

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-3-38-49>



Исследование микроциркуляции глаза методом оптической когерентной томографии — ангиографии у беременных, страдающих сахарным диабетом

Н.В. Помыткина^{1,2✉}, Е.Л. Сорокин^{1,2}, Я.Е. Пашенцев¹, Г.В. Чижова³

¹Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Тихоокеанская, д. 211, Хабаровск, 680033, Россия

²ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Муравьева-Амурского, д. 35, Хабаровск, 680000, Россия

³КГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения» Минздрава Хабаровского края, ул. Краснодарская, д. 9, Хабаровск, 680009, Россия

Цель работы — исследовать состояние микроциркуляции глаза методом оптической когерентной томографии — ангиографии (ОКТА, Optovue RTVue XR Avanti, США) у беременных, страдающих сахарным диабетом (СД). **Материал и методы.** Обследованы 113 беременных с СД и 60 здоровых беременных (группа контроля). Женщины с СД (69 чел.) имели диабетическую ретинопатию (ДР): 49 — прогрессирующего течения, 20 — стабильную. В поверхностном и глубоком ретинальных сплетениях с помощью ОКТА исследовались показатели плотности сосудов, площадь фовеальной аваскулярной зоны (ПФАЗ), доля зон неперфузии (собственный метод). Обследование пациенток с СД проводили во всех триместрах и через 3 мес после родов, группы контроля — в III триместре. **Результаты.** Все показатели плотности сосудов у пациенток с СД были значимо ниже, а доля зон неперфузии в обоих сплетениях — значимо выше ($p < 0,001$), чем в группе контроля. На протяжении беременности и после родов у пациенток с ДР отмечалось прогрессивное снижение показателей сосудистой плотности, увеличение ПФАЗ и доли зон неперфузии в обоих сплетениях. В большей степени это было обусловлено динамикой исследуемых параметров в подгруппе с прогрессированием ДР. **Заключение.** Установленные закономерности изменений параметров, характеризующих ретинальный кровоток на протяжении гестации и в постродовом периоде у беременных с СД со стабильным и прогрессирующим течением ДР, могут стать основой для прогноза характера течения ДР, способствовать ранней диагностике прогрессирования ДР и определению показаний к своевременному проведению лазеркоагуляции сетчатки у таких пациенток.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография — ангиография; диабетическая ретинопатия; микроциркуляция глаза; беременность

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

Для цитирования: Помыткина Н.В., Сорокин Е.Л., Пашенцев Я.Е., Чижова Г.В. Исследование микроциркуляции глаза методом оптической когерентной томографии — ангиографии у беременных, страдающих сахарным диабетом. Российский офтальмологический журнал. 2025; 18 (3): 38-49. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-3-38-49>

Study of ocular microcirculation using optical coherence tomography—angiography in pregnant women suffering from diabetes mellitus

Natalia V. Pomytkina^{1,2✉}, Evgenii L. Sorokin^{1,2}, Iaroslav E. Pashentsev¹, Galina V. Chizhova³

¹ Khabarovsk branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Center, 211, Tikhoookeanskaya St., Khabarovsk, 680033, Russia

² Far Eastern State Medical University, 35, Muravyov-Amurskiy St., Khabarovsk, 680000, Russia

³ Postgraduate Institute for Public Health Workers, 9, Krasnodarskaya st., Khabarovsk, 680009, Russia
naukakhvmtk@mail.ru

Purpose of the work was to investigate the state of ocular microcirculation using optical coherence tomography angiography (OCTA, Optovue RTVue XR Avanti, USA) in pregnant women with diabetes mellitus (DM). **Material and methods.** The study included 113 pregnant women with DM and 60 healthy pregnant women (control group). 69 women with DM had diabetic retinopathy (DR): 49 had a progressive course and 20 had a stable course. In the superficial and deep retinal plexuses, OCTA was used to examine the vessel density indices, the area of the foveal avascular zone (FAZ), and the proportion of non-perfusion zones (our own method). The examination of patients with DM was performed in all trimesters and 3 months after delivery, and the control group was examined in the third trimester. **Results.** All vessel density indices in patients with DM were significantly lower, and the proportion of non-perfusion zones in both plexuses was significantly higher ($p < 0.001$) than in the control group. During pregnancy and after delivery, patients with DR showed a progressive decrease in vascular density indices, an increase in PFAZ and the proportion of non-perfusion zones in both plexuses. To a greater extent, this was due to the dynamics of the studied parameters in the subgroup with DR progression. **Conclusion.** The established patterns of changes in the parameters characterizing retinal blood flow during gestation and in the postpartum period in pregnant women with diabetes with stable and progressive DR can become the basis for predicting the nature of DR, facilitating early diagnosis of DR progression and determining indications for timely laser retina coagulation of such patients.

Keywords: optical coherence tomography angiography; diabetic retinopathy; eye microcirculation; pregnancy

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: no authors have financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Pomytkina N.V., Sorokin E.L., Pashentsev I.E., Chizhova G.V. Study of ocular microcirculation using optical coherence tomography-angiography in pregnant women suffering from diabetes mellitus. Russian ophthalmological journal. 2025; 18 (3): 38-49 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2025-18-3-38-49>

Многочисленные исследования показали, что беременность является фактором риска манифестации и прогрессирования диабетической ретинопатии (ДР) [1–5]. Этому способствуют изменения гормонального статуса, приводящие к девиациям чувствительности тканей к действию инсулина, нестабильности гликемического статуса, повышению содержания проангиогенных и митогенных факторов в организме женщины на протяжении периода гестации [1, 6, 7]. В некоторых случаях может наблюдаться стремительное прогрессирование ДР на протяжении беременности и в послеродовом периоде, угрожающее потерей зрительных функций вследствие развития геморрагических осложнений, тракционной отслойки сетчатки и вторичной неоваскулярной глаукомы [8].

В основе патогенеза ДР лежит прогрессирующая облитерация ретинального микроциркуляторного русла, приводящая к формированию зон неперфузируемой сетчатки и вследствие этого — к выработке проангиогенных факторов, запускающих в глазу пролиферативные процессы. Появление микроаневризм и повышение проницаемости сосудистых стенок ведет к формированию диабетического макулярного отека [9, 10]. Раннее выявление прогрессирования ДР у беременных позволяет устанавливать показания к своевременно проведению лазеркоагуляции сетчатки, обеспечивая сохранение зрительных функций у молодых пациенток [11, 12].

Оптическая когерентная томография — ангиография (ОКТА) — современный метод визуализации и количественной оценки состояния микроциркуляторного русла сетчатки. Он позволяет выявлять ремоделирование ретинальных сосудов, обусловленное ДР, оценивать их изменения в динамике для диагностики прогрессирования процесса [13, 14]. Неинвазивность метода открывает возможности его применения у женщин на любом сроке беременности [15]. Дифференцированный анализ состояния поверхностного и глубокого ретинальных сплетений позволяет установить наиболее ранние проявления ДР [16].

Исследование ретинального сосудистого русла методом ОКТА у беременных с ДР может стать основой для формирования критериев прогрессирования ДР во время гестации и разработки показаний к адекватной лазеркоагуляции сетчатки у пациенток данной группы.

ЦЕЛЬ работы — исследовать состояние микроциркуляции глаза методом ОКТА у беременных женщин, страдающих сахарным диабетом (СД).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обследованы 173 беременные женщины (346 глаз): 113 (226 глаз) с СД I и II типов (основная группа) и 60 здоровых женщин (120 глаз) без сопутствующей соматической патологии, составивших группу контроля.

Беременные с СД были направлены в нашу клинику из краевого перинатального центра г. Хабаровска и отобраны методом сплошной выборки. Беременные группы контроля проходили обследование в диагностическом отделении нашей клиники и были отобраны случайным образом.

Средний возраст беременных основной группы составил $29,5 \pm 4,5$ года (от 21 до 39 лет). Из них 107 (95 %) страдали СД I типа, 6 (5 %) пациенток — СД II типа. Средняя продолжительность течения СД составила $11,1 \pm 8,4$ года (от 1 года до 32 лет). Средний уровень гликированного гемоглобина (HbA1c) составлял $6,5 \pm 1,3$ %. Хороший гликемический контроль со средним значением HbA1c $5,3 \pm 0,7$ % имели 49 (43 %) пациенток. У 64 (57 %) пациенток течение СД было некомпенсированным со средним значением HbA1c $7,3 \pm 1,0$ %. Допегит в связи с наличием артериальной гипертензии принимали 85 (75 %) пациенток. Диабетической нефропатией страдали 24 (21 %) беременные.

У 44 пациенток (88 глаз), в том числе у 6 с СД II типа, на протяжении беременности ДР выявлена не была. У 69 (61 %) беременных (138 глаз) была диагностирована ДР. Из них у 28 пациенток ДР была выявлена в прегестационном периоде, в связи с чем им была проведена лазеркоагуляция сетчатки до наступления беременности: панретинальная лазеркоагуляция (ПРЛК) у 8 пациенток с пролиферативной ДР (ПДР); неполная ПРЛК у 20 пациенток с непролиферативной и препролиферативной ДР (НПДР и ППДР). У 41 женщины манифестация ДР произошла во время беременности.

К III триместру беременности у 42 пациенток сформировалась ПДР, у 16 — ППДР, у 11 — НПДР. У 4 пациенток с ППДР и у 11 пациенток с ПДР развился диабетический макулярный отек на обоих глазах, с утолщением фовеолярной сетчатки от 385 до 497 мкм. Всем пациенткам с ПДР и ППДР была выполнена ПРЛК сетчатки в период беременности.

Средний возраст пациенток группы контроля составил $29,8 \pm 4,0$ года (от 23 до 37 лет). Критерием исключения в этой группе являлась сопутствующая патология зрительного анализатора, в том числе острая миопия.

Всем беременным, помимо стандартного офтальмологического обследования, проводилась ОКТА на приборе Optovue RTVue XR Avanti (Optovue Inc., США) с использованием протокола сканирования HD Angio Retina 6,0 mm. Определяли относительную плотность сосудов (ОПС), фовеальную плотность сосудов (ФПС), парафовеальную плотность сосудов (параФПС), перифовеальную плотность сосудов (периФПС), долю зон неперфузии (ДН) в поверхностном (пов.) и глубоком (гл.) сосудищем сплетениях сетчатки, площадь фовеальной аваскулярной зоны (ПФАЗ). ПФАЗ рассчитывалась автоматически с помощью программного обеспечения прибора. Показатели плотности сосудов характеризовали долю пикселей ОКТА-ангиограммы, содержащих перфузируемую сосудистую сеть (%).

Проводилась объективная оценка изменений зон ретиальной неперфузии в поверхностном и глубоком ретиальном сплетении с помощью собственного метода, который был представлен в нашей предыдущей работе. Методика оценки заключалась в обработке полученной ОКТА-ангиограммы с помощью графических редакторов (Photoshop или GIMP) с определением параметра «доля зон неперфузии» (заявка на патент № 2023130671 от 24.11.2023 «Способ количественной оценки зон сосудистой неперфузии сетчатки», авторы: Н.В. Помыткина, Я.Е. Пашенцев, Е.Л. Сорокин). Данный метод позволяет проводить объективную оценку динамических изменений площади неперфузируемой сетчатки отдельно, по поверхностному и глубокому ретиальным сплетениям. Это имеет ряд преимуществ

перед использованием ручного субъективного выделения зон ретиальной неперфузии с последующим расчетом их общей, усредненной по двум сплетениям площади, что обеспечивается программным обеспечением ОКТА-ангиографа.

Во всех случаях качество полученных в результате сканирования данных соответствовало возможностям адекватного анализа: сила сигнала была 8/10 и более.

Обследование пациенток основной группы проводилось во всех трех триместрах беременности и через 3 мес после родов, группы контроля — однократно в III триместре. Оценивались различия показателей ОКТА у пациенток основной и контрольной группы в III триместре беременности, а также у пациенток основной группы в различных триместрах и в послеродовом периоде.

Статистическая обработка данных выполнялась в программе R версии 4.1.2. В анализ включались оба глаза каждой пациентки с последующей статистической обработкой специальными методами, учитывающими взаимную корреляцию между парными глазами [17]. 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. Возраст пациенток сравнивался с помощью t-критерия Уэлча. Для сравнения количественных показателей групп использовался модифицированный критерий суммы рангов Уилкоксона, учитывающий корреляцию между парными глазами (пакет clusrank, функция clusWilcox.test, метод ds), для независимых и парных выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследуемые группы не имели статистически значимых отличий по возрасту (t-критерий Уэлча, $p = 0,82$), а также по значению длины переднезадней оси глаза 23,56 (23,40; 23,82) мм против 23,75 (23,42; 24,01) мм в основной группе и группе контроля соответственно ($p = 0,17$).

На первом этапе исследования проведено сравнение показателей ОКТА в исследуемых группах в III триместре беременности (табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что в исследуемых группах по всем параметрам, за исключением ПФАЗ, имеются значимые различия. Все показатели, характеризующие плотность сосудов в поверхностном и глубоком ретиальных сплетениях, значимо ниже, а доля зон неперфузии в поверхностном и глубоком сплетении значимо выше ($p < 0,001$) в основной группе (пациентки с СД), чем в группе контроля.

Мы предположили, что основная группа является клинически неоднородной и изменения ретиального кровотока у пациенток с СД с наличием или отсутствием ДР могут происходить неодинаково. С учетом этого для дальнейшего анализа группу пациенток с СД мы разделили на две подгруппы: «ДР+» — с наличием ДР (69 чел.) и «ДР–» — с отсутствием ДР (44 чел.). Важно отметить, что обе подгруппы значимо отличались друг от друга по уровню гликемии ($p = 0,01$). Средний уровень HbA1c у пациенток с ДР составлял $(6,9 \pm 1,4)$ %, а в подгруппе без ДР — $(5,8 \pm 0,8)$ %, т. е. в подгруппе «ДР+» часть пациенток не были компенсированы по уровню глюкозы крови.

Проведен анализ динамики показателей ретиального кровотока у пациенток с СД на протяжении беременности — в каждом из триместров и через 3 мес после родов. На первом этапе проводилось сравнение значений исследуемых параметров в каждый временной период между подгруппами «ДР+» и «ДР–» (табл. 2), затем осуществлялась оценка изменений показателей на протяжении всей беременности и после родов (рис. 1, 2).

Таблица 1. Описательные статистики и сравнение параметров ретинального кровотока в III триместре беременности у пациенток исследуемых групп

Table 1. Descriptive statistics and comparison of retinal blood flow parameters in the third trimester of pregnancy in patients of study groups

Показатель Indicator	Основная группа Main group	Контроль Control	p-значение p-value
Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	49,80 (44,12; 51,83)	52,41 (50,45; 53,97)	0,001
Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	22,02 (17,92; 29,26)	33,86 (29,80; 37,14)	< 0,001
Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	50,36 (45,52; 54,90)	55,69 (54,36; 57,65)	< 0,001
Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	50,79 (45,09; 53,81)	54,53 (52,01; 56,49)	< 0,001
Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	44,4 (33,9; 51,4)	32,5 (30,7; 33,8)	< 0,001
Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	51,41 (46,76; 55,29)	56,58 (54,83; 57,91)	< 0,001
Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	34,66 (29,93; 36,31)	38,98 (37,24; 41,80)	< 0,001
Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	53,49 (47,95; 57,86)	58,11 (57,37; 59,23)	< 0,001
Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	52,67 (47,20; 56,73)	57,78 (56,70; 58,68)	< 0,001
Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	35,2 (23,5; 42,1)	25,1 (20,7; 27,8)	< 0,001
Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,344 (0,264; 0,426)	0,304 (0,256; 0,357)	0,08

Таблица 2. Сравнение параметров ретинального кровотока в подгруппах пациенток с ДР и СД без ДР на протяжении беременности и после родов

Table 2. Comparison of retinal blood flow parameters in subgroups of patients with diabetic retinopathy (DR+) and diabetes mellitus without diabetic retinopathy (DR–) during pregnancy and after childbirth

Показатель Indicator		ДР+ DR+	ДР– DR–	p-значение p-value
I триместр / I trimester	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	50,89 (47,95; 53,03)	52,20 (51,13; 53,88)	0,11
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	29,55 (23,93; 35,59)	29,01 (25,60; 34,92)	0,81
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	50,75 (47,02; 54,10)	55,55 (52,81; 56,91)	0,003 *
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	49,28 (46,13; 53,51)	55,05 (52,60; 56,79)	0,002 *
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	43,9 (39,9; 47,7)	33,8 (32,4; 35,4)	< 0,001 *
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	53,09 (49,85; 54,71)	56,12 (51,55; 57,21)	0,056
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	35,39 (29,22; 39,49)	36,60 (34,68; 38,14)	0,29
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	53,96 (49,58; 55,37)	58,30 (56,37; 58,91)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	53,04 (49,01; 54,23)	57,34 (55,12; 58,16)	0,003 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	34,4 (28,9; 35,8)	22,6 (20,2; 25,0)	< 0,001 *
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм² Foveal avascular zone area, мм²	0,306 (0,265; 0,415)	0,249 (0,196; 0,324)	0,051
	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	47,98 (46,13; 49,88)	52,92 (50,60; 54,70)	0,001 *
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	25,72 (19,15; 33,00)	24,09 (17,95; 32,14)	0,53
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	47,70 (44,82; 51,79)	55,56 (53,88; 57,30)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	47,16 (45,46; 51,40)	55,10 (53,32; 57,03)	< 0,001 *

Показатель Indicator		ДР+ DR+	ДР– DR–	р-значение p-value
II триместр / II trimester	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	46,1 (44,0; 50,0)	33,1 (31,9; 35,1)	< 0,001 *
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	49,92 (47,88; 53,04)	56,70 (54,34; 57,27)	< 0,001 *
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	33,69 (28,71; 35,98)	36,13 (35,03; 38,07)	0,051
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	51,38 (48,26; 53,94)	58,74 (57,05; 59,92)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	49,94 (47,06; 52,97)	58,13 (57,02; 59,52)	< 0,001 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	35,5 (34,2; 39,2)	22,9 (21,0; 25,8)	< 0,001 *
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,354 (0,302; 0,504)	0,276 (0,232; 0,321)	0,01 *
III триместр / III trimester	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	45,80 (43,07; 49,49)	52,28 (51,00; 53,80)	< 0,001 *
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	23,48 (17,72; 31,70)	19,70 (18,15; 27,00)	0,64
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	45,85 (40,54; 49,83)	55,64 (53,20; 56,35)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	45,47 (43,85; 50,38)	54,25 (52,55; 55,18)	< 0,001 *
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	49,6 (46,3; 54,6)	33,1 (30,2; 34,8)	< 0,001 *
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	47,89 (45,14; 50,80)	56,14 (54,16; 57,07)	< 0,001 *
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	31,87 (26,63; 35,17)	36,25 (33,98; 38,17)	0,007 *
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	48,82 (47,03; 53,16)	58,41 (57,12; 59,56)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	48,22 (46,38; 51,65)	57,30 (56,44; 58,26)	< 0,001 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	40,2 (36,6; 43,1)	22,6 (20,1; 24,7)	< 0,001 *
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,390 (0,342; 0,572)	0,258 (0,221; 0,313)	< 0,001 *
3 месяца после родов / 3 months after childbirth	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	44,26 (40,51; 48,41)	52,32 (51,24; 54,18)	< 0,001 *
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	24,60 (16,88; 30,78)	20,09 (18,25; 27,86)	0,93
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	44,94 (40,25; 48,43)	55,51 (54,03; 56,75)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	44,92 (42,23; 47,97)	54,93 (53,45; 55,74)	< 0,001 *
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	54,1 (50,2; 56,0)	32,5 (30,0; 33,9)	< 0,001 *
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	46,83 (44,34; 49,89)	56,82 (55,62; 57,07)	< 0,001 *
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	30,43 (20,99; 32,16)	36,91 (34,03; 39,10)	< 0,001 *
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	47,78 (45,01; 52,67)	58,42 (57,24; 59,53)	< 0,001 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	46,82 (44,97; 49,62)	57,64 (56,91; 58,26)	< 0,001 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	42,3 (38,0; 44,6)	22,0 (19,9; 23,0)	< 0,001 *
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,390 (0,345; 0,698)	0,263 (0,218; 0,356)	0,008 *

Примечание. Здесь и в таблице 3: * — отличия статистически значимы (p < 0,05).

Note. Here and in the table 3: * — differences are statistically significant (p < 0.05).

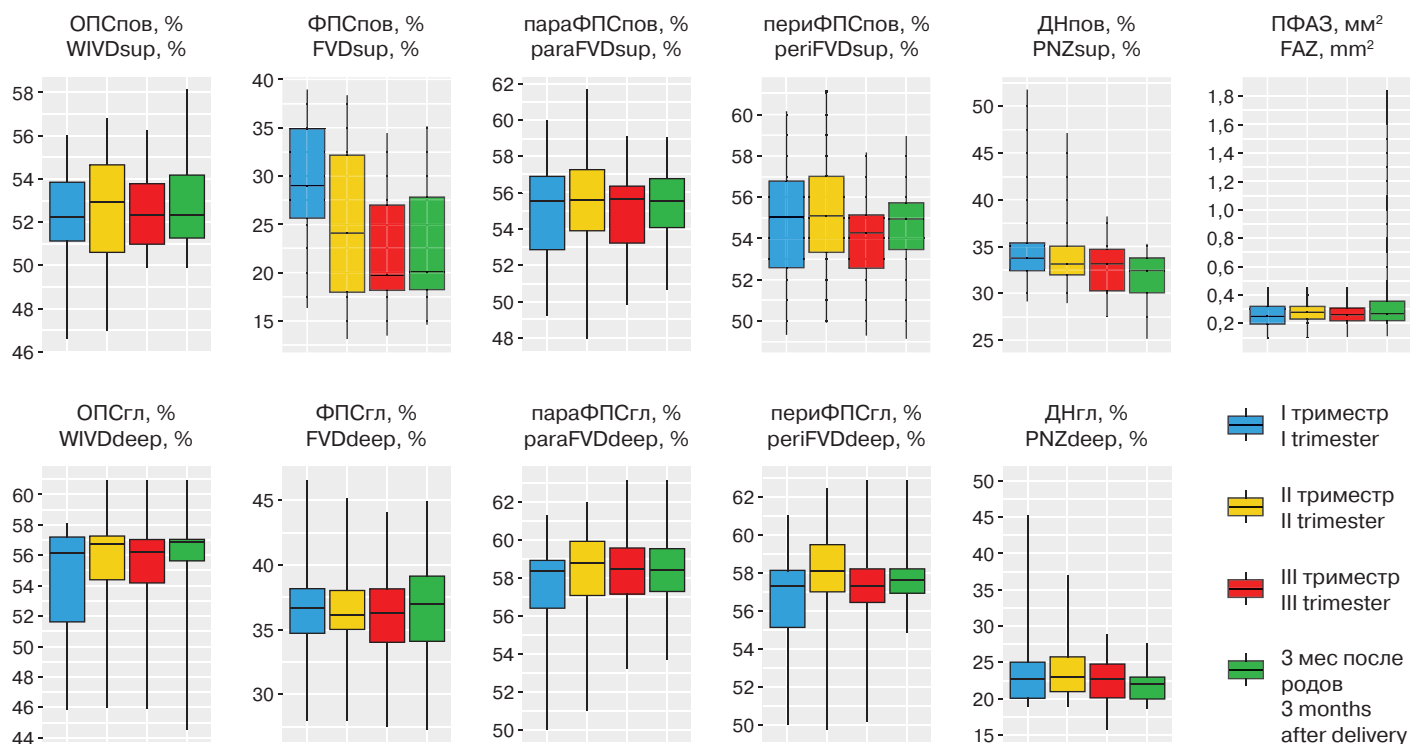


Рис. 1. Динамика показателей ретинального кровотока в подгруппе «DR-» на протяжении беременности и после родов. *Здесь и на рисунках 2–4:* ОПСпов/ОПСгл — относительная плотность сосудов в поверхностном/глубоком сплетении. ФПСпов/ФПСгл — фовеальная плотность сосудов в поверхностном/глубоком сплетении. ПараФПСпов/параФПСгл — парафовеальная плотность сосудов в поверхностном/глубоком сплетении. ПериФПСпов/периФПСгл — перифовеальная плотность сосудов в поверхностном/глубоком сплетении. ДНпов/ДНгл — доля зон неперфузии в поверхностном/глубоком сплетении. ПФАЗ — площадь фовеальной аваскулярной зоны

Fig. 1. Dynamics of retinal blood flow indicators in the “DR-” subgroup during pregnancy and after childbirth. *Here and in the figures 2–4:* WIVDsup/WIVDdeep — whole image vessels density of superficial/deep plexus. FVDsup/FVDdeep — foveal vessels density of superficial/deep plexus. paraFVDsup/paraFVDdeep — parafoveal vessels density of superficial/deep plexus. periFVDsup/periFVDdeep — perifoveal vessels density of superficial/deep plexus. PNZsup/PNZdeep — proportion of non-perfusion zones of superficial/deep plexus. FAZ — foveal avascular zone area

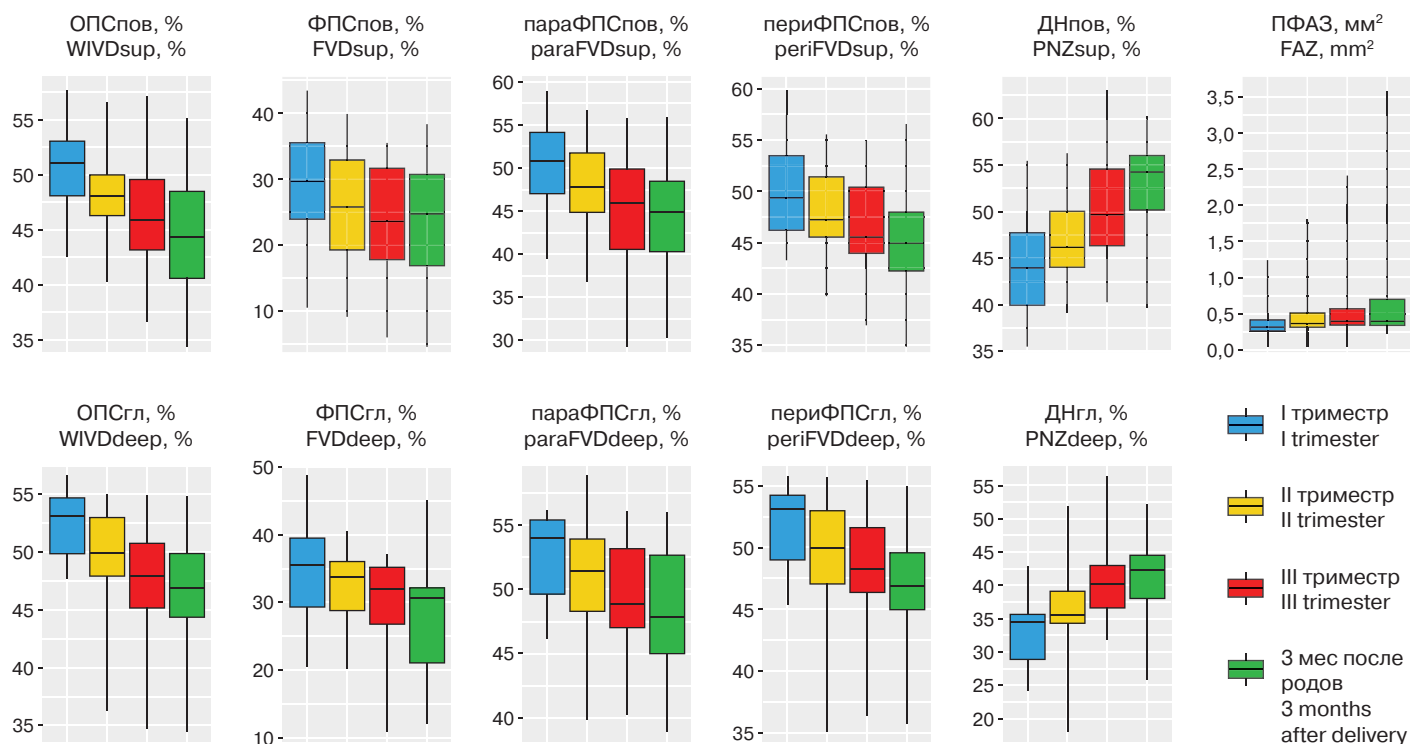


Рис. 2. Динамика показателей ретинального кровотока в подгруппе «DR+» на протяжении беременности и после родов

Fig. 2. Dynamics of retinal blood flow indicators in the “DR+” subgroup during pregnancy and after childbirth

Так, в I триместре беременности в подгруппе «ДР+» в сравнении с подгруппой «ДР–» выявлены меньшие значения показателей параФПСпов ($p = 0,003$), периФПСпов ($p = 0,002$), параФПСгл ($p < 0,001$), периФПСгл ($p = 0,003$), а также большие значения показателей доли зон неперфузии в поверхностном и глубоком сплетении ($p < 0,001$) (все отличия статистически значимы).

Во II, III триместрах и постродовом периоде исследуемые параметры также значимо отличались в подгруппах, за исключением ФПСпов ($p = 0,53$, $p = 0,64$, $p = 0,93$ соответственно) и ФПСгл во II триместре ($p = 0,051$). В подгруппе «ДР+» показатели сосудистой плотности по обоим ретинальным сплетениям оказались значимо ниже, а ПФАЗ и доля зон неперфузии по обоим ретинальным сплетениям — значимо выше.

В подгруппе «ДР–» на протяжении периода беременности от I к III триместру, а также в постродовом периоде значимых отличий исследуемых параметров не выявлено (см. рис. 1). Напротив, в подгруппе «ДР+» в динамике отме-

чались изменения практически всех параметров (см. рис. 2). Установлено прогрессивное снижение показателей сосудистой плотности, увеличение ПФАЗ и доли зон неперфузии в обоих ретинальных сплетениях.

Далее, в зависимости от характера течения ретинопатии на протяжении беременности, пациентки с ДР были разделены на две подгруппы: с прогрессированием ДР (49 чел., 98 глаз, подгруппа «ДРпрог») и со стабильным течением ДР (20 чел., 40 глаз, подгруппа «ДРстаб»). Нам показалось важным установить, каким образом прогрессирование ДР отражается на показателях, характеризующих состояние микроциркуляторного русла сетчатки, поскольку в дальнейшем эти данные могут стать основой для прогнозирования и диагностики прогрессирующего течения ДР у данного контингента пациенток.

Проведен анализ изменений исследуемых параметров в каждой из подгрупп на протяжении беременности и через 3 мес после родов, а также сравнительный анализ между подгруппами (табл. 3).

Таблица 3. Сравнение показателей ретинального кровотока в подгруппах пациенток «ДРстаб» и «ДРпрог» на протяжении беременности и после родов

Table 3. Comparison of retinal blood flow parameters in subgroups of patients “DRstable” and “DRprogress” during pregnancy and after childbirth

Показатель Indicator		ДРстаб DRstable	ДРпрог DRprogress	p-значение p-value
I триместр / I trimester	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	49,84 (47,45; 51,67)	51,45 (48,05; 53,11)	0,33
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	21,44 (17,92; 25,55)	34,89 (28,65; 37,44)	0,011 *
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	52,66 (48,35; 53,72)	49,86 (46,44; 54,25)	0,58
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	51,72 (48,02; 52,99)	48,64 (45,95; 53,62)	0,4
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	44,3 (42,8; 45,4)	43,3 (39,0; 48,1)	0,67
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	53,00 (50,07; 53,36)	53,25 (49,76; 55,00)	0,51
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	27,49 (23,46; 29,23)	37,22 (33,98; 42,24)	0,009 *
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	54,90 (53,89; 55,90)	53,10 (49,19; 55,16)	0,07
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	53,08 (51,20; 53,87)	52,77 (48,52; 54,65)	0,56
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	35,2 (33,3; 36,8)	34,3 (28,0; 35,4)	0,23
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,372 (0,257; 0,495)	0,302 (0,265; 0,377)	0,69
II триместр / II trimester	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	50,06 (47,60; 51,18)	47,66 (44,89; 48,45)	0,12
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	21,64 (17,67; 25,05)	30,02 (22,53; 35,14)	0,065
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	53,06 (48,11; 55,34)	47,03 (42,33; 49,27)	0,064
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	51,02 (47,69; 52,46)	46,60 (43,74; 49,12)	0,085
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	44,5 (42,9; 47,1)	46,7 (44,9; 51,1)	0,21
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	51,44 (49,12; 53,43)	49,87 (46,32; 50,57)	0,27

Показатель Indicator		ДРстаб DRstable	ДРпрог DRprogress	p-значение p-value
III триместр / III trimester	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	29,89 (28,06; 31,81)	34,98 (29,81; 36,94)	0,095
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	55,03 (54,12; 55,88)	48,98 (45,38; 51,91)	0,006 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	53,12 (49,87; 54,39)	48,73 (43,02; 50,99)	0,039 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	34,8 (33,9; 35,9)	36,4 (34,3; 39,6)	0,52
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,368 (0,345; 0,504)	0,342 (0,277; 0,460)	0,31
	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	49,69 (47,58; 51,17)	43,95 (40,75; 46,29)	0,022 *
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	21,04 (17,72; 24,80)	24,25 (19,08; 33,09)	0,28
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	51,80 (47,98; 54,42)	44,78 (34,50; 46,17)	0,013 *
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	51,34 (48,17; 52,83)	45,05 (42,35; 46,24)	0,009 *
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	43,5 (42,3; 46,5)	51,5 (49,0; 55,6)	0,017 *
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	51,87 (48,36; 53,89)	46,27 (43,22; 48,72)	0,026 *
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	30,26 (27,68; 33,10)	33,97 (24,84; 35,21)	0,55
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	54,42 (53,34; 55,01)	47,63 (45,17; 49,00)	0,004 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	52,59 (50,25; 54,03)	46,78 (45,23; 48,93)	0,015 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	34,2 (30,2; 36,2)	42,2 (38,9; 43,7)	0,027 *
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,371 (0,322; 0,528)	0,390 (0,344; 0,603)	0,71
3 месяца после родов / 3 months after childbirth	Относительная плотность сосудов пов., % Whole image vessels density, superficial, %	50,11 (47,28; 51,43)	42,98 (39,40; 45,64)	0,01 *
	Фовеальная плотность сосудов пов., % Foveal vessels density, superficial, %	21,84 (16,67; 25,09)	29,32 (17,03; 32,20)	0,21
	Парафовеальная плотность сосудов пов., % Parafoveal vessels density, superficial, %	52,50 (48,27; 54,72)	42,30 (35,08; 45,40)	0,007 *
	Перифовеальная плотность сосудов пов., % Perifoveal vessels density, superficial, %	52,11 (48,04; 53,89)	43,44 (40,23; 45,31)	0,007 *
	Доля зон неперфузии пов., % Proportion of non-perfusion zones, superficial, %	43,8 (42,8; 46,0)	54,9 (53,3; 56,8)	0,008 *
	Относительная плотность сосудов гл., % Whole image vessels density, deep, %	51,72 (49,20; 52,83)	45,47 (40,05; 46,99)	0,012 *
	Фовеальная плотность сосудов гл., % Foveal vessels density, deep, %	29,05 (27,05; 31,85)	30,92 (20,65; 32,26)	0,82
	Парафовеальная плотность сосудов гл., % Parafoveal vessels density, deep, %	54,33 (53,39; 55,26)	45,70 (43,06; 47,90)	0,004 *
	Перифовеальная плотность сосудов гл., % Perifoveal vessels density, deep, %	52,31 (49,26; 53,78)	45,62 (42,48; 47,09)	0,009 *
	Доля зон неперфузии гл., % Proportion of non-perfusion zones, deep, %	33,8 (30,3; 35,9)	43,6 (39,7; 46,0)	0,014 *
	Площадь фовеальной аваскулярной зоны, мм ² Foveal avascular zone area, mm ²	0,376 (0,320; 0,512)	0,401 (0,352; 0,904)	0,51

В I и II триместрах беременности значимых отличий большинства параметров между подгруппами с прогрессирующим и стабильным течением ДР не выявлено. За исключением ФПС в поверхностном и глубоком сплетениях в I триместре, которая ниже в подгруппе стабильного течения ДР ($p = 0,011$ и $p = 0,009$ соответственно), и периФПС и параФПС в глубоком сплетении во II триместре беременности, которые оказались ниже в подгруппе «ДРпрог» ($p = 0,006$ и $p = 0,039$ соответственно).

В то же время в III триместре беременности и через 3 мес после родов появились значимые различия между подгруппами по большинству исследуемых параметров, за исключе-

нием ПФАЗ. Показатели сосудистой плотности, за исключением ФПС в поверхностном и глубоком сплетениях, были значимо ниже, а показатели доли зон неперфузии по обоим сплетениям, напротив, значимо выше в подгруппе «ДРпрог».

В подгруппе стабильного течения ДР на протяжении беременности и в постродовом периоде значимых различий исследуемых параметров не выявлено (рис. 3).

Напротив, в подгруппе прогрессирования ДР отмечались значимые изменения большинства показателей: происходило прогрессивное снижение сосудистой плотности, увеличение доли зон неперфузии по обоим ретинальным сплетениям и ПФАЗ (рис. 4).

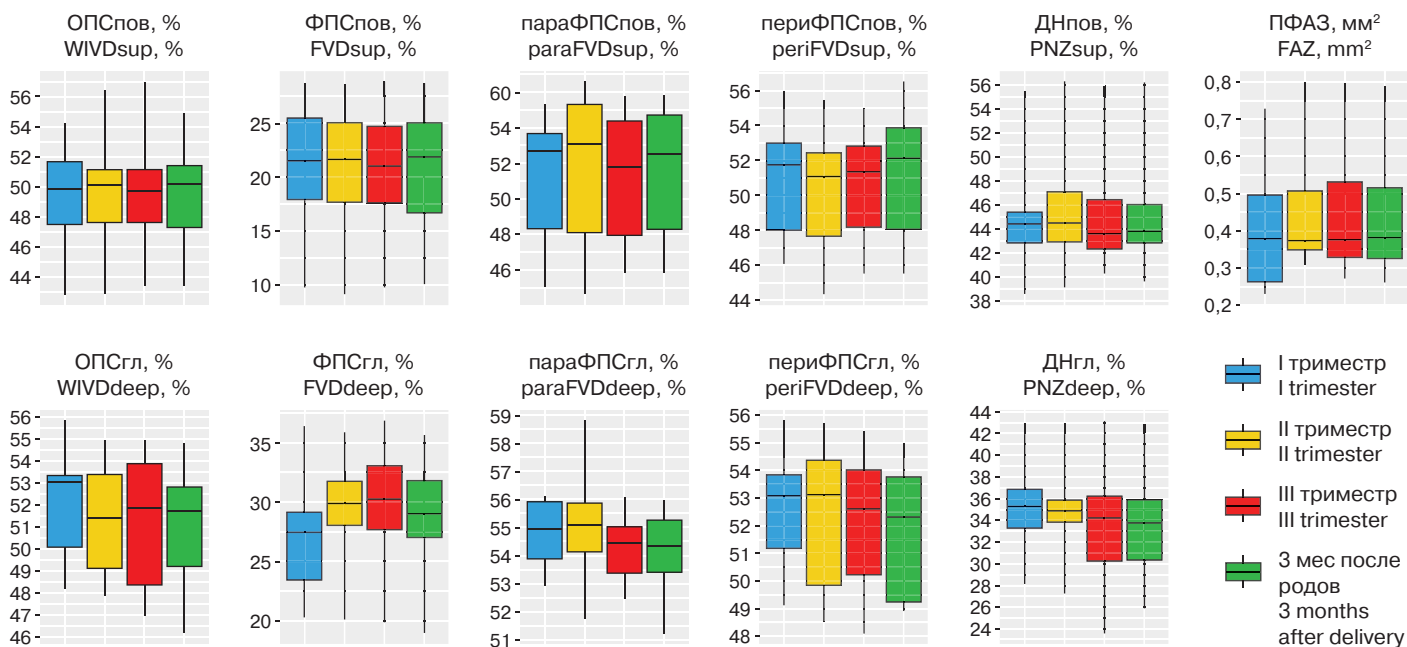


Рис. 3. Динамика показателей ретинального кровотока в подгруппе «ДРстаб» на протяжении беременности и после родов
Fig. 3. Dynamics of retinal blood flow indicators in the "DRstable" subgroup during pregnancy and after childbirth

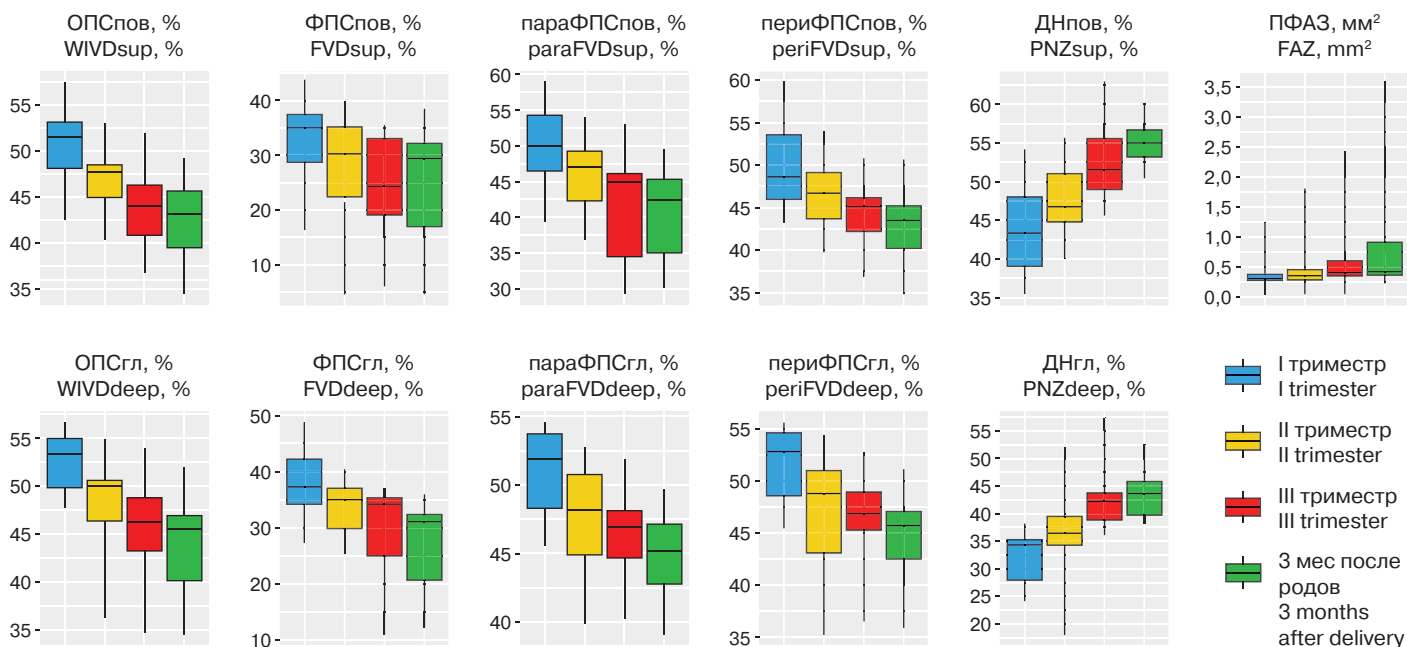


Рис. 4. Динамика показателей ретинального кровотока в подгруппе «ДРпрог» на протяжении беременности и после родов
Fig. 4. Dynamics of retinal blood flow indicators in the "DRprogress" subgroup during pregnancy and after childbirth

ОБСУЖДЕНИЕ

Качественная и количественная оценка состояния микрососудистого русла сетчатки на основании данных ОКТА у пациентов, страдающих СД, позволяет объективно выявлять манифестацию ДР, а также проводить дифференцированную оценку стабильного или прогрессирующего течения ДР [13, 14]. Это имеет важнейшее значение у беременных с СД, поскольку при отсутствии своевременного и адекватного лечения в виде лазеркоагуляции сетчатки ДР у таких пациенток может стремительно прогрессировать, приводя к развитию осложнений пролиферативной стадии заболевания и потере зрительных функций [8].

В ряде работ показано прогрессирующее снижение параметров ОПС и ФПС, а также расширение ПФАЗ у пациентов с СД при переходе ДР в препролиферативную и пролиферативную стадии. Важнейшим критерием диагностики прогрессирования ДР является появление и расширение в динамике, по данным ОКТА, зон ретинальной неперфузии, которые коррелируют с прогрессирующей облитерацией микроциркуляторного русла сетчатки [17–21].

В нашем исследовании большинство параметров, характеризующих ретинальную микроциркуляцию в III триместре беременности, значимо отличались в исследуемых группах. В частности, параметры сосудистой плотности были значимо меньше, а доля зон неперфузии, напротив, значимо больше у беременных с СД, чем у пациенток с физиологической беременностью, причем в обоих ретинальных сплетениях. Это было обусловлено тем, что в группу СД вошли пациентки с предсуществующей или манифестировавшей во время беременности ДР, характеризующейся наличием патологического ремоделирования микроциркуляторного русла сетчатки, что, соответственно, нашло отражение в показателях ОКТА. Помимо этого, ряд авторов указывают на снижение показателей сосудистой плотности, по данным ОКТА, у пациентов с СД без ДР, обусловленное доклиническими ретинальными изменениями на фоне хронической гипергликемии [20, 21].

Для сравнительного анализа параметров микроциркуляции сетчатки у беременных с СД и пациенток с физиологической беременностью был выбран III триместр гестации, поскольку именно для данного периода характерно максимальное воздействие на организм женщины гормональных, метаболических и гемодинамических факторов, обусловленных беременностью, с возможным их влиянием на локальный глазной кровоток [22]. В то же время изменения ретинального кровотока у беременной с СД могут быть обусловлены, с одной стороны, влиянием самой беременности, а с другой стороны — СД, в том числе наличием ДР.

Предположив, что группа пациенток с СД является клинически неоднородной, поскольку в нее входят пациентки как с отсутствием, так и наличием ДР, мы разделили ее на две подгруппы. В дальнейшем, чтобы еще в большей степени детализировать изучение изменений ретинальной микроциркуляции на протяжении беременности и постродовом периоде, в подгруппе «ДР+» мы дополнительно выделили подгруппы с прогрессированием и стабильным течением ДР. Это позволило нам сопоставить динамику параметров ОКТА с эволюцией клинического течения ДР на протяжении беременности и после родов и выявить тенденции, которые в дальнейшем могут стать основой для прогнозирования прогрессирования ДР во время гестации у данного контингента пациенток.

Действительно, в I триместре беременности в подгруппе «ДР+» в сравнении с подгруппой «ДР–» показатели сосудистой плотности, характеризующие степень кровенаполнения

микроциркуляторного русла сетчатки, были значимо ниже, а доля зон неперфузии, коррелирующая с выраженностью облитерации ретинальных микрососудов, значимо выше. Это могло быть обусловлено тем, что у большинства включенных в наше исследование пациенток наблюдалась пролиферативная стадия ДР с выраженными морфологическими изменениями сетчатки. В дальнейшем, на протяжении беременности и через 3 мес после родов, данная тенденция в отношении большинства параметров сохранялась, причем присоединилось увеличение ПФАЗ в группе ДР в сравнении с группой СД без ДР. Это соотносится с данными литературы, свидетельствующими о том, что увеличение ПФАЗ характерно для ПДР, а также для прогрессирующего течения ДР [23, 24].

На протяжении периода гестации, а также через 3 мес после родов в подгруппе пациенток с СД без ДР значимых отличий исследуемых параметров не выявлено. В то же время ряд исследователей указывают на изменения системной и регионарной глазной гемодинамики и микроциркуляции на протяжении физиологической беременности, обусловленные влиянием целого ряда факторов, в том числе повышением уровней эстрогена, прогестерона, ренина-ангиотензина и активацией оксида азота [25]. К 32-й неделе беременности изменения сосудистой системы в организме женщины характеризуются тенденцией к вазодилатации и снижению периферического сопротивления сосудов [25]. К. Chanwimol и соавт. [26] в III триместре гестации выявили значительное снижение сосудистой плотности в поверхностном ретинальном сплетении по данным ОКТА, обусловленное вазоконстрикцией, а также ее повышение в глубоком ретинальном сплетении, свидетельствующее о вазодилатации. Отсутствие реакции ретинальных сосудов на вазоактивные факторы может быть обусловлено изменениями сосудистой регуляции у пациенток с СД, а также повышением вазорезистентности в мелких капиллярах и артериолах сетчатки. Это подтверждается данными исследований, изучавших состояние глазной гемодинамики у пациентов с СД без ДР, свидетельствующими о повышении индекса резистентности (RI) в глазничной артерии и центральной артерии сетчатки у этой группы пациентов, а также об отсутствии ответа на вазоконстрикторные стимулы за счет исчезновения регуляторного механизма контроля оксигенации сетчатки [27–30].

Напротив, в подгруппе «ДР+» отмечались значимые изменения практически всех исследуемых параметров в период от I триместра к 3 мес после родов. Установлено прогрессивное снижение показателей сосудистой плотности, увеличение ПФАЗ и доли зон неперфузии по обоим ретинальным сплетениям. После разделения подгруппы «ДР+» на подгруппы стабильного и прогрессирующего течения ДР установлено, что подобная динамика параметров ОКТА в подгруппе «ДР+» была обусловлена значениями показателей пациентов с прогрессированием ДР. Именно у них на протяжении гестации и в постродовом периоде отмечалось прогрессивное снижение сосудистой плотности и увеличение доли зон неперфузии, которые полностью соотносились с клинической картиной. У данных пациенток на протяжении беременности отмечалось увеличение тяжести ДР, в случае ПДР — прогрессирование неоваскуляризации, формирование зон глиоза, развитие геморрагических осложнений. Всем пациенткам данной подгруппы выполнялась лазеркоагуляция сетчатки и осуществлялось активное динамическое наблюдение.

В подгруппе пациенток со стабильным течением ДР на протяжении беременности и после родов значимых изменений исследуемых параметров не отмечалось, что коррелировало с отсутствием новых симптомов ДР, свиде-

тельствующих об утяжелении процесса. Однако исходные значения показателей ОКТА в I триместре беременности были полностью сопоставимы со значением параметров у пациенток с прогрессированием ДР. Это было обусловлено наличием клиники ДР, определяющейся морфологическими изменениями микроциркуляторного русла сетчатки.

Таким образом, установленные нами закономерности изменений параметров, характеризующих ретинальный кровоток на протяжении гестации и в постродовом периоде у беременных с СД и со стабильным течением и прогрессированием ДР, могут стать основой прогнозирования характера течения ДР у данной группы пациенток. Они могут сыграть роль в ранней диагностике прогрессирования ДР и определении показаний к своевременному проведению лазеркоагуляции сетчатки.

ВЫВОДЫ

1. В группе беременных с СД показатели плотности сосудов в поверхностном и глубоком ретинальных сплетениях оказались статистически значимо ниже, а доля зон неперфузии в поверхностном и глубоком сплетении значимо выше в сравнении с группой пациенток с физиологическим течением беременности в III триместре гестации.

2. На протяжении беременности и в постродовом периоде показатели сосудистой плотности по обоим ретинальным сплетениям были значимо ниже, а ПФАЗ и доля зон неперфузии по обоим ретинальным сплетениям значимо выше в подгруппе пациенток с ДР в сравнении с беременными с СД без ретинопатии.

3. На протяжении беременности и в постродовом периоде в подгруппе пациенток с ДР отмечалось снижение показателей сосудистой плотности, увеличение ПФАЗ и показателей доли зон неперфузии по обоим ретинальным сплетениям. В подгруппе пациенток с СД без ретинопатии значимые динамические изменения показателей ОКТА отсутствовали.

4. На протяжении беременности и в постродовом периоде в подгруппе пациенток с прогрессированием ДР отмечалось значимое снижение показателей сосудистой плотности, увеличение ПФАЗ и показателей доли зон неперфузии по обоим ретинальным сплетениям. В подгруппе пациенток со стабильным течением ДР значимые динамические изменения показателей ОКТА отсутствовали.

5. Полученные данные могут стать основой прогнозирования прогрессирующего течения ДР на протяжении беременности у женщин, страдающих СД.

Литература/References

- Chew EY, Mills JL, Metzger BE, et al. Metabolic control and progression of retinopathy. The Diabetes in Early Pregnancy Study. National Institute of Child Health and Human Development Diabetes in Early Pregnancy Study. *Diabetes Care*. 1995; 18 (5): 631–7. doi: 10.2337/diacare.18.5.631
- Diabetes Control and Complications Trial Research Group. Effect of pregnancy on microvascular complications in the diabetes control and complications trial. The Diabetes Control and Complications Trial Research Group. *Diabetes Care*. 2000; 23 (8): 1084–91. doi: 10.2337/diacare.23.8.1084
- Morrison JL, Hodgson LA, Lim LL, Al-Qureshi S. Diabetic retinopathy in pregnancy: a review. *Clin Exp Ophthalmol*. 2016; 44 (4): 321–34. doi: 10.1111/ceo.12760
- Sunness JS, Schechet SA. Diabetic retinopathy in pregnancy. *JAMA Ophthalmol*. 2022; 140 (5): 495. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2022.0051
- Vestgaard M, Ringholm L, Laugesen CS, et al. Pregnancy-induced sight-threatening diabetic retinopathy in women with Type 1 diabetes. *Diabet Med*. 2010; 27 (4): 431–5. doi: 10.1111/j.1464-5491.2010.02958.x
- Mallika PS, Tan AK, Aziz S, et al. Diabetic retinopathy and the effect of pregnancy. *Malaysian Family Physician*. 2010 Apr 30; 5 (1): 2–5. PMID: 25606177.
- Phelps RL, Sakol P, Metzger BE, Jampol LM, Freinkel N. Changes

- in diabetic retinopathy during pregnancy. Correlations with regulation of hyperglycemia. *Arch Ophthalmol*. 1986; 104 (12): 1806–10. doi: 10.1001/archophth.1986.01050240080044
- Chan WC, Lim LT, Quinn MJ, et al. Management and outcome of sight-threatening diabetic retinopathy in pregnancy. *Eye (Lond)*. 2004; 18 (8): 826–32. doi: 10.1038/sj.eye.6701340
- Curtis TM, Gardiner TA, Stitt AW. Microvascular lesions of diabetic retinopathy: clues towards understanding pathogenesis? *Eye*. 2009; 23 (7): 1496–508. doi: 10.1038/eye.2009.108
- Филиппов В.М., Петрачков Д.В., Будзинская М.В., Сидамонидзе А.Л. Современные концепции патогенеза диабетической ретинопатии. *Вестник офтальмологии*. 2021; 137 (5–2): 306–13. [Filippov V.M., Petrachkov D.V., Budzinskaya M.V., Sidamonidze A.L. Modern concepts of pathogenesis of diabetic retinopathy. *Vestnik oftal'mologii*. 2021; 137 (5–2): 306–13 (In Russ.).] doi: 10.17116/oftalma2021137052306
- Mitchell P, Bandello F, Schmidt-Erfurth U, et al; RESTORE study group. The RESTORE study: ranibizumab monotherapy or combined with laser versus laser monotherapy for diabetic macular edema. *Ophthalmology*. 2011; 118 (4): 615–25. doi: 10.1016/j.ophtha.2011.01.031
- Bhatnagar A, Ghauri AJ, Hope-Ross M, Lip PL. Diabetic retinopathy in pregnancy. *Curr Diabetes Rev*. 2009; 5 (3): 151–6. doi: 10.2174/157339909788920929
- Hwang TS, Gao SS, Liu L, et al. Automated quantification of capillary nonperfusion using optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy. *JAMA Ophthalmol*. 2016; 134 (4): 367–73. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.5658
- Ishibazawa A, Nagaoka T, Takahashi A, et al. Optical coherence tomography angiography in diabetic retinopathy: a prospective pilot study. *Am J Ophthalmol*. 2015; 160 (1): 35–44. doi: 10.1016/j.ajo.2015.04.021
- Wang Q, Chan S, Yang JY, et al. Vascular density in retina and choriocapillaris as measured by optical coherence tomography angiography. *Am J Ophthalmol*. 2016; 168: 95–109. doi: 10.1016/j.ajo.2016.05.005
- Spaide RF, Klancnik JM, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. *JAMA Ophthalmol*. 2015; 133 (1): 45–50. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2014.3616
- Пашенцев Я.Е. Особенности статистического анализа количественных данных парных глаз, непараметрический случай. *Офтальмохирургия*. 2022; (3): 68–74. [Pashentsev Ya.E. Features of statistical analysis of quantitative data obtained from fellow eyes, nonparametric tests. *Fyodorov journal of ophthalmic surgery*. 2022; 3: 68–74 (In Russ.).] doi: 10.25276/0235-4160-2022-3-68-74
- Помыткина Н.В., Сорокин Е.Л. Исследование особенностей прогрессирования диабетической ретинопатии у женщин, страдающих сахарным диабетом, в период беременности. *Вестник офтальмологии*. 2023; 139 (3): 30–40. [Pomytkina N.V., Sorokin E.L. Investigation of diabetic retinopathy progression in women with diabetes mellitus during pregnancy. *Vestnik oftal'mologii*. 2023; 139 (3): 30–40 (In Russ.).] doi: 10.17116/oftalma202313903130
- Bradley PD, Sim DA, Keane PA, et al. The evaluation of diabetic macular ischemia using optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016; 57 (2): 626–31. doi: 10.1167/iovs.15-18034
- Нероев В.В., Охотимская Т.Д., Фадеева В.А. Оценка микрососудистых изменений сетчатки при сахарном диабете методом ОКТА-ангиографии. *Российский офтальмологический журнал*. 2017; 10 (2): 40–5. [Neroev V.V., Okhotsimskaya T.D., Fadeeva V.A. An account of retinal microvascular changes in diabetes acquired by OCT-angiography. *Russian ophthalmological journal*. 2017; 10 (2): 40–5 (In Russ.).] https://doi.org/10.21516/2072-0076-2017-10-2-40-45
- Agemy SA, Sripsema NK, Shah et al. Retinal vascular perfusion density mapping using optical coherence tomography angiography in normals and diabetic retinopathy patients. *Retina*. 2015; 35 (11): 2353–63. doi: 10.1097/IAE.0000000000000862
- Kaaja R. Vascular complications in diabetic pregnancy. *Thromb Res*. 2011; 127 Suppl 3: S53–5. doi: 10.1016/S0049-3848(11)70015-9
- Бурнашева М.А., Куликов А.Н., Мальцев Д.С. Персонализированный анализ фoveальной аваскулярной зоны с помощью оптической когерентной томографии — ангиографии. *Офтальмологические ведомости*. 2017; 10 (4): 32–40. [Burnasheva M.A., Kulikov A.N., Maltsev D.S. Personalized analysis of foveal avascular zone with optical coherence tomography angiography. *Ophthalmology Journal*. 2017; 10 (4): 32–40 (In Russ.).] doi: 10.17816/OV10432-40
- Conti FF, Qin VL, Rodrigues EB, et al. Choriocapillaris and retinal vascular plexus density of diabetic eyes using split-spectrum amplitude decorrelation spectral-domain optical coherence tomography angiography. *Br J Ophthalmol*. 2019; 103 (4): 452–6. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-311903
- Conrad KP. Emerging role of relaxin in the maternal adaptations to normal pregnancy: implications for preeclampsia. *Semin Nephrol*. 2011; 31 (1): 15–32. doi: 10.1016/j.semnephrol.2010.10.003

26. Chanwimol K, Balasubramanian S, Nassisi M, et al. Retinal vascular changes during pregnancy detected with optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2019; 60 (7): 2726–32. doi: 10.1167/iov.19-26956
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): 279–82. doi: 10.1136/bjo.81.4.279
28. Meng N, Liu J, Zhang Y, et al. 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): 1381–9. doi: 10.7863/ultra.33.8.1381
29. 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): 143–5. [Malysheva N.A., Maslennikova E.A. Dopplerography of ophthalmic artery is an objective way of early diagnosis of non-proliferative diabetic retinopathy in children with diabetes mellitus type 1. *Sovremennye tekhnologii v medicine*. 2011; (2): 143–5 (In Russ.)].
30. Patel V, Rassam S, Newsom R, Wiek J, Kohner E. Retinal blood flow in diabetic retinopathy. *BMJ*. 1992; 305 (6855): 678–83. doi: 10.1136/bmj.305.6855.678

Вклад авторов в работу: Н.В. Помыткина — концепция и дизайн исследования, сбор и анализ данных, написание статьи; Е.Л. Сорокин — научное редактирование статьи, утверждение рукописи для публикации; Я.Е. Пашенцев — анализ и статистическая обработка данных; Г.В. Чижова — концепция и дизайн исследования, научное редактирование статьи.

Authors' contribution: N.V. Pomytkina — concept and design of the study, data collection and analysis, writing the text of the article; E.L. Sorokin — scientific editing of the article, approval of the article for publication; Ia.E. Pashentsev — analysis and statistical processing of data; G.V. Chizhova — concept and design of the study, scientific editing of the article.

Поступила: 25.06.2024. Переработана: 26.08.2024. Принята к печати: 27.08.2024

Originally received: 25.06.2024. Final revision: 26.08.2024. Accepted: 27.08.2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

¹ Хабаровский филиал ФГАУ НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, ул. Тихоокеанская, д. 211, Хабаровск, 680033, Россия

² ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Муравьева-Амурского, д. 35, Хабаровск, 680000, Россия

Наталья Викторовна Помыткина — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отделения лазерной хирургии¹, ассистент кафедры общей и клинической хирургии²

Евгений Леонидович Сорокин — д-р мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе¹, профессор кафедры общей и клинической хирургии²

Ярослав Евгеньевич Пашенцев — младший научный сотрудник¹ КГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации специалистов здравоохранения» Минздрава Хабаровского края, ул. Краснодарская, д. 9, Хабаровск, 680009, Россия

Галина Всеволодовна Чижова — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой акушерства и гинекологии

Для контактов: Наталья Викторовна Помыткина,
naukakhvmntk@mail.ru

¹ Khabarovsk branch of the S. Fyodorov Eye Microsurgery Center, 211, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680033, Russia

² Far Eastern State Medical University, 35, Muravyov-Amurskiy St., Khabarovsk, 680000, Russia

Natalia V. Pomytkina — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist of laser surgery department¹, assistant of general and clinical surgery chair²

Evgenii L. Sorokin — Dr. of Med. Sci., professor, deputy director for scientific work¹, professor of general and clinical surgery chair²

Iaroslav E. Pashentsev — junior researcher¹

Postgraduate Institute for Public Health Specialists, 9, Krasnodarskaya St., Khabarovsk, 680009, Russia

Galina V. Chizhova — Dr. of Med. Sci., professor, head of the obstetrics and gynecology department

For contacts: Natalia V. Pomytkina,
naukakhvmntk@mail.ru