

ТЕРЕЩЕНКО А. В., ТРИФАНЕНКОВА И. Г., ПАНАМАРЕВА С. В.

Цветовая доплерография при ретинопатии недоношенных

Калужский филиал ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза», им. акад. С. Н. Фёдорова»

248007, Россия, г. Калуга, ул. Святослава Фёдорова, д. 5

e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru

Статья поступила в редакцию 20.01.17 и принята к печати 15.06.17.

Реферат

Освещены публикации зарубежных и отечественных авторов по использованию метода цветовой доплерографии в изучении особенностей кровотока в сосудах глаза у преждевременно рожденных младенцев с ретинопатией недоношенных (РН). Наибольшее внимание специалисты уделяют исследованию артериального кровотока, по изучению венозного кровотока встречаются лишь единичные работы. Результаты, представленные в различных источниках, указывают на информативность цветовой доплерографии в диагностике РН, однако носят неоднозначный и порой противоречивый характер. Это говорит о необходимости дальнейшего научного поиска в направлении обобщения и систематизации особенностей кровотока в сосудах глаза при данной патологии, а также выявления среди них наиболее показательных характеристик для оценки тяжести патологического процесса, прогнозирования его течения и определения оптимальной тактики ведения и лечения пациентов с РН.

Ключевые слова: цветовая доплерография, цветное доплеровское картирование, ретинопатия недоношенных

Для цитирования: Терещенко А. В., Трифаненкова И. Г., Панамарева С. В. Цветовая доплерография при ретинопатии недоношенных. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2017;16(3):10–14. doi: 10.24884/1682-6655-2017-16-3-10-14

На сегодняшний день известен целый ряд глазных заболеваний, которые сопровождаются изменениями кровотока в сосудах глаза. Выявление закономерностей подобных изменений может стать основой для проведения профилактики и адекватного патогенетически направленного лечения сосудистой офтальмопатологии, что делает определение гемодинамических показателей актуальной задачей офтальмологии.

Цветовое доплеровское картирование (ЦДК), или цветовая доплерография, – это метод диагностического обследования, позволяющий провести качественную (аудиовизуальную) и количественную оценку кровотока. В его основе лежит эффект Доплера, названный так по имени австрийского физика, который в 1842 г. теоретически обосновал зависимость частоты звуковых и световых колебаний от скорости и направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. С внедрением в клиническую практику технологий, основанных на эффекте Доплера, стало возможным определение скорости, направления и характера движения крови по сосудам, оценка его симметричности, выявление участков с патологическим током крови [1, 3, 6, 8, 10, 13].

Первые публикации по результатам проведения цветовой доплерографии в офтальмологии относятся к 90-м гг. XX в. Они проводились при сосудистых заболеваниях и подозрении на новообразования органа зрения [12, 14–16, 23, 25].

В настоящее время ЦДК является широко используемым методом для оценки глазного кровообращения при различной офтальмопатологии [17, 18].

Т. Н. Киселевой и др. в 2001 г. были опубликованы материалы о применении метода ЦДК для оценки состояния кровотока в глазных сосудах при глаукоме, опухолях глазного яблока и орбиты, диабетической ретинопатии, тромбозе центральной вены сетчатки, стенозе каротидных артерий [1]. Т. А. Ястребцева с коллегами изучала показатели общей и регионарной гемодинамики у детей с миопией [9]. Л. Ф. Линники и др. в 2002 г. исследовали гемодинамику внутренних сонных, глазных и задних коротких цилиарных артерий у больных с частичной атрофией зрительного нерва [2]. О. Uretmen в 2003 г. методом ЦДК изучал хориоидальное кровообращение у пациентов с односторонней возрастной дистрофией макулы [32]. И это лишь небольшая выборка работ из широкого спектра проводимых с помощью ЦДК исследований.

В данном обзоре мы остановимся на применении цветовой доплерографии при ретинопатии недоношенных (РН) – тяжелом вазопролиферативном заболевании, поражающем сетчатку глаз недоношенных и особенно глубоконедоношенных новорожденных с экстремально низкой массой тела и малым гестационным возрастом. Среди глазной патологии РН считается одной из основных причин детской слепоты и слабослышания [5, 7, 22, 31].

Одним из первых идею по использованию эффекта Доплера для определения гемодинамики у недоношенных новорожденных выдвинули W. Lindner et al. В 1988 г. он провел исследование по определению скорости кровотока в глазничной артерии (ГА) у доношенных и недоношенных новорожденных.

С помощью импульсной доплерографии были определены такие показатели, как скорость кровотока в глазничной артерии (СКГА), скорость церебрального кровотока (СЦК) и сердечный выброс. В исследовании приняли участие 15 доношенных младенцев и 10 недоношенных (26–35 недель гестации), измерения проводились в течение первой недели жизни. В результате было установлено, что СКГА не возрастала с увеличением гестационного возраста, в отличие от СЦК и сердечного выброса. Отношение СКГА к СЦК у недоношенных было значительно выше, чем у доношенных детей ($p < 0,01$). Также у преждевременно рожденных младенцев наблюдалась положительная линейная корреляция СКГА и СЦК ($r = 0,88$). В результате авторы пришли к заключению об информативности импульсной доплерографии в измерении СКГА у новорожденных, что позволяет говорить о целесообразности применения данного метода в качестве инструмента для мониторинга факторов риска развития РН [24].

Позднее, в 1993 г., W. Baertsc et al. предприняли исследование по изучению воздействия яркого света в качестве возможного фактора риска развития РН. С помощью доплерографии было проведено определение СКГА при нормальной и повышенной освещенности у 22 недоношенных детей в постконцептуальном возрасте от 28 до 37 недель. Целью данного исследования было установление взаимосвязи между СКГА в различном постконцептуальном возрасте и в различных условиях освещения и возникновением РН. В результате постепенное увеличение средних скоростей кровотока наблюдалось между 28 и 37 неделями, ступенчатое увеличение – во всех случаях, когда яркость рассеянного света была увеличена с умеренной до интенсивной. У 5 из 22 детей была диагностирована РН. На основании полученных данных было сделано заключение об отсутствии связи между светоиндуцированным изменением СКГА и возникновением РН [11].

Работы по применению доплерографии у недоношенных младенцев с диагнозом РН продолжались, и в 1999 г. D. Holland с коллегами на 43 глазах 22 недоношенных детей (постконцептуальный возраст – от 32 до 39 недель) определили максимальную систолическую (V_{\max}) и конечную диастолическую (V_{\min}) скорости кровотока в центральной артерии сетчатки (ЦАС). По данным ЦДК, V_{\max} у пациентов без РН ($n=6$) составила $7,2 \pm 1,5$ см/с, дети с РН различных стадий, за исключением «плюс»-болезни ($n=9$), имели средние показатели V_{\max} , равные $8,9 \pm 1,8$ см/с. У пациентов с «плюс»-болезнью ($n=7$) среднее значение V_{\max} соответствовало $7,0 \pm 1,6$ см/с. Однако между этими тремя группами не было выявлено каких-либо статистически значимых различий ($p=0,8$). В итоге авторы пришли к заключению, что, хотя и было установлено более высокое значение V_{\min} в ЦАС у пациентов с РН при отсутствии «плюс»-болезни, тем не менее, необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить, являются ли эти различия существенными [21].

Уже через год A. Harris et al. сообщили о результатах исследования, в котором оценивали кровоток

в ЦАС у недоношенных детей, проходящих обследование на предмет выявления РН. Полученные данные были схожи с результатами, описанными D. Holland. A. Harris et al. проанализировали гемодинамические показатели у 43 недоношенных новорожденных, из которых 13 детей не имели признаков РН, 18 был поставлен диагноз РН (различных стадий) без «плюс»-болезни, а 12 детей имели признаки «плюс»-болезни. Так же, как и в исследовании D. Holland, никаких статистически значимых различий V_{\max} в пределах трех групп обнаружено не было, однако средняя скорость была медленнее в группе с «плюс»-болезнью, что коррелировало с расширением и извитостью кровеносных сосудов, характерными для данной формы заболевания [20].

A. Niwald, M. Gralek (2006) оценивали параметры кровотока в ГА и ЦАС у детей с РН. Исследование включало 57 недоношенных детей, рожденных между 24-й и 33-й неделями беременности, с массой тела при рождении от 600 г до 1660 г, в том числе 42 недоношенных новорожденных с РН 1-й, 2-й, 3-й стадий, а также 3 стадии с «плюс»-болезнью и 15 недоношенных новорожденных без РН. Методом ЦДК были измерены V_{\max} , V_{\min} и индекс резистентности (IR). Было установлено, что показатель V_{\max} в ГА и ЦАС у недоношенных детей с РН 2-й и 3-й стадий достоверно превышает таковой в других группах ($p < 0,05$). У недоношенных с расширенными и извитыми сосудами заднего полюса при 3-й стадии РН с «плюс»-болезнью V_{\max} в обоих исследуемых сосудах была ниже и сравнима с показателями при 1-й стадии РН и с показателями у детей без РН. IR в ГА у детей с РН 2-й и 3-й стадий был статистически значимо выше по сравнению с другими группами ($p < 0,05$). IR в ЦАС не имел статистически достоверных отличий в исследуемых группах [27]. Полученные данные свидетельствуют о том, что у детей с РН гемодинамические параметры кровотока в ГА и ЦАС различаются в зависимости от стадии заболевания и состояния сосудов глазного дна, что согласуется с результатами D. Holland и A. Harris.

Позднее, в 2009 г., D. Neely et al. провели работу по выявлению взаимосвязи между изменением параметров ретробульбарного кровотока и развитием «плюс»-болезни при РН [26]. Исследование включало 73 младенца. При сравнении группы детей с наличием «плюс»-болезни (14 детей, 19 %) и младенцев без прогрессирования заболевания не было обнаружено каких-либо существенных различий в характеристиках ретробульбарного кровотока, кровотока ЦАС и ГА. На основе полученных результатов был сделан вывод, что данные ЦДК не позволяют определить наличие либо отсутствие «плюс»-болезни у детей с РН, что расходится с данными A. Niwald и M. Gralek (2006).

В 2015 г. S. Hartenstein et al., используя метод цветовой доплерографии, провели проспективное исследование по количественной оценке артериального и венозного кровотока ЦАС при РН. В исследование вошли 8 недоношенных детей с ретинопатией 2-й стадии и 8 недоношенных детей без РН (гестационный возраст < 30 недель, масса тела при

ОБЗОРЫ

рождении <1500 г). Скорость кровотока, измеренная в 28 ± 1 суток жизни, в двух группах достоверно не отличалась. В результате анализа полученных данных было установлено, что развитие РН связано с весьма значительным ($P < 0,0001$) увеличением максимальной скорости в центральной вене сетчатки (ЦВС) (с $1,99 \pm 0,36$ до $3,72 \pm 0,61$ см/с), систолической скорости в ЦАС (с $6,44 \pm 1,52$ до $9,87 \pm 1,99$ см/с) и интегральной скорости потока (с $1,27 \pm 0,30$ до $2,17 \pm 0,50$ см) в 64 ± 13 дней жизни. У детей без РН никаких существенных изменений не наблюдалось, за исключением увеличения максимальной скорости в ЦВС (с $1,96 \pm 0,22$ до $2,62 \pm 0,44$ см/с, $P = 0,003$) [19]. В отличие от предыдущих, в данном исследовании, помимо артериального, изучались также параметры и венозного кровотока, что расширило спектр определяемых показателей ЦДК у детей с РН.

В 2016 г. Р. Ozcan et al. продолжили работу по изучению зависимости между стадией РН и параметрами кровотока в ЦАС и ГА. Под наблюдением находились 65 недоношенных новорожденных, которые были разделены на две группы. В первую группу вошли 45 детей (90 глаз) с различными стадиями РН, во вторую – 20 новорожденных (40 глаз) без признаков РН. С помощью ЦДК были определены V_{\max} , V_{\min} и RI в ЦАС и ГА. В результате сравнения данных, полученных в обеих группах при исследовании указанных показателей в ЦАС, значимых различий выявлено не было. В то же время в ГА V_{\max} была достоверно выше в первой группе ($p < 0,05$), при этом различий между группами в средних показателях V_{\min} и IR не наблюдалось. Также были выявлены достоверные различия V_{\max} в ГА при сравнении результатов обследования у пациентов с 1-й и 2-й стадиями РН и детей без РН ($P = 0,03$). Авторы пришли к заключению, что, по данным ЦДК, значения V_{\max} в ГА у недоношенных новорожденных с РН и без признаков РН имеют существенные различия [28].

Отечественные авторы Е. И. Сидоренко и Г. В. Николаева в 2015 г. проспективно изучали состояние кровотока в ГА на 1–6-й неделе жизни у детей группы риска развития РН, получающих дополнительную оксигенотерапию, с целью определения ее роли в патогенезе РН. Группу исследования составил 21 недоношенный ребенок (42 глаза), рожденный до 30-й недели гестации с массой тела при рождении до 1500 г. Были выделены две группы детей: с развитием РН (14 детей, 28 глаз) и без РН (7 детей, 14 глаз). В результате анализа данных, полученных с 3-х по 9–10-е сутки жизни, выявлена прямая корреляция показателей гестационного возраста ребенка на момент обследования со значениями V_{\max} ($r = 0,6$; $p = 0,00001$) и V_{\min} ($r = 0,65$; $p = 0,0000001$) в ГА, что авторы объясняют становлением центральной гемодинамики. Полученные данные также подтверждались результатами исследований, проведенных Р. Парасци et al. в 1988 г. и С. Romagnoli et al. в 2001 г. [29, 30]. В связи с этим сравнение показателей гемодинамики между группами проводилось со 2-й недели жизни. В группе с развитием РН в неонатальном периоде выявлено достоверное увеличение

V_{\max} с увеличением гестационного возраста ребенка. Анализ также показал статистически значимую разницу при сравнении показателей V_{\min} на 28–29-й и 33–34-й неделях: вплоть до 32-й недели V_{\min} у детей с РН снижена, а после 32-й недели происходит ее ускорение ($p < 0,05$). Сравнение характеристик кровотока в ГА на 30–32-й неделе постконцептуального гестационного возраста между двумя группами показало, что у детей с РН достоверно выше RI в ГА ($0,82 \pm 0,03$; $p = 0,003$) по сравнению с детьми без РН того же гестационного возраста и продолжительности жизни ($0,73 \pm 0,02$). Авторы отмечают, что даже в условиях неадекватной оксигенации РН не развивалась у более морфологически зрелых детей. В этой группе, несмотря на проводимую оксигенотерапию, наблюдался более стабильный и адекватный характер кровотока [4].

Таким образом, отечественными и зарубежными авторами проведены различные исследования, направленные на выявление ключевых параметров, характеризующих кровотоки в сосудах глаза у детей с РН по данным ЦДК. Были выполнены работы по обнаружению зависимостей между показателями скорости кровотока и стадиями РН. Несмотря на то, что полученные результаты порой носят неоднозначный характер и содержат противоречивые данные, можно заключить, что ЦДК является информативным методом обследования при РН. Это говорит о необходимости дальнейших изысканий по обобщению и систематизации показателей кровотока в сосудах глаза при данной патологии и выявлению среди них наиболее показательных для оценки тяжести патологического процесса, прогнозирования его течения и определения оптимальной тактики ведения и лечения пациентов с РН.

Литература

1. Киселева Т. Н. Цветовое доплеровское картирование в офтальмологии // Вестник офтальмол. 2001. № 6. С. 50–52.
2. Линник Л. Ф., Шпак А. А., Оглезнева О. К. и др. Динамика показателей ультразвуковой доплерографии у пациентов с частичной атрофией зрительного нерва при проведении магнитостимуляции // Офтальмохирургия. 2002. № 1. С. 54–58.
3. Михайлова Г. Д. Ультразвуковая доплерография и дуплексное сканирование в диагностике и лечении глазных заболеваний // Ультразвуковая доплеровская диагностика сосудистых заболеваний. М.: Видар, 1998. С. 261–282.
4. Николаева Г. В., Сидоренко Е. И. Роль изменения кровотока в глазной артерии в патогенезе ретинопатии недоношенных // Российская детская офтальмол. 2015. № 4. С. 20–25.
5. Сайдашева Э. И., Азнабаев М. Т., Ахмадеева Э. Н. Ретинопатия недоношенных детей // Здоровоохранение Башкортостана: сб. тез. Уфа, 2000. С. 180.
6. Слободин К. З. К вопросу о безопасности ультразвукового исследования глаз / К. З. Слободин, А. П. Журавлев, И. Н. Цуканова, П. Н. Рыбин // Эхография. 2002. Т. 3. № 1. С. 17–18.
7. Терещенко А. В., Чухраев А. М. Современные аспекты диагностики, лечения и организации высокотехнологичной офтальмологической помощи детям с активными стадиями ретинопатии недоношенных. М.: Офтальмология, 2016. 234 с.

8. Фридман Ф. Е. Эхоофтальмография // Ультразвук в офтальмологии. М.: Медицина, 1989. С. 30–121.
9. Ястребцова Т. А., Чупров А. Д., Плотникова Ю. А. Показатели общей, церебральной и регионарной гемодинамики у школьников 13–15 лет с миопией // Вестник офтальмол. 2002. № 6. С. 12–14.
10. Aburn N., Sergott R. Orbital colour Doppler imaging // Eye. 1993. № 7. Vol. 5. P. 639–647.
11. Baerts W., Wildervanck de Blécourt-Devillee M., Sauer P. Ambient light, ophthalmic artery blood flow velocities and retinopathy of prematurity // Acta Paediatr. 1993. Vol. 82. № 9. P. 719–722.
12. Baderstein D., Herbeni T., Western M. Color Doppler imaging of choroidal melanoma // International symposium on ocular tumors Israel. 1997. № 6–10. P. 7.
13. Baxter G., Williamson T. Color Doppler flow imaging in central retinal vein occlusion a new diagnostic technique // Radiology. 1993. Vol. 187. № 3. P. 847–850.
14. Baxter G., Williamson T. Color Doppler imaging of the eye: normal ranges, reproducibility, and observer variation // J. Ultrasound Med. 1995. Vol. 14. № 2. P. 91–96.
15. Belden C., Abbitt P., Beadles K. Color Doppler US of the orbit // Radiographics. 1995. Vol. 15. № 3. P. 589–608.
16. Berrocal T., de-Orbe A., Prieto C. et al. US and color Doppler imaging of ocular and orbital disease in the pediatric age group // Radiographics. 1996. Vol. 16. № 2. P. 251–272.
17. Dimitrova G., Kato S. Color Doppler imaging of retinal diseases // Surv. Ophthalmol. 2010. Vol. 55. № 3. P. 193–214.
18. Gherghel D., Orgul S., Gugleta K. et al. Retrobulbar blood flow in glaucoma patients with nocturnal over-dipping in systemic blood pressure // Am. J. Ophthalmol. 2001. Vol. 132. № 5. P. 641–647.
19. Gunay M., Tuten A., Sancak S. et al. Effect of Single Intravitreal Bevacizumab on Ophthalmic and Middle Cerebral Arterial Blood Flow in Retinopathy of Prematurity // Ophthalmic. Res. 2016. Vol. 55. № 4. P. 165–171.
20. Harris A., Garzosi H., Harris-Izhak M. et al. Color Doppler imaging of central retinal artery in retinopathy of prematurity // Harefuah. 2000. Vol. 138. № 10. P. 812–815.
21. Holland D., Saunders R., Kagemann L. et al. Color doppler imaging of the central retinal artery in premature infants undergoing examination for retinopathy of prematurity // J. AAPOS. 1999. Vol. 3. № 4. P. 194–198.
22. Kerr J., Scott G. The retinopathy of prematurity // Arch. Dis. Child. 1954. Vol. 29. № 148. P. 543–550.
23. Lieb W., Fiaharty P., Sergott R. Color Doppler imaging of the eye and orbit. A synopsis of a 400 case experience // Acta Ophthalmol. Suppl. 1992. № 204. P. 50–54.
24. Lindner W., Schaumberger M., Versmold H. Ophthalmic artery blood flow velocity in healthy term and preterm neonates // Pediatr. Res. 1988. Vol. 24. № 5. P. 613–616.
25. Mendivil Cuartero V., Mendivil M. Color Doppler imaging of the ocular vessels // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1995. Vol. 233. № 3. P. 135–139.
26. Neely D., Harris A., Hynes E. et al. Longitudinal assessment of plus disease in retinopathy of prematurity using color Doppler imaging // J. AAPOS. 2009. Vol. 13. № 5. P. 509–511.
27. Niwald A., Gralek M. Evaluation of blood flow in the ophthalmic artery and central retinal artery in children with retinopathy of prematurity // Klin Oczna. 2006. Vol. 108. q 1–3. P. 32–35.
28. Ozcan P. Y., Dogan F., Sonmez K. et al. Assessment of orbital blood flow velocities in retinopathy of prematurity // Int. Ophthalmol. 2016. Vol. 9. № 9. P. 1367–1370.
29. Papacci P., Romagnoli C., Favuzzi A. et al. Doppler ultrasound of blood flow velocities in ophthalmic and central retinal arteries during the early neonatal period // Am. J. Ophthalmol. 1998. Vol. 126. № 5. P. 691–697.
30. Romagnoli C., Papacci P., Zecca E. et al. Normal neonatal values of ophthalmic and central retinal artery blood flow velocities // J. Pediatr. Ophthalmol. Strabismus. 2001. Vol. 38. № 4. P. 213–217.
31. Silverman W. Retinopathy of prematurity: oxygen dogma challenged // Arch. Dis. Child. 1982. Vol. 57. № 10. P. 731–733.
32. Uretmen O., Akkin C., Erakgun T. et al. Color Doppler imaging of choroidal circulation in patients with asymmetric age-related macular degeneration // Ophthalmologica. 2003. Vol. 217. № 2. P. 137–142.

UDC 619:616-073

Tereshchenko A. V., Trifanenkova I. G., Panamareva S. V.

Color Doppler for Retinopathy of Prematurity

*Kaluga branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution
248007, Russian Federation, Kaluga, Svyatoslav Fyodorov street, 5
e-mail: nauka@mntk.kaluga.ru*

Received 20.01.17; accepted 15.06.17.

Abstract

The data about use of color Doppler method to study the characteristics of eye blood flow in the preterm infants with retinopathy of prematurity (ROP) are presented in the review. The greatest attention is paid to arterial blood flow examination, and there are only single studies about venous blood flow in ROP. The results presented in different sources indicate on color Doppler informativity in the diagnostics of ROP, however, they are ambiguous and contradictory. It points to the necessity for the further studies on generalization and systematization of the eye blood flow characteristics in the disease, and also on recognition of the most useful indicators for assessing the severity of the pathological process, predicting its course and determining of the optimal management and treatment tactics for patients with ROP.

Key words: color Doppler, color Doppler imaging, retinopathy of prematurity

For citation: Tereshchenko A. V., Trifanenkova I. G., Panamareva S. V. Color Doppler for Retinopathy of Prematurity. Regional hemodynamics and microcirculation. 2017;16(3):10–14. doi: 10.24884/1682-6655-2017-16-3-10-14

1. Kiseleva T. N. [Color Doppler mapping in ophthalmology]. Tsvetovodoplerovskoe kartirovanie v oftalmologii [Herald of Ophthalmology] Vestnik oftalmologii. 2001. № 6. P. 50-52. (in Russ.).
2. Linnik L. F., Shpak A. A., Oglezneva O. K. i dr. [Dynamics of ultrasound dopplerography in patients with partial optic nerve atrophy during magnetic stimulation]. Dinamika pokazateley ultrazvukovoy dopplerografii u patsientov s chastichnoy atrofiyey zritelnogo nerva pri provedenii magnitostimulyatsii [Ophthalmic surgery] Oftalmokhirurgiya. 2002. № 1. P. 54-58. (in Russ.).
3. Mihaylova G. D. [Ultrasonic dopplerography and duplex scanning in the diagnosis and treatment of eye diseases]. Ultrazvukovaya dopplerografiya i dupleksnoe skanirovanie v diagnostike i lechenii glaznykh zabolevaniy [Ultrasonic Doppler Diagnosis of Vascular Diseases] Ultrazvukovaya dopplerovskaya diagnostika sosudistyykh zabolevaniy. M.: Vidar, 1998. p. 261-282. (in Russ.).
4. Nikolaeva G. V., Sidorenko E. I. [Role of changes in blood flow in the eye artery in the pathogenesis of retinopathy of prematurity]. Rol izmeneniya krovotoka v glaznoyarterii v patogeneze retinopatii nedonoshennykh [Russian children's ophthalmology] Rossiyskaya detskaya oftalmologiya. 2015. № 4. C. 20-25. (in Russ.).
5. Saydasheva E. I., Aznabaev M. T., Ahmadeeva E. N. [Retinopathy of Premature Infants]. Retinopatiya nedonoshennykh detey [Public Health of Bashkortostan: Collection of theses of Ufa] Zdravoohranenie Bashkortostana: Sb. tez. Ufa, 2000. P. 180. (in Russ.).
6. Slobodin K. Z., Zhuravlev A. P., Tsukanova I. N., Ryibin P. N. [On the safety of ultrasound examination of the eye]. K voprosu o bezopasnosti ultrazvukovogo issledovaniya glaz [Echography] Ehografiya. 2002. V. 3. № 1. P. 17-18. (in Russ.).
7. Tereschenko A. V., ChuhraYov A. M. [Modern aspects of diagnosis, treatment and organization of high-tech ophthalmic care for children with active stages of retinopathy of prematurity]. Sovremennyye aspekty diagnostiki, lecheniya i organizatsii vyssokotekhnologichnoy oftalmologicheskoy pomoschi detyam s aktivnyimi stadiyami retinopatii nedonoshennykh. Moscow: Ophthalmology Publishers, 2016. 234 p. (in Russ.).
8. Fridman F. E. [Echo-ophthalmography]. Ehooftalmografiya [Ultrasound in ophthalmology] Ultrazvuk v oftalmologii. M.: Medicine. 1989. P. 30-121. (in Russ.).
9. Yastrebtsova T. A., Chuprov A. D., Plotnikova Yu. A. [Indicators of general, cerebral and regional hemodynamics in schoolchildren aged 13-15 with myopia]. Pokazateli obshhego, tserebral'nogo i regional'nogo gemodinamiki u shkol'nikov 13-15 let s miopiey [Herald of Ophthalmology] Vestnik oftalmologii. 2002. № 6. P. 12-14. (in Russ.).
10. Aburn N., Sergott R. Orbital colour Doppler imaging // Eye. 1993. № 7. Vol. 5. P. 639-647.
11. Baerts W., Wildervanck de Blécourt-Devillee M., Sauer P. Ambient light, ophthalmic artery blood flow velocities and retinopathy of prematurity // Acta Paediatr. 1993. Vol. 82. № 9. P. 719-722.
12. Bardenstein D., Herbeni T., Western M. Color Doppler imaging of choroidal melanoma // International symposium on ocular tumors Israel. 1997. № 6-10. P. 7.
13. Baxter G., Williamson T. Color Doppler flow imaging in central retinal vein occlusion a new diagnostic technique // Radiology. 1993. Vol. 187. № 3. P. 847-850.
14. Baxter G., Williamson T. Color Doppler imaging of the eye: normal ranges, reproducibility, and observer variation // J. Ultrasound Med. 1995. Vol. 14. № 2. P. 91-96.
15. Belden C., Abbitt P., Beadles K. Color Doppler US of the orbit // Radiographics. 1995. Vol. 15. № 3. P. 589-608.
16. Berrocal T., de-Orbe A., Prieto C. et al. US and color Doppler imaging of ocular and orbital disease in the pediatric age group // Radiographics. 1996. Vol. 16. № 2. P. 251-272.
17. Dimitrova G., Kato S. Color Doppler imaging of retinal diseases // Surv. Ophthalmol. 2010. Vol. 55. № 3. P. 193-214.
18. Gherghel D., Orgul S., Gugleta K. et al. Retrobulbar blood flow in glaucoma patients with nocturnal over-dipping in systemic blood pressure // Am. J. Ophthalmol. 2001. Vol. 132. № 5. P. 641-647.
19. Gunay M., Tuten A., Sancak S. et al. Effect of Single Intravitreal Bevacizumab on Ophthalmic and Middle Cerebral Arterial Blood Flow in Retinopathy of Prematurity // Ophthalmic Res. 2016. Vol. 55. № 4. P. 165-171.
20. Harris A., Garzosi H., Harris-Izhak M. et al. Color Doppler imaging of central retinal artery in retinopathy of prematurity // Harefuah. 2000. Vol. 138. № 10. P. 812-815.
21. Holland D., Saunders R., Kagemann L. et al. Color doppler imaging of the central retinal artery in premature infants undergoing examination for retinopathy of prematurity // J AAPOS. 1999. Vol. 3. № 4. P. 194-198.
22. Kerr J., Scott G. The retinopathy of prematurity // Arch. Dis. Child. 1954. Vol. 29. № 148. P. 543-550.
23. Lieb W., Fiaharty P., Sergott R. Color Doppler imaging of the eye and orbit. A synopsis of a 400 case experience // Acta Ophthalmol Suppl. 1992. № 204. P. 50-54.
24. Lindner W., Schaumberger M., Versmold H. Ophthalmic artery blood flow velocity in healthy term and preterm neonates // Pediatr Res. 1988. Vol. 24. № 5. P. 613-616.
25. Mendivil Cuartero V., Mendivil M. Color Doppler imaging of the ocular vessels // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 1995. Vol. 33. № 3. P. 135-139.
26. Neely D., Harris A., Hynes E. et al. Longitudinal assessment of plus disease in retinopathy of prematurity using color Doppler imaging. // J AAPOS. 2009. Vol. 13. № 5. P. 509-511.
27. Niwald A., Gralek M. Evaluation of blood flow in the ophthalmic artery and central retinal artery in children with retinopathy of prematurity // Klin. Oczna. 2006. Vol. 108. № 1-3. P. 32-35.
28. Ozcan P. Y., Dogan F., Sonmez K. et al. Assessment of orbital blood flow velocities in retinopathy of prematurity // Int Ophthalmol. 2016. Vol. 9. № 9. P. 1367-1370.
29. Papacci P., Romagnoli C., Favuzzi A. et al. Doppler ultrasound of blood flow velocities in ophthalmic and central retinal arteries during the early neonatal period // Am J Ophthalmol. 1998. Vol. 126. № 5. P. 691-697.
30. Romagnoli C., Papacci P., Zecca E. et al. Normal neonatal values of ophthalmic and central retinal artery blood flow velocities. // J Pediatr Ophthalmol Strabismus. 2001. Vol. 38. № 4. P. 213-217.
31. Silverman W. Retinopathy of prematurity: oxygen dogma challenged // Arch. Dis. Child. 1982. Vol. 57. № 10. P. 731-733.
32. Uretmen O., Akkin C., Erakgun T. et al. Color Doppler imaging of choroidal circulation in patients with asymmetric age-related macular degeneration // Ophthalmologica. 2003. Vol. 217. № 2. P. 137-142.