоношенных как проблема современной офтальмологии. *Российская педиатрическая офтальмология*. 2007;(4):4-10.
Sidorenko EI, Astasheva IB. Retinopathy of prematurity as a problem of modern ophthalmology. *Rossijskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*. 2007;(4): 4-10. (In Russ.).
3. Терешенко А.В., Белый Ю.А., Исаев С.В., Трифаненкова И.Г., Юдина Ю.А. Морфометрическое исследование состояния ретинальных сосудов на ранних стадиях ретинопатии недоношенных. *Офтальмология*. 2013;10(3):10-14.
Tereshhenko AV, Belyj YuA, Isaev SV, Trifanenkova IG, Yudina YuA. Morphometric study of the state of the retinal vessels in the early stages of retinopathy of prematurity. *Oftal'mologiya*. 2013;10(3):10-14. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18008/1816-5095-2013-3-33-39>
4. Терешенко А.В., Белый Ю.А., Исаев С.В., Трифаненкова И.Г. Состояние сосудов сетчатки при ретинопатии недоношенных. *Вестник офтальмологии*. 2014;130(3):26-31.
Tereshhenko AV, Belyj YuA, Isaev SV, Trifanenkova IG. Retinal vessels condition in retinopathy of prematurity. *Vestnik oftal'mologii*. 2014;130(3):26-31. (In Russ.).
<https://www.mediasphera.ru/issues/vestnik-oftalmologii/2014/3/downloads/ru/030042-465X201436>
5. Wilson C, Wong K, Ng J, Cocker K, Ells K, Fielder A. Digital image analysis in retinopathy of prematurity: a comparison of vessel selection methods. *J AAPOS*. 2012; 16(3):223-228.
<https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2011.11.015>
6. Vickers LA, Freedman SF, Wallace DK, Prakalapakorn SG. ROPtool analysis of images acquired using a noncontact handheld fundus camera (Pictor) — a pilot study. *J AAPOS*. 2015;19(6):570-572.
<https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2015.07.291>
7. Терешенко А.В., Трифаненкова И.Г., Белый Ю.А., Исаев С.В., Панамарева С.В. Морфометрический анализ сосудов сетчатки при классическом течении активных стадий ретинопатии недоношенных. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2013;(4):253-257.
Tereshhenko AV, Trifanenkova IG, Belyj YuA, Isaev SV, Panamareva SV. Morphometric analysis of retinal vessels in the active stages of classic retinopathy of prematurity. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013;(4):253-257. (In Russ.).
<https://cyberleninka.ru/article/n/morfometricheskij-analiz-sosudov-setchatki-pri-klassicheskom-techenii-aktivnyh-stadij-retinopatii-nedonoshennyh/viewer>
8. Ozcan P, Dogan F, Sonmez K, Con R, Dokumaci D, Seyhanli E. Assessment of orbital blood flow velocities in retinopathy of prematurity. *Int Ophthalmol*. 2017;37(4):795-799.
<https://doi.org/10.1007/s10792-016-0333-1>
9. Hartenstein S, Müller B, Metz B, Czernik C, Bührer C. Blood flow assessed by color Doppler imaging in retinopathy of prematurity. *J Perinatol*. 2015; 35(9):745-747.
<https://doi.org/10.1038/jp.2015.45>

10. Neely D, Harris A, Hynes E, McNulty L, McCranor L, Siesky B, Plager D, Sprunger D, Roberts G. Longitudinal assessment of plus disease in retinopathy of prematurity using color Doppler imaging. *J AAPOS*. 2009;13(5):509-511. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2009.08.012>.
11. Soares C, Silveira R, Procianny R. Ophthalmic artery blood flow in very-low-birth-weight preterm infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2010;51(2):708-711. <https://doi.org/10.1167/jovs.09-4206>.
12. Niwald A, Graček M. Evaluation of blood flow in the ophthalmic artery and central retinal artery in children with retinopathy of prematurity. *Klin Oczna*. 2006;108(1-3):32-35.
13. Harris A, Garzozzi H, Harris-Izhak M, Shoham N, Holland D. Color Doppler imaging of central retinal artery in retinopathy of prematurity. *Harefuah*. 2000;138(10):812-815, 912.
14. Киселева Т.Н. Цветовое дуплексное сканирование в диагностике заболеваний глаза и орбиты. В кн.: *Ультразвуковые исследования в офтальмологии*. Руководство для врачей. М. 2019;77-118.
Kiseleva TN. Color duplex scanning in the diagnosis of eye and orbit diseases. In: *Ul'trazvukovye issledovaniya v oftal'mologii*. Rukovodstvo dlya vrachej [Ultrasound examinations in ophthalmology. A guide for doctors]. М. 2019. (In Russ.).
15. 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 TN, Zaitsev MS, Ramazanova KA, Lugovkina KV. Possibilities of color duplex scanning in the diagnosis of eye vascular pathology. *Rossiiskij oftal'mologicheskij zhurnal*. 2018;11(3):84-94. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2018-11-3-84-94>
16. Курышева Н.И., Маслова Е.В., Трубилина А.В., Фомин А.В. ОКТ-ангиография и цветовое доплеровское картирование в исследовании гемоперфузии сетчатки и зрительного нерва при глаукоме. *Офтальмология*. 2016;13(2):102-110.
Kuryshva NI, Maslova EV, Trubilina AV, Fomin AV. OCT-angiography and color Doppler mapping in the study of retinal and optic nerve hemoperfusion in glaucoma. *Oftal'mologiya*. 2016;13(2):102-110. (In Russ.). <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2016-2-102-110>
17. Курышева Н.И., Паршунина О.А., Маслова Е.В., Шаталова Е.О., Киселева Т.Н., Лагутин М.Б. Диагностическая значимость исследования глазного кровотока в раннем выявлении первичной открытоугольной глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2015;14(3):19-29.
Kuryshva NI, Parshunina OA, Maslova EV, Shatalova EO, Kiseleva TN, Lagutin MB. Diagnostic significance of ocular blood flow research in early detection of primary open-angle glaucoma. *Nacional'nyj zhurnal glaukoma*. 2015;14(3):19-29. (In Russ.). <https://www.glaucomajournal.ru/jour/article/view/70>
18. Курышева Н.И., Киселева Т.Н., Иртегова Е.Ю. Особенности венозного кровотока глаза при первичной открытоугольной глаукоме. *Глаукома. Журнал НИИ ГБ РАМН*. 2012;(4):24-30.
Kuryshva NI, Kiseleva TN, Irtegovaya EYu. Features of venous blood flow of the eye in primary open-angle glaucoma. *Glaukoma. ZHurnal NII GB RAMN*. 2012;(4):24-30. (In Russ.). <https://elibrary.ru/item.asp?id=21063911>
19. Курышева Н.И., Апостолова А.С., Арджевнишвили Т.Д., Киселева Т.Н., Фомин А.В. Исследование морфологических изменений и регионарной гемодинамики при псевдоэксфолиативной глаукоме. *Офтальмология*. 2014;11(1):38-44.
Kuryshva NI, Apostolova AS, Arjevnishvili TD, Kiseleva TN, Fomin AV. Investigation of morphological changes and regional hemodynamics in pseudoexfoliative glaucoma. *Oftal'mologiya*. 2014;11(1):38-44. (In Russ.). <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2014-1-38-44>
20. Николаева Г.В. Выявление миогенной ауторегуляции кровотока в передней мозговой и глазной артерии у недоношенных новорожденных. *Российская детская офтальмология*. 2014;(4):15-21.
Nikolaeva GV. Detection of myogenic autoregulation of blood flow in the anterior cerebral and ocular arteries in premature infants. *Rossiyskaya detskaya oftal'mologiya*. 2014;(4):15-21. (In Russ.). <https://eyepress.ru/article.aspx?15676>
21. Терещенко А.В., Белый Ю.А., Трифаненкова И.Г., Терещенкова М.С. Рабочая классификация ранних стадий ретинопатии недоношенных. *Офтальмохирургия*. 2008;(1):32-34.
Tereshhenko AV, Belyj YuA, Trifanenkova I, Tereshhenkova M. Working classification of early stages of retinopathy of prematurity. *Oftal'mokhirurgiya*. 2008;(1):32-34. (In Russ.). <https://elibrary.ru/item.asp?id=15533675>
22. Каткова Е.А. Диагностический ультразвук. *Офтальмология*. 1-е изд. Под ред. Зубарева А.В. М. 2002.
Kat'kova EA. *Diagnosticheskij ul'trazvuk. Oftal'mologiya* [Diagnostic ultrasound. Ophthalmology]. 1st ed. Pod red. Zubarev A.V., ed. М. 2002. (In Russ.).
23. Трифаненкова И.Г., Терещенко А.В. Изучение возможностей цветового дуплексного сканирования в оценке состояния глазного кровотока у пациентов с активной РН. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2020;16(1):303-308.
Trifanenkova IG, Tereshhenko AV. The study the possibilities of color duplex scanning in assessing the state of ocular blood flow in patients with active ROP. *Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal*. 2020;16(1):303-308. (In Russ.). https://ssmj.ru/system/files/2020_01-2_303-308.pdf
24. Куликов В.П., Могозов А.В., Граф Е.В. Энергетическая доплерография в диагностике патологической извитости брахиоцефальных артерий. *Визуализация в клинике*. 1995;(12):13-16.
Kulikov VP, Mogofov AV, Graf EV. Power Doppler ultrasonography in the diagnosis of pathological tortuosity of brachiocephalic arteries. *Vizualizatsiya v klinike*. 1995;(12):13-16. (In Russ.).

Поступила 16.02.2021
 Received 16.02.2021
 Принята к печати 14.05.2021
 Accepted 14.05.2021