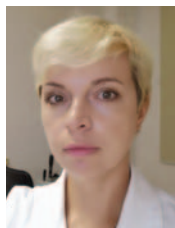


# Исследование гемодинамики глаз у беременных женщин с нарушениями углеводного обмена

Н.В. Помыткина<sup>1</sup>Е.Л. Сорокин<sup>1,2</sup>Я.Е. Пашенцев<sup>1</sup>О.В. Данилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ул. Тихоокеанская, 211, Хабаровск, 680033, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ул. Муравьева-Амурского, 35, Хабаровск, 680000, Российская Федерация

## РЕЗЮМЕ

**Офтальмология. 2023;20(4):723–730**

**Цель:** исследовать состояние гемодинамики глаза у беременных с нарушениями углеводного обмена с помощью цветного доплеровского картирования. **Пациенты и методы.** Обследованы 147 беременных женщин: 40 из них страдали сахарным диабетом (СД) 1-го типа, 87 — гестационным диабетом (ГД); у 20 — беременность протекала на физиологическом уровне. Обследование беременных с СД проводилось в каждом триместре и через 3 месяца после родов, беременных группы ГД и контроля — однократно в третьем триместре. Исследовались параметры гемодинамики в центральной артерии сетчатки (ЦАС) и задних коротких цилиарных артериях (ЗКЦА) методом цветного доплеровского картирования. **Результаты.** Выявлено, что максимальная систолическая скорость кровотока (PSV) в ЦАС была значимо ниже в группах ГД и СД, а PSV в ЗКЦА и конечная диастолическая скорость (EDV) в ЦАС были выше в группе контроля в сравнении с ГД. В ЗКЦА в группе СД индекс резистентности (RI) был наибольшим, а в группе ГД — наименьшим. **Заключение.** У пациенток с ГД в третьем триместре беременности отмечалось статистически значимое снижение PSV и EDV в ЦАС и ЗКЦА, сочетающееся со снижением RI в ЗКЦА, в сравнении с пациентками с физиологическим течением беременности. У пациенток с диабетической ретинопатией (ДР) в третьем триместре беременности PSV и EDV в ЦАС и ЗКЦА оказались значимо ниже, а пульсационный индекс (PI) и RI — значимо выше в сравнении с беременными с СД без ДР. У беременных с наличием ДР на протяжении гестации отмечалось снижение PSV и EDV на фоне увеличения RI и PI в ЦАС и в ЗКЦА. У беременных с СД при отсутствии ДР на протяжении гестации имело место увеличение показателей PSV, EDV и PI в ЦАС и ЗКЦА от первого к третьему триместру. Выявленные особенности состояния гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА у беременных с СД при наличии либо отсутствии ДР могут стать основой для создания критериев манифестации и прогрессирования ДР.

**Ключевые слова:** беременность, сахарный диабет, гестационный диабет, диабетическая ретинопатия, гемодинамика глаза, цветное доплеровское картирование

**Для цитирования:** Помыткина Н.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е., Данилов О.В. Исследование гемодинамики глаз у беременных женщин с нарушениями углеводного обмена. *Офтальмология*. 2023;20(4):723–730. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-723-730>

**Прозрачность финансовой деятельности:** исследование выполнено при поддержке гранта в форме субсидий из бюджета Хабаровского края на реализацию в 2022 году проекта «Создание программы мониторинга диабетической ретинопатии у беременных с сахарным диабетом среди жителей Хабаровского края» в соответствии с Соглашением от 09.11.2022 г. № 82С/2022.

**Конфликт интересов отсутствует**



# Study Ocular Hemodynamics in Pregnant Women with Disorders of Carbohydrate Metabolism

N.V. Pomytkina<sup>1</sup>, E.L. Sorokin<sup>1,2</sup>, I.E. Pashentsev<sup>1</sup>, O.V. Danilov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
Tikhookeanskaya str., 211, Khabarovsk, 680033, Russian Federation

<sup>2</sup> Far Eastern State Medical University  
Murav'yeva-Amurskogo str., 35, Khabarovsk, 680000, Russian Federation

## ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2023;20(4):723–730

**Purpose.** To study state of ocular hemodynamics in pregnant women with disorders of carbohydrate metabolism using color Doppler imaging. **Patients and methods.** 147 pregnant women were examined: 40 of them had type 1 diabetes mellitus (DM), 87 had gestational diabetes (GD); in 20 — pregnancy proceeded physiologically. Examination of pregnant women with DM was carried out in each trimester and 3 months after delivery, pregnant women with GD and control groups — once in the third trimester. The parameters of hemodynamics in the central retinal artery (CRA) and in the short posterior ciliary arteries (SPCAs) were studied using color Doppler imaging. **Results.** It was found that the peak systolic velocity (PSV) in the CRA was significantly lower in the GD and DM groups, while PSV in the SPCAs and end-diastolic velocity (EDV) in the CRA were higher in the control group compared to the GD. In SPCAs, the resistive index (RI) was the highest in the DM group, and the lowest in the GD group. **Conclusion.** In patients with GD in the third trimester of pregnancy, there is a statistically significant decrease in PSV and EDV in the CRA and SPCAs, combined with a decrease in RI in SPCAs, compared with patients with a physiological course of pregnancy. In patients with diabetic retinopathy (DR) in the third trimester of pregnancy, PSV and EDV in the CRA and SPCAs were significantly lower, and the pulsatility index (PI) and RI were significantly higher compared to pregnant women with DM without DR. In pregnant women with DR during gestation, there was a decrease in PSV and EDV against the background of an increase in RI and PI in the CRA and in the SPCAs. In pregnant women with DM and absence of DR during gestation, there was an increase in PSV, EDV and PI in the CRA and SPCAs from the first to the third trimesters. The revealed features of the state of hemodynamics in the CRA and SPCAs in pregnant women with DM with presence or absence of DR can become the basis for creating criteria for manifestation and progression of DR.

**Keywords:** pregnancy, diabetes mellitus, gestational diabetes, diabetic retinopathy, ocular hemodynamics, color Doppler imaging

**For citation:** Pomytkina N.V., Sorokin E.L., Pashentsev I.E., Danilov O.V. Study Ocular Hemodynamics in Pregnant Women with Disorders of Carbohydrate Metabolism. *Ophthalmology in Russia*. 2023;20(4):723–730. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2023-4-723-730>

**Financial Disclosure:** the study supported by grant in the form of subsidies from the budget of the Khabarovsk Territory for the implementation in 2022 of the project "Creation of monitoring program for diabetic retinopathy in pregnant women with diabetes mellitus among residents of the Khabarovsk Territory" in accordance with Agreement No. 82C/2022 dated November 9, 2022.

**There is no conflict of interests**

## ВВЕДЕНИЕ

На протяжении физиологической беременности в организме женщины происходит перестройка функционирования многих органов и систем, направленная на развитие плода, сохранение беременности и подготовку к родоразрешению. В первую очередь эти изменения затрагивают эндокринную и сосудистую системы. При этом у беременных происходит увеличение объема циркулирующей крови, сердечного выброса, снижение периферического сосудистого сопротивления, что может приводить к изменениям локального глазного кровотока [1, 2].

Метод цветного доплеровского картирования (ЦДК) получил широкое распространение при исследовании изменений кровотока у пациентов с сосудистой патологией глаз [3–8]. Благодаря своей неинвазивности и безопасности метод вполне может применяться у беременных на любом сроке гестации [9].

Ряд исследований, в которых использовали метод ЦДК, был посвящен изучению изменений гемодинамики глаза при физиологическом течении беременности, а также при преэклампсии [10–13]. В то же время

в современной литературе отсутствуют данные о состоянии орбитального кровотока у беременных, страдающих сахарным диабетом (СД), диабетической ретинопатией (ДР), а также гестационным диабетом (ГД). Между тем эти сведения представляются нам важными, поскольку известно, что у пациенток с СД беременность является фактором риска манифестации и прогрессирования ДР [14]. Этому способствует целый ряд факторов: постоянные изменения гормонального фона, увеличение количества митогенных и проангиогенных факторов, изменение чувствительности тканей к действию инсулина, приводящее к нестабильности гликемического статуса на протяжении как самой беременности, так и раннего послеродового периода. Целый ряд авторов указывает на тенденцию к агрессивному прогрессированию ДР у беременных с СД [15]. По данным исследовательской группы The Diabetes Control and Complications Trial (DCCT), у женщин с СД во время беременности риск ухудшения состояния глазного дна увеличивается в 1,63 раза по сравнению со статусом до беременности и в 2,48 раза по сравнению с небеременными женщинами [2, 16, 17]. Частота прогрессирования ДР у беременных, по результатам различных исследований, может составлять от 10 до 70 % [18, 19].

Н.В. Помыткина, Е.Л. Сорокин, Я.Е. Пашенцев, О.В. Данилов

Контактная информация: Помыткина Наталья Викторовна [naukakhvmtk@mail.ru](mailto:naukakhvmtk@mail.ru)

Исследование гемодинамики глаз у беременных женщин с нарушениями углеводного обмена

Нами проводятся углубленные исследования закономерностей формирования и клинического течения ДР у женщин, страдающих СД, в период беременности [20, 21]. В литературе описаны данные, характеризующие состояние глазного кровотока, исследованного методом ЦДК, у пациентов с СД без ДР, при прогрессировании ДР, а также после лазеркоагуляции сетчатки (ЛКС) и в ответ на проведение анти-VEGF терапии [22–29].

В то же время следует учитывать, что изменения глазной гемодинамики у беременных с СД могут быть обусловлены влиянием как самой беременности, так и СД, в том числе развитием ДР. Поэтому, на наш взгляд, выявление гемодинамических критериев манифестации и прогрессирования ДР во время гестации у беременной с СД имеет важнейшее значение, поскольку оно позволит своевременно осуществлять выбор оптимальной тактики ведения пациентки, включая своевременное выполнение ЛКС для сохранения высоких зрительных функций.

**Цель исследования:** изучить состояние гемодинамики глаза у беременных с нарушениями углеводного обмена методом ЦДК.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Были обследованы 147 беременных женщин в возрасте от 18 до 41 года. Большинство пациенток было направлено из КГБУЗ «Перинатальный центр» Министерства здравоохранения Хабаровского края в Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК “Микрохирургия глаза” им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России (ХФ МНТК) в 2016–2021 годах. Другая часть беременных самостоятельно обратилась в диагностическое отделение ХФ МНТК для прохождения офтальмологического обследования. Пациентки были отобраны методом сплошной выборки. Из их числа 40 беременных страдали СД 1-го типа, у 87 женщин был диагностирован ГД. У 20 здоровых женщин имело место физиологическое течение беременности — группа контроля.

Из исследования были исключены пациентки с сопутствующей офтальмологической патологией, в том числе с осевой миопией, наследственными дистрофиями сетчатки, глаукомой, некомпенсированной артериальной гипертензией и патологией сонных артерий.

Средний возраст пациенток с СД составил  $27,2 \pm 5,3$  года (от 19 до 39 лет), средняя продолжительность СД —  $9,5 (6,3; 18,0)$  года (от 1 года до 32 лет), среднее значение гликированного гемоглобина (HbA1c) —  $6,1 (5,3; 7,1) \%$  (от 4,0 до 11,1 %). У 25 (63 %) беременных этой группы отмечалась компенсация гликемического статуса со средним значением HbA1c  $5,3 \pm 0,2 \%$ . Пятнадцать пациенток были декомпенсированы по течению СД. Среднее значение HbA1c у них составляло  $7,1 \pm 1,5 \%$ .

У 30 (75 %) пациенток имела место артериальная гипертензия, по поводу которой они принимали препарат «Допегит». На момент обследования уровень артериального давления у всех пациенток не превышал

нормативные значения. Все беременные женщины с СД находились под наблюдением эндокринолога и получали интенсивную инсулинотерапию.

У 19 (48 %) пациенток из группы СД не была диагностирована ДР до беременности и на ее протяжении. У 21 беременной (52 %) была выявлена ДР, из их числа 5 пациенткам в прегестационном периоде была проведена ЛКС. У остальных 16 беременных ЛКС была выполнена во время гестации в связи с манифестацией ДР.

Офтальмологическое обследование всем беременным с СД проводили в каждом триместре беременности и через 3 месяца после родов.

В группе ГД средний возраст пациенток составил  $28,8 \pm 4,6$  года (от 18 до 41 лет), медианное значение сахара крови —  $5,6 (5,3; 6,1)$  ммоль/л.

В зависимости от сроков развития ГД во время беременности все пациентки данной группы были разделены на три подгруппы.

В подгруппу ГД1 вошли 50 пациенток с развитием ГД в первом триместре беременности, средний возраст —  $29,3 \pm 4,8$  года, среднее значение гликемии —  $5,7 (5,5; 6,4)$  ммоль/л.

В подгруппу ГД2 вошли 22 беременные, у которых ГД развился во втором триместре, средний возраст —  $28,4 \pm 3,9$  года, средний уровень глюкозы крови —  $5,7 (5,2; 6,0)$  ммоль/л.

Подгруппа ГД3 была сформирована из 15 пациенток, у которых ГД развился в третьем триместре беременности, средний возраст —  $27,9 \pm 5,1$  года, средние значения гликемии —  $5,5 (5,1; 6,2)$  ммоль/л.

Тринадцать (15 %) беременных из группы ГД получали инсулинотерапию, из их числа у 10 беременных ГД был выявлен в первом триместре беременности, у 3 — во втором триместре. Все беременные из подгруппы ГД3 контролировали уровень сахара крови с помощью диеты. У всех пациенток с ГД уровень артериального давления на протяжении беременности находился в пределах нормы.

Средний возраст пациенток с физиологическим течением беременности составил  $27,1 \pm 4,9$  года (группа контроля). Между группами СД, ГД и группой контроля не отмечалось значимых отличий по возрасту.

Пациентки группы контроля и ГД были обследованы однократно в третьем триместре беременности.

Всем пациенткам, помимо стандартного офтальмологического обследования, выполняли исследование состояния гемодинамики глаз методом ЦДК. Использована многоцелевая ультразвуковая диагностическая система LOGIQ E (General Electric, США). Исследование проводилось контактным транспальпебральным способом с помощью мультисекторного линейного датчика с частотой 4–12 МГц с минимальной компрессией для исключения влияния на параметры кровотока. Процедура выполнялась в положении пациенток лежа на спине после предварительного 10-минутного отдыха в положении лежа на боку для стабилизации гемодинамического



статуса. В анализ включали данные обоих глаз каждой пациентки с корректным статистическим учетом их показателей.

Первоначально в В-режиме серой шкалы визуализировали расположение глазного яблока и орбитальных структур, затем проводили ЦДК центральной артерии сетчатки (ЦАС), задних коротких цилиарных артерий (ЗКЦА). В указанных сосудах регистрировали спектр доплеровского сдвига частот и определяли доплерографические параметры кровотока: максимальную систолическую скорость кровотока (PSV), конечную диастолическую скорость (EDV) в см/с; пульсационный индекс (PI) и индекс резистентности (RI).

Статистическая обработка данных выполнялась в пакете «R» версии 4.1.2 (R Core Team (2021), <https://www.R-project.org/>). Данные представлены в виде  $M \pm \sigma$  (среднее

и стандартное отклонение) или Me (Q25; Q75) (медиана и квантили) в зависимости от нормальности распределений по критерию Шапиро — Уилка. Количественные показатели сравнивались модифицированными критериями Уилкоксона для независимых или связанных выборок, учитывающими корреляцию парных глаз (пакет clusrank версии 1.0.2, функция clusWilcox.test, метод ds). При множественных проверках трех групп  $p$ -значения корректировались по методу Холма. Критический уровень значимости равен 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При сравнительном анализе исследуемых параметров в ЦАС и ЗКЦА в группах СД, ГД и контроля в третьем триместре был выявлен ряд закономерностей (рис. 1).

Так, показатели PSV в ЦАС были значимо ниже

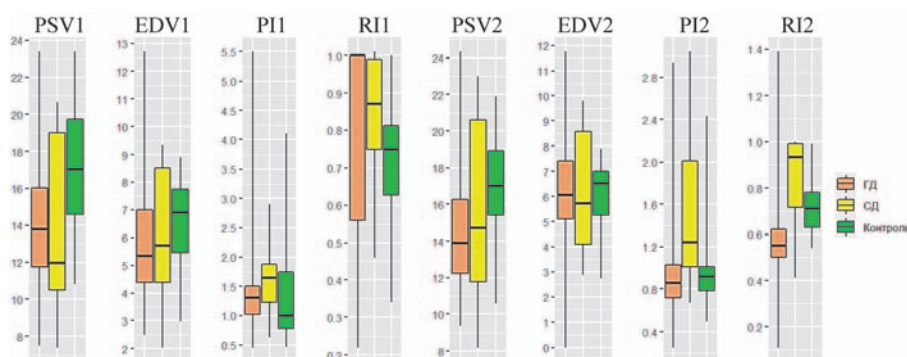
в группах ГД и СД в сравнении с контролем при отсутствии значимой разницы между группами ГД и СД. В то же время в ЗКЦА значимые различия PSV отмечались только между группами ГД и контроля. Данный параметр был значимо выше в группе контроля.

В отношении EDV значимые отличия были получены только в ЦАС между группами ГД и контроля — в контроле значения EDV были значимо выше. В ЗКЦА значимых отличий указанных параметров в исследуемых группах не было выявлено.

В ЦАС и ЗКЦА показатель PI оказался значимо выше в группе СД в сравнении с группой ГД и контролем, в то время как между группами ГД и контроля значимых отличий данного параметра выявлено не было. RI в ЦАС значимо не отличался в исследуемых группах. В то же время в ЗКЦА различия были значимыми во всех группах — в группе СД RI был наибольшим, а в группе ГД — наименьшим.

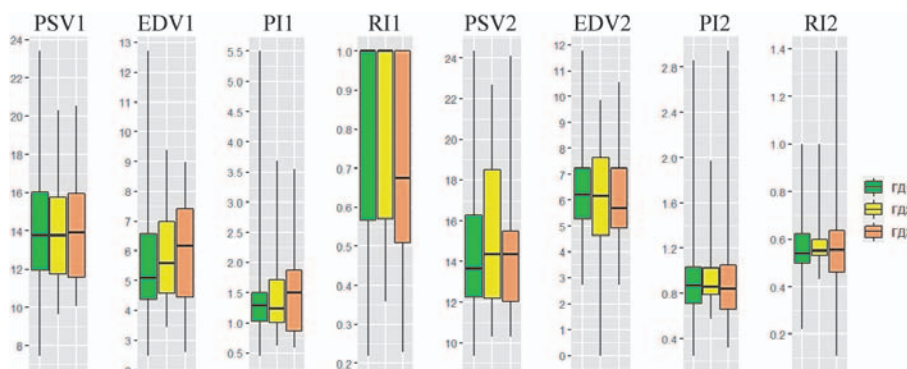
При сравнении значений исследуемых параметров в ЦАС и ЗКЦА не было выявлено значимых различий в подгруппах ГД1, ГД2 и ГД3 (рис. 2).

Для детального анализа параметров гемодинамики глаз у беременных с СД было сформировано две подгруппы в зависимости от наличия либо отсутствия ДР.



**Рис. 1.** Сравнительный анализ параметров гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА у беременных с СД, ГД и физиологическим течением беременности в третьем триместре. PSV1 — максимальная систолическая скорость кровотока в ЦАС, EDV1 — конечная диастолическая скорость кровотока в ЦАС, PI1 — пульсационный индекс в ЦАС, RI1 — индекс резистентности в ЦАС, PSV2 — максимальная систолическая скорость кровотока в ЗКЦА, EDV2 — конечная диастолическая скорость кровотока в ЗКЦА, PI2 — пульсационный индекс в ЗКЦА, RI2 — индекс резистентности в ЗКЦА

**Fig. 1.** Comparative analysis of hemodynamic indexes in the CRA and SPCAs in pregnant women with DM, GD and the physiological course of pregnancy in the third trimester: PSV1 — peak systolic velocity in the CRA, EDV1 — end-diastolic velocity in the CRA, PI1 — pulsatility index in the CRA, RI1 — resistive index in the CRA, PSV2 — peak systolic velocity in the SPCAs, EDV2 — end-diastolic velocity in the SPCAs, PI2 — pulsatility index in the SPCAs, RI2 — resistive index in the SPCAs



**Рис. 2.** Сравнительный анализ параметров гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА в третьем триместре у беременных с различными сроками развития ГД

**Fig. 2.** Comparative analysis of hemodynamic indexes in the CRA and SPCAs in the third trimester in pregnant women with different periods of development of GD

Подгруппу ДР+ составила 21 беременная (наличие ДР); в подгруппу ДР– вошли 19 женщин (отсутствие ДР).

Между данными подгруппами в результате проведенного анализа были выявлены значимые различия всех исследуемых параметров в третьем триместре (рис. 3). Так, показатели PSV и EDV в ЦАС и ЗКЦА были значимо ниже в подгруппе ДР+ в сравнении с подгруппой ДР–, в то время как PI и RI в ЦАС и ЗКЦА в этой подгруппе были, напротив, значимо выше.

На следующем этапе был проведен анализ изменений параметров глазной гемодинамики у пациенток с СД при наличии либо отсутствии ДР на протяжении всего периода беременности в каждом из триместров, а также через 3 месяца после родов.

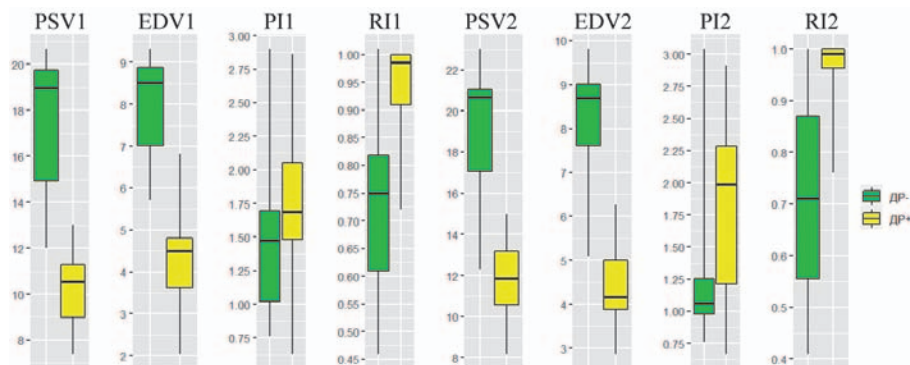
У пациенток подгруппы ДР+ отмечались достоверные изменения всех исследуемых показателей на протяжении беременности (рис. 4). В частности, в ЦАС и ЗКЦА отмечалось прогрессивное снижение значений PSV и EDV, а также увеличение RI и PI от первого к третьему триместру. Однако в третьем триместре и через 3 месяца после родов не было выявлено значимой разницы в исследуемых параметрах ЦАС и ЗКЦА, кроме PI.

Напротив, в подгруппе беременных ДР– в ЦАС и ЗКЦА отмечалось прогрессивное увеличение показателей PSV и EDV в ЦАС и ЗКЦА от первого к третьему триместру (рис. 5). В то же время к третьему месяцу после родов параметры PSV в ЦАС и ЗКЦА и EDV в ЦАС у них значимо не изменились, в сравнении с третьим триместром значимо снизился EDV в ЗКЦА. Показатель PI в ЦАС значимо повысился от второго к третьему триместру и значимо понизился через 3 месяца после родов в сравнении с третьим триместром. В ЗКЦА подгруппы беременных ДР– показатель PI значимо повышался на протяжении беременности от первого ко второму и от второго к третьему триместру, но через 3 месяца после родов он значимо понизился в сравнении с третьим триместром. Значимых изменений RI

с ЦАС и ЗКЦА на протяжении беременности и в послеродовом периоде в данной подгруппе не отмечалось.

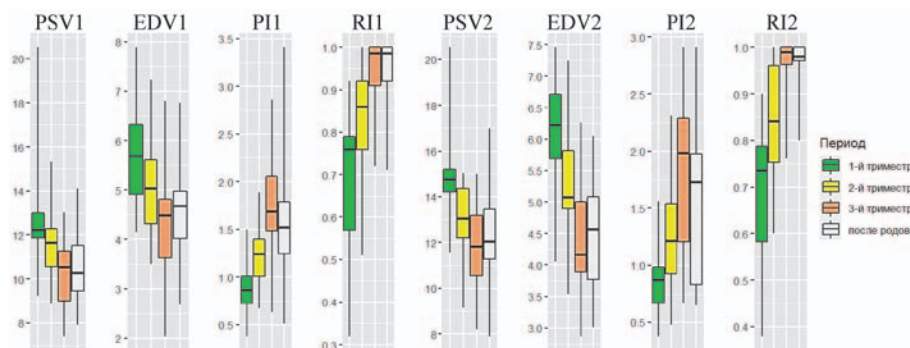
## ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании было выявлено снижение PSV в ЦАС в третьем триместре беременности у пациенток с ГД и СД в сравнении с контролем, а также снижение EDV в ЦАС и PSV в ЗКЦА у пациенток с ГД в сравнении



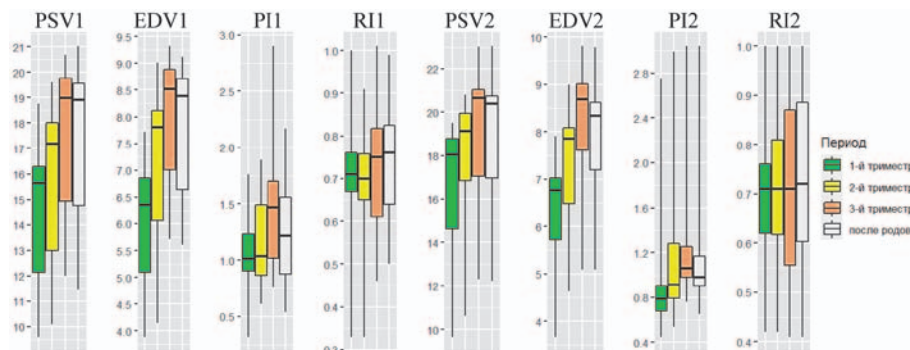
**Рис. 3.** Сравнительный анализ параметров гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА в третьем триместре у беременных с СД и наличием либо отсутствием ДР

**Fig. 3.** Comparative analysis of hemodynamic indexes in the CRA and SPCAs in the third trimester in pregnant women with DM and presence or absence of DR



**Рис. 4.** Анализ изменений параметров гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА у пациенток с ДР на протяжении беременности и в послеродовом периоде

**Fig. 4.** Analysis of changes in hemodynamic indexes in the CRA and SPCAs in patients with DR during pregnancy and in the postpartum period



**Рис. 5.** Анализ изменений параметров гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА у пациенток с СД и отсутствием ДР на протяжении беременности и в послеродовом периоде

**Fig. 5.** Analysis of changes in hemodynamic parameters in the CRA and SPCAs in patients with DM and absence of DR during pregnancy and in the postpartum period

с контролем. У пациенток с СД установлено повышение значений  $PI$  в ЦАС и ЗКЦА в сравнении с группами ГД и контроля. При этом  $RI$  в ЗКЦА значимо отличался во всех группах, демонстрируя наибольшие значения у пациенток СД и наименьшие — в группе ГД.

Таким образом, как показало данное исследование, у пациенток с ГД имело место снижение скоростных показателей  $PSV$  и  $EDV$  в ЦАС и ЗКЦА, а также  $RI$ , характеризующего сосудистое сопротивление, в ЗКЦА в сравнении с группой физиологического течения беременности. Вероятно, это было обусловлено более выраженной вазодилатацией в системе глазничной артерии, поскольку целый ряд работ указывает на снижение сосудистого тонуса в системе глазничной артерии на протяжении физиологической беременности. Оно сопровождается увеличением калибра конъюнктивных и ретинальных сосудов, снижением  $RI$  и связано с развитием общего гиперциркуляторного состояния, а также наличием ауторегуляции ретинальных сосудов с эстроген-зависимыми механизмами [11, 30–34]. Возможно, изменения, касающиеся гликемии в течение длительного времени, могут способствовать снижению ауторегуляторного потенциала и усилению явлений вазодилатации.

Отсутствие выраженных различий в значениях параметров гемодинамики глаз у беременных с различными сроками возникновения ГД может указывать на функциональный характер возникших изменений. Это обусловлено тем, что влияние гипергликемии при ГД ограничивается сроками гестации, благодаря этому не возникают морфологические изменения ретинальных и хориоидальных сосудов. В связи с этим изменения параметров кровотока в ЦАС и ЗКЦА также носят преходящий характер и не зависят от длительности течения ГД, что показало наше исследование.

По данным литературы, имеются значительные различия в состоянии параметров гемодинамики глаза у пациентов, страдающих СД без ДР и с ее наличием. В связи с этим для проведения детального дифференциального анализа на последующем этапе исследования мы выделили 2 подгруппы беременных пациенток с СД: с наличием ДР и без нее. Оказалось, что большинство исследуемых параметров в подгруппах кардинально отличались между собой.

В литературе имеются сведения об изменениях доплерографических параметров глазного кровотока у пациентов с СД и ДР, однако в большинстве случаев они противоречивы. Так, ряд авторов указывает на увеличение скоростных показателей ретинального кровотока у пациентов СД без ДР [29, 35, 36], другие, напротив, выявили снижение  $PSV$ ,  $EDV$ ,  $PI$  и  $RI$  в глазничной артерии (ГА), ЦАС и ЗКЦА у таких пациентов [37]. В то же время, по мнению Р. Krasnicki и соавт., показатели  $PSV$  и  $EDV$  в ГА снижаются у пациентов с СД без ДР, но снижение данных параметров в ЦАС и ЗКЦА происходит только у пациентов с ДР [38]. Однако при прогрессировании ДР большинство авторов указывает на последовательное снижение

скоростных показателей гемодинамики глаза и на повышение  $RI$  в ГА, ЦАС и ЗКЦА [23, 26, 29, 37, 39–41].

В нашем исследовании у пациенток с ДР значения  $PSV$  и  $EDV$  в ЦАС и ЗКЦА оказались значимо ниже, а  $PI$  и  $RI$  — значимо выше в сравнении с беременными с СД без ДР. Снижение скоростных показателей глазного кровотока на фоне повышения гемодинамических индексов характеризует гипоперфузию тканей, связанную с развитием морфологических изменений сосудов сетчатки и хориоидеи и их ремоделированием на фоне ДР. По мнению ряда авторов, замедление скорости кровотока в системе ГА при ДР обусловлено формированием микроаневризм, зон интравитреальных микрососудистых аномалий, увеличением количества запустевших капилляров, а также прогрессированием гемореологических расстройств с микротромбированием [26, 36, 42]. Повышение  $RI$  авторы связывают с развитием необратимых изменений стенок сосудов глаз и сужением их просвета [36].

Кроме того, нами был проведен анализ динамики параметров глазного кровотока у пациенток с СД в зависимости от наличия либо отсутствия ДР в каждом из триместров на протяжении беременности, а также через 3 месяца после родов. Оказалось, что у беременных с ДР на протяжении срока гестации от первого триместра к третьему отмечалось прогрессивное снижение  $PSV$  и  $EDV$  в сочетании с увеличением  $RI$  и  $PI$ , что могло быть обусловлено прогрессированием сосудистых изменений глаз и, соответственно, клинической картины ДР. Это подтверждалось данными анализа клинического течения ДР у беременных группы ДР+. В частности, было установлено, что у 16 из 21 (76 %) пациенток с ДР+ на протяжении срока гестации отмечалось прогрессирование ДР, потребовавшее проведения лазеркоагуляции сетчатки. Выявленные нами закономерности вполне согласуются с данными литературы. Так, в частности, целый ряд авторов рассматривает повышение индекса  $RI$  в качестве маркера манифестации и прогрессирования ДР [36, 43]. Однако в послеродовом периоде в подгруппе ДР+ не отмечалось значимых изменений исследуемых параметров в ЦАС и ЗКЦА в сравнении с данными третьего триместра беременности, что характеризовало стабилизацию течения ДР.

Напротив, в подгруппе беременных с СД без ДР на протяжении периода беременности в ЦАС и ЗКЦА выявлено прогрессивное увеличение  $PSV$  и  $EDV$ , сопровождавшееся увеличением  $PI$  в ЦАС от второго к третьему триместру.  $PI$  в ЗКЦА также значимо последовательно повышался на протяжении всей беременности. Но в послеродовом периоде имело место снижение  $EDV$  в ЗКЦА,  $PI$  в ЦАС и ЗКЦА в данной подгруппе при отсутствии изменений  $PSV$  и  $EDV$  в ЦАС.

Большинство исследователей указывает на повышение скоростных показателей глазного кровотока у пациентов с СД без ДР, что обусловлено повышением давления на стенки сосудов и гемореологическими изменениями [29, 35, 36]. С другой стороны, для самой беременности характерно «гиперциркуляторное» состояние,



обусловленное увеличением объемного кровенаполнения и вазодилатационного потенциала [1, 2, 32, 34]. Видимо, поэтому в нашем исследовании сочетание факторов течения беременности и влияния хронического нарушения гликемии, приводящего к нарушению сосудистой регуляции при СД, определило повышение скоростных показателей в ЦАС и ЗКЦА и повышение PI у беременных с СД без ДР. Однако в послеродовом периоде в связи с прекращением действия гормональных факторов, способствующих развитию регионарной гиперемии в системе ГА, произошло снижение PI со стабилизацией скоростных показателей.

Таким образом, у пациенток с СД на протяжении всего периода беременности отмечались последовательные изменения показателей глазного кровотока, зависевшие от наличия/отсутствия ДР. Изменения проявлялись в подгруппе ДР снижением скоростных показателей с повышением гемодинамических индексов, и напротив, в подгруппе отсутствия ДР — повышением скоростных показателей с увеличением PI. Полученные данные могут стать основой для создания гемодинамических критериев манифестации и прогрессирования ДР у беременных, страдающих СД.

## ВЫВОДЫ

1. У пациенток с ГД в третьем триместре беременности отмечается статистически значимое снижение PSV и EDV в ЦАС и ЗКЦА, сочетающееся со снижением RI

в ЗКЦА, в сравнении с пациентками с физиологическим течением беременности.

2. У беременных с различными сроками развития ГД к третьему триместру отсутствовали значимые отличия параметров кровотока в ЦАС и ЗКЦА.

3. У пациенток с ДР в третьем триместре беременности PSV и EDV в ЦАС и ЗКЦА оказались значимо ниже, а PI и RI — значимо выше в сравнении с беременными с СД без ДР.

4. У беременных с наличием ДР на протяжении гестационного периода от первого триместра к третьему отмечалось прогрессивное снижение PSV и EDV на фоне увеличения индексов RI и PI в ЦАС и ЗКЦА.

5. У беременных с СД при отсутствии ДР на протяжении гестационного периода отмечалось прогрессивное увеличение PSV, EDV и PI в ЦАС и ЗКЦА от первого триместра к третьему.

6. Выявленные характерные особенности состояния гемодинамики в ЦАС и ЗКЦА у беременных с СД при наличии либо отсутствии ДР могут стать основой для создания объективных критериев манифестации и прогрессирования ДР.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Помыткина Н.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, анализ результатов, написание текста;  
Сорокин Е.Л. — концепция и дизайн исследования, научное редактирование, утверждение версии для печати;  
Пашенцев Я.Е. — статистический анализ данных и полученных результатов;  
Данилов О.В. — сбор и обработка материала.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Klein BE, Moss SE, Klein R. Effect of pregnancy on progression of diabetic retinopathy. *Diabetes Care*. 1990;13(1):34–40. doi: 10.2337/diacare.13.1.34.
- Best RM, Chakravarthy U. Diabetic retinopathy in pregnancy. *Br J Ophthalmol*. 1997;81(3):249–251. doi: 10.1136/bjo.81.3.249.
- Lieb WE, Flaharty PM, Sergott RC. Color Doppler imaging of the eye and orbit. A synopsis of a 400 case experience. *Acta Ophthalmol Suppl*. 1992;204:50–54. doi: 10.1111/j.1755-3768.1992.tb04924.x.
- Dimitrova G, Kato S. Color Doppler imaging of retinal diseases. *Surv Ophthalmol*. 2010;55(3):193–214. doi: 10.1016/j.survophthal.2009.06.010.
- Астахов Ю.С., Джалиашвили О.А. Современные направления в изучении гемодинамики глаза при глаукоме. *Офтальмологический журнал*. 1990;3:179–183. Астахов Ю.С., Джалиашвили О.А. Modern trends in the study of ocular hemodynamics in glaucoma. *Journal of Ophthalmology (Ukraine)*. 1990;3:179–183 (In Russ.).
- Киселева Т.Н., Аджамян Н.А. Методы оценки глазного кровотока при сосудистой патологии глаза. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2015;14(4):4–10. Kiseleva TN, Adzhemian NA. Ocular blood flow assessment in vascular pathology of the eye. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2015;14(4):4–10 (In Russ.). doi: 10.24884/1682-6655-2015-14-4-4-10.
- Курышева Н.И., Маслова Е.В., Трубилина А.В., Лепешкина Л.В. Цветовое доплеровское картирование и ОКТ-ангиография в диагностике глаукомы. *Современные технологии в офтальмологии*. 2016;(3):256–259. Kuryshva NI, Maslova YeV, Trubilina AV, Lepeshkina LV. Color Doppler mapping and OCT angiography in the diagnosis of glaucoma. *Modern technologies in ophthalmology*. 2016;(3):256–259 (In Russ.).
- Stalmans I, Vandewalle E, Anderson DR, Costa VP, Frenkel RE, Garhofer G, Grunwald J, Gugleta K, Harris A, Hudson C, Januleviciene I, Kagemann L, Kergoat H, Lovasik JV, Lanzl I, Martinez A, Nguyen QD, Plange N, Reitsamer HA, Sehi M, Siesky B, Zeitl O, Orgül S, Schmetterer L. Use of colour Doppler imaging in ocular blood flow research. *Acta Ophthalmol*. 2011;89(8):e609–630. doi: 10.1111/j.1755-3768.2011.02178.
- Matias DS, Costa RE, Matias BS, Cláudio Lemos Correia L. Doppler velocimetry of the orbital vessels in pregnancies complicated by preeclampsia. *J Clin Ultrasound*. 2012;40(9):576–585. doi: 10.1002/jcu.21949.
- Hata T, Hata K, Moritake K. Maternal ophthalmic artery Doppler velocimetry in normotensive pregnancies and pregnancies complicated by hypertensive disorders. *Am J Obstet Gynecol*. 1997;177(1):174–178. doi: 10.1016/s0002-9378(97)70458-7.
- Belfort M, Saade GR, Grunewald C, Dildy G, Varner M, Nisell H. Effects of blood pressure on orbital and middle cerebral artery resistances in healthy pregnant women and women with preeclampsia. *Am J Obstet Gynecol*. 1999;180(3Pt1):601–607. doi: 10.1016/s0002-9378(99)70261-9.
- Diniz ALD, Moron AF, Santos MC, Sass N, Pires CR, Debs CL. Ophthalmic artery Doppler as a measure of severe pre-eclampsia. *Int J Gynecol Obstet*. 2008;100(3):216–220. doi: 10.1016/j.ijgo.2007.07.013.
- Correa-Silva E, Surita F, Barbieri C, Moraes S, Cecatti J. Reference values for Doppler velocimetry of the ophthalmic and central retinal arteries in low-risk pregnancy. *Int J Gynecol Obstet*. 2012;117(3):251–256. doi: 10.1016/j.ijgo.2012.01.012.
- Chew EY, Mills JL, Metzger BE, Remaley NA, Jovanovic-Peterson L, Knopp RH, Conley M, Rand L, Simpson JL, Holmes LB, Aarons JH. National Institute of Child Health and Human Development Diabetes in Early Pregnancy Study: Metabolic control and progression of retinopathy. *The Diabetes in Early Pregnancy Study*. *Diabetes Care*. 1995;18(5):631–637. doi: 10.2337/diacare.18.5.631.
- Chan WC, Lim IT, Quinn MJ, Knox FA, McCance D, Best RM. Management and outcome of sight-threatening diabetic retinopathy in pregnancy. *Eye*. 2004;18(8):826–832. doi: 10.1038/sj.eye.6701340.
- Clustering of long-term complications in families with diabetes in the diabetes control and complications trial. *The Diabetes Control and Complications Trial Research Group*. *Diabetes*. 1997;46(11):1829–1839. doi: 10.2337/diab.46.11.1829.
- Egan AM, McVicker L, Heerey A, Carmody L, Harney F, Dunne FP. Diabetic retinopathy in pregnancy: a population-based study of women with pregestational diabetes. *J Diabetes Res*. 2015;2015:310239. doi: 10.1155/2015/310239.
- Mallika PS, Tan AK, Aziz S, Asok T, Alwi SS, Intan G. Diabetic retinopathy and the effect of pregnancy. *Malays Fam Physician*. 2010;30(5(1)):2–5.
- Massin P, Ben Mehdi A, Paques M, Gaudric A. Prise en charge des complications du diabète au cours de la grossesse exemple de la rétinopathie diabétique. *Diabetes Metab*. 2001;27(4 Pt 2):48–52. [Management of diabetic complications during pregnancy using diabetic retinopathy as an example]. *Diabetes Metab*. 2001;27(4 Pt 2):48–52 (In French).
- Помыткина Н.В. Диабетическая ретинопатия и беременность. *Офтальмология*. 2018;15(2S):268–272. Pomytkina NV. Diabetic retinopathy and pregnancy. *Ophthalmology in Russia*. 2018;15(2S):268–272 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2018-2S-268-272.
- Помыткина Н.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е. Особенности ретиального кровотока при нарушении углеводного обмена у беременных. *Вестник офтальмологии*. 2022;138(3):16–23. Pomytkina NV, Sorokin EL, Pashentsev YaE. Features of retinal blood flow in pregnant women with carbohydrate metabolism disorders. *Annals of ophthalmology*. 2022;138(3):16–23 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma202213803116.
- Влазнева И.Н., Пилягина А.А. Гемодинамика глаза при диабетической ретинопатии по данным цветового доплеровского картирования. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2015;20(3):535–538.

- Vlazneva IN, Pilyagina AA. Ocular hemodynamics in diabetic retinopathy according to the color Doppler imaging data. *Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and technical sciences*. 2015;20(3):535–538 (In Russ.).
23. Нероев В.В., Колчин А.А., Киселева Т.Н., Зуева М.В., Цапенко И.В., Рябина М.В., Гринченко М.И. Изменение гемодинамики глаза и функциональной активности сетчатки у пациентов с непролиферативной диабетической ретинопатией. *Российский офтальмологический журнал*. 2013;6(2):58–64.
  - Neroev VV, Kolchin AA, Kiseleva TN, Zueva MV, Tsapenko IV, Ryabina MV, Grinchenko MI. Eye hemodynamics and retinal functional activity alterations in patients with nonproliferative diabetic retinopathy. *Russian Ophthalmological Journal*. 2013;6(2):58–64 (In Russ.).
  24. Нероев В.В., Киселева Т.Н., Охоимская Т.Д., Фадеева В.А., Рамазанова К.А. Влияние антиангиогенной терапии на глазной кровоток и микроциркуляцию при диабетическом макулярном отеке. *Вестник офтальмологии*. 2018;134(4):3–10.
  - Neroev VV, Kiseleva TN, Okhotsinskaya TD, Fadeeva VA, Ramasanova KA. Impact of antiangiogenic therapy on ocular blood flow and microcirculation in diabetic macular edema. *Annals of ophthalmology*. 2018;134(4):3–10 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma20181340413.
  25. Нероев В.В., Колчин А.А., Зуева М.В., Киселева Т.Н., Рябина М.В., Цапенко И.В. Изменение функциональной активности сетчатки и гемодинамики глаза у пациентов с тяжелыми стадиями диабетической ретинопатии. *Российский офтальмологический журнал*. 2014;7(3):19–26.
  - Neroev VV, Kolchin AA, Zueva MV, Kiseleva TN, Ryabina MV, Tsapenko IV. Changes in eye hemodynamics and functional activity of the retina in patients with severe stages of diabetic retinopathy. *Russian Ophthalmological*. 2014;7(3):19–26 (In Russ.).
  26. Ольхова Е.Б., Слободина О.Р. Возможности ультразвуковой диагностики в оценке непролиферативной формы ретинопатии у больных сахарным диабетом II типа. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2009;8(2):17–21.
  - Ol'khova EB, Slobodina OR. Ultrasound diagnostics in non-proliferative retinopathy in patients with diabetes mellitus type II. *Regional circulation and microcirculation*. 2009;8(2):17–21 (In Russ.).
  27. Evans DW, Harris A, Danis RP, Arend O, Martin BJ. Altered retrobulbar vascular reactivity in early diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol*. 1997;81(4):279–282. doi: 10.1136/bjo.81.4.279.
  28. Fujioka S, Karashima K, Nishikawa N, Saito Y. Correlation between higher blood flow velocity in the central retinal vein than in the central retinal artery and severity of nonproliferative diabetic retinopathy. *Jpn J Ophthalmol*. 2006;50(4):312–317. doi: 10.1007/s10384-005-0338-1
  29. Meng N, Liu J, Zhang Y, Ma J, Li H, Qu Y. Color Doppler imaging analysis of retrobulbar blood flow velocities in diabetic patients without or with retinopathy: a meta-analysis. *J Ultrasound Med*. 2014;33(8):1381–1389. doi: 10.7863/ultra.33.8.1381.
  30. Sato T, Sugawara J, Aizawa N, Iwama N, Takahashi F, Nakamura-Kurakata M, Saito M, Sugiyama T, Kunikata H, Nakazawa T, Yaegashi N. Longitudinal changes of ocular blood flow using laser speckle flowgraphy during normal pregnancy. *PLoS One*. 2017;12(3):e0173127. doi: 10.1371/journal.pone.0173127.
  31. Centofanti M, Migliardi R, Bonini S, Manni G, Bucci MG, Pesavento CB, Amin CS, Harris A. Pulsatile ocular blood flow during pregnancy. *Eur J Ophthalmol*. 2002;12(4):276–280. doi: 10.1177/112067210201200404.
  32. Toker E, Yenice O, Akpınar I, Aribal E, Kazokoglu H. The influence of sex hormones on ocular blood flow in women. *Acta Ophthalmol Scand*. 2003;81(6):617–624. doi: 10.1111/j.1395-3907.2003.00160.x.
  33. Mikkola T, Viinikka L, Ylikorkala O. Eestrogen and postmenopausal oestrogen/progestin therapy: effect on endothelium dependent prostacyclin, nitric oxide and endothelin-1 production. *Eur J Obstet Gynaecol Reprod Biol*. 1998;79(1):75–82. doi: 10.1016/S0301-2115(98)00050-5.
  34. Lupton SJ, Chiu CL, Hodgson LA, Tooher J, Lujic S, Ogle R, Wong T, Hennessy A, Lind J. Temporal changes in retinal microvascular caliber and blood pressure during pregnancy. *Hypertension*. 2013;61(4):880–885. doi: 10.1161/HYPERTENSION.111.00698.
  35. Kohner EM, Hamilton AM, Saunders SJ, Sutcliffe BA, Bulpitt CJ. The retinal blood flow in diabetes. *Diabetologia*. 1975;11(1):27–33. doi: 10.1007/bf00422814.
  36. Малышева Н.А., Масленникова Е.А. Допплерография глазничной артерии как способ объективизации ранней диагностики непролиферативной диабетической ретинопатии у детей, больных сахарным диабетом 1-го типа. *Современные технологии в медицине*. 2011;2:143–145.
  - Malysheva NA, Maslennikova EA. Dopplerography of ophthalmic artery is an objective way of early diagnosis of non-proliferative diabetic retinopathy in children with diabetes mellitus type 1. *Modern technologies in medicine*. 2011;(2):143–145 (In Russ.).
  37. Modrzejewska M, Pieńkowska-Machoy E, Grzesiak W, Karczewicz D, Wilk G. Predictive value of color Doppler imaging in an evaluation of retrobulbar blood flow perturbation in young type-1 diabetic patients with regard to dyslipidemia. *Med Sci Monit*. 2008;14(10):MT47–52.
  38. Krasnicki P, Mariak Z, Ustymowicz A, Proniewska-Skrettek E. Assessment of blood flow in the ocular circulation in type 2 diabetes patients with Color Doppler imaging. *Klin Oczna*. 2006;108(7–9):294–298.
  39. Журабекова А.З., Кангилбаева Г.Э., Миррахимова С.Ш. Влияние комплексного лечения на гемодинамику глаза при непролиферативной диабетической ретинопатии. *Журнал теоретической и клинической медицины*. 2018;(1):102–104.
  - Zhurabekova AZ, Kangilbayeva GE, Mirakhimova SS. Effect of complex treatment on eye hemodynamics in non-proliferative diabetic retinopathy. *Journal of Theoretical and Clinical Medicine*. 2018;(1):102–104 (In Russ.).
  40. Patel V, Rassam S, Newsom R, Kohner E. Retinal bloodflow in diabetic retinopathy. *BMJ*. 1992;305(6855):678–683. doi: 10.1136/bmj.305.6855.678.
  41. Gracner T. Ocular blood flow velocity determined by color Doppler imaging in diabetic retinopathy. *Ophthalmologica*. 2004;218(4):237–242. doi: 10.1159/000078613.
  42. 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):60–65.
  - Kolchin AA, Kiseleva TN, Zueva MV, Ryabina MV. Eye blood flow and its changes in patients with diabetes mellitus. *Annals of ophthalmology*. 2012;128(2):60–65 (In Russ.).
  43. Экгардт В.Ф., Скребков А.И., Светличная И.В., Курицына О.А. Гемодинамика в сосудах глаза и орбиты у больных диабетической ретинопатией. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2006;3:141.
  - Ekhardt VF, Skrebkov AI, Svetlichnaya IV, Kuritsyna OA. Hemodynamics in the vessels of the eye and orbit in patients with diabetic retinopathy. *Ultrasonic and functional diagnostics*. 2006;3:141 (In Russ.).

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Помыткина Наталья Викторовна  
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог отделения лазерной хирургии  
ул. Тихоокеанская, 211, Хабаровск, 680033, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0003-3757-8351>

Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Дальневосточный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Сорокин Евгений Леонидович  
доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе;  
профессор кафедры общей и клинической хирургии  
ул. Тихоокеанская, 211, Хабаровск, 680033, Российская Федерация  
ул. Муравьева-Амурского, 35, Хабаровск, 680000, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-2028-1140>

Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Пашенцев Ярослав Евгеньевич  
младший научный сотрудник  
ул. Тихоокеанская, 211, Хабаровск, 680033, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0001-5446-0633>

Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Данилов Олег Владимирович  
врач-офтальмолог отделения диагностики  
ул. Тихоокеанская, 211, Хабаровск, 680033, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-6610-2419>

## ABOUT THE AUTHORS

Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
Pomytkina Natalia V.  
PhD, ophthalmologist of the Laser surgery department  
Tikhookeanskaya str., 211, Khabarovsk, 680033, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0003-3757-8351>

Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
Far Eastern State Medical University  
Sorokin Evgenii L.  
MD, Professor, deputy head on science work; Professor of the General and clinical surgery department  
Tikhookeanskaya str., 211, Khabarovsk, 680033, Russian Federation  
Murav'yeva-Amurskogo str., 35, Khabarovsk, 680000, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-2028-1140>

Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
Pashentsev Yaroslav E.  
junior researcher  
Tikhookeanskaya str., 211, Khabarovsk, 680033, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0001-5446-0633>

Khabarovsk Branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution  
Danilov Oleg V.  
ophthalmologist of the Diagnostic department  
Tikhookeanskaya str., 211, Khabarovsk, 680033, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-6610-2419>