

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0771-339>

Ультразвуковые показатели кровотока в глазных и почечных артериях во время раннего и второго пренатального скринингов у пациенток с высоким и низким риском развития преэклампсии

М.М. Буланова^{1, 2*}, В.В. Шамугия², О.Б. Панина¹

¹ ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”; 119991 Москва, Ленинские горы, д. 1, Российская Федерация

² ГБУЗ “Городская клиническая больница №67 имени Л.А. Ворохобова ДЗ города Москвы”; 123423 Москва, ул. Саляма Адила, д. 2/44, Российская Федерация

Актуальность. Преэклампсия является тяжелым акушерским осложнением, приводящим к неблагоприятным исходам беременности и родов. Существующие многофакторные модели позволяют сформировать группы высокого риска развития преэклампсии, но задача по улучшению точности прогнозирования по-прежнему сохраняет актуальность. Поэтому продолжается поиск дополнительных предикторов развития преэклампсии.

Цель исследования: выявление особенностей доплерографических показателей кровотока в междолевых почечных и глазных артериях у беременных в динамике (в 11–14 и в 19–21 нед гестации) при низком и высоком риске развития преэклампсии, рассчитанном в программном обеспечении Astraia.

Материал и методы. Выполнялось ультразвуковое исследование глазных и почечных артерий у пациенток при проведении пренатального скрининга в 11–14 и 19–21 нед беременности. Далее сравнивали показатели скорости, индекс резистентности, пульсационный индекс и отношение систолических пиков кровотока в глазных артериях, а также индекс резистентности в почечных артериях в динамике у пациенток с высоким и низким индивидуальным комбинированным риском развития преэклампсии.

Буланова Мария Михайловна – аспирант кафедры акушерства и гинекологии факультета фундаментальной медицины Медицинского научно-образовательного института ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”; врач ультразвуковой диагностики отделения антенатальной охраны плода Перинатального центра ГБУЗ “Городская клиническая больница №67 имени Л.А. Ворохобова ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9569-3334>

Шамугия Валериан Валерианович – канд. мед. наук, заведующий отделением антенатальной охраны плода Перинатального центра ГБУЗ “Городская клиническая больница №67 имени Л.А. Ворохобова ДЗ города Москвы”, Москва. <https://orcid.org/0009-0008-6757-7660>

Панина Ольга Борисовна – доктор мед. наук, профессор, заведующая кафедрой акушерства и гинекологии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”; заведующая отделом гинекологии и репродуктивной медицины Медицинского научно-образовательного центра ФГБОУ ВО “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова”, Москва. <https://doi.org/0000-0003-1397-6208>

Контактная информация*: Буланова Мария Михайловна – e-mail: mariabulanova98@gmail.com

Результаты. У пациенток группы высокого риска отмечено снижение резистентности кровотока в глазной артерии. В группе низкого риска наблюдалось увеличение индекса резистентности в почечных артериях, максимальной систолической скорости кровотока в глазной артерии, увеличение отношения DV/P2 и снижение PR.

Заключение. В группе низкого риска развития преэклампсии показатели кровотока изменялись с течением беременности, вероятно, в связи с адаптационными механизмами сердечно-сосудистой системы. В группе высокого риска развития преэклампсии практически отсутствовали физиологические изменения кровотока с течением беременности.

Ключевые слова: преэклампсия; акушерство; ранний пренатальный скрининг; доплерография сосудов глаза; доплерография почек; ультразвуковая диагностика

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Цитирование: Буланова М.М., Шамугия В.В., Панина О.Б. Ультразвуковые показатели кровотока в глазных и почечных артериях во время раннего и второго пренатального скринингов у пациенток с высоким и низким риском развития преэклампсии. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2025; 31 (4): 43–53. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-339>

Поступила в редакцию: 12.06.2025. Принята к печати: 23.09.2025.

Опубликована online: 28.11.2025.

ВВЕДЕНИЕ

Преэклампсия (ПЭ) является тяжелым акушерским осложнением, которое манифестирует во второй половине беременности артериальной гипертензией, протеинурией и другими поражениями органов-мишеней; частота ПЭ составляет 5–10% [1, 2]. Ежегодно в мире ПЭ становится причиной до 70 тыс. материнских и 500 тыс. детских смертей [3].

Установленный в Российской Федерации порядок обследования беременной в I триместре включает в себя проведение раннего пренатального скрининга (РПС) [4]. По результатам РПС для каждой пациентки рассчитывается индивидуальный комбинированный риск (ИКР) развития задержки роста плода, преждевременных родов, рождения ребенка с хромосомными аномалиями, а также ПЭ. ИКР развития ПЭ вычисляется в программном обеспечении (ПО) Astraia (Fetal Medicine Foundation) на основании нескольких параметров, в частности соматического и акушерского анамнезов, массы тела, роста, среднего артериального давления пациентки (мм рт.ст.), уровней PAPP-A (pregnancy associated plasma protein A, ассоциированный с беременностью протеин плазмы A) (MoM) или PLGF (placental growth factor, плацентарный фактор роста) (MoM), а также среднего пульсационного индекса в маточных артериях [5]. Точность прогнозирования ПЭ составляет около 80% [6–8].

Для увеличения точности прогнозирования развития ранней ПЭ продолжается активный поиск новых предикторов ее развития, например за счет включения в многофакторную диагностическую модель доплерографических показателей кровотока в глазных артериях [9, 10]. N. Gana и соавт. и E. Kalafat и соавт. сообщили, что при внедрении PR (peak ratio – “пикового отношения”: отношения скорости второго систолического пика к первому, P2/P1) в модель расчета ИКР развития ПЭ точность прогноза увеличилась на 5–10% [9, 10].

Также активно исследуются параметры почечного кровотока в прогнозировании риска развития ПЭ, однако результаты этих исследований противоречивы [11–14]. В доступной литературе нам не встретилось работ, посвященных комплексному исследованию регионарного кровотока в почечных и глазных артериях в I и затем во II триместре. Также не оценивалась зависимость данных показателей от риска развития ПЭ в рамках РПС.

В связи с этим целью данного исследования было выявление особенностей доплерографических показателей кровотока в междолевых почечных и глазных артериях у беременных в динамике (в 11–14 и в 19–21 нед гестации) при низком и высоком риске развития ПЭ, рассчитанном в ПО Astraia.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данная работа проводилась на базе Перинатального центра ГБУЗ “ГКБ №67 имени Л.А. Ворохобова ДЗ города Москвы”. Проведение работы одобрено локальным этическим комитетом (выписка №21 от 30.09.2024).

Настоящее исследование посвящено оценке исследуемых доплерографических параметров при проведении второго пренатального скрининга (в сроке 19–21 нед беременности). Исходы беременности к моменту написания работы еще не известны, поэтому для сравнения изменений характеристик кровотока нами использован промежуточный исход (суррогатная конечная точка) – риск развития ПЭ по Astraia: высокий ($>1:100$) и низкий ($<1:100$).

Критериями включения в исследование являлись:

- возраст старше 18 лет,
- естественное зачатие,
- одноплодная беременность,
- низкий риск рождения ребенка с хромосомными аномалиями по результатам РПС,
- отсутствие пороков развития плода с неблагоприятным прогнозом для здоровья ребенка,
- отсутствие хронических неинфекционных заболеваний – артериальной гипертензии, сахарного диабета, системных аутоиммунных заболеваний, хронических заболеваний почек (гломерулонефритов, аутоиммунных заболеваний с поражением почек, нефропатий), хронической болезни почек любой стадии, заболеваний глаз (глаукомы, заболеваний сетчатки, окулярного ишемического синдрома),
- отсутствие ПЭ в анамнезе у пациентки и ее матери,
- информированное согласие на участие в исследовании.

На момент проведения РПС в исследование было включено 353 пациентки. Для проведения второго пренатального скрининга и повторной оценки параметров системного кровотока явились 135 беременных. Возраст беременных в общей группе варьировал от 19 до 45 лет (в среднем $31,9 \pm 5,6$ года). На момент проведения первого скрининга пациентки в данной группе имели нормальные индекс массы тела – ИМТ (22,9 (20,6–25,8) кг/м²), уровень систолического (107 (103–119) мм рт.ст.),

диастолического (75 (70–78) мм рт.ст.) и среднего (86,67 (81,3–90,0) мм рт.ст.) артериального давления. Данные пациентки были разделены на 2 группы – с высоким риском развития ПЭ по данным РПС (1-я группа, $n = 32$) и низким риском развития ПЭ по данным РПС (2-я группа, $n = 103$).

У пациенток обеих групп было проведено второе скрининговое ультразвуковое исследование в сроке 19–21 нед, рассчитанное на основании измерения копчико-теменного размера при проведении РПС. Дополнительно были проведены УЗИ глазных и почечных артерий с оценкой динамики показателей доплерографии кровотока в глазных и почечных артериях. Исследование проводилось на ультразвуковых системах Voluson E8 и Voluson S10 широкополосным конвексным абдоминальным датчиком C1-5-D (частота 2–5 МГц), конвексным объемным датчиком RAB6-D (частота 2–8 МГц) и линейным датчиком 11L-D (частота 4–10 МГц). Стандартный объем исследования включал в себя фетометрию, оценку анатомии плода, оценку пульсационного индекса в маточных артериях (PI-U) и в артерии пуповины плода. Дополнительно оценивался кровоток в почках на уровне междолевых артерий с использованием конвексного датчика в режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) и исследовался кровоток в междолевых артериях с измерением индекса резистентности (RI-R) в правой и левой почках. Исследование глазных артерий выполняли на верхнем веке с использованием линейного датчика. В режиме ЦДК получали изображение глазной артерии с последующим измерением максимальной (пиковой) систолической скорости (PSV, первый систолический пик P1), скорости второго систолического пика (P2), пикового отношения (peak ratio, PR = $P2/P1$), начальной диастолической скорости (DV) и отношения DV/P2, конечной диастолической скорости (EDV), пульсационного индекса (PI-O) и индекса резистентности (RI-O) с обеих сторон. Типичный спектр кровотока в глазной артерии и исследуемые скоростные показатели представлены на рисунке.

Статистическая обработка данных

Обработка данных проводилась в статистической программе JASP Team (2024),

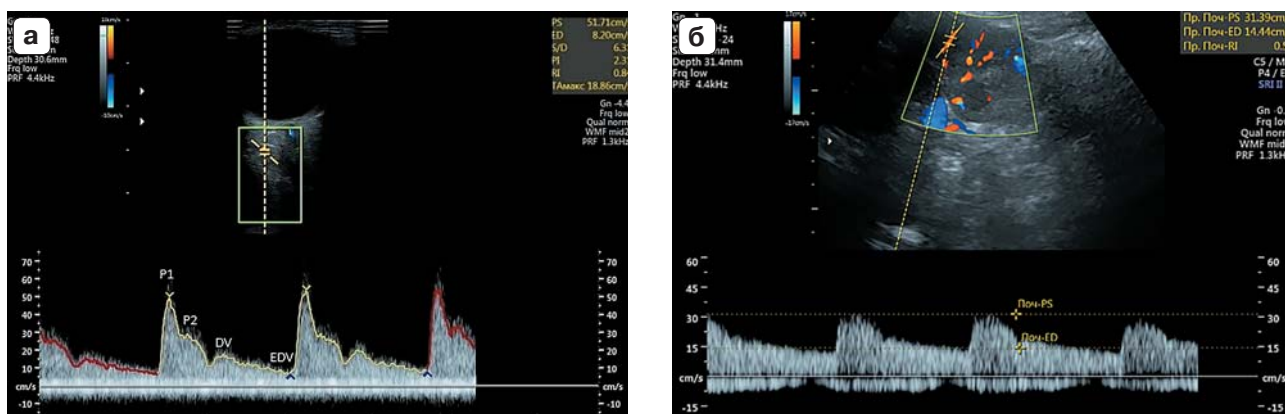


Рисунок. Спектр кровотока глазной (слева) и почечной (справа) артерий. **а** – обозначены первый систолический пик (P1), второй систолический пик (P2), начальная диастолическая скорость (DV), конечная диастолическая скорость (EDV); **б** – представлена оценка RI кровотока в почечной артерии.

Figure. Doppler waveform of the ophthalmic (left) and renal (right) arteries. **a** – The first systolic peak (P1), second systolic peak (P2), early diastolic velocity (DV), and end-diastolic velocity (EDV) are indicated; **б** – Assessment of the renal artery resistance index (RI) is shown.

JASP (Version 0.18.3). Нормальность распределения оценивалась с помощью теста Шапиро–Уилка (при $p > 0,05$ распределение считали нормальным). В описательных статистиках использовали среднее значение (M) и SD, стандартное отклонение (нормальное распределение), а также медиану (Me), 25-й и 75-й квартили (Q1–Q3) (непараметрическое распределение).

При нормальном распределении количественных показателей в независимых группах проводили сравнение с использованием t-критерия Стьюдента, при непараметрическом распределении рассчитывали U-критерий Манна–Уитни. Для сравнения зависимых групп при параметрическом распределении использовали t-критерий Стью-

дента, при непараметрическом – W-критерий Вилкоксона.

Для всех параметров достоверными считали различия при значении $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клиническая характеристика пациентов в группах высокого и низкого риска развития ПЭ на момент включения в исследование представлена в табл. 1.

Возраст пациенток двух исследуемых групп достоверно не различался. В то же время нами выявлены достоверные различия между группами в отношении показателей ИМТ и артериального давления (см. табл. 1).

Таблица 1. Клиническая характеристика пациенток в группе высокого ($n = 32$) и низкого риска развития ПЭ ($n = 103$) на момент включения в исследование

Table 1. Clinical characteristics of patients in the high-risk ($n = 32$) and low-risk ($n = 103$) groups for preeclampsia at the time of enrollment.

Показатель		Группа низкого риска (2-я)	Группа высокого риска (1-я)	Достоверность различий
Возраст, годы	M, SD	$32,2 \pm 5,54$	$31,3 \pm 5,77$	$t = 0,708, p = 0,480$
ИМТ, кг/м ²	Me, Q1–Q3	22,3 (20,4–25,3)	24,5 (22,3–28,5)	$W = 1118, p = 0,006$
САД, мм рт.ст.	Me, Q1–Q3	106 (101–115)	118 (106–124)	$W = 856, p < 0,001$
ДАД, мм рт.ст.	Me, Q1–Q3	74 (67–78)	78 (75–80)	$W = 914, p < 0,001$
СрАД, мм рт.ст.	Me, Q1–Q3	85,7 (78,8–89,3)	89,5 (86,9–94,7)	$W = 836, p < 0,001$

Примечание. ИМТ – индекс массы тела, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, СрАД – среднее артериальное давление, M – среднее значение, SD – стандартное отклонение, Me – медиана, Q1–Q3 – 1-й и 3-й квартили.

Таблица 2. Сравнение показателей кровотока в глазных и почечных артериях в I и II триместрах у беременных с высоким риском развития ПЭ (n = 32)**Table 2.** Comparison of Doppler parameters in the ophthalmic and renal arteries in the first and second trimesters in pregnant women at high risk of preeclampsia (n = 32).

Показатель	Медиана, I триместр, Ме, (Q1–Q3)	Медиана, II триместр, Ме, (Q1–Q3)	Достоверность различий, критерий Вилкоксона
RI-R	0,59 (0,56–0,62)	0,60 (0,57–0,62)	W = 146, p = 0,454
P1, см/с	32,5 (27,5–36,5)	34,6 (27,2–40,5)	W = 207, p = 0,295
P2, см/с	20,9 (14,6–25,6)	19,9 (15,0–22,7)	W = 283, p = 0,733
DV, см/с	14,5 (11,2–18,2)	15,3 (11,9–19,0)	W = 245, p = 0,733
EDV, см/с	6,63 (4,93–7,89)	7,86 (5,79–10,4)	W = 205, p = 0,278
DV/P2	0,75 (0,69–0,82)	0,82 (0,72–0,86)	W = 164, p = 0,062
RI-O	0,80 (0,74–0,82)	0,76 (0,73–0,80)	W = 361, p = 0,027
PI-O	1,89 (1,65–2,16)	1,72 (1,55–2,09)	W = 274, p = 0,405
PR	0,61 (0,56–0,71)	0,58 (0,48–0,64)	W = 394, p = 0,014

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: RI-R – индекс резистентности в почечных артериях, P1, см/с – пиковая систолическая скорость в глазной артерии, P2, см/с – второй систолический пик кровотока в глазной артерии, DV, см/с – начальная диастолическая скорость кровотока в глазной артерии, EDV, см/с – конечная диастолическая скорость кровотока в глазной артерии, DV/P2 – отношение начальной диастолической скорости к скорости второго систолического пика, RI-O – индекс резистентности кровотока в глазной артерии, PI-O – пульсационный индекс кровотока в глазной артерии, PR – пиковое отношение.

Таблица 3. Сравнение показателей кровотока в глазных и почечных артериях в I и II триместрах у беременных с низким риском развития ПЭ (n = 103)**Table 3.** Comparison of Doppler parameters in the ophthalmic and renal arteries in the first and second trimesters in pregnant women at low risk of preeclampsia (n = 103).

Показатель	Медиана среднего значения, I триместр, Ме, (Q1–Q3)	Медиана среднего значения, II триместр, Ме, (Q1–Q3)	Достоверность различий, критерий Вилкоксона
RI-R	0,59 (0,56–0,61)	0,60 (0,58–0,62)	W = 918,5, p = 0,003
P1, см/с	32,1 (27,7–39,3)	36,5 (31,4–42,9)	W = 1241, p < 0,001
P2, см/с	18,8 (15,7–23,6)	19,2 (15,8–23,9)	W = 2561, p = 0,828
DV, см/с	14,2 (12,4–17,8)	15,8 (13,2–19,2)	W = 1942, p = 0,022
EDV, см/с	7,34 (5,51–8,71)	7,83 (6,31–9,89)	W = 1770, p = 0,004
DV/P2	0,77 (0,73–0,83)	0,80 (0,72–0,93)	W = 1628, p < 0,001
RI-O	0,78 (0,75–0,82)	0,79 (0,76–0,82)	W = 2268, p = 0,578
PI-O	1,86 (1,62–2,14)	1,97 (1,77–2,28)	W = 2101, p = 0,251
PR	0,59 (0,53–0,67)	0,56 (0,46–0,61)	W = 4235, p < 0,001

При сравнении показателей кровотока в глазных и почечных артериях в 11–14-ю и в 19–21-ю неделю беременности в 1-й группе (высокий риск развития ПЭ) получено статистически значимое снижение индекса резистентности и пикового отношения в глазной артерии с увеличением гестационного срока. Для других показателей достоверных различий получено не было (табл. 2).

Далее было проведено сравнение показателей кровотока у пациенток группы низкого риска развития ПЭ в I и II триместрах (табл. 3).

С увеличением срока беременности отмечается статистически значимое повышение резистентности кровотока в почечных артериях, а в глазных артериях – повышение пиковой систолической скорости, начальной и конечной диастолических скоростей кровотока, а также отношения начальной диастолической скорости кровотока ко второй систолической скорости и снижение пикового отношения (см. табл. 3).

В дальнейшем нами было проведено сравнение медиан различий доплерографических показателей в I и II триместрах бере-

Таблица 4. Сравнение изменений показателей кровотока в глазных и почечных артериях в динамике (I и II триместры) у беременных с высоким и низким риском развития ПЭ**Table 4.** Comparison of changes in Doppler parameters in the ophthalmic and renal arteries over time (first vs. second trimester) in pregnant women with high and low risk of preeclampsia

Показатель		Δ в 1-й группе (n = 32) (высокий риск ПЭ)	Δ во 2-й группе (n = 103) (низкий риск ПЭ)	Достоверность различий (критерий Манна–Уитни, t-критерий Стьюдента)
Δ RI-R	M, SD	$0,007 \pm 0,050$	$0,013 \pm 0,037$	$t = 0,708, p = 0,480$
Δ P1, см/с	Me, Q1–Q3	2,263 (–4,389; 7,829)	3,335 (–1,170; 9,194)	$W = 1810, p = 0,354$
Δ P2, см/с	Me, Q1–Q3	–0,320 (–5,713; 4,884)	0,092 (–3,700; 4,482)	$W = 1691, p = 0,758$
Δ DV, см/с	Me, Q1–Q3	–0,077 (–3,091; 4,23)	1,405 (–1,901; 4,106)	$W = 1710, p = 0,684$
Δ EDV, см/с	Me, Q1–Q3	0,422 (–1,409; 4,296)	0,750 (–0,635; 2,152)	$W = 1626, p = 0,977$
Δ DV/P2	Me, Q1–Q3	0,029 (–0,054; 0,123)	0,033 (–0,035; 0,116)	$W = 1645, p = 0,948$
Δ RI-O	M, SD	$-0,027 \pm 0,063$	$0,004 \pm 0,059$	$t = 2,502, p = 0,014$
Δ PI-O	Me, Q1–Q3	–0,020 (–0,399; 0,075)	0,052 (–0,289; 0,324)	$W = 1898, p = 0,166$
Δ PR	M, SD	$-0,060 \pm 0,118$	$-0,063 \pm 0,104$	$t = -0,133, p = 0,894$

менности у пациенток двух групп. Статистически значимые различия были получены для динамики изменения значений индекса резистентности кровотока в глазной артерии: в группе высокого риска было выражено снижение, тогда как в группе риска – незначительное его повышение ($\Delta = -0,027$ против $\Delta = 0,004$ соответственно, p -value 0,014). Другие показатели достоверно не различались между двумя группами (табл. 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

В группе низкого риска в I триместре среднее значение индекса резистентности в почечных артериях составило 0,59 (0,56–0,62), а во II – 0,60 (0,57–0,62). Данное увеличение медианы значения индекса резистентности в почечной артерии являлось статистически значимым ($W = 918,5, p = 0,003$). Известно, что для I триместра характерно значительное увеличение перфузии почек, которая затем постепенно снижается с течением беременности за счет перераспределения кровотока в пользу маточно-плацентарного русла [12]. Тем не менее данные литературы достаточно неоднородны. Так, в отличие от результатов, представленных в данной статье, И.В. Верзакова и М.А. Сетоян отмечают снижение значения индекса резистентности в почечных артериях по мере увеличения срока гестации [15]. При этом в своих работах V.M. Markovic и соавт., F.R. Dib и соавт., S.N. Sturgiss

и соавт., A. Nakai и соавт. отмечают отсутствие изменений индекса резистентности в течение беременности [16–19].

Согласно данным P. Di Nicolò и A. Granata, низкорезистентный профиль кровотока является типичным для сосудистого русла с высокой перфузией, в частности для почечного сосудистого русла [20]. С увеличением интенсивности почечного кровотока, характерного для I триместра, индекс резистентности кровотока в почках снижается. В дальнейшем по мере увеличения срока беременности отмечается постепенное уменьшение перфузии почек, что проявляется увеличением индекса резистентности. Возможно, данные физиологические особенности объясняют результаты, полученные нами.

Было получено отсутствие изменений индекса резистентности при высоком риске развития ПЭ с увеличением срока гестации. В доступной литературе мы не нашли работ, которые были бы посвящены изучению гемодинамики в почечных артериях у пациенток с высоким, но пока не реализованным риском развития ПЭ. По нашему мнению, возможным механизмом является то, что у пациенток с высоким риском ПЭ изначально существует предрасположенность к вазоспазму и гипертензии, поэтому регуляция кровотока в периферических сосудах выражена в меньшей степени, чем у пациенток группы низкого риска. Также нельзя исключить влияние объема выборки и использования в анализе суррогатной

конечной точки, а не непосредственных исходов беременности.

В литературе в основном указывается на отсутствие различий значений индекса резистентности кровотока в почечных артериях у беременных с нормальной беременностью и с гипертензивными ее осложнениями [21, 22].

При оценке показателей кровотока глазной артерии в группе низкого риска развития ПЭ нами было обнаружено статистически значимое изменение следующих показателей с увеличением срока беременности: пиковая систолическая скорость (P1), отношение начальной диастолической скорости кровотока ко второй систолической скорости (DV/P2), пиковое отношение ($PR = P2/P1$).

В нашем исследовании отмечалось увеличение пиковой систолической скорости кровотока с 32,1 (27,7–37,9) см/с до 35,9 (30,7–42,8) см/с. Е.М. Шифман и Н.В. Храмченко также отмечают корреляцию между сроком беременности и значением P1: авторы описывают увеличение скорости у пациенток во время беременности по сравнению с небеременными, а также снижение P1 после 35-й недели беременности [23]. R.S. Carneiro и соавт. представили перцентильные таблицы для показателей кровотока в глазной артерии: авторы отмечают постепенное увеличение скорости до 30-й недели, а затем постепенное ее снижение, однако данная зависимость не являлась статистически значимой [24]. Прямую корреляцию между значением P1 и сроком беременности отмечают в своей работе Е.Р. Corrêa-Silva и соавт. [25].

В нашем исследовании скорость второго систолического пика (P2) не изменялась к началу II триместра, аналогичные данные приводят Е.Р. Corrêa-Silva и соавт. [25]. Однако нами было отмечено увеличение отношения DV/P2 от 0,76 (0,72–0,83) в I триместре до 0,80 (0,72–0,91) во II, которое, видимо, происходит за счет увеличения начальной диастолической скорости. В работе R.S. Carneiro и соавт. прослеживается тенденция к увеличению начальной диастолической скорости кровотока к середине беременности, тем не менее данная корреляция не была статистически значимой [24].

По данным, полученным нами, PR уменьшался ко II триместру беременности, что объясняется описанными ранее закономерностями: увеличением P1 и отсутствием изменений P2. R.S. Carneiro и соавт., Е.Р. Corrêa-Silva и соавт. и С.А. de Oliveira и соавт. в своих работах сообщают об отсутствии взаимосвязи между сроком гестации и отношением PR [24–26].

Также нами получены данные, согласно которым у пациенток с высоким индивидуальным комбинированным риском развития ПЭ отмечается снижение PR ко II триместру беременности. В доступной литературе нам не встретилось работ с аналогичным дизайном, где проводилось бы сравнение параметров в I и II триместрах, поэтому рассмотрим публикации, где исследуемые параметры оценивались только в 18–23 нед беременности. В нескольких работах отмечались более высокие значения PR в группе пациенток с установленными гипертензивными осложнениями беременности [10, 27, 28]. Тем не менее в публикации P.C. Praciano de Souza и соавт. не было обнаружено статистически значимых различий между группами пациенток с ПЭ, гестационной гипертензией и нормальным артериальным давлением. Авторы также заключают, что исследование кровотока в глазной артерии в 18–23 нед беременности не улучшает точности прогнозирования развития ПЭ [29].

В группе высокого риска развития ПЭ нами отмечено снижение индекса резистентности в глазной артерии к 19–21-й неделе беременности. Также статистически значимые отличия в динамике изменений показателей кровотока между группами нами были получены только для этого параметра: в группе высокого риска снижение было более выраженным, чем в группе низкого ($\Delta = -0,027$ против $\Delta = 0,004$, $p = 0,014$). Схожие данные приводят L.O. Aquino и соавт., авторы измеряли индекс резистентности у пациенток во II триместре, после чего сравнивали исходы беременности. Было выявлено, что у пациенток с выявленной ПЭ индекс резистентности во II триместре был ниже в сравнении с пациентками с неосложненной беременностью [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе нашего проспективного исследования впервые были продемонстрированы изменения, которые наблюдаются в параметрах кровотока глазных и почечных артерий матери в течение первой половины беременности. Дополнительно нами проведено сравнение исследуемых показателей между пациентами с высоким и низким индивидуальным риском развития ПЭ.

У пациенток группы высокого риска только некоторые показатели кровотока статистически значимо изменялись с течением беременности в сравнении с группой низкого риска. Мы предполагаем, что это может быть связано с различиями в адаптации сердечно-сосудистой системы к беременности в этих группах. Прослеживаемые тенденции к изменению систолического и диастолического кровотока в группе высокого риска могут иметь патофизиологическое значение, однако данные изменения не имели статистической значимости, возможно, в связи с объемом выборки. В связи с этим на данный момент принято решение не учитывать эти изменения и придерживаться гипотезы о существующих отличиях в адаптации у пациентов группы высокого и низкого риска. Требуются дальнейшие исследования и сравнение с результатами, полученными после завершения беременности.

В группе низкого риска, напротив, отмечается небольшое увеличение резистентности кровотока в почечных артериях, нарастание максимальной систолической скорости кровотока в глазной артерии, увеличение отношения DV/P2 и снижение PR. Эти изменения, вероятно, связаны с физиологическим процессом адаптации сердечно-сосудистой системы к беременности, однако нельзя отрицать и влияние других факторов, которые в рамках данного исследования пока неизвестны ввиду того, что на момент написания работы беременности еще не завершились и возможные осложнения не реализовались.

Данная работа является промежуточным этапом исследования, где мы для анализа использовали суррогатную конечную точку. Дальнейшее исследование и переоценка результатов будут проведены после получения информации об исходах беременности и родов у пациенток в нашей выборке.

Участие авторов

Буланова М.М. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи,.

Шамугия В.В. – подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Панина О.Б. – концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка и редактирование текста, подготовка, создание опубликованной работы, утверждение окончательного варианта статьи.

Authors' participation

Bulanova M.M. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

Shamugiya V.V. – text preparation and editing.

Panina O.B. – concept and design of the study, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, text preparation and editing, conducting research, preparation and creation of the published work, approval of the final version of the article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. James P.R., Nelson-Piercy C. Management of Hypertension before, during, and after Pregnancy. *Heart*. 2004; 90 (12): 1499–1504. <https://doi.org/10.1136/hrt.2004.035444>
2. Клинические рекомендации. “Преэклампсия. Эклампсия. Отеки, протеинурия и гипертензивные расстройства во время беременности, в родах и послеродовом периоде”. 2024. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/637_2 (дата обращения: 23.02.2025).
3. Kuklina E.V., Ayala C., Callaghan W.M. Hypertensive disorders and severe obstetric morbidity in the United States. *Obstet. Gynecol.* 2009; 113 (6): 1299–1306. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e3181a45b25>
4. Приказ Минздрава России от 20.10.2020 N 1130н “Об утверждении порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология»”, 2020.
5. Клинические рекомендации. “Нормальная беременность”. 2025. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/288_2 (дата обращения: 15.03.2025)
6. Orosz L., Orosz G., Veress L. et al. Screening for preeclampsia in the first trimester of pregnancy in routine clinical practice in Hungary. *J. Biotechnol.* 2019; 300: 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.04.017>

7. Prasad S., Sahota D.S., Vanamail P. et al. Performance of fetal medicine foundation algorithm for first trimester preeclampsia screening in an Indigenous South Asian population. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2021; 21 (1): 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-04283-6>
8. Cuenca-Gómez D., De Paco Matallana C., Rolle V. et al. Comparison of different methods of first-trimester screening for preterm pre-eclampsia: Cohort Study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2024; 64 (1): 57–64. <https://doi.org/10.1002/uog.27622>
9. Gana N., Sarno M., Vieira N. et al. Ophthalmic artery doppler at 11–13 weeks' gestation in prediction of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2022; 59 (6): 731–736. <https://doi.org/10.1002/uog.24914>
10. Kalafat E., Laoreti A., Khalil A. et al. Ophthalmic artery doppler for prediction of pre-eclampsia: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2018; 51 (6): 731–737. <https://doi.org/10.1002/uog.19002>
11. Марьянова Т.А., Чечнева М.А., Климова И.В., Титченко Ю.П., Никольская И.Г. Ультразвуковая диагностика доплерометрическая оценка почечного кровотока при ренальной патологии: хронической болезни почек и преэклампсии. *Полклиника*. 2015; 6: 36–39.
12. Шехтман М.М. Заболевания почек и беременность. М.: Медицина, 1980. 184 с.
13. Фрейдин А., Клишкин А., Петров С. Изменение реографических показателей и индекса резистентности почечных артерий при беременности, осложненной преэклампсией. *Врач*. 2016; 10: 62–66.
14. Фрейдин А.О., Клишкин А.С., Петров С.В. Гемодинамические особенности почечного кровотока в I триместре физиологически протекающей беременности. *Трудный пациент*. 2019; 13 (8–9): 10–11.
15. Верзакова И.В., Сетоян М.А. Дуплексное сканирование почек у здоровых беременных. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2008; 5: 54–57.
16. Markovic V.M., Mikovic Z., Djukic M. et al. Doppler parameters of maternal renal blood flow in normal pregnancy. *Clin. Exp. Obstet. Gynecol.* 2013; 40 (1): 70–73.
17. Sturgiss S.N., Martin K., Whittingham T.A., Davison J.M. Assessment of the renal circulation during pregnancy with color doppler ultrasonography. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1992; 167 (5): 1250–1254. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(11\)91696-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(11)91696-2)
18. Dib F.R., Duarte G., Sala M.M. et al. Prospective evaluation of renal artery resistance and pulsatility indices in normal pregnant women. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2003; 22 (5): 515–519. <https://doi.org/10.1002/uog.240>
19. Nakai A., Asakura H., Oya A. et al. Pulsed Doppler US findings of renal interlobar arteries in pregnancy-induced hypertension. *Radiology*. 1999; 213: 423–428. <https://doi.org/10.1148/radiology.213.2.r99nv18423>
20. Di Nicolò P., Granata A. Renal intraparenchymal resistive index: the ultrasonographic answer to many clinical questions. *J. Nephrol.* 2019; 32 (4): 527–538. <https://doi.org/10.1007/s40620-018-00567-x>
21. Liberati M., Rotmensch S., Zannolli P., Bellati U. Doppler velocimetry of maternal renal interlobar arteries in pregnancy-induced hypertension. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 1994; 44 (2): 129–133. [https://doi.org/10.1016/0020-7292\(94\)90066-3](https://doi.org/10.1016/0020-7292(94)90066-3)
22. Thaler I., Weiner Z., Itskovitz J. Renal artery flow velocity waveforms in normal and hypertensive pregnant women. *Am. J. Hypertens.* 1992; 5 (6, Pt. 1): 402–405. <https://doi.org/10.1093/ajh/5.6.402>
23. Шифман Е.М., Храменко Н.В. Состояние гемодинамики глазных артерий и верхних глазных вен у женщин. *Российский медицинский журнал*. 2013; 2: 20–23.
24. Carneiro R.S., Sass N., Diniz A.L. et al. Ophthalmic artery doppler velocimetry in healthy pregnancy. *Int. J. Gynecol. Obstet.* 2008; 100 (3): 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2007.09.028>
25. Corrêa-Silva E.P., Surita F.G., Barbieri C. et al. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2012.01.012>
26. de Oliveira C.A., de Sá R.A.M., Velarde L.G.C. et al. Doppler velocimetry of the ophthalmic artery in normal pregnancy. *J. Ultrasound Med.* 2009; 28: 563–569. <https://doi.org/10.7863/jum.2009.28.5.563>
27. Gibbone E., Sapantoglou I., Nuñez-Cerrato M.E. et al. Relationship between ophthalmic artery doppler and maternal cardiovascular function. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2021; 57 (5): 733–738. <https://doi.org/10.1002/uog.23601>
28. Sapantoglou I., Wright A., Arozana M.G. et al. Ophthalmic artery doppler in combination with other biomarkers in prediction of pre-eclampsia at 19–23 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2021; 57 (1): 75–83. <https://doi.org/10.1002/uog.23528>
29. Praciano de Souza P.C., Gurgel Alves J.A., Bezerra Maia E. et al. Second trimester screening of pre-eclampsia using maternal characteristics and uterine and ophthalmic artery doppler. *Ultraschall. Med.* 2018; 39 (2): 190–197. <https://doi.org/10.1055/s-0042-104649>
30. Aquino L.O. de, Leite H.V., Cabral A.C.V., Brandão A.H.F. Doppler flowmetry of ophthalmic arteries for prediction of pre-eclampsia. *Rev. Assoc. Med. Bras.* 2014; 60 (6): 538–541. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.60.06.011>

REFERENCES

1. James P.R., Nelson-Piercy C. Management of Hypertension before, during, and after Pregnancy. *Heart*. 2004; 90 (12): 1499–1504. <https://doi.org/10.1136/hrt.2004.035444>
2. Clinical practice guidelines “Preeclampsia. Eclampsia. Edema, proteinuria and hypertensive disorders of pregnancy, labor and postnatal period”. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/637_2 (2024, accessed 23.02.2025). (In Russian)

3. Kuklina E.V., Ayala C., Callaghan W.M. Hypertensive disorders and severe obstetric morbidity in the United States. *Obstet. Gynecol.* 2009; 113 (6): 1299–1306. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e3181a45b25>
4. Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 20.10.2020 No. 1130n “On approval of the procedure for providing medical care in the field of Obstetrics and gynecology”, 2020. (In Russian)
5. Clinical practice guidelines “Normal pregnancy”. https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/288_2 (2025, accessed 15.03.2025). (In Russian)
6. Orosz L., Orosz G., Veress L. et al. Screening for preeclampsia in the first trimester of pregnancy in routine clinical practice in Hungary. *J. Biotechnol.* 2019; 300: 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2019.04.017>
7. Prasad S., Sahota D.S., Vanamail P. et al. Performance of fetal medicine foundation algorithm for first trimester preeclampsia screening in an Indigenous South Asian population. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2021; 21 (1): 1–7. <https://doi.org/10.1186/s12884-021-04283-6>
8. Cuenca-Gómez D., De Paco Matallana C., Rolle V. et al. Comparison of different methods of first-trimester screening for preterm pre-eclampsia: Cohort Study. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2024; 64 (1): 57–64. <https://doi.org/10.1002/uog.27622>
9. Gana N., Sarno M., Vieira N. et al. Ophthalmic artery doppler at 11–13 weeks’ gestation in prediction of pre-eclampsia. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2022; 59 (6): 731–736. <https://doi.org/10.1002/uog.24914>
10. Kalafat E., Laoreti A., Khalil A. et al. Ophthalmic artery doppler for prediction of pre-eclampsia: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2018; 51 (6): 731–737. <https://doi.org/10.1002/uog.19002>
11. Maryanova T.A., Chechneva M.A., Klimova I.V. et al. Doppler of renal blood flow in renal pathology: chronic kidney disease and preeclampsia. *Poliklinika.* 2015; 6: 36–39. (In Russian)
12. Shekhtman M.M. Kidney diseases and pregnancy. Moscow: Medicina, 1980. 184 p. (In Russian)
13. Freidin A., Klimkin A., Petrov S. A change in renometric indicators and renal arterial resistive index in pregnancy complicated by preeclampsia. *Vrach.* 2016; 10: 62–66. (In Russian)
14. Freidin A., Klimkin A., Petrov S. Hemodynamic features of renal blood flow in the first trimester of physiological pregnancy. *Trudnyy Pacient.* 2019; 13 (8–9): 10–11. (In Russian)
15. Verzakova I.V., Setoyan M.A. The examination of the renal blood flow in pregnant women. *Bashkortostan Medical Journal.* 2008; 5: 54–57. (In Russian)
16. Markovic V.M., Mikovic Z., Djukic M. et al. Doppler parameters of maternal renal blood flow in normal pregnancy. *Clin. Exp. Obstet. Gynecol.* 2013; 40 (1): 70–73.
17. Sturgiss S.N., Martin K., Whittingham T.A., Davison J.M. Assessment of the renal circulation during pregnancy with color doppler ultrasonography. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1992; 167 (5): 1250–1254. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(11\)91696-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(11)91696-2)
18. Dib F.R., Duarte G., Sala M.M. et al. Prospective evaluation of renal artery resistance and pulsatility indices in normal pregnant women. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2003; 22 (5): 515–519. <https://doi.org/10.1002/uog.240>
19. Nakai A., Asakura H., Oya A. et al. Pulsed Doppler US findings of renal interlobar arteries in pregnancy-induced hypertension. *Radiology.* 1999; 213: 423–428. <https://doi.org/10.1148/radiology.213.2.r99nv18423>
20. Di Nicolò P., Granata A. Renal intraparenchymal resistive index: the ultrasonographic answer to many clinical questions. *J. Nephrol.* 2019; 32 (4): 527–538. <https://doi.org/10.1007/s40620-018-00567-x>
21. Liberati M., Rotmensch S., Zannolli P., Bellati U. Doppler velocimetry of maternal renal interlobar arteries in pregnancy-induced hypertension. *Int. J. Gynaecol. Obstet.* 1994; 44 (2): 129–133. [https://doi.org/10.1016/0020-7292\(94\)90066-3](https://doi.org/10.1016/0020-7292(94)90066-3)
22. Thaler I., Weiner Z., Itskovitz J. Renal artery flow velocity waveforms in normal and hypertensive pregnant women. *Am. J. Hypertens.* 1992; 5 (6, Pt. 1): 402–405. <https://doi.org/10.1093/ajh/5.6.402>
23. Shifman E.M., Khramtchenko N.V. The hemodynamics status of ophthalmic arteries and superior ophthalmic veins in women. *Russian Medicine.* 2013; 2: 20–23. (In Russian)
24. Carneiro R.S., Sass N., Diniz A.L. et al. Ophthalmic artery doppler velocimetry in healthy pregnancy. *Int. J. Gynecol. Obstet.* 2008; 100 (3): 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2007.09.028>
25. Corrêa-Silva E.P., Surita F.G., Barbieri C. et al. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2012.01.012>
26. de Oliveira C.A., de Sá R.A.M., Velarde L.G.C. et al. Doppler velocimetry of the ophthalmic artery in normal pregnancy. *J. Ultrasound Med.* 2009; 28: 563–569. <https://doi.org/10.7863/jum.2009.28.5.563>
27. Gibbone E., Sapantoglou I., Nuñez-Cerrato M.E. et al. Relationship between ophthalmic artery doppler and maternal cardiovascular function. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2021; 57 (5): 733–738. <https://doi.org/10.1002/uog.23601>
28. Sapantoglou I., Wright A., Arozena M.G. et al. Ophthalmic artery doppler in combination with other biomarkers in prediction of pre-eclampsia at 19–23 weeks’ gestation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 2021; 57 (1): 75–83. <https://doi.org/10.1002/uog.23528>
29. Praciano de Souza P.C., Gurgel Alves J.A., Bezerra Maia E. et al. Second trimester screening of pre-eclampsia using maternal characteristics and uterine and ophthalmic artery doppler. *Ultraschall. Med.* 2018; 39 (2): 190–197. <https://doi.org/10.1055/s-0042-104649>
30. Aquino L.O. de, Leite H.V., Cabral A.C.V., Brandão A.H.F. Doppler flowmetry of ophthalmic arteries for prediction of pre-eclampsia. *Rev. Assoc. Med. Bras.* 2014; 60 (6): 538–541. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.60.06.011>

Ultrasound parameters of ophthalmic and renal maternal blood flow at first and second prenatal screening in patients with high and low risk of preeclampsia

M.M.Bulanova^{1,2*}, V.V.Shamugiya², O.B.Panina¹

¹ Lomonosov Moscow State University; GSP-1, Leninskie Gory, Moscow 119991, Russian Federation

² L.A. Vorohobov City Clinical Hospital No. 67; 2/44, Salyam Adil str., Moscow 123423, Russian Federation

Maria M. Bulanova – MD, PhD student of the Obstetrics and Gynecology department, Faculty of medicine, Medical Research and Educational Institution, Lomonosov Moscow State University; ultrasound diagnostics specialist of the Antenatal fetal care department, Perinatal Centre, L.A. Vorohobov City Clinical Hospital No. 67, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9569-3334>

Valerian V. Shamugiya – MD, Cand. of Sci. (Med.), Head of the Antenatal fetalcare department, Perinatal Centre, L.A. Vorohobov City Clinical Hospital No. 67, Moscow. <https://orcid.org/0009-0008-6757-7660>

Olga B. Panina – MD, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Obstetrics and Gynecology of Faculty of Medicine, Lomonosov Moscow State University; Head of the Department of Gynecology and Reproductive Medicine, Medical Research and Educational Center, Lomonosov Moscow State University, Moscow. <https://doi.org/0000-0003-1397-6208>

Correspondence* to Dr. Maria M. Bulanova – e-mail: mariabulanova98@gmail.com

Preeclampsia is a severe obstetric complication that leads to adverse pregnancy and delivery outcomes. Existing multifactorial models make it possible to identify high-risk groups for the development of preeclampsia, but the task of improving prediction accuracy remains relevant. Therefore, the search for additional predictors of preeclampsia continues.

Objective. To identify specific features of Doppler indices of blood flow in the interlobar renal arteries and ophthalmic arteries in pregnant women over time (at 11–14 and 19–21 weeks of gestation) in groups with low and high risk of developing preeclampsia, as calculated using the Astraia software.

Materials and Methods. Ultrasound examinations of the maternal ophthalmic and renal arteries were performed during prenatal screening at 11–14 and 19–21 weeks of pregnancy. Next, we compared flow velocity parameters, resistance index, pulsatility index, and the ratio of peak systolic velocities in the ophthalmic arteries, as well as the resistance index in the renal arteries, over time in patients with low and high individual combined risk of preeclampsia.

Results. In the high-risk group, a decrease in blood flow resistance in the ophthalmic artery was observed. In the low-risk group, there was an increase in the resistance index in the renal arteries, an increase in peak systolic velocity in the ophthalmic artery, an increase in the DV/P2 ratio, and a decrease in PR.

Conclusions. In the low-risk group, blood flow parameters changed as pregnancy progressed, probably due to cardiovascular adaptive mechanisms. In the high-risk group, physiological changes in blood flow during pregnancy were nearly absent.

Keywords: preeclampsia; obstetrics; first trimester screening; ophthalmic artery Doppler ultrasound; renal artery Doppler ultrasound; ultrasound

Conflict of interests. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. This study had no sponsorship.

Citation: Bulanova M.M., Shamugiya V.V., Panina O.B. Ultrasound parameters of ophthalmic and renal maternal blood flow at first and second prenatal screening in patients with high and low risk of preeclampsia. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2025; 31 (4): 43–53. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-339> (In Russian)

Received: 12.06.2025.

Accepted for publication: 23.09.2025.

Published online: 28.11.2025.